

CAPÍTULO

3

Diseño e Implementación

En este capítulo se presenta el diseño e implementación de la Diadema inalámbrica caracterizando inicialmente a los elementos que constituyen el sistema.

El sistema se divide en 3 módulos:

- Sensores de inclinación (MMA2260D).
- Procesamiento y transmisión de datos.
- Recepción de datos.

3.1. Elementos que constituyen el sistema

A continuación se mencionan los elementos principales que constituyen el sistema, así como la caracterización de cada elemento, con el fin de conocer su funcionamiento y posteriormente pueda ser acoplado al sistema.

Los elementos principales que constituyen el sistema son:

- Acelerómetro MMA2260D
- Microcontrolador PIC16F877
- Transmisor TLP-434A
- Receptor RLP-434

3.1.1 Caracterización del Acelerómetro MMA2260D

- Eje-X
- Voltaje de alimentación 5 volts
- Auto-calibración y prueba
- Diseño robusto, resistente a golpes y vibraciones.
- Alta sensibilidad

Sistema de referencia del sensor MMA2260D y posición en 0, -1 y +1 g.

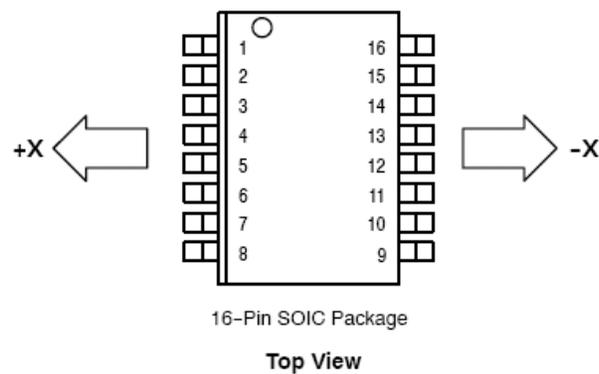


Fig. 3.1 Aceleración dinámica

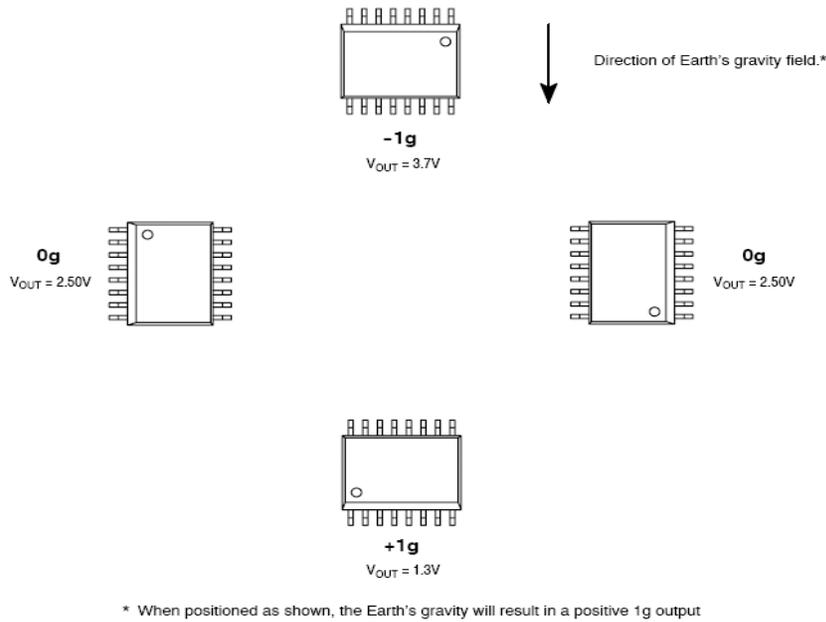


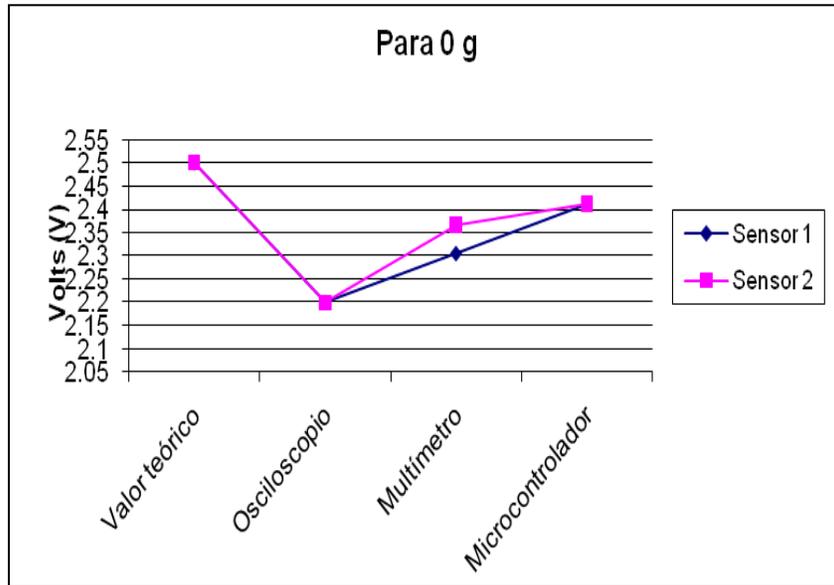
Fig. 3.2 Aceleración estática

Para la caracterización del acelerómetro MMA2260D se comparan los valores teóricos de la aceleración estática (0 g, +1 g y -1g) con los valores obtenidos experimentalmente con el osciloscopio, multímetro y un programa implementado en un PIC microcontrolador en lenguaje C.

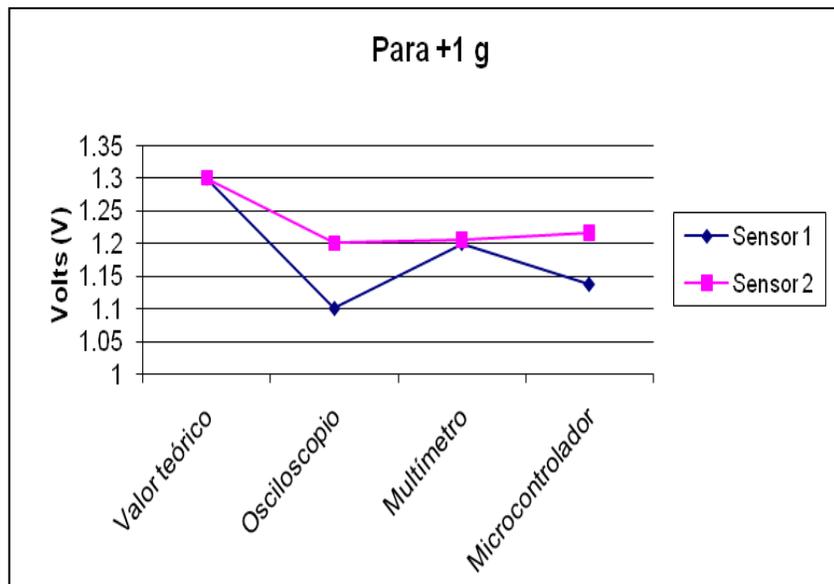
	Aceleración estática					
	0 g		+ 1 g		- 1 g	
	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 1	Sensor 2
	[V]	[V]	[V]	[V]	[V]	[V]
Valor teórico	2.50	2.50	1.3	1.3	3.70	3.70
Osciloscopio	2.20	2.20	1.1	1.2	3.5	3.50
Multímetro	2.305	2.366	1.2	1.205	3.60	3.62
PIC microcontrolador	2.4117	2.4117	1.1372	1.2156	3.6274	3.6470

Cuadro 3.1 Caracterización acelerómetro

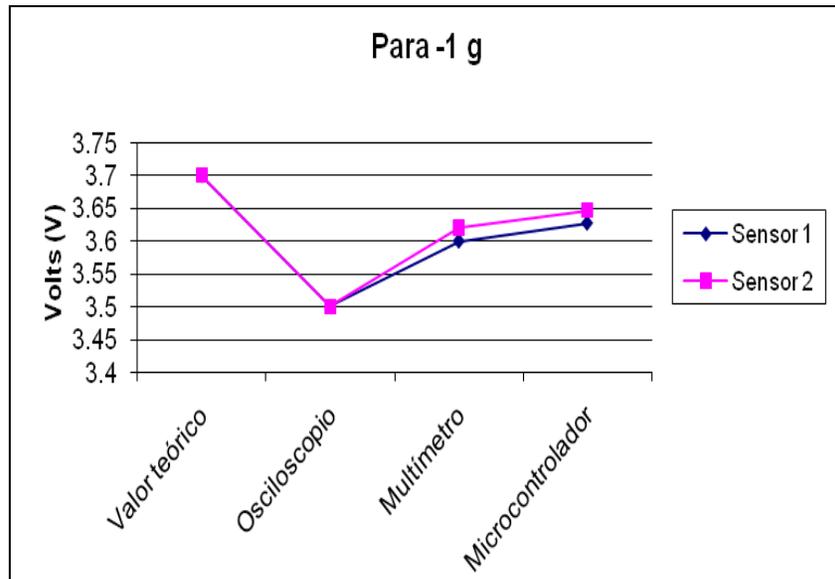
A continuación se presentan las gráficas obtenidas para cada sistema de medición para 0, +1 y -1g:



Gráfica 3.1 para 0 g.



Gráfica 3.2 para +1 g.



Gráfica 3.3 para -1 g.

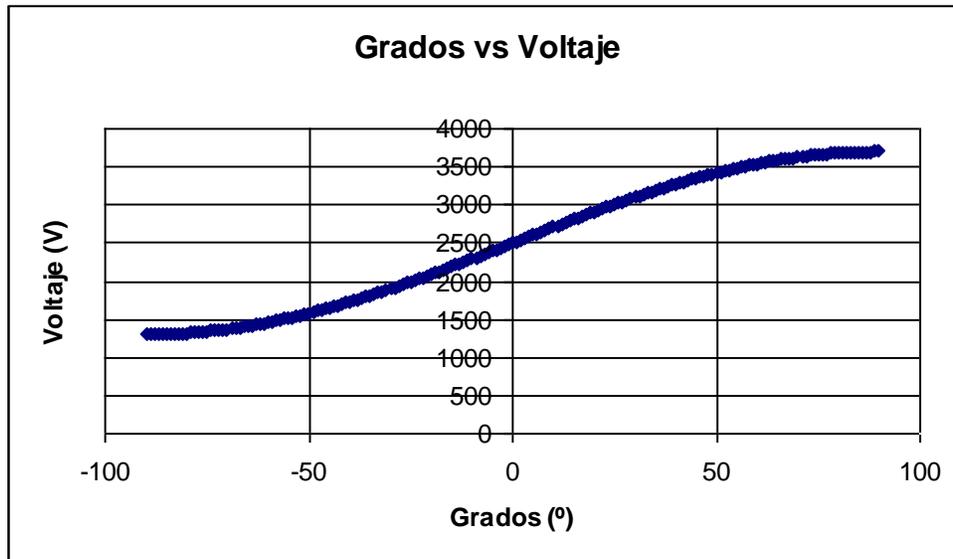
Con los resultados anteriores se observa que el programa del *PIC* microcontrolador mostró mayor exactitud, seguido por el multímetro y por último el osciloscopio; que fue el dispositivo que presentó mayor diferencia comparado con los valores teóricos en ambos sensores.

Se muestra el rango de valores teóricos (ángulos) que el sensor es capaz de percibir, siendo de -90 hasta +90 grados, que posteriormente se comparan con los valores experimentales:

Inclinación °	Salida (mV)						
-90	1300,00	-45	1651,47	0	2500,00	45	3348,53
-89	1300,18	-44	1666,41	1	2520,94	46	3363,21
-88	1300,73	-43	1681,60	2	2541,88	47	3377,62
-87	1301,64	-42	1697,04	3	2562,80	48	3391,77
-86	1302,92	-41	1712,73	4	2583,71	49	3405,65
-85	1304,57	-40	1728,65	5	2604,59	50	3419,25
-84	1306,57	-39	1744,82	6	2625,43	51	3432,58
-83	1308,94	-38	1761,21	7	2646,24	52	3445,61
-82	1311,68	-37	1777,82	8	2667,01	53	3458,36
-81	1314,77	-36	1794,66	9	2687,72	54	3470,82
-80	1318,23	-35	1811,71	10	2708,38	55	3482,98
-79	1322,05	-34	1828,97	11	2728,97	56	3494,85
-78	1326,22	-33	1846,43	12	2749,49	57	3506,40
-77	1330,76	-32	1864,10	13	2769,94	58	3517,66
-76	1335,65	-31	1881,95	14	2790,31	59	3528,60
-75	1340,89	-30	1900,00	15	2810,58	60	3539,23
-74	1346,49	-29	1918,23	16	2830,76	61	3549,54
-73	1352,43	-28	1936,63	17	2850,85	62	3559,54
-72	1358,73	-27	1955,21	18	2870,82	63	3569,21
-71	1365,38	-26	1973,95	19	2890,68	64	3578,55
-70	1372,37	-25	1992,86	20	2910,42	65	3587,57
-69	1379,70	-24	2011,92	21	2930,04	66	3596,25
-68	1387,38	-23	2031,12	22	2949,53	67	3604,61
-67	1395,39	-22	2050,47	23	2968,88	68	3612,62
-66	1403,75	-21	2069,96	24	2988,08	69	3620,30
-65	1412,43	-20	2089,58	25	3007,14	70	3627,63
-64	1421,45	-19	2109,32	26	3026,05	71	3634,62
-63	1430,79	-18	2129,18	27	3044,79	72	3641,27
-62	1440,46	-17	2149,15	28	3063,37	73	3647,57
-61	1450,46	-16	2169,24	29	3081,77	74	3653,51
-60	1460,77	-15	2189,42	30	3100,00	75	3659,11
-59	1471,40	-14	2209,69	31	3118,05	76	3664,35
-58	1482,34	-13	2230,06	32	3135,90	77	3669,24
-57	1493,60	-12	2250,51	33	3153,57	78	3673,78
-56	1505,15	-11	2271,03	34	3171,03	79	3677,95
-55	1517,02	-10	2291,62	35	3188,29	80	3681,77
-54	1529,18	-9	2312,28	36	3205,34	81	3685,23
-53	1541,64	-8	2332,99	37	3222,18	82	3688,32
-52	1554,39	-7	2353,76	38	3238,79	83	3691,06
-51	1567,42	-6	2374,57	39	3255,18	84	3693,43
-50	1580,75	-5	2395,41	40	3271,35	85	3695,43
-49	1594,35	-4	2416,29	41	3287,27	86	3697,08
-48	1608,23	-3	2437,20	42	3302,96	87	3698,36
-47	1622,38	-2	2458,12	43	3318,40	88	3699,27
-46	1636,79	-1	2479,06	44	3333,59	89	3699,82
-45	1651,47	0	2500,00	45	3348,53	90	3700,00

Tabla 3.1 Valores teóricos

Gráfica correspondiente de valores teóricos:



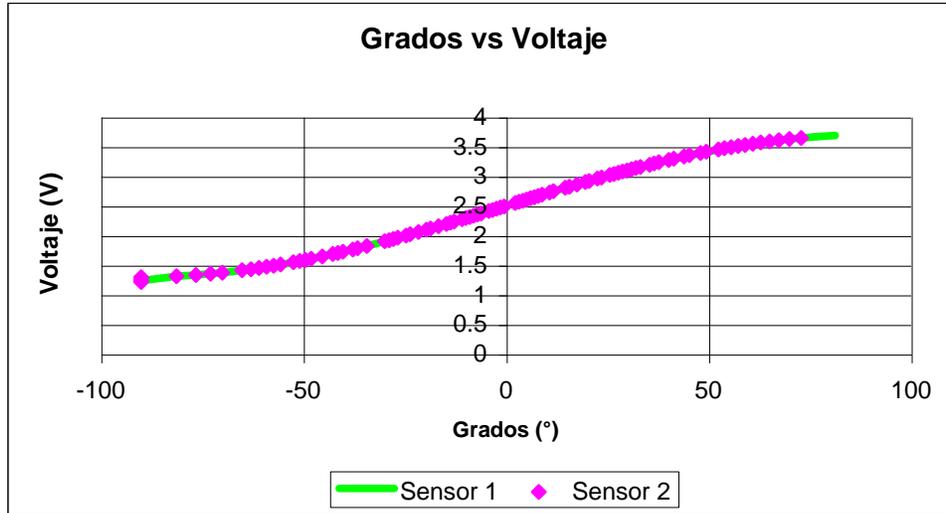
A continuación se muestran los valores obtenidos experimentalmente para ambos sensores con el PIC microcontrolador.

Valores experimentales para ambos sensores:

Sensor 1				Sensor 2			
Inclinación °	Salida (mV)						
-89.999899	1235.294	1.404448	2529.411	-89.999899	1215.686	2.341161	2549.019
-81.32575	1313.725	3.278499	2568.627	-81.32575	1313.725	3.278499	2568.627
-76.463714	1333.333	5.156082	2607.843	-76.463714	1333.333	4.216729	2588.235
-72.917349	1352.941	6.096826	2627.45	-72.917349	1352.941	5.156082	2607.843
-69.974776	1372.549	7.98355	2666.666	-69.974776	1372.549	6.096826	2627.45
-67.398779	1392.156	8.930054	2686.274	-65.075278	1411.764	7.039223	2647.058
-65.075278	1411.764	9.879021	2705.882	-62.938968	1431.372	7.98355	2666.666
-62.938968	1431.372	10.830733	2725.49	-60.948359	1450.98	8.930054	2686.274
-60.948359	1450.908	11.785492	2745.098	-59.075187	1470.588	10.830733	2725.49
-59.075187	1470.588	13.705286	2784.313	-57.299136	1490.196	11.785492	2745.098
-57.299136	1490.196	14.670956	2803.921	-55.605006	1509.803	14.670956	2803.921
-55.605006	1509.803	15.640919	2823.529	-52.418166	1549.019	15.640919	2823.529
-53.981074	1529.411	17.595031	2862.745	-50.90879	1568.627	17.595031	2862.745
-52.418166	1549.019	19.570533	2901.96	-49.446864	1588.235	19.570533	2901.96
-49.446864	1588.235	21.570548	2941.176	-48.027282	1607.843	20.567268	2921.568
-48.027282	1607.843	22.580831	2960.784	-45.298713	1647.058	22.580831	2960.784
-46.645793	1627.45	25.658481	3019.607	-42.695662	1686.274	23.598586	2980.392
-45.298713	1647.058	27.754617	3058.823	-41.434558	1705.882	25.658481	3019.607
-43.982925	1666.666	28.817785	3078.431	-40.19749	1725.49	26.701734	3039.215
-42.695662	1686.274	29.891915	3098.039	-37.788211	1764.705	27.754617	3058.823
-41.434558	1705.882	30.977769	3117.647	-36.612838	1784.313	28.817785	3078.431
-40.19749	1725.49	33.187804	3156.862	-34.313808	1823.529	29.891915	3098.039
-38.982619	1745.097	34.313784	3176.47	-29.891933	1901.96	30.977769	3117.647
-37.788211	1764.705	35.455104	3196.078	-28.817785	1921.568	32.076102	3137.254
-35.455104	1803.921	36.612838	3215.686	-27.754617	1941.176	33.187804	3156.862
-34.313808	1823.529	37.788211	3235.294	-26.701734	1960.784	35.455104	3196.078
-33.187804	1843.137	38.982592	3254.901	-24.624292	2000.00	36.612838	3215.686
-32.076102	1862.745	40.19749	3274.509	-23.598586	2019.607	37.788211	3235.294
-30.977769	1882.352	41.434558	3294.117	-21.570548	2058.823	40.19749	3274.509
-27.754617	1941.176	42.695662	3313.725	-19.570533	2098.039	41.434558	3294.117
-26.701734	1960.784	43.982897	3333.333	-18.579911	2117.647	43.982897	3333.333
-25.658494	1980.392	45.298713	3352.941	-16.615487	2156.862	45.298713	3352.941
-24.624292	2000.000	46.645793	3372.549	-14.670956	2196.078	48.027282	3392.156
-23.598586	2019.607	48.027282	3392.156	-13.705286	2215.686	49.446853	3411.764
-22.580831	2039.215	49.446853	3411.764	-12.74357	2235.294	52.418166	3450.98
-21.570548	2058.823	50.90879	3431.372	-10.830733	2274.509	53.981074	3470.588
-20.567268	2078.431	52.418166	3450.98	-9.879021	2294.117	55.604979	3490.195
-18.579911	2117.647	53.981074	3470.588	-8.930054	2313.725	57.299136	3509.804
-16.615487	2156.862	55.604979	3490.195	-7.98355	2333.333	59.075187	3529.411
-15.640919	2176.470	57.299136	3509.804	-7.039223	2352.941	60.948359	3549.019
-13.705286	2215.686	59.075187	3529.411	-6.096826	2372.549	62.938941	3568.627
-11.785492	2254.901	60.948359	3549.019	-4.216729	2411.764	65.075278	3588.235
-9.879021	2294.117	62.938941	3568.627	-3.278499	2431.372	67.398779	3607.843
-8.930054	2313.725	65.075278	3588.235	-2.341161	2450.98	69.974776	3627.45
-5.156082	2392.156	69.974776	3627.45	-1.404448	2470.588	72.917311	3647.058
-4.216729	2431.372	72.917311	3647.058	-0.468111	2490.195		
-3.278499	2411.764	76.463714	3666.666				
0.468111	2509.804	81.32575	3686.274				

Tabla 3.2 Valores experimentales

Gráfica correspondiente a valores experimentales:



Gráfica 3.5 Valores experimentales

En la tabla 3.2 que muestra los valores experimentales para los dos sensores no se obtuvieron valores enteros respecto a los grados, sin embargo, para obtener el porcentaje de error son necesarios, para ello se procedió a interpolar los valores experimentales.

Usando la siguiente expresión para la interpolación lineal:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0) \text{ ----- (3)}$$

Y para el porcentaje de error se usa la siguiente expresión:

$$\text{Error} = [|\text{valor teórico} - \text{valor exp}| / \text{valor teórico}] * 100 \% \text{ ----- (4)}$$

Tabla obtenida de las expresiones (3) y (4), mostrando el porcentaje de error para cada uno de los sensores:

Grados [°]	Valor teórico [mV]	Valor experimental Sensor 1	Valor experimental Sensor 2	% Error Sensor 1	% Error Sensor 2
-80	1318.23	1319.071589	1319.07159	0.000795592	0.06384231
-70	1372.37	1372.380918	1372.38092	0.006961397	0.00079559
-60	1460.77	1460.87169	1460.90724	0.011676122	0.00939487
-50	1580.75	1580.93457	1580.81609	0.001580605	0.00418122
-40	1728.65	1728.677323	1728.70448	0.010354316	0.00315138
-30	1900	1900.196732	1900.04321	0.002141686	0.00227425
-20	2089.58	2089.624752	2089.61807	0.000369557	0.0018221
-10	2291.62	2291.628469	2291.62449	6.81623E-05	0.00019572
0	2500	2500.001704	2499.99689	0.000202527	0.00012459
10	2708.38	2708.374515	2708.3498	0.001342563	0.0011152
20	2910.42	2910.380926	2910.40857	0.000297937	0.00039261
30	3100	3099.990764	3099.99076	0.000868597	0.00029794
40	3271.35	3271.321585	3271.29452	0.001959579	0.00169582
50	3419.25	3419.182997	3419.06455	0.003905863	0.00542377
60	3539.23	3539.091763	3539.09176	0.000328487	0.00390586
70	3627.63	3627.618084	3627.61808	0.000795592	0.00032849

Tabla 3.3 **Porcentajes de error**

Se observa que el porcentaje de error respecto al valor teórico es muy pequeño, el más alto es de 0.06384231 %, de esta manera se concluye que los sensores MMA2260D son confiables, y pueden ser empleados en el diseño.

3.1.2 Caracterización del Microcontrolador PIC16F877^[8,13]

El microcontrolador PIC16F877 de Microchip pertenece a la familia de microcontroladores de 8 bits (bus de datos) que tienen las siguientes características generales que los distinguen de otras familias:

- *Arquitectura Harvard*
- *Tecnología RISC*
- *Tecnología CMOS*

Estas características se conjugan para lograr un dispositivo altamente eficiente en el uso de la memoria de datos y programa, y por lo tanto en la velocidad de ejecución. Sus características pueden variar como sigue:

- Empaquetado (desde 8 hasta 68 pines)
- Tecnología de la memoria incluida (EPROM, ROM, Flash)
- Voltajes de operación (desde 2.5 v. Hasta 6v)
- Frecuencia de operación (Hasta 20 Mhz)

En la siguiente figura se muestra a manera de bloques la organización interna del PIC16F877, y su patigrama para tener una visión conjunta del interior y exterior del circuito integrado.

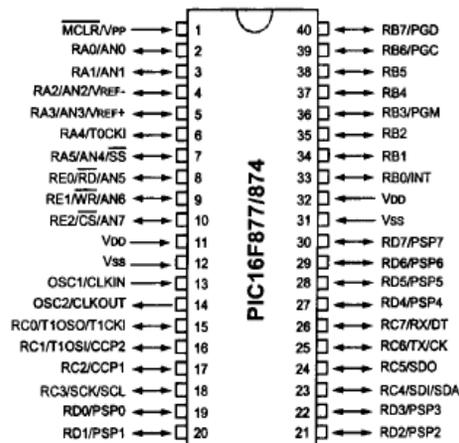


Fig. 3.3 Patigrama PIC16F877

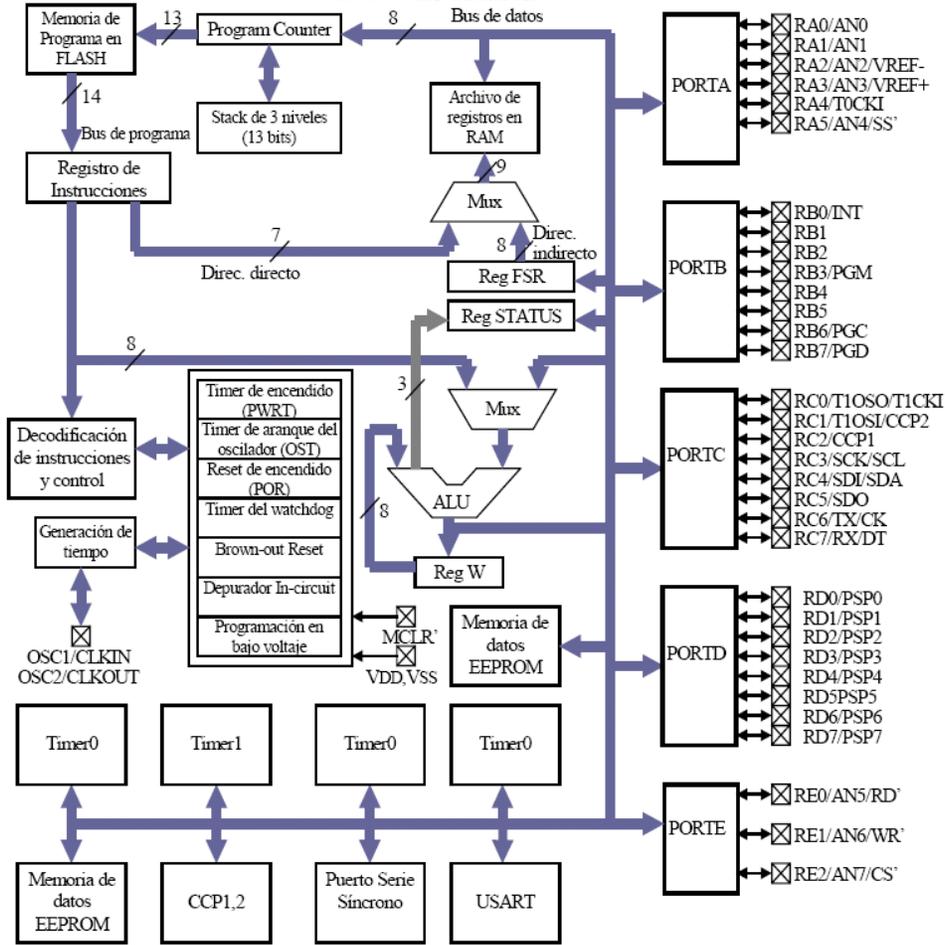


Fig. 3.4 Diagrama a bloques del PIC16F877

Los PIC tienen dos tipos de memoria: Memoria de Datos y Memoria de programa, cada bloque con su propio bus: Bus de datos y Bus de programa; por lo cual cada bloque puede ser accedido durante un mismo ciclo de oscilación.

Para comprobar el funcionamiento del *PIC* microcontrolador se elaboró un código fuente en donde se usan los puertos B y D para encender leds conforme se cumplan las condiciones señaladas. [para mayor detalle ver Apéndice 2, a]

3.1.3 Dispositivo Transmisor TLP-434A^[15]

Transmisor ultra pequeño inalámbrico

- Dimensiones aproximadas: 10.3 x 13.3 mm
- Modulación: ASK
- Voltaje de operación: 2 - 12 VCD
- Frecuencia: 433.92 Mhz
- Fabricante: Laipac Tech



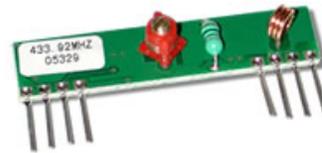
1

Pin1: GND
Pin2: Data In
Pin3: Vcc
Pin4: Antena.

3.1.4 Dispositivo Receptor RLP-434^[15]

Receptor ultra pequeño inalámbrico

- Dimensiones: 43.4 x 11.5 mm
- Modulación: ASK
- Voltaje de operación: 3.3 a 6.0 VCD
- Frecuencia: 433.92 Mhz
- Salida: digital y lineal
- Fabricante: Laipac Tech



1

Pin1: GND
Pin2: Salida Digital de datos
Pin3: Salida Lineal
Pin4: VCC
Pin5: VCC
Pin6: GND
Pin7: GND
Pin8: Antena

3.2. Direcciones de movimiento

Son dos tipos de movimiento en que operará la Diadema inalámbrica:

- Movimientos simples (Adelante, atrás).
- Movimientos combinados (Derecha- adelante, Derecha- atrás, Izquierda-Adelante e Izquierda-atrás).

Para los diferentes movimientos se utilizan 4 bits que se codifica de la siguiente manera:

Movimientos	Código
Deshabilitar	0000
Adelante	0001
Atrás	0010
Derecha-Adelante	0011
Derecha-atrás	0100
Izquierda-adelante	0101
Izquierda-atrás	0110
Pausa	0111
Activar sistema	1000

Cuadro 3.2

Para movimientos adelante, atrás y en pausa se activa el sensor del eje X (m1), el sensor del eje Y (m2) para activar sistema, para el resto de las combinaciones se activan los dos sensores (m1 y m2).

3.3. Rangos de movimiento

Para que alguna dirección de movimiento se active, la inclinación tiene que ser mayor a 20 grados y menor a 50. El sistema desprecia los movimientos pequeños para que el usuario puede mover la cabeza sin que necesariamente desee desplazarse, y tener un rango de tolerancia al movimiento, el intervalo puede ajustarse de acuerdo al usuario y su problema de salud.

La diadema también cuenta con un sistema de seguridad para movimientos bruscos, es decir, para movimientos mayores de 50 grados el sistema se desactivará y garantiza la seguridad del usuario, ya que como se ha mencionado, este sistema está dirigido principalmente a personas tetraplégicas, que están propensas a sufrir algún contratiempo (desmayo), por lo cual se debe tener especial atención en ese tipo de detalles.

El siguiente cuadro muestra los rangos de inclinación en grados y la acción a realizar para ambos sensores.

Acción	Inclinación [°]		Código
	Sensor 1(m1)	Sensor 2 (m2)	
Adelante	20<m1<50	-----	0001
Atrás	-20<m1<-50	-----	0010
Derecha-adelante	20<m1<50	20<m2<50	0011
Derecha-atrás	-20<m1<-50	-20<m2<-50	0100
Izquierda-adelante	20<m1<50	20<m2<50	0101
Izquierda-atrás	-20<m1<-50	-20<m2<-50	0110
En pausa	m1>20		0111
Activar sistema	-----	m2<-20	1000
Deshabilitar sistema	No aplica	No aplica	0000

Nota: El sistema desprecia la inclinación diferente a los rangos mencionados anteriormente.

Cuadro 3.3

3.4. Módulos del sistema

a) Módulo sensores de inclinación.

Este módulo es donde se encuentran los dos sensores de inclinación MMA2260D, los cuáles entregan una señal analógica (voltaje de 1.3 a 3.7 [V]) dependiendo la inclinación de la cabeza, información que se envía al siguiente módulo para ser procesada. Ver apéndice 3, diagrama de flujo 1.

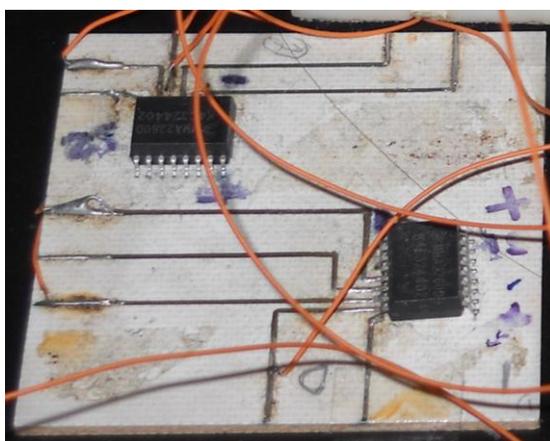


Fig. 3.5 Armado circuito eléctrico Módulo sensores

b) Módulo procesamiento y transmisión de datos.

En este módulo se realiza el procesamiento de la información de los sensores, así como de la transmisión de ésta al siguiente módulo. La comunicación entre el transmisor y receptor inalámbricos es posible usando los integrados HT12E (codificador) y HT12D (decodificador), los cuales hacen la función de protocolo de comunicación.

La información de los sensores se envía al convertidor analógico-digital (ADC) del microcontrolador donde es transformada a una señal digital para ser posible la obtención de los grados de inclinación, procedimiento que se explica a continuación.

Para encontrar el valor en grados de inclinación se toma en cuenta el voltaje de alimentación que toma como referencia el convertidor ADC del microcontrolador (5 [V]), el número de bits de ADC (8 bits = 255 valores), el voltaje que tiene el sensor en 0 g (2.5 [V]), y el valor de la sensibilidad de fábrica del sensor (1200 mV).

El valor del sensor 1 lo multiplica por 5 y lo divide entre 255, posteriormente le resta el valor del sensor en 0 g y lo divide entre su sensibilidad, después se le aplica la función seno obteniendo un valor en radianes, y por último, se multiplica por 180° y se divide entre π , para encontrar el valor en grados de inclinación.

Una vez que se obtuvieron los grados de inclinación, el programa que se encuentra en el microcontrolador compara los códigos para cada movimiento y selecciona la opción que cumpla las condiciones establecidas para posteriormente enviar esta información en forma paralela al codificador HT12E, quien finalmente envía la información en forma serial al transmisor TLP 434A (Figs. 3.6 y 3.7).^[16]

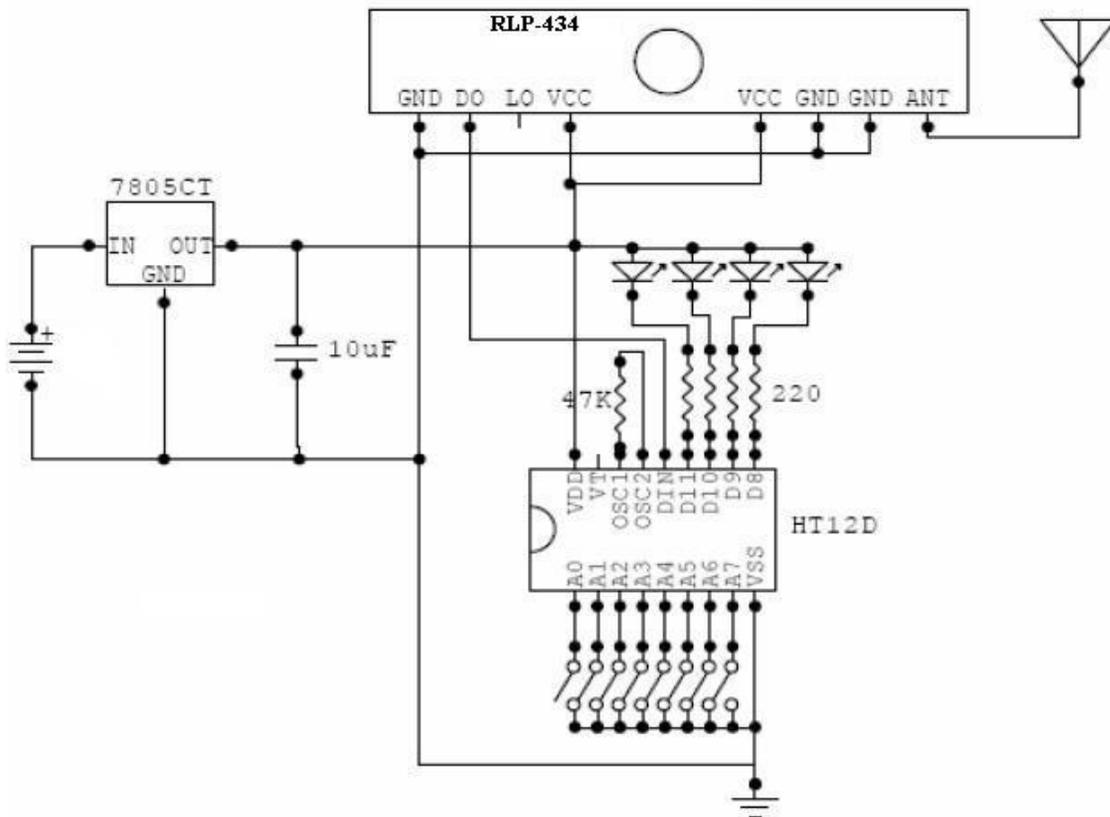


Fig. 3.6. Conexión entre HT12D con RLP 434A

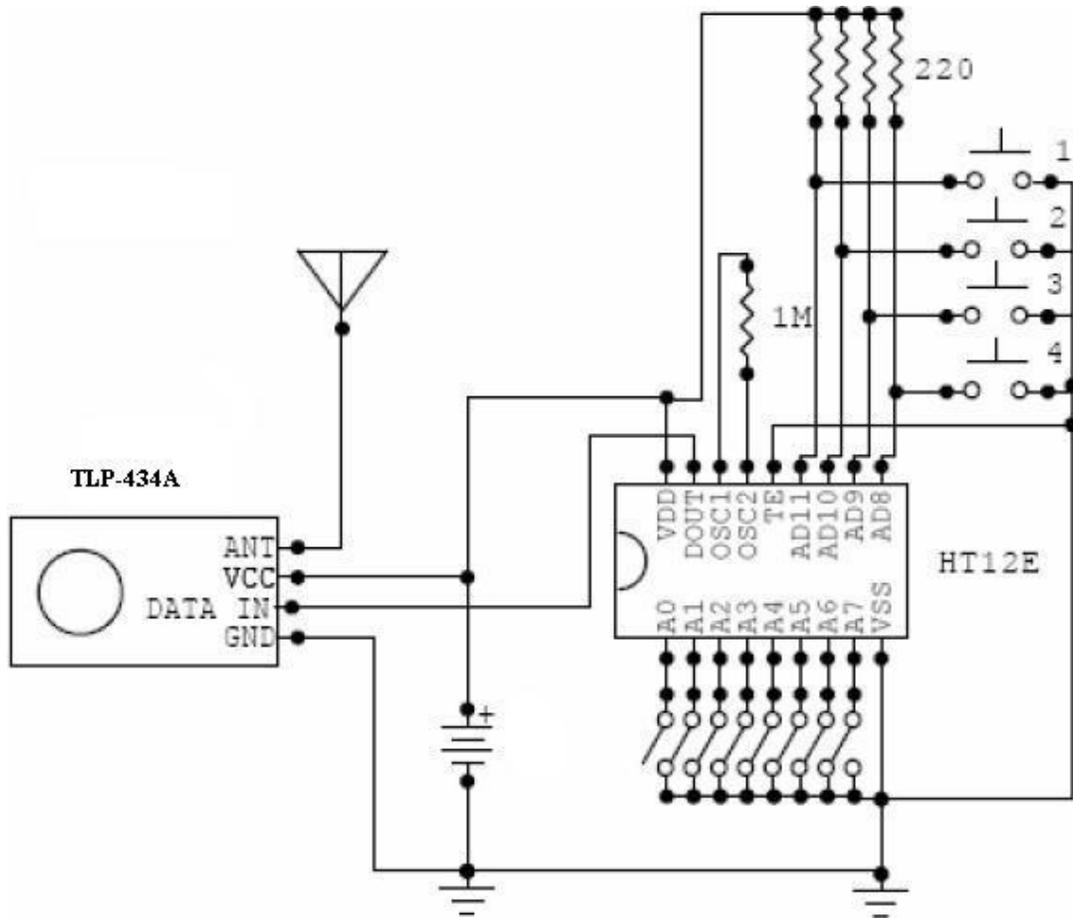


Fig. 3.7 Conexión entre HT12E con TLP 434

El módulo está compuesto por los siguientes elementos:

- Microcontrolador PIC16F877 de *Microchip*
- Transmisor TLP-434 de *Laipac Tech.*
- Codificador HT12E de *Holtek*
- Sensor de voltaje MC33064 de *Motorola*

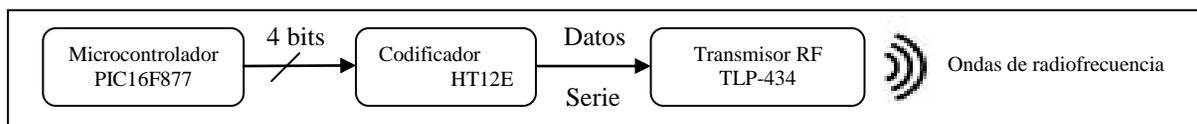


Fig. 3.8 Diagrama de bloques del módulo procesamiento y transmisión de datos

Para efectos de seguridad en este módulo la fuente de alimentación no debe estar por debajo de 4.6 [V], dado que los circuitos integrados que lo componen ya no funcionarían adecuadamente, y podrían realizar alguna acción no deseada poniendo en riesgo la seguridad del usuario.

Para indicar que la fuente se encuentra con un valor óptimo para el funcionamiento, el sistema cuenta con un sensor de voltaje para verificar que la fuente de alimentación del circuito eléctrico sea suficiente, encendiendo un diodo emisor de luz (led) rojo indicando que el sistema está deshabilitado hasta que la fuente de alimentación sea reemplazada.

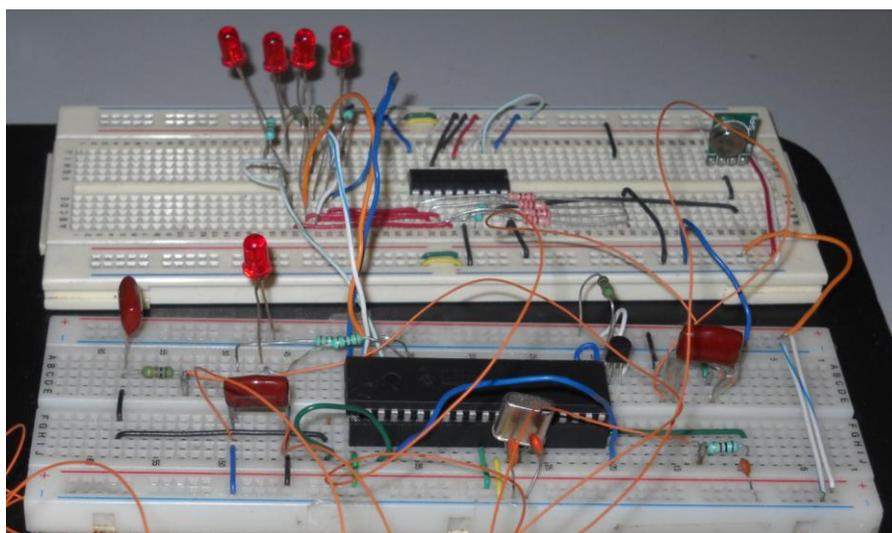


Fig. 3.9 Armado circuito eléctrico Módulo transmisión y procesamiento de datos

c) Módulo recepción de datos.

La información enviada por el Módulo procesamiento y transmisión de datos es recibida por el receptor de radiofrecuencia inalámbrico y enviada de forma serial al decodificador HT12D quien a su vez, manda la información de forma paralela a otro PIC microcontrolador.

El microcontrolador tiene la función de procesar la información usando un programa para decidir qué salidas activar y enviarlas a los circuitos integrados 74LS11, para entregar las salidas al circuito de potencia y sea posible el movimiento de los motores, y la silla de ruedas electromecánica se desplace en la dirección que el usuario haya indicado. Para este sistema se manejó una velocidad constante para cualquier dirección.

El usuario tiene la opción de pausar y activar el sistema inclinando la cabeza hacia adelante e izquierda respectivamente, por 6 [s], encendiendo un led amarillo cuando el sistema está en pausa. Al igual que en el Módulo procesamiento y transmisión de datos cuenta con un sensor de voltaje encendiendo un led verde cuando el sistema esté operando normalmente y un rojo indicando que el sistema está deshabilitado hasta que la fuente de alimentación sea reemplazada.

El módulo receptor está compuesto principalmente por los siguientes elementos electrónicos:

- Microcontrolador PIC16F877 de Microchip
- Receptor RLP-434 de Laipac Tech
- Decodificador HT12D de Holtek
- Puente H L293B de Sgs-Thomson
- Compuertas lógicas 74LS11 de Motorola

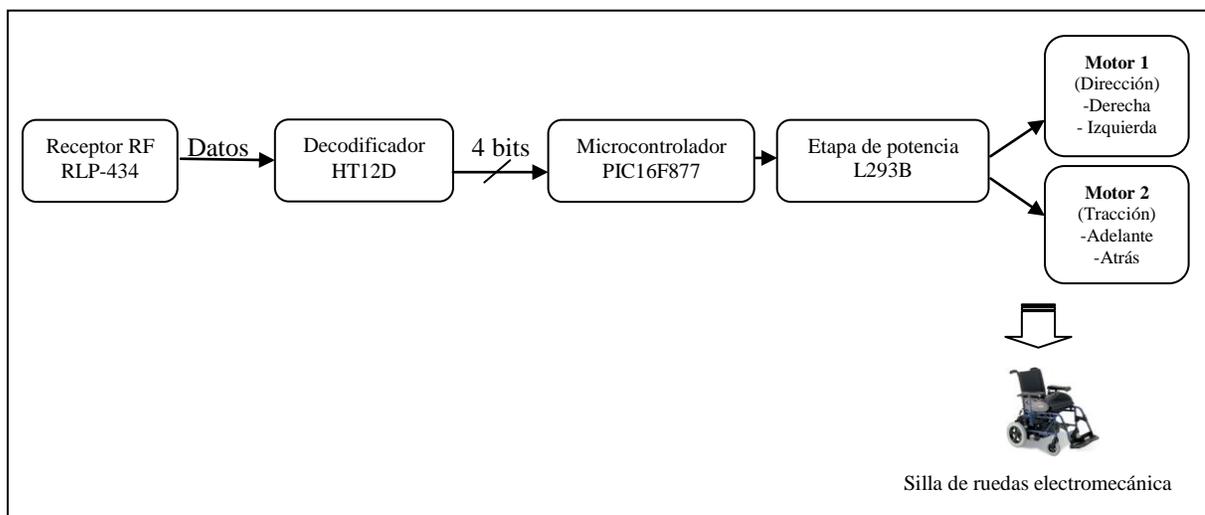


Fig. 3.10 Diagrama de bloques del Módulo recepción de datos

Al igual que el módulo anterior cuenta con un sensor de voltaje para verificar que la fuente de alimentación del circuito eléctrico sea el adecuado, encendiendo un led verde, de lo contrario enciende un led rojo indicando que el sistema está deshabilitado hasta que la fuente de alimentación sea reemplazada.

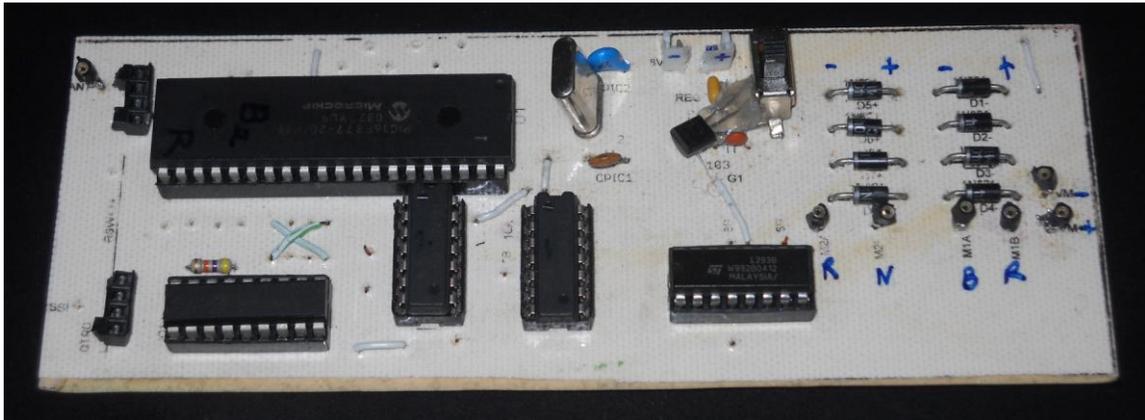


Fig. 3.11 Armado circuito eléctrico Módulo recepción de datos

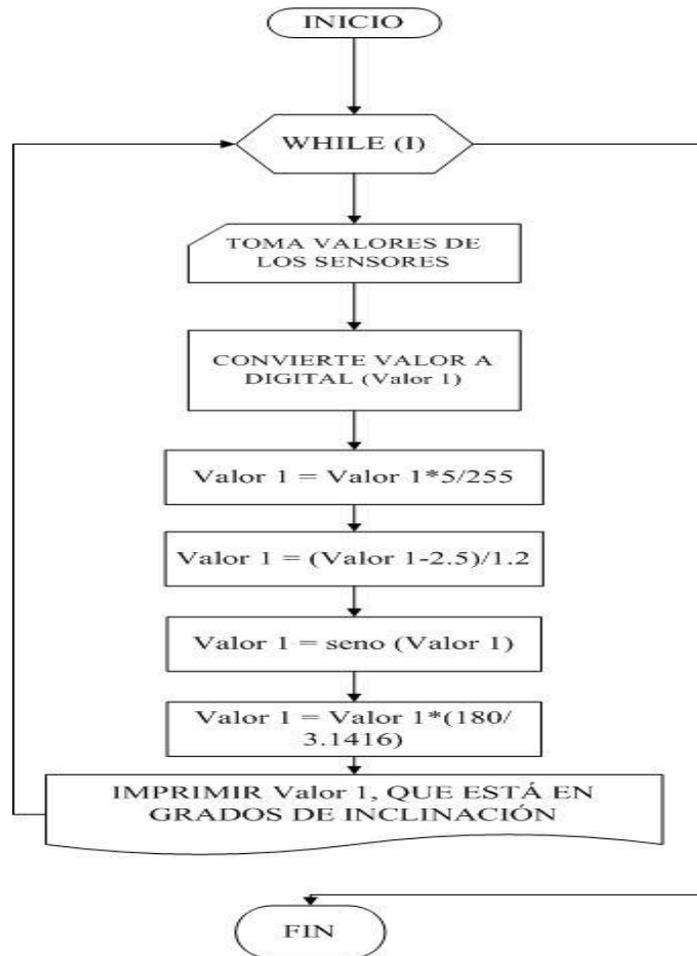
3.5. Diagramas de flujo

3.5.1. Lectura de Sensores

El siguiente diagrama de flujo muestra los pasos a seguir para obtener el valor de los sensores de inclinación en grados [°].

Inicialmente el microcontrolador lee los valores de los sensores para transformarlos a un valor digital a través del convertidor analógico digital (ADC), posteriormente ese valor se multiplica por 5 (referencia del convertidor 5 volts) y se divide entre 255 (8 bits), restándole el valor en 0 g (2,5 volts) y dividiendo entre la sensibilidad del sensor (1.2 volts), después se le aplica la función seno para obtener los valores en radianes, finalmente se multiplica por 180 y dividiéndolo entre π para tener los valores en grados de inclinación. [Código fuente en Apéndice 2, b]

Diagrama de flujo para Lectura de Sensores



3.5.2. Transmisión de datos

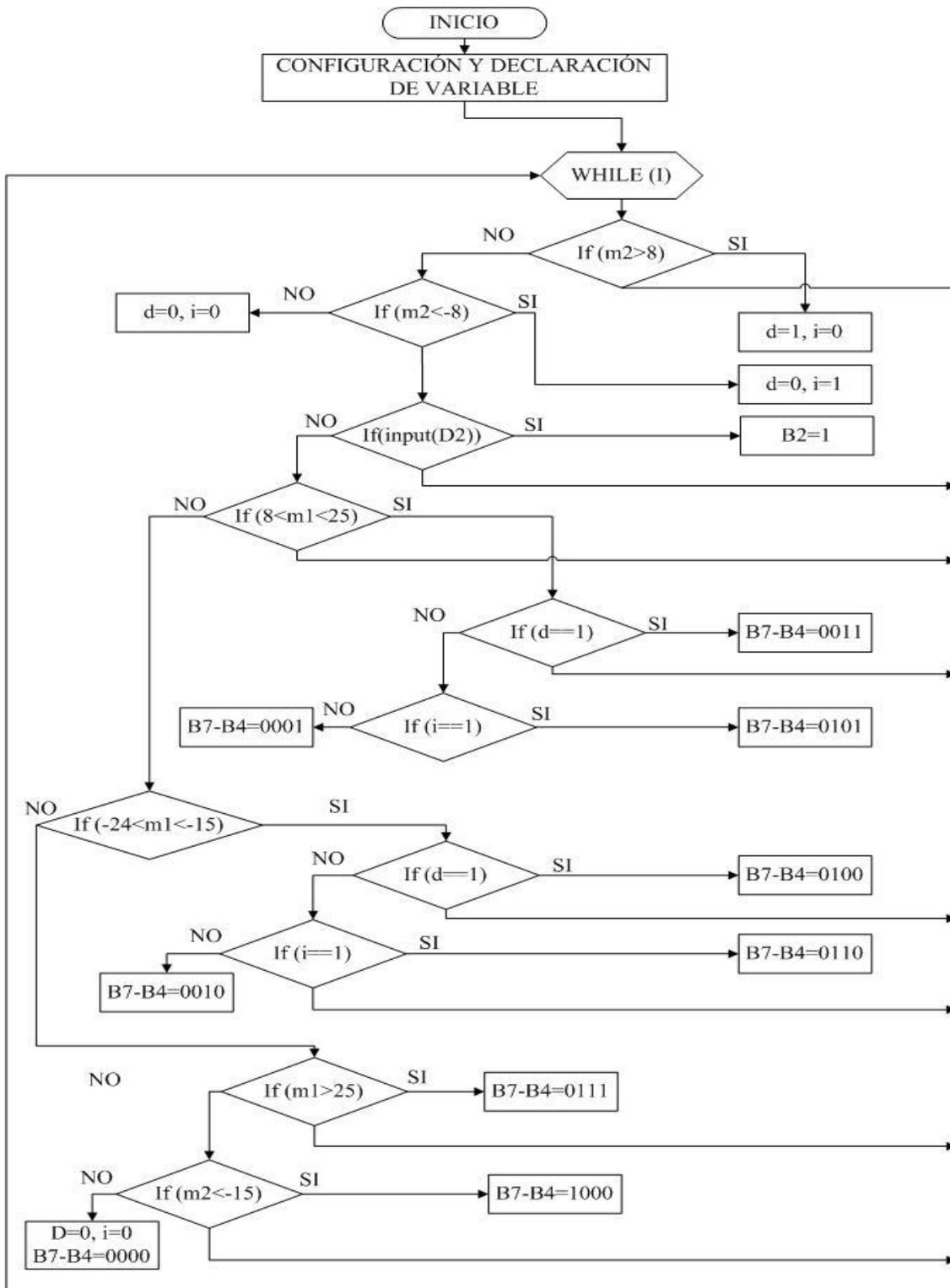
Existe una condición que se encarga de sensar un pin del microcontrolador que indica si el fuente de alimentación se encuentra en el nivel adecuado para el sistema, de lo contrario debe ser reemplazada.

Una vez obtenidos los valores en grados de inclinación, inicia una serie de verificaciones de rangos para activar las banderas de movimiento izquierda y/o derecha (i, d) según sea el caso, y una vez que ha verificado el movimiento anterior procede la condición de adelante o atrás, para identificar el código correspondiente al movimiento en cuestión y enviar al Módulo Recepción de datos.

Paralelamente revisa si otra serie de rangos que indicarán si el sistema desea ponerse en modo pausa o habilitarlo. ^[Ver código fuente Apéndice 2,c]

Para mayor claridad se muestra el siguiente diagrama de flujo.

Diagrama de flujo para Transmisión de datos



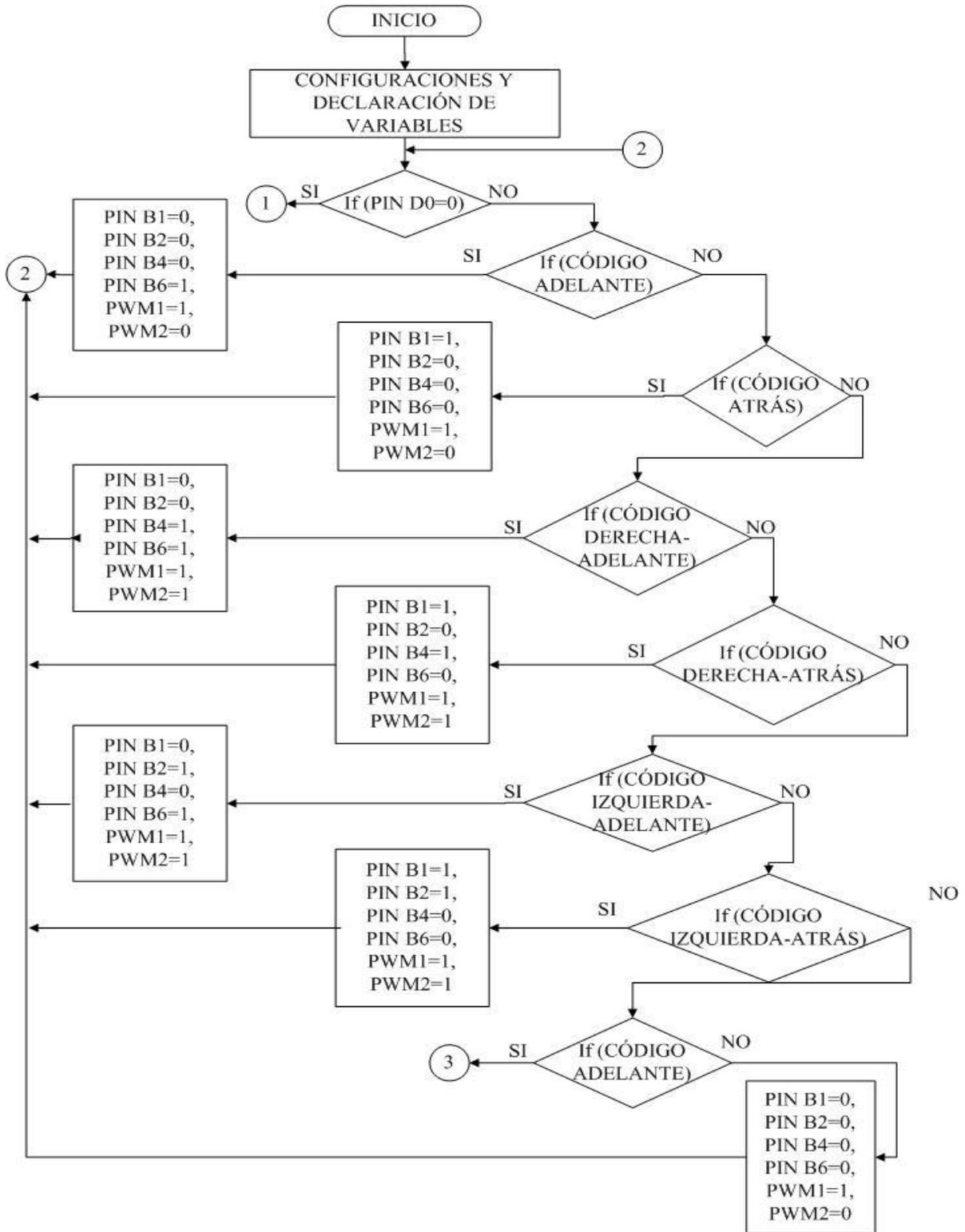
3.5.3. Recepción de datos

El siguiente diagrama de flujo muestra el procedimiento que realiza el Módulo Recepción de datos para que se lleve a cabo el movimiento correspondiente.

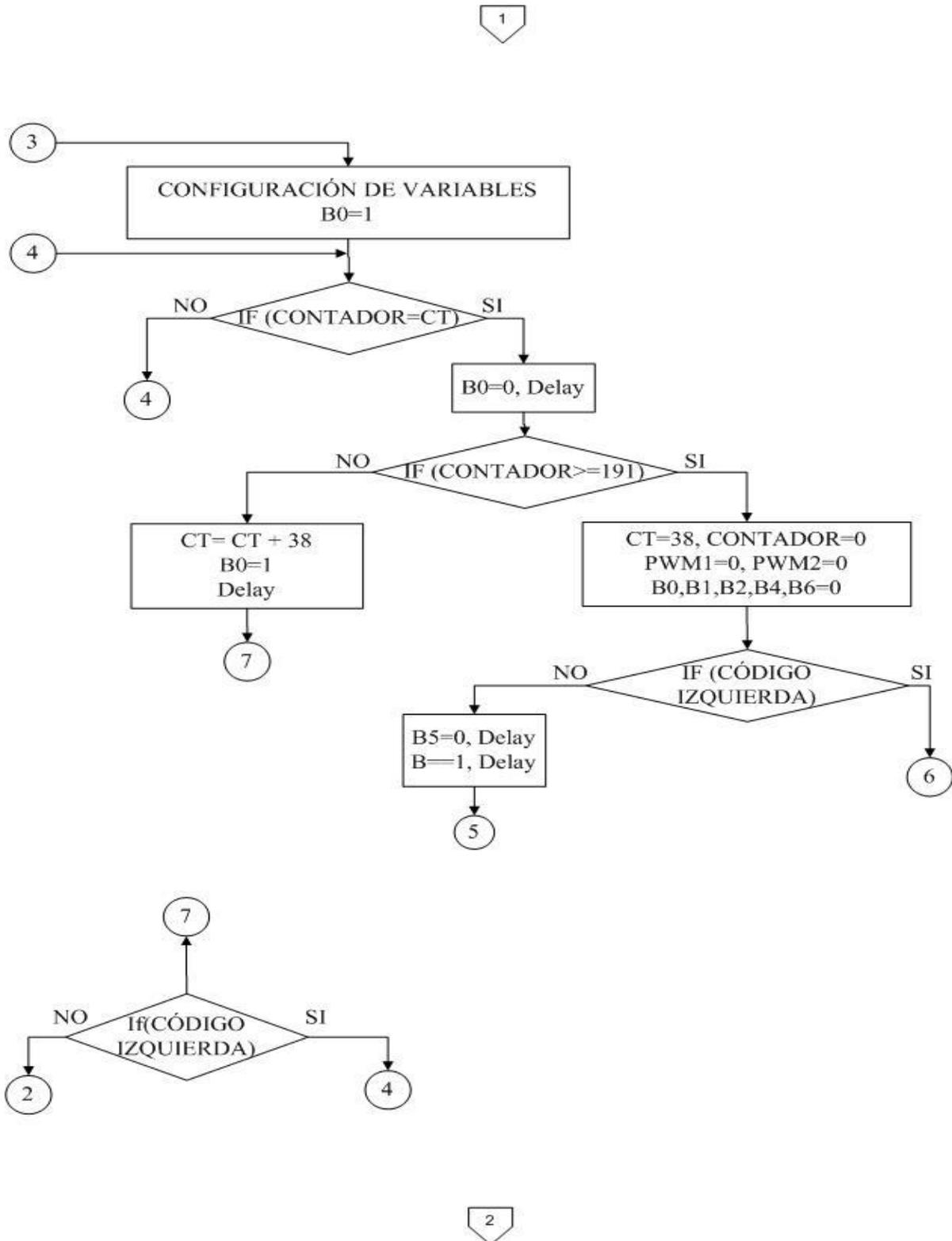
Como parte de la configuración del microcontrolador el *PWM* y el *contador* se inicializan y se ajusta el *timer*. Al igual que la sección anterior se verifica que la fuente de alimentación sea la adecuada, en seguida revisa el código que ha recibido del Módulo transmisor y procede a activar los pines correspondientes al movimiento. Cuando detecta el código en modo pausa inicia un conteo de 6 segundos, en caso de que se cumplan ejecuta las instrucciones correspondientes, en caso contrario sigue verificando el resto de las condiciones hasta alguna de ellas se cumpla. El ciclo se repite continuamente.^[Ver código fuente de Apéndice 2,d]

Diagramas de flujo correspondientes a la recepción de datos.

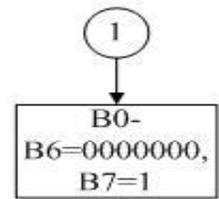
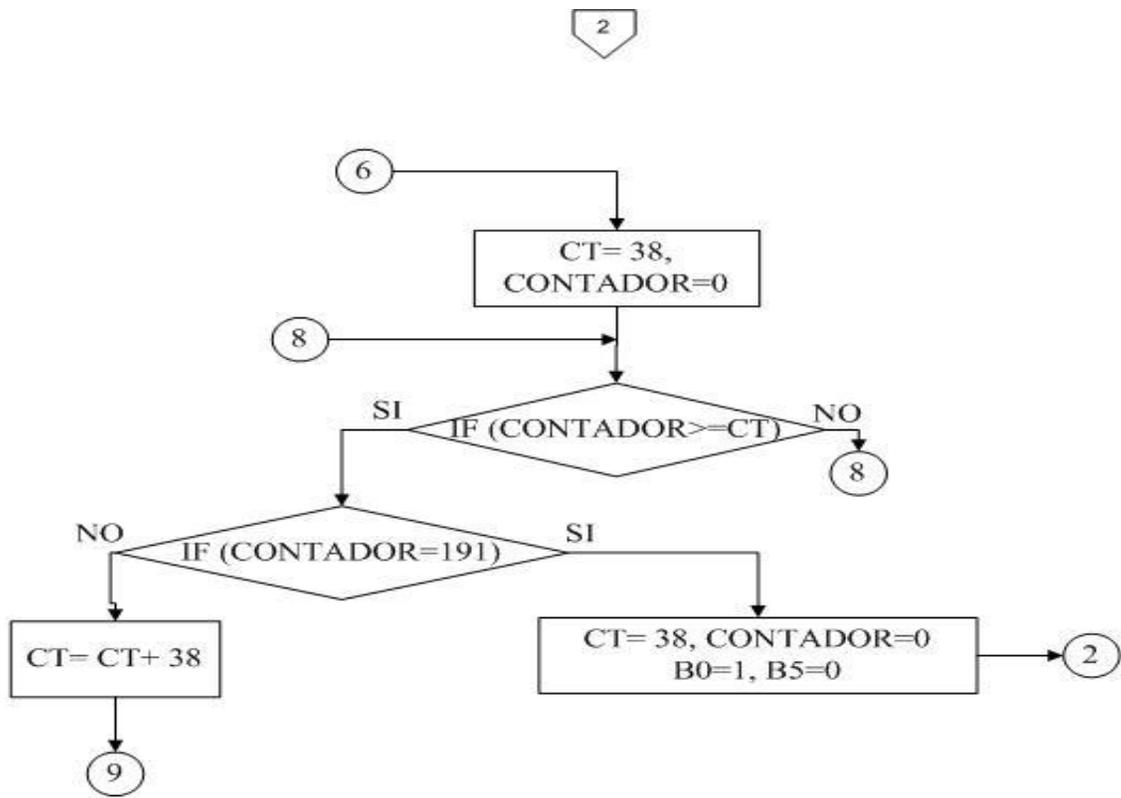
Diagrama de flujo para Recepción de datos



Continuación



Continuación



- ① batbaja
- ② loop
- ③ deshabilita
- ④ Espera
- ⑤ Espera2
- ⑥ habilitar
- ⑦ verifica
- ⑧ esperar1
- ⑨ verifica2
- ⑩ esperar3

3.6. Implementación de la Diadema Inalámbrica

Para la implementación se eligió una diadema del tipo que se usan para audífonos con el fin de instalar los circuitos electrónicos en ella, a su vez se pretende dar al usuario comodidad y facilidad de operación en especial a las personas con alguna discapacidad motriz. Si la diadema es de gran tamaño y cuenta con cables externos, creará inseguridad y malestar a los usuarios, por tal motivo la diadema está pensada para que sea ligera, pequeña e inalámbrica, lo que otorgará comodidad, facilidad de uso y seguridad al usuario.



Fig. 3.12 Vista frontal



Fig. 3.13 Vista lateral