

**CHALECO MEDIDOR DE IMPACTO**

**ALAN YEZID ESCANDÓN DÍAZ  
CÓD. 11206826**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA  
PROYECTO DE GRADO  
GIRARDOT  
2011**

**CHALECO MEDIDOR DE IMPACTO**

**ALAN YEZID ESCANDÓN DÍAZ  
CÓD. 11206826**

**“MODO DE CENSAR UN IMPACTO Y CREACIÓN DE UNA BASE DE  
DATOS”**

**DARÍO TOVAR  
ING. ELÉCTRICO DIRECTOR  
EDWIN PALACIOS  
ING. ELECTRÓNICO ASESOR  
MAURICIO CONTRERAS  
ING. ELECTRÓNICO ASESOR  
LUZ ANÁLIDA DÍAZ BERNAL  
LIC. ASESORA EN REDACCIÓN**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA  
PROYECTO DE GRADO  
GIRARDOT  
2011**

## CONTENIDO

<b>CONTENIDO DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>CONTENIDO DE FIGURAS .....</b>	<b>5</b>
<b>1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>7</b>
<b>2 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>3 JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>4 OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>10</b>
<b>5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>11</b>
<b>6 MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>12</b>
<b>6.1 MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
<b>6.2 MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>14</b>
6.2.1 ¿Qué es un microcontrolador?.....	14
6.2.2 PIC16F877A.....	15
<b>6.2.2.2 DESCRIPCION DE LOS PUERTOS DEL PIC 16F877A .....</b>	<b>18</b>
6.2.2.5.....	25
6.2.3 LM 324N .....	34
Aplicaciones típicas con alimentación simple (V+ = 5.0 Vdc) .....	38
6.2.4 SENSOR PIEZOELÉCTRICO FLEXI FORCE A201 .....	39
6.2.5 Espuma comprimida FeltCrest espuma de poliuretano reticulada.....	43
6.2.6 Chaleco.....	46
6.2.7 EL PUENTE DE WHEATSTONE.....	46
<b>6.3 MARCO HISTÓRICO .....</b>	<b>50</b>
6.3.1 CHALECO ELECTRÓNICO DAEDO.....	50
6.3.2 CHALECO ELECTRÓNICO DE ADIDAS.....	51
6.3.2.1 Características del chaleco electrónico de Adidas: .....	52
6.3.3 CHALECO ELECTRÓNICO LA JUST .....	52
<b>7 PERSONAS PARTICIPANTES DEL PROYECTO .....</b>	<b>54</b>
<b>8 RECURSOS .....</b>	<b>55</b>
<b>8.1 RECURSOS MATERIALES .....</b>	<b>55</b>
<b>8.2 RECURSOS INSTITUCIONALES.....</b>	<b>55</b>
8.2.1 Corporación Universitaria Minuto de Dios.....	55
8.2.2 Taller Electrónicas Tovar.....	55
<b>8.3 RECURSOS FINANCIEROS .....</b>	<b>56</b>
<b>9 CRONOGRAMA .....</b>	<b>57</b>

<b>10 BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>58</b>
<b>10.1 INTERNET .....</b>	<b>58</b>
<b>10.2 LIBROS .....</b>	<b>59</b>
<b>11. CONCLUSIONES .....</b>	<b>60</b>
<b>12. ANEXOS.....</b>	<b>61</b>

## CONTENIDO DE TABLAS

TABLA 1 DETALLES DEL PIC 16F877A .....	16
TABLA 2 CARACTERISTICAS DEL PIC 16F877A .....	17
TABLA 3 DESCRIPCIÓN DE PINES DEL PIC 16F8977A.....	20
TABLA 4 DIRECCIONAMIENTO DE LOS PINES DEL PIC 16F877A.....	25
TABLA 5 RESUMEN DE INSTRUCCIONES DEL PIC 16F877A.....	28
TABLA 6 COSTOS DEL PROYECTO.....	56
TABLA 7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	57

## CONTENIDO DE FIGURAS

FIGURA 1 ENCAPSULADO DEL PIC 16F877A.....	15
FIGURA 2 DISTRIBUCION DE PINES DEL PIC 16F877A.....	15
FIGURA 3 MAPA DE LOS ARCHIVOS DE REGISTRO DEL PIC 16F877A ..	27
FIGURA 4 AMPLIFICADOR OPERACIONAL LM 324N .....	36
FIGURA 5 SIMBOLO AMPLIFICADOR OPERACIONAL LM 324N .....	38
FIGURA 6 DIAGRAMA DE CONEXIÓN LM 324N.....	38
FIGURA 7 BLOQUE DE DIAGRAMA NO INVERSOR DEL LM 324N.....	38
FIGURA 8 SENSOR FLEXIFORCE 201A .....	40
FIGURA 9 SENSOR FLEXIFORCE 201A COMPLETO.....	41
FIGURA 10 CURVA DE RESISTENCIAS DEL SENSOR .....	42
FIGURA 11 ESPUMA COMPRIMIDA.....	44
FIGURA 12 MULTIMETRO .....	47
FIGURA 13 RESISTENCIA A MEDIR P.W. ....	47
FIGURA 14 EJEMPLO PUENTE WHEATSTONE .....	48
FIGURA 15 DIVISION DE HILOS PUENTE WHEATSTONE.....	49
FIGURA 16 CHALECO DAEDO.....	50
FIGURA 17 CHALECO ADIDAS.....	51
FIGURA 18 CHALECO LA JUST.....	52

<b>FIGURA 19 PLANO EN EAGLE 5.11.0 EN SCHEMATIC, PCB PRINCIPAL (PIC 16F877A).....</b>	<b>61</b>
<b>FIGURA 20 PLANO EN EAGLE 5.11.0 EN BOARD, PCB PRINCIPAL (PIC 16F877A).....</b>	<b>62</b>
<b>FIGURA 21 PLANO EN EAGLE 5.11.0 EN SCHEMATIC PCB, SECUNDARIA (SENSOR Y AMPLIFICADOR OPERACIONAL) .....</b>	<b>63</b>
<b>FIGURA 22 PLANO EN EAGLE 5.11.0 EN BOARD, PCB SECUNDARIA (SENSOR Y AMPLIFICADOR OPERACIONAL) .....</b>	<b>64</b>

## 1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Debido a la falta de mecanismos de medición para los deportistas de alto rendimiento en juegos de combate y por ausencia de una base de datos; esto conlleva a que los deportistas y sus entrenadores no tengan un modo exacto de saber si la rutina implementada está funcionando, desmejorando o sigue igual, por este motivo los centros de entrenamiento no han podido generar y/o crear un sistema de medición exacto, por medio de este proyecto se logrará obtener un método de evaluar o seguir el rendimiento del practicante.

Se delimitará a solo tres puntos de impacto los cuales estarán distribuidos de la siguiente forma:

- El primer sensor estará en la parte frontal del chaleco.
- El segundo en el dorso izquierdo del mismo.
- El tercero en la parte dorsal derecha.

La cual pondrá al deportista en un rango que definirá la capacidad del golpe y su potencia y este será registrado y visualizado en un LCD de 16\*2 alfanumérico el cual nos dará un valor en libras. .

## 2 INTRODUCCIÓN

El proyecto elegido para esta presentación fue el **Chaleco Medidor de Impacto**, el cual genera una medición del impacto de un deportista de alto rendimiento en deportes de lucha personal, con el que se obtendrá una base de datos y un registro del practicante.

El proyecto que se presentará: está compuesto por sensores piezoeléctricos Flexiforce<sup>®</sup> A201, fabricado por la empresa TEKSCAN; que generan un pequeño voltaje, este puede variar debido a los componentes utilizados. En este proyecto se encontrara entre 2..0V, cuando no tenga ningún tipo de presión sobre el mismo y hasta llegar a 4.5V, cuando ejerzan presión al máximo en el sensor, el cual nos dará un valor numérico que va ser registrado por medio del PIC 16F877A; éste por los puertos de entrada A2, A3 y A7, configurados como análogos y convirtiendo la señal en digital, para poder enviar una información de salida por los puertos B4, B5 y B6, a través de estos puertos lo llevara a un displays LCD 16\*2, el cual visualizará el rango de libras de impacto ejercido sobre el sensor por el deportista. Esto será visto por medios numéricos y con la abreviatura de Lb, haciendo que se lea en libras.

Si el rango de impacto se encuentra en 0 o en 100 Lb, dependiendo la capacidad de impacto del practicante o persona que quiera medir su fuerza.



### **3 JUSTIFICACIÓN**

El chaleco será un medio de censar el golpe de un deportista de alto rendimiento, que practica un ejercicio de lucha, esto nos conlleva a tener un modo lógico y exacto de censar y contribuir a que se tenga una base de datos en un lugar determinado, con un avance en las formas de medir y diagnosticar con que fuerza son capaces de golpear los practicantes de dichos deportes de contacto personal.

De ahí la importancia de este proyecto porque aseguramos que los deportistas de combate y sus entrenadores logren llevar a cabo un método que evaluará cada uno de ellos, así sabrán cuál puede estar en mejor condiciones en el momento de competir, claro está que todo queda bajo el mando de su técnico o delegado.

#### **4 OBJETIVO GENERAL**

- Desarrollar un dispositivo que pueda censar un impacto, capaz de arrojar un valor con el que se pueda medir al deportista y poder tener una base de datos con las cifras que arroje el mismo y saber si su entrenamiento ha sido óptimo, desfavorable ó esta en las mismas condiciones de ingreso a la rutina de práctica.

## 5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Llevar un registro de los deportistas desde cuando empiezan entrenamiento hasta el día de hoy.
- Organizar una base de datos de los deportistas con las cifras censadas por el dispositivo.
- Saber si el deportista ha aumentado su fuerza en el momento del impacto.
- Lograr que el impacto se encuentre en el rango de un deportista de alto rendimiento en ejercicios de combate.

## 6 MARCO REFERENCIAL

### 6.1 MARCO TEÓRICO

Un **sensor** es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.

El presente proyecto tiene como finalidad la elaboración de un dispositivo de medición para golpes o bien para impactos certeros en deportes de lucha, especialmente un chaleco de medición para el deporte de taekwondo.

En los deportes de lucha tales como, el taekwondo, donde se golpean mutuamente ambos contrarios con las manos y los pies según unas reglas definidas, llevando los golpes, a partir de una fuerza mínima determinada.

Las superficies objetivo de los golpes, es decir, las zonas de cuerpo del muñeco y/o maniquí, el cual portará el chaleco donde se definirá las zonas de golpes válidos, que serán indicados en el chaleco de medidor, (zona uno: abdomen, zona dos: dorso derecho y zona tres: dorso izquierdo).

La elaboración de este dispositivo surge por la necesidad de implementar un sistema de medición capaz de censar el golpe del practicante y/o deportista de alto rendimiento; por lo que se realizará una base de datos con los registros de éstos, lo que llevará a la evaluación de la persona practicante de deportes de contacto personal. La evaluación de la calidad de los golpes se confiaba, hasta hoy a la impresión acústica de un golpe. Con esto podremos evaluar el golpe ejercido por el practicante y se le asignará un rango de fuerza, y para el momento de las competiciones podrá saber con cuanta intensidad puede golpear.

A causa de la insuficiencia comprobada repetidamente de una evaluación de ese tipo, existe, en especial para los competidores internacionales, la necesidad de una medición objetiva de la calidad de los golpes.

De esta forma lograremos poner en funcionamiento un chaleco medidor de impacto, el cual está compuesto por un material de protección en el tronco del maniquí o muñeco, para conseguir la presión necesaria en el momento del impacto; encima tendrá 3 capas de espuma comprimida de un ancho de 1.5cm cada una, para amortiguar el golpe del deportista; seguido se encontraran 3 sensores piezoeléctricos, uno en cada una de las zonas de impacto, con referencia flexiforce A201, los cuales darán el valor al golpe efectuado, transmitiendo esto a un marco de visualización, que será expuesto de la siguiente manera:

En una pantalla o displays LCD se visualizara en libras la capacidad de impacto del practicante; comunicados por medio de cables, los cuales primero pasarán por un sistema de elevación de voltaje, por medio de un amplificador operacional LM 324N, que cumplirá con las siguientes funciones:

- Filtrar las frecuencias no deseadas
- Amplificar la pequeña señal de salida del sensor
- Sumar un determinado valor a la salida nominal para que el convertidor analógico-digital del PIC solamente convierta señales eléctricas positivas.

Seguidos por un PIC 16F877A, que llevará una programación que medirá la cantidad de voltaje de entrada y sea evaluada, leída y dará paso al puerto de salida según sea el impacto dado, y este lo visualizara en libras.

## **6.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **6.2.1 ¿Qué es un microcontrolador?**

Un microcontrolador es un circuito integrado, o chip que incluye las tres unidades funcionales de un ordenador: la CPU, la memoria y unidades de E/S, es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado.

Un microcontrolador es un microprocesador optimizado para ser utilizado en el control de equipos electrónicos. Mientras podemos encontrar uno o dos microprocesadores de propósito general en cualquier hogar, podemos llegar a convivir con una o dos docenas de microcontroladores. Pueden estar en casi cualquier dispositivo eléctrico como en lavadores, hornos-microondas, teléfonos, automóviles, etc.

Un microcontrolador se diferencia de una CPU normal en que es más fácil convertirlo en un ordenador en funcionamiento, con un número mínimo de chips de apoyo. La idea es que este chip se coloque en el dispositivo, se le proporcione la energía y la información que necesite y ya está.

Un microprocesador tradicional no permitiría hacer esto, ya que espera que todas estas tareas sean manejadas por otros chips especializados.

Por ejemplo, un microcontrolador típico tendrá un generador de reloj integrado y una pequeña cantidad de memoria RAM y ROM/EPROM/EEPROM, es decir, que para hacerlo funcionar todo lo que se necesita son unos pocos programas de control y un cristal de sincronización. Los microcontroladores disponen también generalmente de una gran variedad de dispositivos de entrada /salida, como convertidores analógico a digital, temporizadores, USART.

Estos dispositivos integrados, normalmente pueden ser controlados por instrucciones de procesadores especializados.

En el mercado se encuentran una gran variedad de fabricantes nosotros vamos a trabajar con un microcontrolador fabricado por Microchip, el PIC 16F877A. Los PIC son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instruments.

## 6.2.2 PIC16F877A



FIG. 1 ENCAPSULADO PIC 16F877A

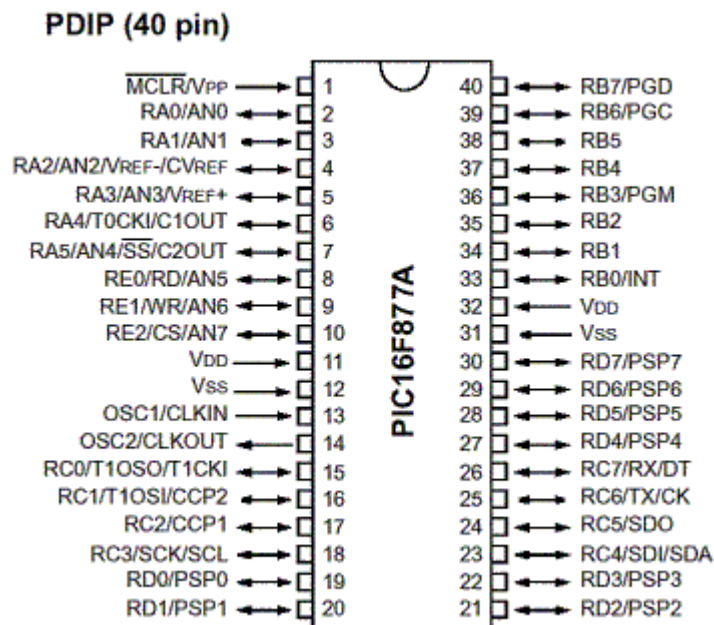


FIG 2. DISTRIBUCIÓN DE PINES PIC 16F877A

Los **PIC16F877A** forman una subfamilia de microcontroladores PIC (Peripheral Interface Controller) de gama media de 8 bits, fabricados por Microchip Technology Inc.

Modelo	Memoria de programa Flash (palabras de 14 bits)	Memoria de datos SRAM (bytes)	Memoria de datos EEPROM (bytes)	Líneas de E/S	Canales A/D	PWM	MSSP		USART	Comparadores
							SPi	I <sup>2</sup> C Maestro		
PIC16F877A	8192	368	256	33	8	2	Sí	Sí	Sí	Sí (2)

**Tabla 1. Detalles PIC 16F877A**

Muchas de las patitas o terminales de estos dispositivos, como suele ocurrir en la mayoría de microcontroladores, tienen más de una función (multiplexación), dependiendo de cómo se configuren internamente por software.

Los terminales VDD (tensión) y VSS (masa) sirven únicamente para alimentar al dispositivo.

Cuentan con memoria de programa de tipo EEPROM Flash mejorada, lo que permite programarlos fácilmente usando un dispositivo programador de PIC. Esta característica facilita sustancialmente el diseño de proyectos, minimizando el tiempo empleado en programar los microcontroladores.

Estos modelos cuentan con módulos de comparación analógicos.

El hecho de que se clasifiquen como microcontroladores de 8 bits hace referencia a la longitud de los datos que manejan las instrucciones, y que se corresponde con el tamaño del bus de datos y el de los registros de la CPU.



### 6.2.2.1 Acerca de la programación de los dispositivos

Los PIC 16F877A cuentan con un set reducido de 35 instrucciones, lo que facilita enormemente su memorización. La mayoría de estas instrucciones se ejecutan en un solo ciclo de instrucción, mientras que aquellas instrucciones que realizan saltos de ejecución lo hacen en dos ciclos de instrucción. Cada una de estas instrucciones se codifica en una palabra de 14 bits, únicas e inequívocas, que conforman en conjunto lo que se conoce como código máquina del dispositivo.

Actualmente, para la programación de microcontroladores puede emplearse tanto el lenguaje ensamblador como lenguajes de más alto nivel, tipo C o Pascal, empleando el compilador adecuado.

La programación física del dispositivo se hará normalmente mediante un programador, capaz de grabar el programa de usuario en la memoria del microcontrolador.

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>16F877A</b>
Frecuencia máxima	DX-20MHz
Memoria de programa flash palabra de 14 bits	8KB
Posiciones RAM de datos	368
Posiciones EEPROM de datos	256
Puertos E/S	A,B,C,D,E
Número de pines	40
Interrupciones	14
Timers	3
Módulos CCP	2
Comunicaciones Serie	MSSP, USART
Comunicaciones paralelo	PSP

Líneas de entrada de CAD de 10 bits	8
Juego de instrucciones	35 Instrucciones
Longitud de la instrucción	14 bits
Arquitectura	Harvard
CPU	Risc
Canales Pwm	2
Pila Hardware	-
Ejecución En 1 Ciclo Máquina	-

**Tabla 2. Características PIC 16F877A**

### 6.2.2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PUERTOS DEL PIC 16F877A

#### 6.2.2.2.1 Puerto A

- Puerto de e/s de 6 pines
- RA0 y AN0
- RA1 y AN1
- RA2, AN2 y Vref-
- RA3, AN3 y Vref+
- RA4 (Salida en colector abierto) y T0CKI(Entrada de reloj del modulo Timer0)
- RA5, AN4 y SS (Selección esclavo para el puerto serie síncrono)

#### 6.2.2.2.2 Puerto B:

- Puerto e/s 8 pines
- Resistencias pull-up programables
- RB0 Interrupción externa
- RB4 e Interrupción por cambio de flanco
- RB5-RB7 y RB3 programación y debugger in circuito

#### 6.2.2.2.3 Puerto C:

- Puerto e/s de 8 pines
- RC0, T1OSO (Timer1 salida oscilador) y T1CKI (Entrada de reloj del modulo Timer1).
- RC1-RC2 PWM/COMP/CAPT
- RC1 T1OSI (entrada osc timer1)
- RC3-4 è IIC
- RC3-5 è SPI
- RC6-7 è USART

#### 6.2.2.2.4 Puerto D:

- Puerto e/s de 8 pines
- Bus de datos en PPS (Puerto paralelo esclavo)

#### 6.2.2.2.5 Puerto E:

- Puerto de e/s de 3 pines
- RE0 y AN5 y Read de PPS
- RE1 y AN6 y Write de PPS
- RE2 y AN7 y CS de PPS

#### 6.2.2.2.6 Dispositivos periféricos:

- Timer0: Temporizador-contador de 8 bits con pre-escaler de 8 bits
- Timer1: Temporizador-contador de 16 bits con pre-escaler que puede incrementarse en modo sleep de forma externa por un cristal/clock.
- Timer2: Temporizador-contador de 8 bits con pre-escaler y post-escaler.
- Dos módulos de Captura, Comparación, PWM (Modulación de Anchura de Impulsos).
- Conversor A/D de 10 bits.
- Puerto Serie Síncrono Master (MSSP) con SPI e I2C (Master/Slave).

- USART/SCI (Universal Syncheronus Asynchronous Receiver Transmitter) con 9 bit.
- Puerta Paralela Esclava (PSP)

NOMBRE DEL PIN	PIN	TIPO	TIPO DE BUFFER	DESCRIPCIÓN
<b>OSC1/CLKIN</b>	13	I	ST/MOS	Entrada del oscilador de cristal / Entrada de señal de reloj externa
<b>OSC2/CLKOUT</b>	14	O	-	Salida del oscilador de cristal
<b>MCLR/Vpp/THV</b>	1	I/P	ST	Entrada del Master clear (Reset) o entrada de voltaje de programación o modo de control high voltaje test
<b>RA0/AN0</b>	2	I/O	TTL	PORTA es un puerto I/O bidireccional
<b>RA1/AN1</b>	3	I/O	TTL	RA0: puede ser salida analógica 0
<b>RA2/AN2/ Vref-</b>	4	I/O	TTL	RA1: puede ser salida analógica 1
<b>RA3/AN3/Vref+</b>	5	I/O	TTL	RA2: puede ser salida analógica 2 o referencia negativa de voltaje
<b>RA4/T0CKI</b>	6	I/O	TTL	RA3: puede ser salida analógica 3 o referencia positiva de voltaje
<b>RA5/SS/AN4</b>	7	I/O	ST	RA4: puede ser entrada de reloj el timer0.
<b>RBO/INT</b>	33	I/O	TTL/ST	RA5: puede ser salida analógica 4 o el esclavo seleccionado por el puerto serial síncrono.
				PORTB es un puerto I/O bidireccional. Puede ser programado todo como entradas RB0 pude ser pin de interrupción externo.

<b>RB1</b>	34	I/O	TTL	RB3: puede ser la entrada de programación de bajo voltaje. Pin de interrupción Pin de interrupción Pin de interrupción. Reloj de programación serial
<b>RB2</b>	35	I/O	TTL	
<b>RB3/PGM</b>	36	I/O	TTL	
<b>RB4</b>	37	I/O	TTL	
<b>RB5</b>	38	I/O	TTL	
<b>RB6/PGC</b>	39	I/O	TTL/ST	
<b>RB7/PGD</b>	40	I/O	TTL/ST	
<b>RC0/T1OSO/T1CKI</b>	15	I/O	ST	PORTC es un puerto I/O bidireccional RCO puede ser la salida del oscilador timer1 o la entrada de reloj del timer1 RC1 puede ser la entrada del oscilador timer1 o salida PWM 2 RC2 puede ser una entrada de captura y comparación o salida PWN RC3 puede ser la entrada o salida serial de reloj síncrono para modos SPI e I2C RC4 puede ser la entrada de datos SPI y modo I2C RC5 puede ser la salida de datos SPI RC6 puede ser el transmisor asíncrono USART o el reloj síncrono. RC7 puede ser el receptor asíncrono USART o datos síncronos
<b>RC1/T1OS1/CCP2</b>	16	I/O	ST	
<b>RC2/CCP1</b>	17	I/O	ST	
<b>RC3/SCK/SCL</b>	18	I/O	ST	
<b>RC4/SD1/SDA</b>	23	I/O	ST	
<b>RC5/SD0</b>	24	I/O	ST	
<b>RC6/Tx/CK</b>	25	I/O	ST	
<b>RC7/RX/DT</b>	26	I/O	ST	

<b>RD0/PSP0</b>	19	I/O	ST/TTL	PORTD es un puerto bidireccional paralelo
<b>RD1/PSP1</b>	20	I/O	ST/TTL	
<b>RD2/PSP2</b>	21	I/O	ST/TTL	
<b>RD3/PSP3</b>	22	I/O	ST/TTL	
<b>RD4/PSP4</b>	27	I/O	ST/TTL	
<b>RD5/PSP5</b>	28	I/O	ST/TTL	
<b>RD6/PSP6</b>	29	I/O	ST/TTL	
<b>RD7/PSP7</b>	30	I/O	ST/TTL	
<b>REO/RD/AN5</b>	8	I/O	ST/TTL	PORTE es un puerto I/O bidireccional REO: puede ser control de lectura para el puerto esclavo paralelo o entrada analógica 5 RE1: puede ser escritura de control para el puerto paralelo esclavo o entrada analógica 6 RE2: puede ser el selector de control para el puerto paralelo esclavo o la entrada analógica 7.
<b>RE1/WR/AN</b>	9	I/O	ST/TTL	
<b>RE2/CS/AN7</b>	10	I/O	ST/TTL	
<b>Vss</b>	12.31	P	-	Referencia de tierra para los pines lógicos y de I/O
<b>Vdd</b>	11.32	P	-	Fuente positiva para los pines lógicos y de I/O
<b>NC</b>	-	-	-	No está conectado internamente

**Tabla 3. DESCRIPCIÓN DE PINES**

### 6.2.2.3 Estructura interna

Estos microcontroladores tienen la memoria de programa y la memoria de datos separadas, lo que se conoce como arquitectura Harvard. Esta configuración interna permite entre otras cosas acceder a las instrucciones de programa y a los datos simultáneamente a través de buses diferentes, lo que mejora notablemente la velocidad de proceso de estos dispositivos.

### 6.2.2.4 Circuitería externa auxiliar

Para que el microcontrolador sea capaz de funcionar en cualquier proyecto, se necesita al menos la siguiente circuitería externa:

- La alimentación.
- El reloj (oscilador). También, y de manera opcional
- El circuito de reinicio.

#### 6.2.2.4.1 La alimentación

Los dispositivos admiten un amplio rango de tensiones de alimentación, que va de 2,0 V a 5,5 V. La tensión a la cual se alimenten determinará la frecuencia máxima de trabajo.

La potencia máxima disipada es de 1 W y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P_{disipada} = V_{DD}(I_{DD} - \Sigma I_{OH}) + \Sigma[(V_{DD} - V_{OH})I_{OH}] + \Sigma(V_{OL}I_{OL})$$

- $V_{DD}$  es la tensión suministrada por la fuente de alimentación.
- $I_{OH}$  es la corriente suministrada por las salidas del PIC en estado alto.
- $I_{OL}$  es la corriente absorbida por las salidas del PIC en estado bajo.

- $V_{OH}$  es la tensión entregada por los terminales en estado alto.
- $V_{OL}$  es la tensión presente en los terminales en estado bajo.

#### 6.2.2.4.2 El reloj

El reloj u oscilador se utiliza para generar la base de tiempo del microcontrolador. Para la conexión del oscilador se emplean los terminales OSC1 y OSC2 del dispositivo.

Los microcontroladores PIC16F87X emplean por cada ciclo de instrucción cuatro ciclos de reloj. Esto significa que por ejemplo, si el microcontrolador debe ejecutar un programa de 1000 instrucciones con un reloj de 10 MHz (periodo de reloj de 100 ns), el tiempo total que empleará para ejecutar todo el programa (asumiendo que todas las instrucciones fueran de un ciclo de instrucción) será de:

$$T = \frac{1000 * 4}{10 * 10^6} = 400\mu s$$

La serie PIC16F877A puede trabajar a una frecuencia de reloj máxima de 20 MHz. Esto quiere decir que, a esta frecuencia, el tiempo necesario para ejecutar las instrucciones de un ciclo de instrucción es de 200 ns, y de 400 ns para las de dos ciclos de instrucción.

La señal de reloj puede generarse mediante una red resistencia-condensador, un cristal de cuarzo piezoeléctrico o un resonador cerámico, aunque empleando cristales de cuarzo se consiguen frecuencias de oscilación muy exactas, lo cual es útil para calcular tiempos de ejecución y temporizaciones precisas.

Estos microprocesadores permiten escoger entre cinco tipos distintos de osciladores:

- LP (Low Power): reloj de bajo consumo, estable, con frecuencia de oscilación de hasta 200 kHz.



- XT (Xtal, Crystal): estable, frecuencia de oscilación de hasta 4 MHz.
- HS (High Speed): estable, frecuencia de oscilación de hasta 20 MHz.
- RC (Resistor/Capacitor): frecuencia de oscilación dependiente de resistencia, condensador, voltaje de alimentación y temperatura de trabajo. Es el tipo más económico, pero también el más inestable.
- Externo: cuando la señal de reloj es externa, generada por otro circuito.

#### 6.2.2.5 Memoria interna

RP1:RP0	Bank
00	0
01	1
10	2
11	3

**Tabla 4 DIRECCIONAMIENTO DE LOS BANCOS.**

Existen tres bloques bien diferenciados de memoria. Estos son:

- Memoria de programa EEPROM Flash: es el lugar físico donde se guarda el programa de usuario. Es de tipo no volátil.
- Memoria de datos SRAM: es el lugar físico donde se guardan datos. Es de tipo volátil.
- Memoria de datos EEPROM: es el lugar físico donde se guardan datos. Es de tipo no volátil.

##### 6.2.2.5.1 Memoria de datos SRAM

Esta memoria es de tipo volátil, lo que significa que no conserva su contenido después de un apagado de alimentación.

En esta memoria se encuentran los registros de funciones especiales (SFR) y los registros de propósito general (GPR), y está particionada en cuatro bancos

(0, 1, 2 y 3), seleccionables independientemente. El banco 0 es el banco seleccionado por defecto cuando se alimenta al microcontrolador.

#### 6.2.2.5.2 Registros de funciones especiales (SFR)

Los microcontroladores cuentan con registros internos que permiten controlar y supervisar las funciones y recursos disponibles del dispositivo.

En los dispositivos PIC 16F877A estos registros son de 8 bits, la mayoría de lectura y escritura. Se puede acceder a dichos bits de manera individual, o bien a todo el registro a la vez.

Determinados pares de registros tienen funciones especiales para las cuales se pueden considerar unidos en un único registro de 16 bits, aunque físicamente siguen estando separados.

#### 6.2.2.5.3 El registro STATUS

El registro de estado (STATUS) es uno de los más importantes y empleados en el microcontrolador.

Proporciona información acerca del resultado de operaciones aritméticas, operaciones lógicas y causa de reinicios, además de permitir la selección del banco de memoria de datos.

#### 6.2.2.5.4 El registro W

El registro de trabajo W (Working Register) es un registro relevante especial de 8 bits que participa en la mayoría de instrucciones. A diferencia de los SFR, se encuentra dentro de la misma CPU, y puede ser accedido tanto para lectura como para escritura.



- Instrucciones aritméticas.
- Instrucciones lógicas.
- Instrucciones de salto.
- Instrucciones de manejo de subrutinas.
- Instrucciones especiales.

Sintaxis	Descripción	Ciclos de Instrucción
<b>Instrucciones de carga</b>		
CLRF f	Borra el contenido del registro f	1
CLRW	Borra el contenido del registro W	1
MOVF f,d	Mueve el contenido del registro f	1
MOVWF f	Mueve el contenido del registro W al registro f	1
MOVLW k	Guarda en el registro W el valor k	1
<b>Instrucciones de bit</b>		
BCF f,b	Pone en "0" el bit b del registro f	1
BSF f,b	Pone en "1" el bit b del registro f	1
<b>Instrucciones aritméticas</b>		
ADDLW k	Suma el valor k al registro W	1
ADDWF f,d	Suma el contenido del registro W con el de f	1

DECF f,d	Decrementa en una unidad el contenido del registro f	1
INCF f,d	Incrementa en una unidad el contenido del registro f	1
SUBLW k	Resta el valor k al registro W	1
SUBWF f,d	Resta el contenido del registro W al registro f	1
<b>Instrucciones lógicas</b>		
ANDLW k	Realiza la operación lógica AND entre el valor k y el registro W	1
ANDWF f,d	Realiza la operación lógica AND entre el contenido del registro W y el de f	1
COMF f,d	Niega el valor del registro f	1
IORLW k	Realiza la operación lógica OR entre el valor k y el registro W	1
IORWF f,d	Realiza la operación lógica OR entre el contenido del registro W y el de f	1
RLF f,d	Rota el contenido del registro f hacia la izquierda a través del carry bit	1
RRF f,d	Rota el contenido del registro f hacia la derecha a través del carry bit	1
SWAPF f,d	Intercambia los cuatro primeros bits con los cuatro últimos del registro f	1

XORLW	Realiza la operación lógica XOR entre el valor k y el registro W	1
XORWF f,d	Realiza la operación lógica XOR entre el contenido del registro W con el de f	1
<b>Instrucciones de salto</b>		
BTFSC f,b	Lee el bit b del registro f y salta la instrucción siguiente si está en "0"	1 (2 si salta)
BTFSS f,b	Lee el bit b del registro f y salta la instrucción siguiente si está en "1"	1 (2 si salta)
DECFSZ f,d	Decrementa en una unidad el contenido del registro f y salta la instrucción siguiente si es cero	1 (2 si salta)
INCFSZ f,d	Incrementa en una unidad el contenido del registro f y salta la instrucción siguiente si es cero	1 (2 si salta)
GOTO k	Salto incondicional a la etiqueta k	2
<b>Instrucciones de manejo de subrutinas</b>		
CALL k	Llamada a la subrutina k	2
RETFIE	Retorno de una interrupción	2
RETLW	Retorno de una subrutina con el valor k en el registro W	2
RETURN	Retorno de una subrutina	2

<b>Instrucciones especiales</b>		
CLRWDT	Borra el temporizador del Watchdog	1
NOP	No realiza ninguna operación (pero consume tiempo de ejecución)	1
SLEEP	Se pone el PIC en estado de reposo (dormido)	1

**Tabla 5 resumen de instrucciones**

En todas las instrucciones donde aparece una d como operando:

- Si  $d = 0$ , el resultado de la operación se guarda en W.
- Si  $d = 1$ , el resultado de la operación se guarda en el registro f. Es el valor por defecto.

### **6.2.2.7 El convertor analógico-digital**

El convertor analógico-digital (ADC en inglés) que llevan incorporados los microcontroladores es de 10 bits. Su funcionamiento es bastante simple, comparado con los convertidores A/D R2R.

El número de canales de conversión disponibles en el PIC 16F877A que viene equipado con 8 canales.

La técnica que utilizan estos dispositivos para la conversión es la de “incremento y comparación”. Consiste en usar un registro auxiliar cuyo valor se compara con la entrada analógica. Si es menor se incrementa el registro y se vuelve a comparar. Así hasta que el valor del registro sea lo más aproximado posible a la entrada analógica.

El rango de voltaje aceptado para la conversión de la señal analógica es de 0 V a 5 V. Si se tiene que trabajar con una señal de mayor voltaje, basta con poner

a la entrada del conversor un divisor de tensión correctamente calculado o bien trabajar con alguna tensión de referencia externa al  $\mu\text{C}$ .

La resolución de la conversión es función de la tensión de referencia externa (en caso de que la hubiere) y viene dada por:

$$Res = \frac{V_{ref+} - V_{ref-}}{1024}$$

Si no existe referencia externa, el microcontrolador toma como valores de referencia  $V_{ref+} = VDD$  y  $V_{ref-} = GND$  (valores de alimentación del dispositivo). Por ejemplo, si la tensión de referencia positiva ( $V_{ref+}$ ) es de 5 V y la tensión de referencia negativa ( $V_{ref-}$ ) es de 0 V, la resolución es de 4,8 mV por cada bit. Una vez realizada la conversión, se obtienen un valor binario 0000000000 para 0 V y un valor binario 1111111111 para 5 V.

#### 6.2.2.7.1 Controlando el conversor A/D

Los registros asociados al conversor A/D son:

- ADRESH (completo)
- ADRESL (completo)
- ADCON0 (completo)
- ADCON1 (completo)

Como la resolución del convertidor A/D es de 10 bits y los registros del  $\mu\text{C}$  son de 8 bits, se utilizan dos registros, ADRESL y ADRESH (AD Result Low y AD Result High), de forma concatenada. Es decir, los 8 bits de ADRESL y 2 bits de ADRESH.

Los registros ADCON0 y ADCON1 permiten controlar, configurar y poner en marcha al conversor.



Los bits 6 y 7 del registro ADCON0 sirven para ajustar la frecuencia del oscilador del conversor, que está ligada directamente con la frecuencia de oscilación del  $\mu\text{C}$ . Los bits 3,4 y 5 sirven para elegir el canal de conversión. El bit 2 sirve para iniciar la conversión. Debe ponerse en nivel lógico alto (1) para comenzar el proceso de conversión. Automáticamente, este bit pasará a nivel lógico bajo (0) cuando la conversión haya finalizado. El bit 1 no se usa. El bit 0 sirve para activar el módulo de conversión. Si este bit está a nivel lógico bajo, el módulo de conversión estará deshabilitado.

El registro ADCON1 es el encargado de definir qué patita del  $\mu\text{C}$  usaremos como entrada analógica. Esto es muy útil cuando, por ejemplo, se usa un mismo terminal del  $\mu\text{C}$  como salida/entrada digital y en un determinado momento se quiere que ese mismo terminal lea un voltaje analógico externo. Este registro también es el responsable de la selección de la "justificación" del resultado de la conversión (bit 7) y de configurar cual/es serán los terminales donde aplicaremos la tensión de referencia en caso de necesitarla.

#### 6.2.2.7.2 Conversión Terminada

El tiempo que le toma al  $\mu\text{C}$  realizar la conversión se denomina  $T_{AD}$  y nunca debe ser menor que  $1,6 \mu\text{s}$  para la familia 16F877A. el tiempo  $T_{AD}$  es configurado por software según la relación  $T_{AD} = kT_{OSC}$  donde K es el divisor de la frecuencia del conversor. Por ejemplo, si trabajamos con  $T_{OSC} = 1\mu\text{s}$  y en los bits 7 y 6 del registro ADCON0 ponemos 00, quedará:  $T_{AD} = 2T_{OSC} = 2 * 1\mu\text{s} = 2\mu\text{s}$  lo cual está dentro del rango permitido.

Una vez terminada la conversión, el resultado se almacena en los registros ADRESH y ADRESL según estén configurados en el bit 7 del registro ADCON1. La "justificación" a la derecha o izquierda es sencilla de comprender; se trata de guardar el resultado de 10 bits en dos registros de 8 bit's c/u, ósea que se elegirá si se quieren los 8 primeros bits en el ADRESL y los dos restantes en el ADRESH o viceversa.

Generalmente la elección de la justificación está directamente emparentada con la resolución que queremos leer, es decir, si se quiere conectar un potenciómetro y según la tensión aumentar o disminuir el tiempo de parpadeo de un led, se puede justificar a la izquierda y leer como resultado de la conversión solo los 8 bits del ADRESH y descartar o desprestigiar los dos bits de menor peso significativo que se guardarán en el ADRESL.

#### 6.2.2.7.3 Pasos necesarios para la conversión A/D

A modo de algoritmo los pasos necesarios para una correcta utilización del modulo A/D son los siguientes:

1. Configurar el módulo A/D:
2. Terminales de entrada analógica y de referencia.
3. Seleccionar el canal adecuado.
4. Seleccionar la velocidad de conversión.
5. Prender el conversor: Setear el bit 0 del registro ADCON0
6. Empezar la conversión: Setear el bit 2 del registro ADCON0
7. Esperar que el bit 2 del registro ADCON0 se ponga a 0
8. Leer el resultado en los registros ADRESH:ADRESL
9. En estos pasos no se tiene en cuenta que se pueden necesitar más de una conversión por distintos canales o bien que se realicen varias conversiones y luego tomar un promedio. Esta última técnica es muy usada cuando las variaciones de tensión son rápidas y promediando tres o cuatro conversiones se tiene así el resultado, hasta que se realice una segunda conversión.

### 6.2.3 LM 324N

Los amplificadores operacionales tienen una cantidad ilimitada de aplicaciones en la electrónica actual. Particularmente se le utiliza en circuitos amplificadores y preamplificadores de instrumentación, de audio y de video.

Una de las características básicas de los OP-AMP es la alimentación, que puede ser sencilla, dual o indiferente. En un solo contenedor puede haber 1,2 o 4 OP-AMP. Los empaques más comunes son DIP8 para los operacionales sencillos y dobles, y DIP14 para los OP-AMP cuádruples.

Los empaques metálicos tipo TO-5 todavía se fabrican y utilizan en algunos equipos industriales o militares. Los operacionales más actualizados disponen de entrada MOSFET y algunos de ellos pueden ser usados como reemplazo directo de dispositivos tan clásicos como los 741.

Cuádruple Amplificador Operacional (4x LM 324N) Esta es una versión cuádruple, de bajo consumo del muy conocido OP-AMP LM741. Los cuatro OP-AMP consumen menos de un solo LM741. Cada amplificador dispone de su salida en clase AB, eliminando así cualquier distorsión cruzada. La separación entre canales es de 120dB. El voltaje de alimentación máximo es de  $\pm 18V$ .

### **6.2.3.1 EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL**

Su funcionamiento consiste en la amplificación de señales bajas de voltaje enviadas por el sensor flexiforce A201, que amplía el voltaje. El componente central es un integrado, el amplificador operacional LM 358N, el cual ajusta el nivel de amplificación a través de ir conectado entre los pines de entrada y salida de éste. La salida del amplificador pasa a través de un capacitor, con el objetivo de eliminar el nivel

DC, y una resistencia conectada a tierra, la cual sirve para establecer una impedancia de entrada lo suficientemente alta. Por otro lado, la combinación de resistencias en la entrada que le dan un margen de amplificación a la señal de entrada para que sea apta para el amplificador

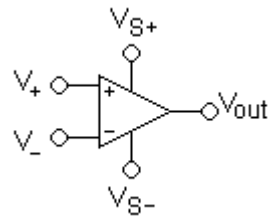
El nombre de operacional se debe al uso que de este circuito se hacía en los primitivos ordenadores analógicos, capaces de realizar operaciones aritméticas

de distinto grado de complejidad. Estos amplificadores poseen una elevadísima resistencia de entrada, por lo que pueden detectar señales muy pequeñas (de orden de micro voltios) y amplificarlas miles de veces.

El **LM 324N** contiene dos amplificadores operacionales en el interior de una cápsula DIP8.



**FIG. 4. LM 324N**



**FIG. 5. SÍMBOLO OP-AMP**

Los amplificadores operacionales se emplean en su mayoría en circuitos de control de temperatura, luminosidad, humedad, detectores de incendios, receptores de radio y televisión, etc.

### **6.2.3.2 Amplificador operacional doble de baja potencia**

Los LM 324N constan de dos amplificadores operacionales independientes, de alta ganancia, y frecuencia interna compensada. Diseñado específicamente para operar con una sola fuente de alimentación en una amplia gama de voltajes. Aunque también es posible utilizarlo con una fuente de alimentación doble. El consumo (fuga) de corriente del componente es bajo e independiente de la magnitud de la tensión de alimentación.

Las áreas de aplicación incluyen amplificadores, bloques de ganancia de corriente continua y circuitos convencionales con amplificador operacional (amplificadores inversores, sumadores, integradores... etc.). Los cuales son más fáciles de implementar gracias a la utilización de una fuente de alimentación simple. Por ejemplo, la serie LM158 puede funcionar directamente con una tensión de 5V de alimentación, en sistemas digitales y proporcionar la

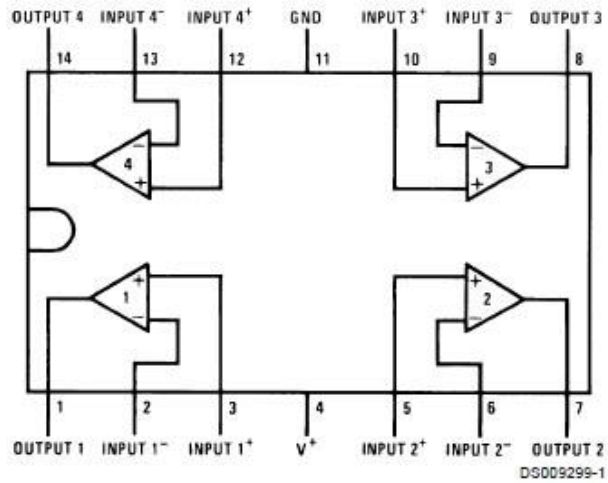
interfaz electrónica necesaria sin una fuente de alimentación adicional de  $\pm 15V$ .

### **6.2.3.3 Ventajas**

- Se elimina la necesidad de fuentes de alimentación dobles.
- Dos amplificadores operacionales en un solo componente.
- Permite entradas cercanas a GND (masa) y la tensión de salida también llega a GND.
- Bajo consumo de energía, apropiado para funcionar a baterías.
- La distribución de los pines es igual que en los amplificadores operacionales dobles LM 1558 y LM 1458.

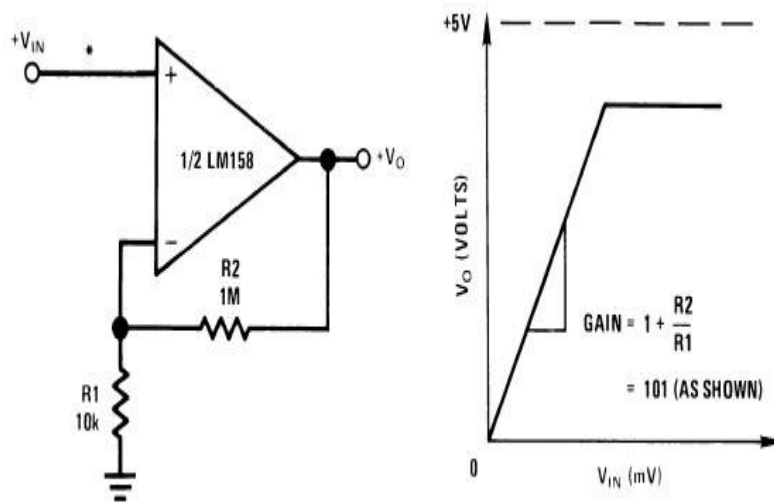
### **6.2.3.4 Características**

- Internamente compensado en frecuencia para ganancia unidad.
- Alta ganancia en DC: 100 dB.
- Gran ancho de banda (ganancia unidad) 1MHz (compensada con la temperatura).
- Alto rango de alimentación:
- Alimentación simple: entre 3V y 32V
- Alimentación doble: entre +/- 1,5V y +/- 16V
- Consumo de corriente muy bajo (500  $\mu A$ ) independiente de la alimentación.
- Bajo offset de voltaje de entrada (2mV).
- El rango de voltaje de entrada en modo común incluye masa.
- El rango de voltaje diferencial en la entrada es igual al voltaje de alimentación.
- Excursión máxima del voltaje de salida: desde 0V hasta  $V+ - 1,5V$ .



**FIG. 6. DIAGRAMA DE CONEXIÓN**

**Aplicaciones típicas con alimentación simple ( $V_+ = 5.0 \text{ Vdc}$ )**



\*R not needed due to temperature independent  $I_{IN}$

**FIG. 7. BLOQUE DE GANANCIA EN DC NO INVERSOR (SALIDA DESDE 0V)**

## **6.2.4 SENSOR PIEZOELÉCTRICO FLEXI FORCE A201**

La **piezoelectricidad** (del griego piezein, "estrujar o apretar") es un fenómeno presentado por determinados cristales que al ser sometidos a tensiones mecánicas adquieren una polarización eléctrica en su masa, apareciendo una diferencia de potencial y cargas eléctricas en su superficie. Este fenómeno también se presenta a la inversa, esto es, se deforman bajo la acción de fuerzas internas al ser sometidos a un campo eléctrico. El efecto piezoeléctrico es normalmente reversible: al dejar de someter los cristales a un voltaje exterior o campo eléctrico, recuperan su forma.

Los materiales piezoeléctricos son cristales naturales o sintéticos que no poseen centro de simetría. El efecto de una compresión o de un cizallamiento consiste en disociar los centros de gravedad de las cargas positivas y de las cargas negativas. Aparecen de este modo dipolos elementales en la masa y, por influencia, cargas de signos opuesto en las superficies enfrentadas.

Pueden distinguirse dos grupos de materiales: los que poseen carácter piezoeléctrico de forma natural (cuarzo, turmalina) y los llamados ferro eléctricos, que presentan propiedades piezoeléctricas tras ser sometidos a una polarización (tantalio de litio, nitrato de litio, bernilita en forma de materiales mono cristalinos y cerámicas o polímeros polares bajo forma de micro cristales orientados).

El material piezoeléctrico es aquel que, debido a poseer una polarización espontánea, genera un voltaje cuando se le aplica presión.

### **6.2.4.1 CARACTERÍSTICAS**

- Gran factor de acoplamiento electromecánico
- Pérdidas dieléctricas bajas
- Alta constante dieléctrica

- Alta rigidez dieléctrica
- Coeficiente de expansión bajo
- Gran resistividad a altas temperaturas

#### 6.2.4.2 Interpretación Física del Fenómeno

La interpretación física del fenómeno piezoeléctrico está relacionada con la deformación que se produce a nivel atómico (desplazamientos de los iones que conforman la estructura cristalina) como consecuencia de los esfuerzos mecánicos y/o los campos eléctricos aplicados. El efecto piezoeléctrico es anisótropo, es decir, depende de la dirección espacial en relación con los ejes del cristal. Para que una estructura cristalina sea susceptible de efecto piezoeléctrico, tiene que presentar como mínimo un eje polar, es decir, el cristal no tiene que poseer ningún centro de simetría. Esta condición la cumplen 20 clases de cristales, pero en muchos de ellos el efecto es demasiado pequeño para que pueda medirse experimentalmente. Debido al acoplamiento entre las magnitudes mecánicas y eléctricas, un condensador piezoeléctrico en forma de barra (una de sus dimensiones muy superior a las otras dos) se comporta como un oscilador electromecánico.

#### 6.2.4.3 Sensor de fuerza FlexiForce

A continuación el sensor de fuerza **FlexiForce**<sup>®</sup> de la empresa Tekscan.



FIG. 8. SENSOR FLEXIFORCE A 201



Como podemos ver en la imagen, se trata de un sensor integrado dentro de una membrana de circuito impreso flexible de escaso espesor. El sensor es totalmente plano, lo cual permite colocarlo con facilidad entre dos piezas del chaleco (espuma comprimida-sensor FlexiForce-espuma comprimida) y medir la fuerza que se aplicara por medio de un impacto.

Estos sensores se pueden utilizar para medir tanto fuerzas estáticas como dinámicas. En esta línea hay sensores que pueden soportar hasta 453 kgf (ó 1.000 Lbf).

Los sensores **FlexiForce** utilizan una tecnología basada en la variación de resistencia eléctrica del área censora. La aplicación de una fuerza al área activa de detección del sensor se traduce en un cambio en la resistencia eléctrica del elemento sensor en función inversamente proporcional a la fuerza aplicada, convirtiéndola en un voltaje, el cual puede ser medido.

#### 6.2.4.4 Datos físicos

El sensor tiene un rango de sensibilidad de 0 a 11 kgf (0 a 25 lbf). La longitud de los conductores de este sensor (integrados también como circuito impreso flexible) es de 21 cm, incluyendo el círculo sensor y las patitas de conexión. El ancho en la zona de los conductores es de 12 mm y en la zona sensible es de 15 mm. El espesor es de 0,127 mm.

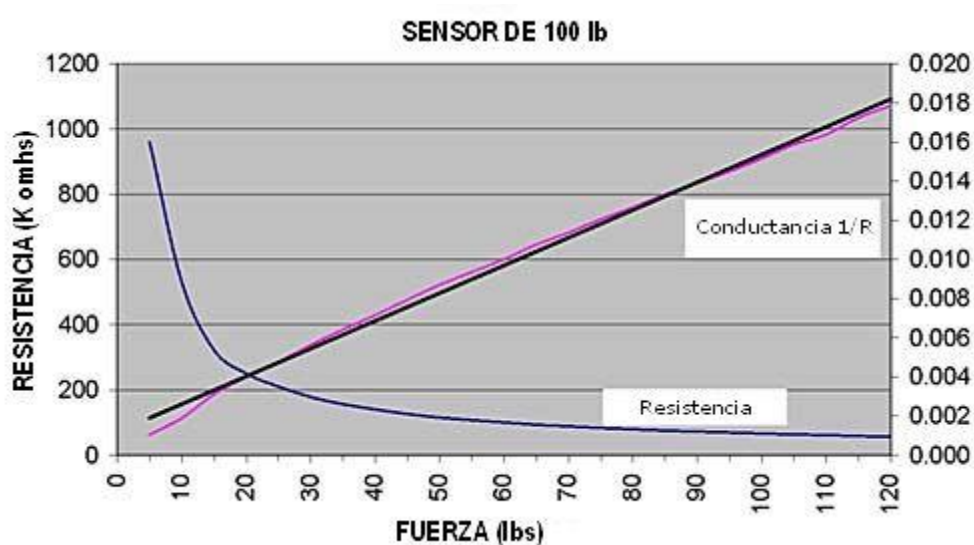
La zona de detección activa es un círculo colocado en un extremo del sensor que tiene 9,53 mm de diámetro.



**FIG. 9. SENSOR FLEXIFORCE 201A COMPLETO**

El sensor está sostenido entre dos capas de película de poliéster. En la parte interna de cada una de estas capas hay una película de material conductor (plata) y dentro éstas una tinta sensible a la presión. Todo el conjunto está unido por medio de un adhesivo.

El sensor actúa como resistencia variable en un circuito eléctrico. Cuando el sensor no tiene fuerza aplicada, su resistencia es muy alta (superior a 5 megohm), y cuando se aplica una fuerza al sensor, la resistencia disminuye.



**FIG. 10. CURVA DE RESISTENCIA (PARA 100 LB)**

El mercado ha producido, en los últimos tiempos, sensores planos, flexibles y extendidos a los que han bautizado como "robotic skin", o **piel robótica**.

Uno de estos productos es el creado por investigadores de la universidad de Tokio. Se trata de un conjunto de sensores de presión montados sobre una superficie flexible, diseñados con la intención de aportar a los robots una de las capacidades de nuestra piel: la sensibilidad a la presión.

Los sensores consisten en baratos transistores de tipo orgánico o plástico puestos sobre un material flexible de base. De esta manera se pueden

construir densos conjuntos de sensores que se pueden extender sobre áreas amplias.

Esta piel robótica funciona aún enrollada en un cilindro de sólo 4 milímetros de diámetro. El prototipo realizado por los investigadores japoneses es una hoja de ocho centímetros cuadrados que contiene un conjunto de 32 por 32 sensores orgánicos, lo que significa una densidad de 16 sensores por centímetro cuadrado. En comparación, la piel humana tiene, en la punta de los dedos, 1.500 sensores de presión por centímetro cuadrado. Y hay otras zonas del cuerpo en las que tiene aún más.

### **6.2.5 Espuma comprimida FeltCrest espuma de poliuretano reticulada**

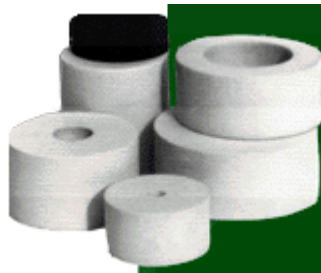
La espuma de poliuretano reticulada FeltCrest es un material único, flexible, que no daña el medio ambiente, que ha sido comprimido de manera permanente a una espesura pre determinada. Está hecha a partir de una amplia gama de espumas Crest no comprimidas. Para cada aplicación, se selecciona una espuma que exhiba las propiedades deseadas que se corta a la espesura necesaria antes de ser comprimida. Esta plancha de espuma se comprime entonces de manera permanente a través de un proceso térmico preciso que produce el FeltCrest. Típicamente, las espumas de poliuretano reticuladas FilterCrest tanto en grados de poliéster, de tamaño de poros controlados con precisión son usadas para producir FeltCrest. También hay casos en que se usa espuma no reticulada.

#### **6.2.5.1 Ventajas típicas de la espuma comprimida FeltCrest**

Los materiales FeltCrest exhiben características únicas y ventajas especiales. Algunas de estas ventajas son textura uniforme, alta resistencia y excelentes propiedades de filtración. El no liberar fibras permite su uso en muchas

aplicaciones en las cuales otros materiales no sirven. Su costo es otra ventaja a considerar cuando se compara FeltCrest con otros filtros fibrosos. Cuando se compara con medios filtrantes convencionales como ser feltros fibrosos, fibra de vidrio, mallas de tela tejidas y no tejidas y papel, FilterCrest exhibe propiedades superiores y ofrece ventajas substanciales:

- **Alto porcentaje de espacio vacío y porosidad uniforme:** son propiedades ideales para aplicaciones de dosificación y reservorio, entre otras. Dependiendo del factor de compresión usado para producir FeltCrest a partir de FilterCrest, es posible producir espacios vacíos de hasta 95%. El factor de compresión determina las propiedades de alta eficiencia del material para usos como reservorio y para dosificación de líquidos de diferentes tipos y viscosidades.



**FIG. 11. ESPUMA COMPRIMIDA**

- **Propiedades superiores de filtración:** son el resultado de poder usar factores de compresión y espesuras finales deseadas. Cuanto más alto el factor de compresión, habrá más células por pulgada, resultando así en un pasaje más riguroso para atrapar partículas.

- **Las espumas FeltCrest exhiben una respiración excepcional:** al igual que excelentes propiedades de absorción, capilaridad y consistencia física, mientras que mantienen un porcentaje muy alto de espacio vacío y células pequeñas.

- **Prácticamente no existen problemas de liberación de fibras** con FeltCrest, pues la misma consiste en una red estructural interligada continua, sin principio ni final. Sin estructuras finitas que se puedan soltar (como es el caso en los fieltros fibrosos) no hay posibilidad de que se suelten fibras.

### **6.2.5.2 Propiedades físicas/mecánicas**

El proceso de obtención de fieltros FeltCrest por compresión modifica muchas de las propiedades físicas y mecánicas de la espuma original. Algunos cambios típicos incluyen:

1. Las propiedades de resistencia a la compresión ("compresión fuerza y flexión") aumentan dramáticamente con el factor de compresión; cuanto mayor es el factor de compresión más firme y duro será el FeltCrest resultante.
2. La resistencia a la tensión y ruptura aumentan dramáticamente con el factor de compresión. Esto se debe a un aumento en la densidad de la espuma comprimida.
3. El diámetro específico de las células disminuye en la dirección de compresión, aumentando de esta manera el número de células en esa dirección, exactamente el factor de compresión utilizado (llamado también la firmeza de compresión). Cuanto mayor el factor de compresión, mayor será el número de células por pulgada en la dirección de compresión, mayor será la resistencia a un flujo de fluidos y menor será el espacio vacío.

### **6.2.5.3 Aspectos de seguridad de los materiales FeltCrest**

Si se usan correctamente, las espumas de poliuretano FilterCrest ofrecen ventajas sobresalientes en una amplia gama de aplicaciones. Sin embargo, como es el caso con todas las espumas de poliuretano, cuando se exponen a

una fuente de calor intenso, una llama u otras fuentes de ignición, estos materiales pueden quemarse rápidamente. Deben tomarse los debidos cuidados al manosear, almacenar y procesar estos materiales.

### **6.2.6 chaleco**

Un **chaleco** es una prenda protectora que absorbe el impacto dado por otro deportista y además es capaz de medir la fuerza del golpe dado al torso y laterales del quien lo porte, (en este caso lo utilizara un muñeco y/o maniquí).

Los chalecos están hechos de varias capas de espuma comprimida y de tejido sintético que protegen a la persona que lo usa. Cuando se le agregan placas de material duro en su base hará una mayor presión entre las espumas y el sensor.

Protegen hasta cierto punto, pero no son indestructibles ni tampoco previenen las lesiones. Los chalecos son utilizados por deportistas de alto rendimiento en deportes de contacto o lucha; en torneos los chalecos de medición son además una fuente protección. En este caso lo utilizaremos para medir un impacto y lo tendrá un maniquí.

### **6.2.7 EL PUENTE DE WHEATSTONE**

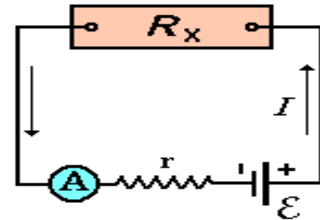
Instrumento eléctrico de medida inventado por Samuel Hunter Christie en 1832, mejorado y popularizado por Sir Charles Wheatstone en 1843. Se utiliza para medir resistencias desconocidas mediante el equilibrio de los brazos del puente. Estos están constituidos por cuatro resistencias que forman un circuito cerrado, siendo una de ellas la resistencia bajo medida.

La forma más práctica de medir resistencias es usar un óhmetro, instrumento diseñado para este fin (Fig.1). Hoy día, con los progresos de la tecnología, estos instrumentos, en la mayoría de las aplicaciones prácticas, tienen

suficiente exactitud y mucha precisión, no obstante, para medidas de resistencias muy pequeñas puede que no sean muy exactos (aproximadamente 2% de error).



**Fig. 12 MULTÍMETRO**



**Fig. 13 RESISTENCIA A MEDIR**

Básicamente un óhmetro consta de una batería en serie con un amperímetro (Fig. 2). La resistencia a medir, se desconecta del circuito y se conecta uniendo sus terminales con los terminales del. Si representando con “r” la suma de la resistencia interna de la batería más la del amperímetro, la batería dividida entre la corriente que pasa por el amperímetro, menos r.

$$R_x = \frac{\varepsilon}{I} - r$$

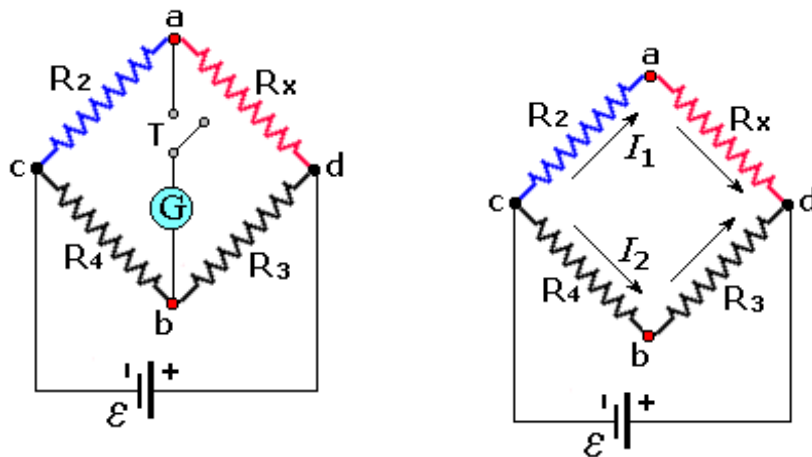
Como puede verse, la exactitud de las medidas, está limitada por la resistencia interna de la batería y la precisión del amperímetro.

En los casos en que se requiere medir resistencias con mayor exactitud es preferible usar el **Puente de Wheatstone** (en honor a Charles Wheatstone, 1802 – 1875).

El procedimiento más empleado para la medición de resistencias es el del puente de Wheatstone, el cual consta de cuatro resistencias: **R<sub>x</sub>** (la resistencia que se quiere medir), **R<sub>2</sub>**, **R<sub>3</sub>** y **R<sub>4</sub>**, conectadas como se muestra en la figura 3. Entre los puntos **c** y **d** se conecta una fuente de poder, y los puntos **a** y **b** se

unen mediante un galvanómetro **G** y un pulsador **T**, estos dos elementos constituyen el “puente”. Si las resistencias son cualesquiera, por el “puente” (una vez cerrado **T**) pasará una corriente y ésta será detectada por el galvanómetro. Pero, no fluirá ninguna corriente a través del puente, cuando la diferencia de potencial entre **a** y **b** sea cero, en este caso el circuito se reduce al mostrado en la figura 4, y por las leyes de mallas se tiene:

$$I_1 R_2 - I_3 R_4 = 0 \quad (1) \quad \text{y} \quad -I_1 R_x + I_2 R_3 \quad (2)$$



**FIG. 14 EJ. PUENTE DE WHEATSTONE 1 Y 2**

Combinando las ecuaciones (1) y (2) se consigue la relación:

$$\frac{R_x}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad (3)$$

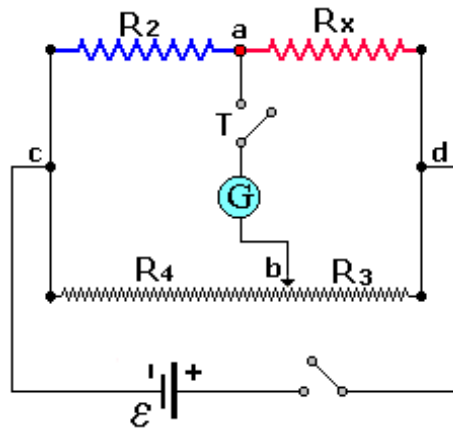
En este caso, el valor de  $R_x$ , estará dado por:

$$R_x = R_2 \frac{R_3}{R_4} \quad (4)$$

Entonces; para conocer  $R_x$  solo se necesita conocer los valores de  $R_2$  y de la relación  $\frac{R_3}{R_4}$ . Una de las maneras de lograr esta condición, es mediante el montaje que se ve en la figura 5. Donde las dos resistencias  $R_3$  y  $R_4$  han sido sustituidas por un hilo de constante de 100 cm de longitud instalado en una



escala graduada en milímetros; sobre este hilo puede deslizarse un contacto metálico unido al puente por medio del pulsador **T**, y que divide la resistencia total del alambre en dos partes que las cuales corresponden a las resistencias  $R_3$  y  $R_4$ .



**FIG. 15 DIVISIÓN DE HILOS DEL PUENTE WHEATSTONE**

Moviendo el contacto a lo largo del hilo, la relación  $\frac{R_3}{R_4}$  puede adquirir cualquier valor. Si el hilo presenta características iguales en toda su longitud  $L$ , la relación entre dichas resistencias coincide con la de las longitudes  $x$  y  $L - x$ , de las dos partes en que queda dividido el hilo, ya que:

$$R_3 = \rho \frac{x}{A} ; \quad R_4 = \rho \frac{L-x}{A} \quad (5) \quad \text{y} \quad \frac{R_3}{R_4} = \frac{x}{L-x} \quad (6)$$

## 6.3 MARCO HISTÓRICO

En este tramo del trabajo teórico daremos a conocer los antecedentes del proyecto, encontramos tres marcas reconocidas, las cuales están sujetas solamente al deporte del taekwondo, (Adidas, Daedo, La Just), con distintas clases de sensores y programas para facilitar su medición.

### 6.3.1 CHALECO ELECTRÓNICO DAEDO

En este chaleco es incorporada la nueva tecnología Kesamai, basada en un sistema de sensores capaces de detectar y medir la fuerza de los impactos. Introduciendo Kesamai en los actuales chalecos y/o protectores, obtenemos un sistema automático de puntuación ubicado en el tronco del deportista



FIG. 16. CHALECO DAEDO

#### 6.3.1.1 Características de chaleco electrónico de DAEDO

- Detectar 4 impactos por segundo.
- Distinguir entre golpes de puño y de pie.
- Señalar sólo los puntos permitidos por las normas WTF.

- Medir la potencia de los golpes de pie y puño en el peto
- Contabilizar en el casco sólo los golpes efectuados con el pie.

### 6.3.2 CHALECO ELECTRÓNICO DE ADIDAS

Utiliza la última tecnología Wireless y un innovador sensor de canales de aire en un material ultramoderno desarrollado por los ingenieros de Adidas, ofreciendo un producto inteligente para competencias y entrenamientos.

El Chaleco Electrónico es capaz de registrar hasta cuatro golpes por segundo e incluye software para evaluar la técnica y contundencia en un combate. El sistema también puede ser ajustado progresivamente vía software para que cualquier sensor del Chaleco se haya configurado a cualquier categoría y tallas de peto.

El chaleco Adidas esta calibrado para marcar no solo el contacto sino también la tensión en JOULES sin necesidad de equipo adicional.



**FIG. 16. CHALECO ADIDAS**

### **6.3.2.1 Características del chaleco electrónico de Adidas:**

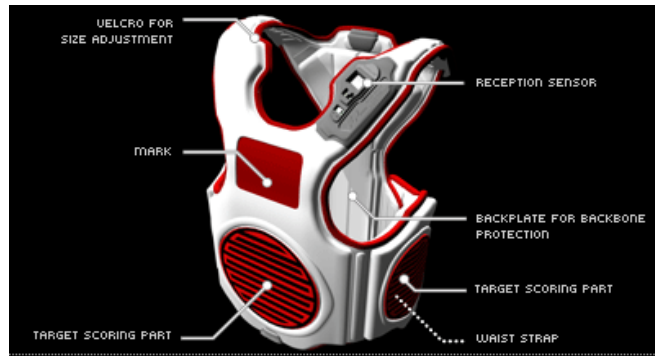
- Color Rojo y Azul en Tallas desde 1 hasta 5.
- Tecnología Inalámbrica en área de competencia.
- Marca puntos al Tórax.
- Indica la potencia del impacto en tiempo real.
- Fácil de ajustar según la categoría del competidor.
- Incluye Software 100% funcional.
- Registra hasta 5 impactos por segundo.

Este chaleco fabricado por la marca Adidas consta de un kit con los siguientes elementos:

- Stick BT 2.0 inalámbrico.
- Sensor EBP batería de larga duración incluye cargador.
- Interface plástica EBP a Sensor.
- Maleta Porta Peto.
- Software vía descarga electrónica.
- Manuales en español.

### **6.3.3 CHALECO ELECTRÓNICO LA JUST**

El chaleco consta de un sensor electrónico que reacciona únicamente a las cintas de sensor especial conectadas a los calcetines y guantes derivadas de la función en pies y manos al hacer contacto con el chaleco electrónico. En cada categoría de peso del atleta se necesita una cantidad de fuerza específica para ser efectivo el punto y lo marque el chaleco. A comparación del anterior que era hecho de goma.



**FIG. 18 CHALECO LA JUST**

### **6.3.3.1 Características de chaleco electrónico de La Just**

- El sensor que recibe los puntos desde el destino anotando parte en la cabeza y el cuerpo, a continuación, transmite al transmisor de ondas eléctricas.
- Placa trasera para proteger la espina dorsal
- El circuito que transmite la partitura para el dispositivo principal del aparato de árbitro.
- Transmisor de onda electrónica (circuito principal)
- La pantalla de cristal líquido que se adjunta al transmisor de ondas eléctricas que muestra la puntuación voluntaria.
- Potencia de On / Off interruptor.
- Un botón para inicializar las condiciones de calificación cuando haga clic en el botón de restablecimiento y pena al mismo tiempo el sensor que recibe los datos básicos para la competencia desde el programa de operación

## **7 PERSONAS PARTICIPANTES DEL PROYECTO**

**Alan Yezid Escandón Díaz**

**Diseñador del proyecto**

**Edwin Palacios**

**Ing. Electrónico Asesor**

**Mauricio Contreras**

**Ing. Electrónico Asesor**

**Luz Análida Díaz Bernal**

**Licenciada. Asesora de Redacción**

## **8 RECURSOS**

### **8.1 RECURSOS MATERIALES**

- Microcontrolador PIC 16F877A
- Lm 324N
- Sensor piezoeléctrico Flexiforce® A201
- Espuma comprimida
- Chaleco protector
- Displays LCD 16\*2 alfanumérico
- Plaqueta de cobre
- Resistencias
- Condensadores

### **8.2 RECURSOS INSTITUCIONALES**

#### **8.2.1 Corporación Universitaria Minuto de Dios**

- Sala de Electrónica
- Oficinas de Dirección de Electrónica. “asesorías Mauricio Contreras”
- Aulas de clase. Sala d electrónica y redes.

#### **8.2.2 Taller Electrónicas Tovar**

### 8.3 RECURSOS FINANCIEROS

INSTRUMENTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
PIC 16F877A	1	\$ 20000	\$ 20000
LM 324N	4	\$ 10000	\$ 10000
SENSOR PIEZOELÉCTRICO	8	\$ 90000	\$ 720000
ESPUMA COMPRIMIDA(LONJA)	3m	\$ 35000	\$ 105000
CONFECCION DEL CHALECO	1	\$ 75000	\$ 75000
MATERIALES INTERNOS DEL CHALECO	_____	\$60000	\$60000
TELA	3m	\$ 5500	\$ 16500
ALAMBRE	12m	\$ 2000	\$ 24000
IMPRESIÓN DE PCB	6	\$ 8000	\$ 48000
PLAQUETA DE COBRE (10*10)	2	\$ 10000	\$ 20000
PLAQUETA DE COBRE(5*10)	4	\$ 6000	\$ 24000
COSTOS ADICIONALES	_____	\$ 250000	\$ 150000
TRANSPORTE MUNICIPAL E INTERMUNICIPAL	_____	\$150000	\$150000
INSTRUMENTOS COMPLEMENTARIOS	_____	\$ 60000	\$ 60000
TOTAL DE COSTOS	_____	\$ 781500	\$ 1.482.500

**TABLA 6. COSTOS DEL PROYECTO**



### 9 CRONOGRAMA

MESES SEMANAS ACTIVIDADES	NOVIEMBRE				JUNIO				JULIO				AGOSTO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ENTREGA DEL ANTEPROYECTO																
DISEÑO DEL CIRCUITO																
PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR																
PRUEBA Y CORRECCIÓN DEL PROYECTO																
ELABORACIÓN DEL INFORME																
SUSTENTACIÓN Y ENTREGA TEÓRICA DEL PROYECTO																

**TABLA 7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

## 10 BIBLIOGRAFÍA

### 10.1 INTERNET

- Dra. María Antonieta Laza Rodríguez, "Problemas Históricos relación Tecnología-Deportes," Monografias.com, 2009.
- Nicolás C.6to DAN., "Tae Kwon Do," 2009. "Petos La Just no tienen precio por Ahora".
- MDK Atasta, "Petos Electrónicos ADIDAS" 2009.
- MDK Atasta, "Petos Electrónicos DAEDO" 2008.
- MDK Atasta, "Petos Electrónico LA JUST" 2009.
- [http://www.cintanegra.com.mx/articulos.php?id\\_sec=2&id\\_art=629](http://www.cintanegra.com.mx/articulos.php?id_sec=2&id_art=629)
- Manual de Microcontrolador 16F877A

Universidad de Guanajuato, México

TESIS DE MAGISTER

Barrón Zambrano José Hugo

Dr. Gustavo Cerda Villa faña

- PROGRAMA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA EIA-CES. LÍNEAS DE BIOMECÁNICA E INGENIERÍA DE REHABILITACIÓN Y BIOINSTRUMENTACIÓN, SEÑALES E IMÁGENES MÉDICAS.

Juan Sebastián Osorio Valencia, Sebastián Gómez Cardona, y Sebastián Restrepo Mejía

Escuela de Ingeniería de Antioquia–Universidad CES, Medellín, Colombia

30 DE OCTUBRE DE 2007

- Catalogo Crest-foam.
- <http://es.wikipedia.org>

## 10.2 LIBROS

- Angulo José M., Romero Susana y Angulo Martínez Ignacio, Micro controladores <<PIC>> Diseño practico de aplicaciones. (2.<sup>a</sup> parte: PIC 16F877A).
- Editora concepción Fernández Madrio.
- Editorial McGRAW- HILL/interamericana de España, S. A. U.

## 11. CONCLUSIONES

- La Ciencia y la tecnología ha ido avanzando de tal manera que hoy en día la encontramos en la mayoría de las actividades del ser humano, incluyendo el deporte, y en nuestro caso el de contacto o golpes, y como consecuencia del desarrollo tecnológico y como aporte a éste, la implementación del chaleco para censar el impacto y generar la base de datos con el fin de llevar registros para elaborar el sistema de medición de los mismos y que resulten más atractivos al consumidor o a las personas que lo utilizan.
- Con base en el contexto situacional del problema específico: elaboración de un chaleco medidor de impactos, surgió la necesidad que requerimos cubrir y se cree que ya se puede comenzar a diseñar un prototipo de chaleco electrónico en Colombia.
- Los materiales piezoeléctricos son de mucha importancia en la elaboración de diversos tipos de sensores, desde el detector de golpes hasta los acelerómetros utilizados para medir vibraciones.

## 12. ANEXOS

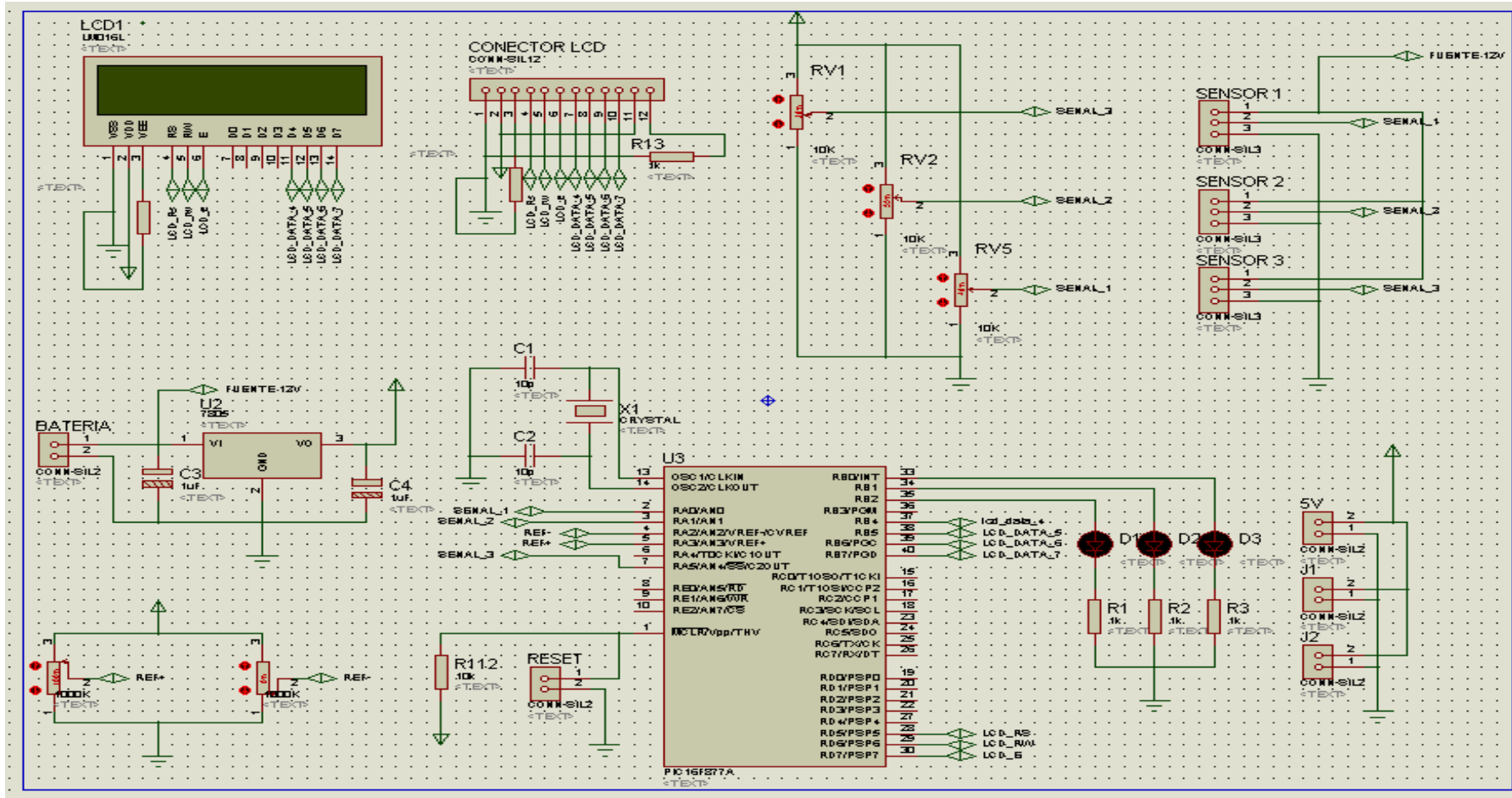


Fig. 19. PLANO EN PROTEUS ESQUEMÁTICO PCB PRINCIPAL CIRCUITO DE CONTROL (PIC 16F877A)

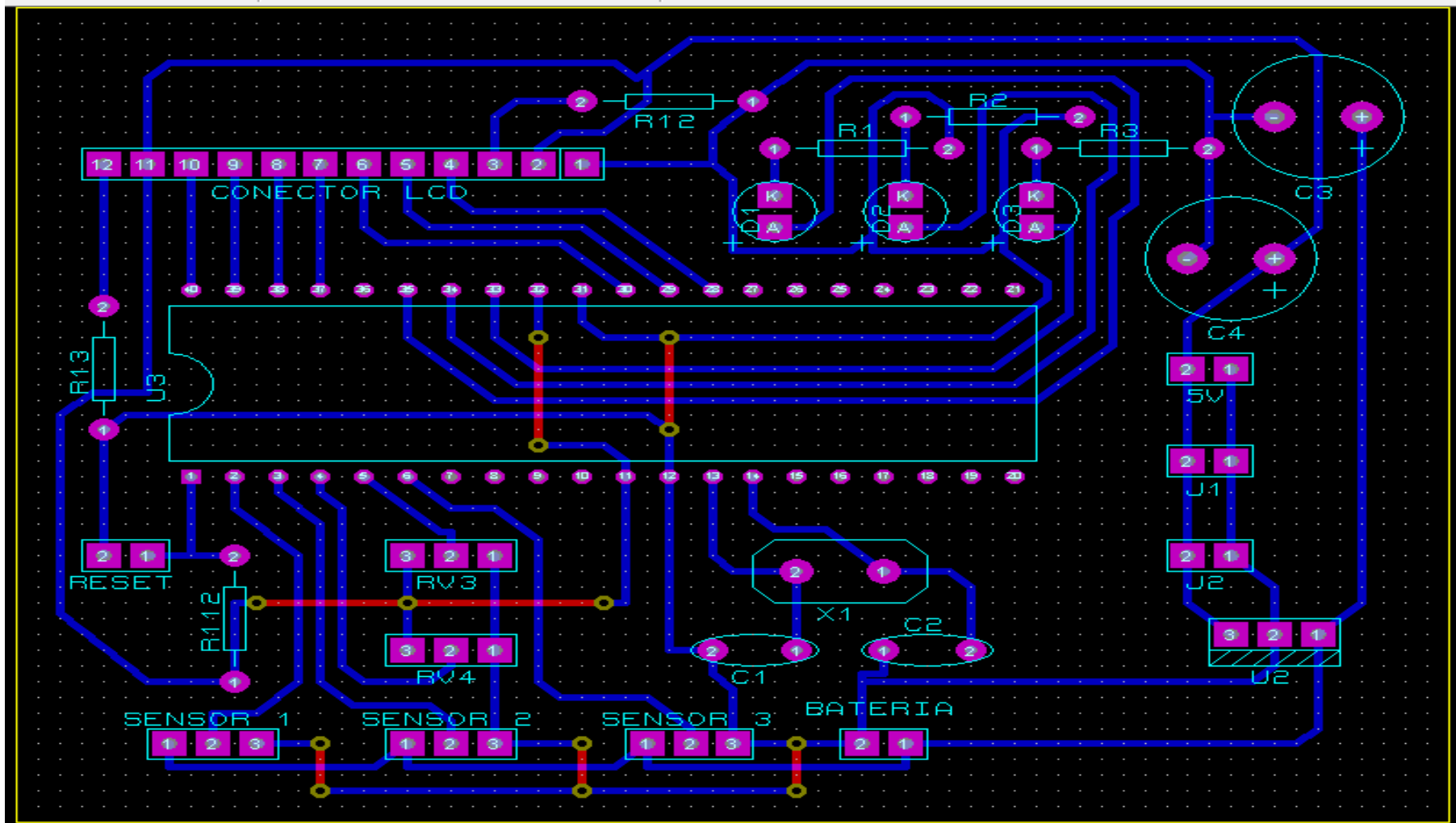
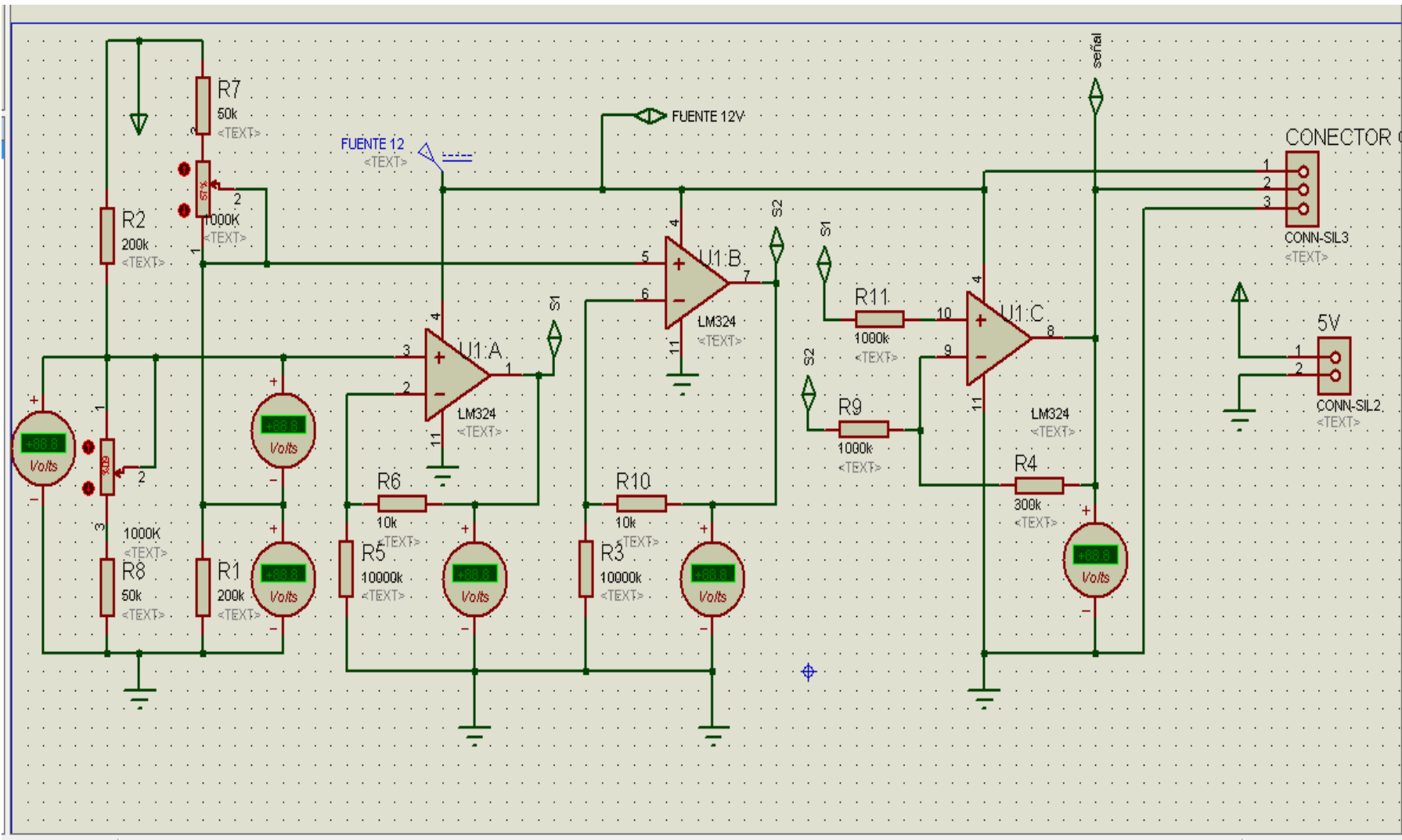


FIG. 20 PLANO EN PROTEUS DE BOARD PCB PRINCIPAL CIRCUITO DE CONTROL (PIC 16F877A)



**FIG. 21 PLANO EN PROTEUS EN ESQUEMATICO PCB SECUNDARIA (SENSOR Y AMPLIFICADOR OPERACIONAL)**

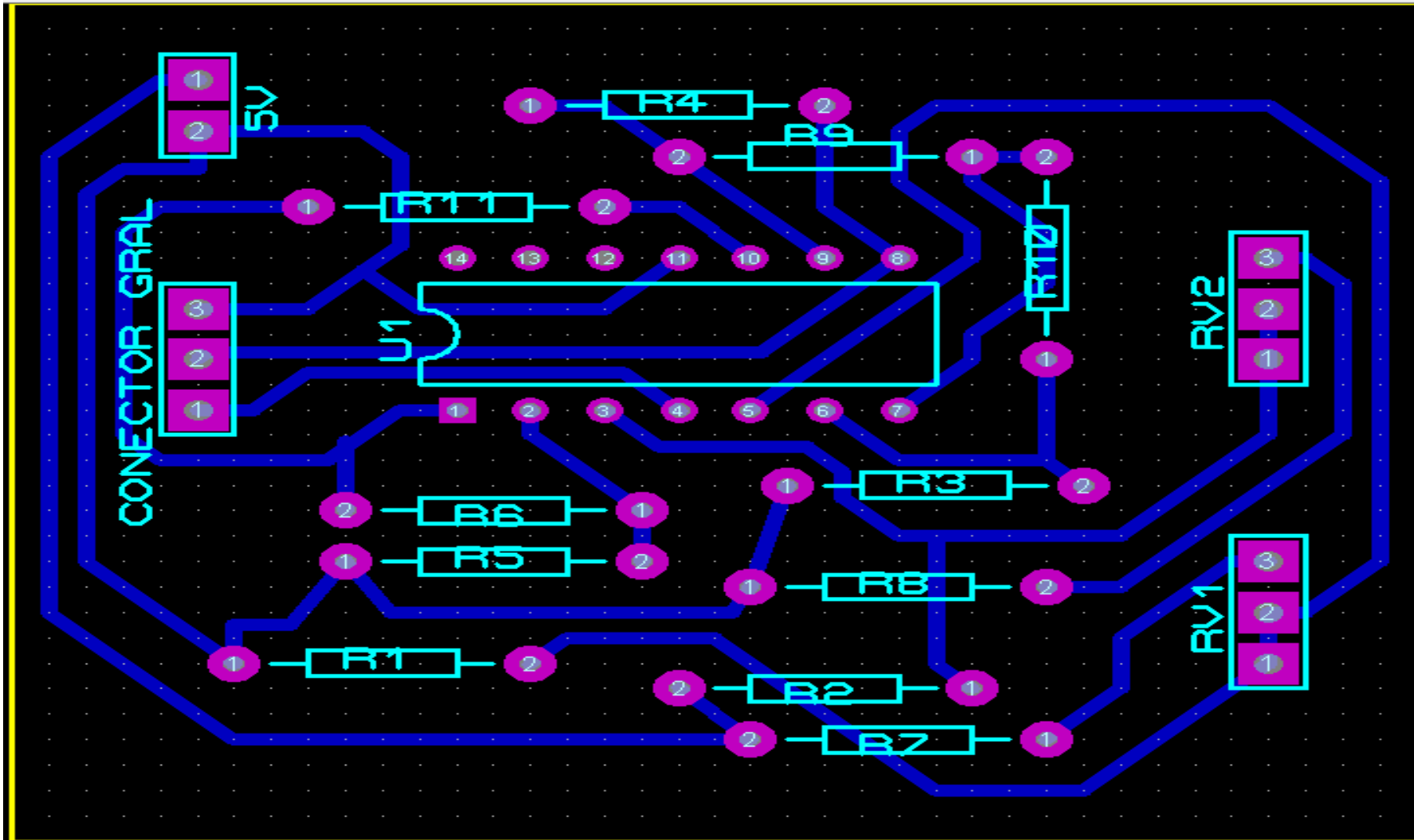


FIG. 22 PLANO EN PROTEUS EN BOARD PCB SECUNDARIA (SENSOR Y AMPLIFICADOR OPERACIONAL)