

Telemetría de eventos sísmicos Adquisición de datos, almacenamiento y transporte

Pablo Rodrigo Narváez¹, Héctor Rizo¹, Ernesto Bonfiglioli¹, José Viramonte²

Resumen

En el presente trabajo se muestran los avances de un proyecto de desarrollo en curso, que tiene como objetivo dotar al Valle de Lerma, donde se asienta la Ciudad de Salta de una red de Vigilancia Sísmica Continua (RVSC). La misma constará de cuatro estaciones de tres componentes, empleando geófonos Mark L4, para lo cual se deberá desarrollar el sistema de adquisición de datos y su posterior transmisión de forma inalámbrica a la estación base.

En este informe se detalla el sistema de adquisición de datos y su transporte, desarrollado sobre una plataforma microcontrolada.

Palabras clave: Telemetría-redes inalámbricas-acondicionamiento de señales-actividad sísmica-adquisición de datos-geófonos-riesgo sísmico

1. Introducción

La Ciudad de Salta se ubica en el sector Noroeste del Valle de Lerma, una depresión rellena con mantos cuaternarios y rodeada de cerros de edad cenozoica (al este) y terciaria (al oeste). Según la clasificación del Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES), la región corresponde a la Zona 3 (sismicidad moderada a intensa).

El INPRES tiene varias estaciones de acelerómetros ubicadas en el Valle, que se activan con sismos intensos, tal como el que se produjo el 27 de Febrero de 2010.

La red diseñada constará de 4 estaciones de tres componentes, con monitoreo continuo, re-

gistrando la actividad sísmica de la región, a fin de definir y caracterizar fuentes cercanas a la ciudad. La presente red constará con la posibilidad de comunicación inalámbrica con una estación base a modo de poder visualizar los datos de forma remota y de monitorear a la estación que se requiera por el observador en tiempo real. La misma constará con almacenamiento de datos insitu, en una tarjeta de memoria, en caso de perderse la conexión con base o por estar congestionada la red; De esta manera se asegura el registro continuo, los mismos pueden ser luego transmitidos a base o ser leídos en el lugar.

1. UCASAL, Facultad de Ingeniería, IESIING

2. U.N.Sa., Facultad de Ciencias Naturales, Instituto Geonorte Salta-Argentina

2. Adquisición de Datos

Un paso importante en el desarrollo es diseñar y seleccionar la mejor opción electrónica para la adquisición de los datos provenientes de los geófonos Mark L4 y su posterior transporte de forma inalámbrica. El sistema se puede dividir en los siguientes bloques constitutivos (Figura 1):

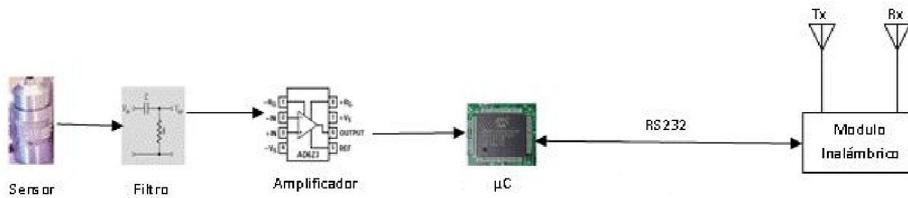


Figura 1. Sistema completo

2.1 Sensor

De forma general los geófonos de péndulo tienen una salida proporcional a la velocidad relativa de sus elementos.

Los sensores sísmicos se clasifican en base a la respuesta de frecuencia que éstos tengan, y se clasifican en tres clases:

Corto periodo: Este tipo de sismómetro está caracterizado por tener una respuesta en velocidad normalmente plana en el rango de frecuencia entre 1 y 50 Hz (donde se sitúa la sismología de corto periodo). Su respuesta en frecuencia y sobre todo su rango dinámico hace a este tipo de instrumento ideal para el estudio de sismicidad local de magnitud moderada a baja, pero no para energías grandes, pues se suele producir la saturación mecánica del instrumento (señal fuera del rango de trabajo del sensor).

Dentro del mercado de este tipo de sismómetros podemos diferenciar al menos dos tipos

Los datos obtenidos del sensor son filtrados y amplificados para luego ser convertidos a formato digital y así enviados al módulo inalámbrico para su posterior transmisión a la estación base, que es la encargada de tratar los mismos, procesarlos y realizar su representación gráfica correspondiente.

de sensores, los denominados sismómetros de prospección y los sismómetros estándar de aplicación para el estudio de microterremotos.

Banda ancha: Aunque en la mayoría de las situaciones el contenido de frecuencias de las señales se centra en el denominado corto periodo, hay casos en los que existen señales a menor frecuencia que 1Hz, como por ejemplo, señales asociadas por cámaras magmáticas.

De movimiento fuerte: Utilizados para detectar movimientos de mediana o fuerte magnitud, no resulta ser una necesidad habitual el registro en aceleración de las señales sísmicas en volcanes, sobre todo porque la energía que se pone en juego es, en comparación con situaciones tectónicas, mucho menor, por lo que los niveles de aceleración del suelo están en los umbrales de detectabilidad de este tipo de instrumentos. Por

tanto, el uso de sensores de movimiento fuerte (acelerógrafos) no resulta ser una práctica muy extendida en la sismología volcánica.

2.2 Estructura Interna

El geófono de péndulo está formado por una estructura sólida, cuya base contiene un imán permanente para generar un campo magnético constante. El péndulo es la parte móvil y está formado por una masa sísmica con una bobina, unidas a la estructura del sensor a través de un resorte.

El movimiento relativo del péndulo dentro del campo magnético constante, generado por un electroimán, se mide en la mayoría de casos a través de un sensor de velocidad, el cual convierte la energía mecánica proveniente de las ondas sísmicas en señal eléctrica. La Figura 2 muestra en forma esquemática este sensor [2].

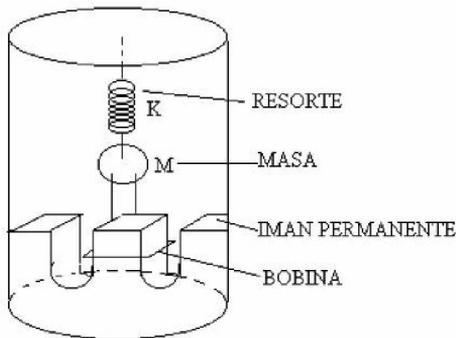


Figura 2. Componentes de un geófono.

El amortiguamiento magnético depende de la resistencia externa equivalente. En la Figura 3 se presenta el circuito eléctrico equivalente deseado para el funcionamiento del geófono, con un amortiguamiento determinado por la resistencia RS.

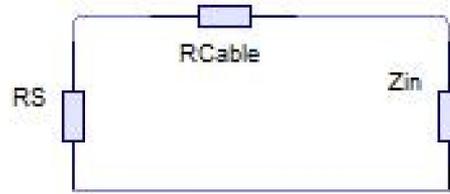


Figura 3. Diagrama circuital que presenta el geófono con amortiguamiento determinado por la resistencia D.

En la Figura 4 se observa la forma de respuesta que se espera obtener cuando a la masa del geófono se le da una posición inicial $Z(0)$ y se la deja oscilar.

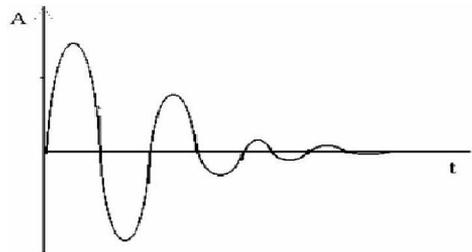


Figura 4. Respuesta Subamortiguada.

Determinando los valores cuando ocurren los picos máximos y los mínimos de la señal de salida, se puede obtener el coeficiente de amortiguamiento b , así [2]:

$$\beta = \left[\left(\frac{\pi}{\lambda} \right)^2 + 1 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Despejando

$$\lambda = \frac{\beta\pi}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

b es justamente el coeficiente de amortiguamiento del geófono. Esto quiere decir que se calcula el coeficiente de amortiguamiento de acuerdo a las condiciones propias de cada geófono.

El geófono utilizado Mark L-4C (Figura 6) es un geófono de periodo corto con repuesta lineal en frecuencia de 2hz a 20hz, a continuación se presenta la respuesta del geófono proporcionado por el fabricante.

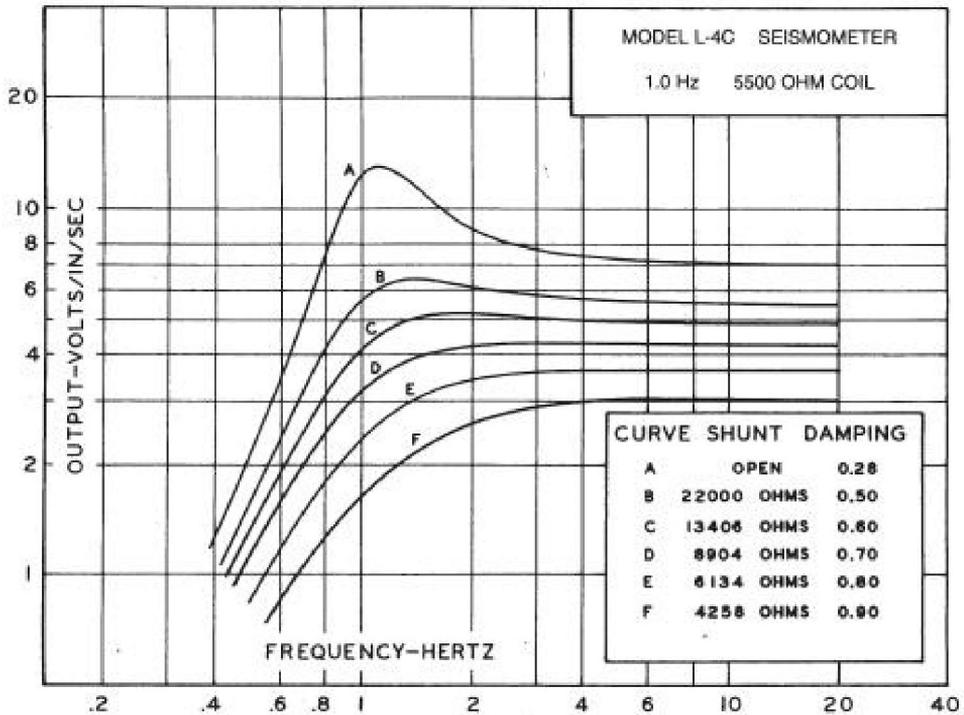


Figura 5. Curva de respuesta del geófono.

Además el fabricante proporciona la expresión para el cálculo del factor de amortiguamiento o damping el cual es:

$$bt = bo + bc$$

donde

$$bo = 0.28 \text{ damping a circuito abierto } bc = (1.1 * Rs) / (Rs + Ri).$$

Ri = resistencia interna (5500 W) Rs = resistencia damping (8880 W).

Lo cual resulta en un factor de amortiguamiento de:

$$bc = 0,7$$

De la curva de respuesta (Figura 5) se seleccionó la curva D, tener respuesta más plana en frecuencia a partir de 2 a 20 hz. y la cual nos proporciona el factor de amortiguamiento 0,7 que corresponde a una respuesta subamortiguada óptima.[1]

El factor de conversión de volt/inch/seg es de 170Volt/m/seg. para la zona lineal de la curva D.



Figura 6. Geófonos utilizados.

3. Filtro

Esta etapa está conformada por un filtro pasa alto para resolver los problemas del nivel medio de la señal de entrada como lo ilustra la Figura 7.

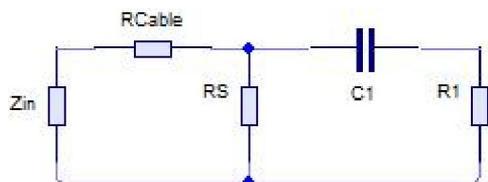


Figura 7. Filtro implementado.

El filtro está constituido por C1 y R1 los cuales fueron seleccionados para que la atenuación fuera mínima en baja frecuencia, menos de 3db por debajo de los 2hz, cuya respuesta es la siguiente (Figura 8):

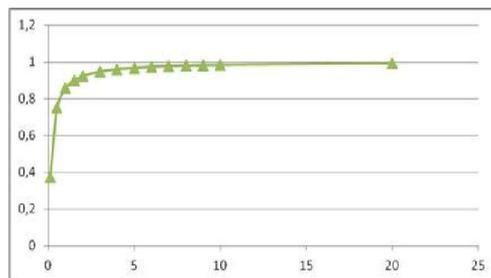


Figura 8. Respuesta del filtro.

4. Amplificador

Una vez que la señal fue previamente filtrada la misma es amplificada en distintas escalas para poder luego se aplicadas al microcontrolador el cual realizará la tarea de la conversión analógico digital. Para ello se asignaron las siguientes escalas (Figura 9):

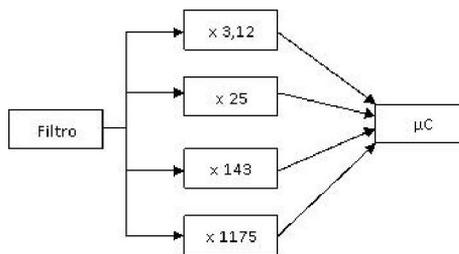


Figura 9. Escalas de amplificación.

Las escalas fueron seleccionadas para barrer toda la respuesta en frecuencia del geófono la lineal y la no lineal. La salida que proporciona el geófono con su respectiva resistencia de damping, es de aproximadamente 32mv/cm/seg. a 1,7v/cm/seg (datos provistos por el fabricante a través de la curva de respuesta del geófono).

El circuito amplificador está conformado por un amplificador de instrumentación AD623[7] y una posterior amplificación mediante el empleo

de amplificadores operacionales LF347[8], como muestra la Figura 10.

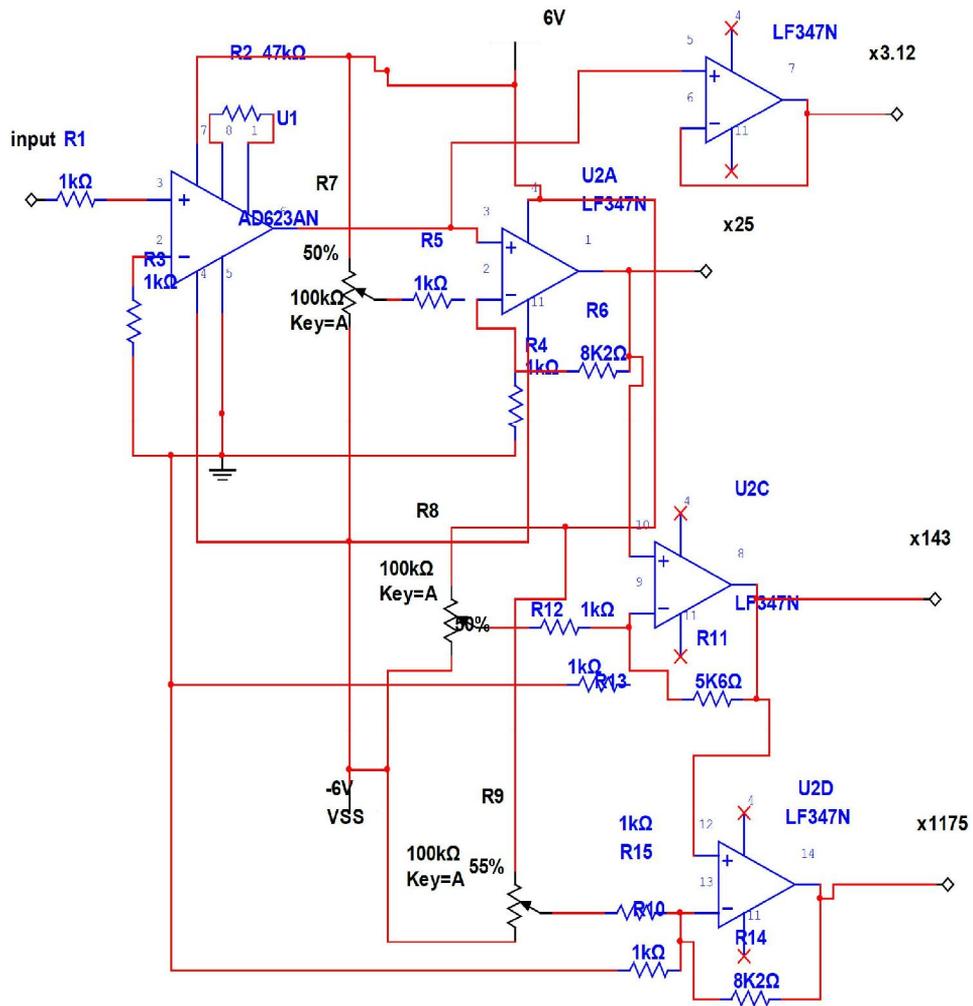


Figura 10. Circuito de amplificación.

5. μ C

El microcontrolador es el encargado de realizar la conversión analógico a digital de las señales provenientes del circuito amplificador, para luego ser transmitidas al módulo inalámbrico. El microcontrolador seleccionado es el Pic18F8722 que es un microcontrolador de la gama media de Microchip. El mismo se seleccionó por el número de patitas disponibles y sus prestaciones. Cada componente es un geófono, de la cual se obtie-

nen 4 escalas, por lo tanto al ser tres componentes se necesitarán 12 entradas disponibles [6].

Además de las 12 entradas utilizadas para las escalas, se necesitaran otras para la conexión del microcontrolador con la tarjeta de memoria (SD/MMC), un módulo GPS, entradas y salidas para el control de carga de la batería, que alimenta toda la electrónica y de algunos sensores más (temperatura, humedad, etc.); todo ello justificó la elección de dicho microcontrolador, que se presenta en la Figura 11.

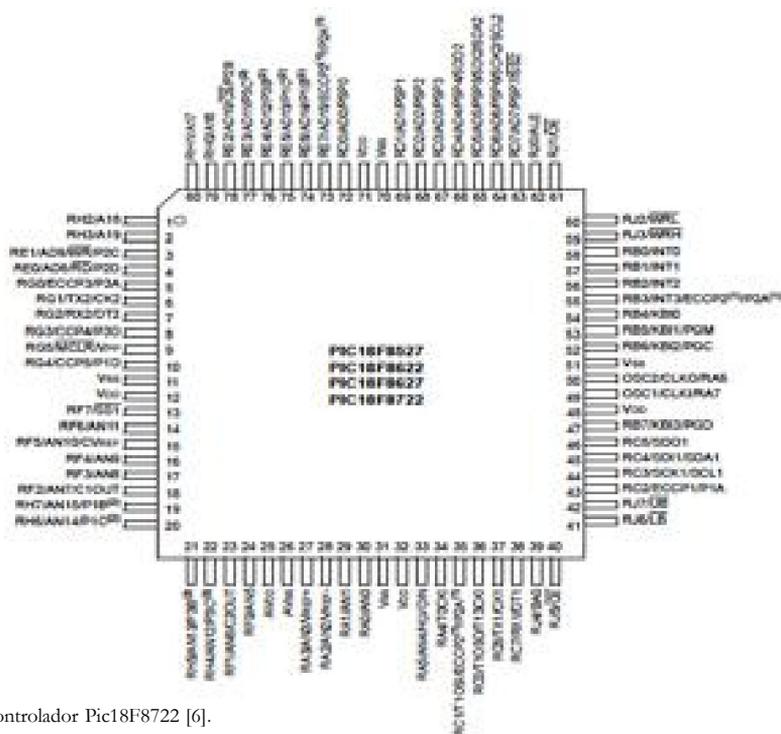


Figura 11. Microcontrolador Pic18F8722 [6].

El convertor analógico-digital es un convertor de aproximaciones sucesivas de 10 bits con 16 canales disponibles para el ingreso de señales, el tiempo de conversión es de 83 μ seg y la frecuencia de conversión máxima es de 12Khz la cual se ve reducida aproximadamente 8Khz por

las demás tareas que el microcontrolador se encuentra realizando como la transmisión serie. La misma es superior a la frecuencia requerida por el teorema del muestreo que es de 40hz.

En la Figura 21 se observa el circuito completo del microcontrolador.

6. Almacenamiento

El almacenamiento de los datos provenientes del microcontrolador se realiza en una tarjeta de memoria de estado sólido SD/MMC o microSD.

Las tarjetas SD poseen 9 pines, de los cuales uno es de reloj (CLK), otro es para los comandos, cuatro son de datos y los tres restantes son de alimentación como se muestra en la tabla 1; Para la MMC son 7 pines; La única diferencia respecto a la SD es que posee sólo dos pines para datos.

El rango de voltaje de alimentación permitido es de 2.7 a 3.6 V.

Internamente, la tarjeta posee chips de memoria flash como medio de almacenamiento. Además posee un controlador inteligente que maneja los diferentes protocolos de comunicación, algoritmos de seguridad para la protección contra copia no autorizada de información almacenada.

A continuación se presenta en las Figuras 12 y 13 la disposición de los pines de conexión de la tarjeta SD [3]:

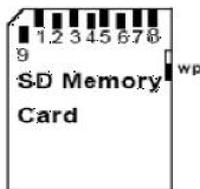


Figura 12. Tarjeta SD [3].

Pin	Name	Type	SD Description
1	CS/DAT32	I/O3	Chip Select/Data Line [Bit 3]
2	CMD/DI	I/O	Command/Data In (SPI)
3	VSS1	S	Supply voltage ground
4	VDD	S	Supply voltage
5	CLK	I	Clock
6	VSS2	S	Supply voltage ground
7	DAT0	I/O	Data Line [Bit 0]
8	DAT1	I/O	Data Line [Bit 1]
9	DAT2	I/O	Data Line [Bit 2]

Figura 13. Descripción de pines[3].

6.1 Comunicación

Si bien las tarjetas SD/MMC aceptan por lo general dos protocolos de comunicación el empleado en el desarrollo del presente trabajo es el protocolo SPI ya que el microcontrolador dispone de dos módulos para el manejo de dicho protocolo.

6.2 Protocolo SPI

Para su implementación necesita solo cuatro líneas de comunicación:

1. SLCK: Señal de reloj (CLK).
2. MOSI: Máster Output, Slave Input. (DATA OUT).
3. MISO: Máster Input, Slave Output (DATA IN).
4. SS: Slave Select (CS).

La memoria recibe los datos y los comandos por DATA IN y envía datos por DATA OUT [4]. Para habilitar la tarjeta se debe poner en nivel bajo el Terminal CS. La señal de CLK que se envía desde el PIC18F8720 es la que establece la velocidad de la comunicación [6].

6.3 Tipo de conexión

Si bien el protocolo SPI soporta varios tipos de conexión, en el presente trabajo se optó por la conexión de un maestro (microcontrolador) y un esclavo (tarjeta).

En este caso la comunicación es sencilla, ya que los dispositivos estarán conectados sin interrupción y transmitiéndose los datos entre ellos sin esperar más que a la señal de reloj que habilite este proceso. Por lo tanto, la señal de SS siempre está activa (nivel bajo) hasta que no haya más

datos que transmitir y se finalice la conexión como muestra la **Figura 14**.

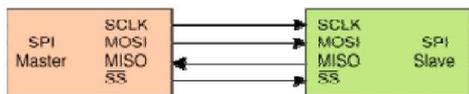


Figura 14. Conexión M/S[3].

6.4 Formato de Comandos

La secuencia de comandos para la tarjeta en modo SPI consiste de 6 Bytes tal como se ilustra en la Tabla 1 [4].

Tabla 1: Secuencia de comandos SPI

Byte 1		Byte 2 - 5		Byte 6	
7	6 5	0	31	0	7 0
0	1	Comand	Comand	CRC	1

El primer byte es el comando (escritura, lectura etc.).

Del segundo byte al quinto son datos adicionales, por ejemplo dirección.

El sexto byte es un byte de verificación.

6.5 Comandos

La memoria contiene varios comandos que funcionan por comunicación SPI, por ejemplo.

1. Reset de la memoria comando 0 (CMD0).
2. Inicialización de la memoria comando 1 (CMD1).
3. Configuración del bloque de 512 bytes comando16 (CMD16).
4. Escritura de un bloque de 512 bytes (CMD24).
5. Lectura de un bloque de 512 bytes comando 17 (CMD17).

Una vez enviado el respectivo comando, la memoria responde por medio de un registro llamado R1 (Figura 15) indicando si hubo un error o si todo está bien [4].

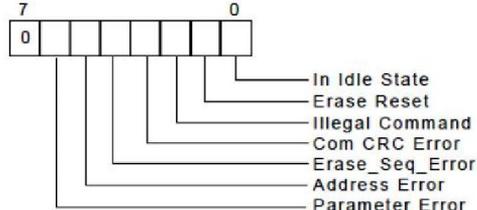


Figura 15. Registro R1.

La memoria debe responder con 0x00 para todos los comando antes mencionados, pero para el comando 0 (CMD0) la memoria responde con 0x01 debido a su estado inicial.

7. Transporte de datos

Los datos almacenados en la tarjeta son leídos por el microcontrolador y luego enviados al módulo inalámbrico mediante la comunicación serie TTL. El módulo seleccionado es el AC4490 de Aerocom, ya que el mismo posee comunicación serie, tiene un alcance de 65km, posee 56 canales de transmisión y una velocidad de transmisión por aire de 78kbps. Como se muestra en la Tabla 2 [5].

7.1 Conexión

Debido a que el presente módulo inalámbrico presenta tres modos de operación: una mediante comandos AT y las otras dos de transmisión y recepción de datos. Las últimas dos formas de operación generalmente se la conoce como transparente.

La modalidad empleada en el presente trabajo es la modalidad transparente, la cual permi-

te transmitir los datos sin la necesidad de la transmisión de un dato extra por el microcontrolador.

El modo comandos AT se puede configurar

de forma inalámbrica; en caso de ser necesario la modificación de algunas características de funcionamiento del módulo.

Tabla 2: Características AC4490

General																													
20 Pin Interface Connector	Molex 87759-0090, mates with Samtec SMM-110-02-S-D																												
RF Connector	Johnson Components 135-3711-822																												
Antenna	AC4490-1x1: Customer must provide AC4490-200: MMCK Connector or integral antenna AC4490-1000: MMCK Connector																												
Serial Interface Data Rate	Baud rates from 1200 bps to 115,200 bps																												
Power Consumption (typical)	<p style="text-align: center;">Duty Cycle (TX=Transmit; RX=Receive)</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>10%TX</th> <th>50%TX</th> <th>100%TX</th> <th>100%RX</th> <th>Pwr-Down</th> <th>Deep Sleep</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1x1:</td> <td>33mA</td> <td>54mA</td> <td>80mA</td> <td>28mA</td> <td>15mA</td> <td>3mA</td> </tr> <tr> <td>200:</td> <td>38mA</td> <td>68mA</td> <td>106mA</td> <td>30mA</td> <td>19mA</td> <td>6mA</td> </tr> <tr> <td>1000:</td> <td>130mA</td> <td>650mA</td> <td>1300mA</td> <td>30mA</td> <td>19mA</td> <td>6mA</td> </tr> </tbody> </table>		10%TX	50%TX	100%TX	100%RX	Pwr-Down	Deep Sleep	1x1:	33mA	54mA	80mA	28mA	15mA	3mA	200:	38mA	68mA	106mA	30mA	19mA	6mA	1000:	130mA	650mA	1300mA	30mA	19mA	6mA
	10%TX	50%TX	100%TX	100%RX	Pwr-Down	Deep Sleep																							
1x1:	33mA	54mA	80mA	28mA	15mA	3mA																							
200:	38mA	68mA	106mA	30mA	19mA	6mA																							
1000:	130mA	650mA	1300mA	30mA	19mA	6mA																							
Channels	9 Channel Sets comprising 56 total channels																												
Security	One byte System ID, 56-bit DES encryption key.																												
Interface Buffer Size	Input/Output 256 bytes each																												
Transceiver																													
Frequency Band	902 – 928 MHz																												
RF Data Rate	76.8 kbps fixed																												
RF Technology	Frequency Hopping Spread Spectrum																												
Output Power	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Conducted (no antenna)</th> <th>EIRP (3dBi gain antenna)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1x1:</td> <td>10mW typical</td> <td>20mW typical</td> </tr> <tr> <td>200:</td> <td>100mW typical</td> <td>200mW typical</td> </tr> <tr> <td>1000:</td> <td>743mW typical</td> <td>1486mW typical</td> </tr> </tbody> </table>		Conducted (no antenna)	EIRP (3dBi gain antenna)	1x1:	10mW typical	20mW typical	200:	100mW typical	200mW typical	1000:	743mW typical	1486mW typical																
	Conducted (no antenna)	EIRP (3dBi gain antenna)																											
1x1:	10mW typical	20mW typical																											
200:	100mW typical	200mW typical																											
1000:	743mW typical	1486mW typical																											
Supply Voltage	<p>1x1: VCC: 3.3V, ± 50mV ripple VPA: 3.3V, ± 50mV ripple</p> <p>200: VCC: 3.3 – 5.5V, ± 50mV ripple VPA: 3.3 – 5.5V, ± 50mV ripple</p> <p>1000*: VCC: 3.3 – 5.5V ± 50mV ripple VPA: 3.3 $\pm 3\%$, ± 100mV ripple</p> <p>* VCC & VPA may be tied together, provided the supply voltage never falls below 3.3 V and is capable of supplying 1.5 A of current. VCC & VPA are internally connected on the AC4490-200 only.</p>																												
Sensitivity	<p>-100dBm typical @ 76.8kbps RF Data Rate -110dBm typical @ 76.8kbps RF Data Rate (AC4490LR-200/-1000)</p> <p>*Receive Sensitivity listed for US and Australian Modes. Radios ordered per Brazilian Regulations have a Receive Sensitivity of -80dBm.</p>																												
EEPROM write cycles	20000																												

Las distintas características extras que posee el modulo originan que el mismo disponga de unas 20 líneas de conexión con el mundo exterior como se observa en la Figura 16.

Module Pin	1x1 Pin	Type	Signal Name	Function
1	4	Output	GO0	Generic Output pin
2	6	Output	TXD	Transmitted data out of the transceiver
	N/A	IO	RS485 A (True) ¹	Non-inverted RS-485 representation of serial data
3	7	Input	RXD	Data input to the transceiver
	N/A	IO	RS485 B (Invert) ¹	Inverse of RS-485 A
4	5 ²	Input	GI0	Generic Input pin
5,16	3,13	GND	GND	Signal Ground
6	1	Output	Hop Frame	Pulses Low when the transceiver is hopping.
7	9	Output	CTS	Clear to Send – Active Low when the transceiver is ready to accept data for transmission.
8	10 ²	Input	RTS	Request to Send – When enabled in EEPROM, the OEM Host can take this High when it is not ready to accept data from the transceiver. Keeping RTS High for too long can cause data loss.
9	19	Output	GO1	Generic Output pin
10,11	2,11	PWR	VCC	AC4490-1x1: 3.3V, ±50mV ripple AC4490-200: 3.3 – 5.5V, ±50mV ripple AC4490-1000: Pin 10 (digital supply): 3.3 – 5.5V, ±50mV ripple, 50mA max Pin 11 (Power Amplifier supply): 3.3V ±3%, ±100mV ripple, 1.3A max
12	23	Input	9600_BAUD	9600_BAUD – When pulled logic Low and then applying power or resetting, the transceiver's serial interface is forced to a 9600, 8, N, 1 rate. To exit, transceiver must be reset or power-cycled with 9600_Baud logic High.
13	12	Output	RSSI	Received Signal Strength - An analog output giving an instantaneous indication of received signal strength. Only valid while in Receive Mode.
14	21 ²	Input	GI1	Generic Input pin
15	16	Input	UP_RESET	RESET – Controlled by the AC4490 for power-on reset if left unconnected. After a Stable power-on reset, a logic High pulse will reset the transceiver.
17	17	Input	Command/Data	When logic Low, the transceiver interprets Host data as command data. When logic High, the transceiver interprets Host data as transmit data.
18	15 ²	Input	AD In	10 bit Analog Data Input
19	20 ⁴	Output	DA Out	10 bit Analog Data Output
20	18	Output	IN_RANGE	In Range – Active Low when a Client transceiver is in range of a Server on same Channel with the same System ID. Always Low on a Server (unless Synch-Channel is enabled).
N/A	14	RF	RF PORT	RF Interface.
N/A	22	Input	RESET	Active Low version of UP_RESET. If RESET is used, UP_RESET should be left floating.

Figura 16. Pines del Modulo.

Como se observa en la figura el modulo posee una alimentación de 3,3v-1,3amp. y el microcontrolador seleccionado una alimentación de 5v, esto hace que se necesite de un soporte

electrónico para ello, además de la configuración electrónica externa al modulo para su configuración básica como se observa en la siguiente Figura 17

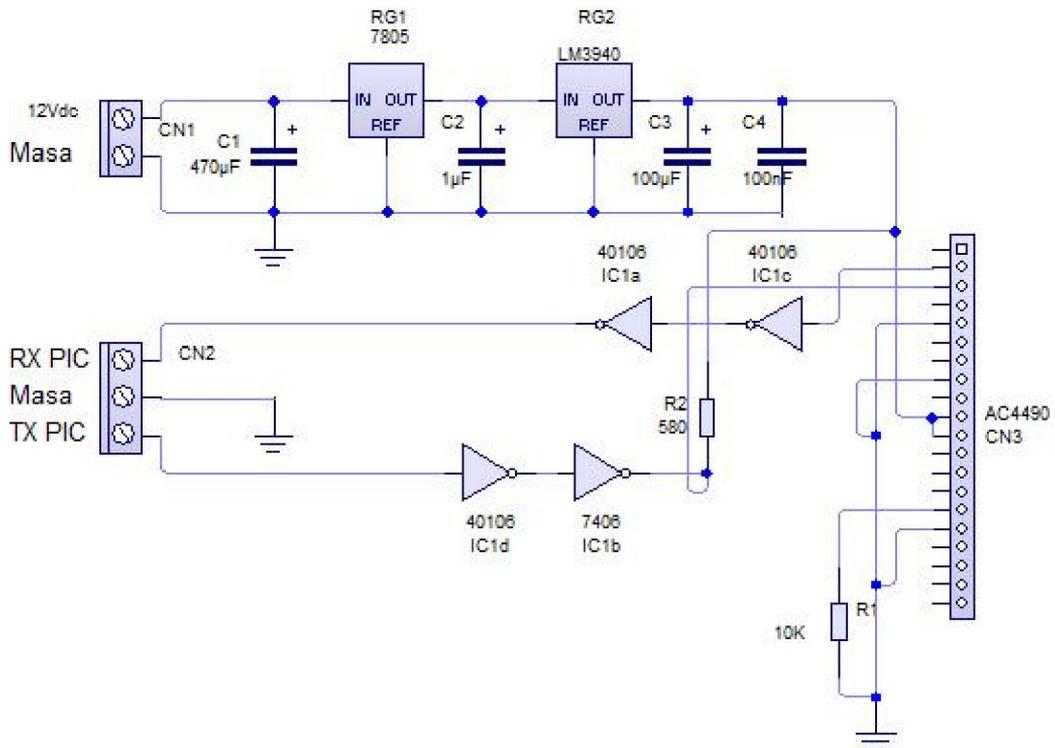


Figura 17. Electrónica del modulo inalámbrico.

7.2 Modo Comando

En modo comando el modulo requiere de la introducción de una secuencia determinada de datos (comandos AT), en este modo se tiene acceso a la configuración de funcionamiento del

modulo, al manejo de la memoria EEPROM interna que posee el modulo y al manejo del convertor A/D como así también de algunas entradas y salidas digitales de propósito general.

A continuación se presenta algunos comandos AT más utilizados en la Tabla 3.

Tabla 3. Comando AT

Command Name	Command (All Bytes in Hex)						Return (All Bytes in Hex)			
AT Enter CommandMode	0x41	0x54	0x2B	0x2B	0x2B	0x0D	0xCC	0x43	0x4F	0x4D
Exit AT Command-Mode	0xCC	0x41	0x54	0x4F	0x0D	-	0xCC	0x44	0x41	0x54
Status Request	0xCC	0x00	0x00	-	-	-	0xCC	Firmware Version	0x00: Server 0x01: Client in range 0x03: Client out of range	
Change Channel	0xCC	0x02	New Channel		-	-	0xCC	New Channel		-
Change Server/Client	0xCC	0x03	0x00: Server 0x03: Client		-	-	0xCC	Firmware Version	0x00: Server 0x03: Client	
Change Sync Channel	0xCC	0x05	New Sync Channel		-	-	0xCC	New Sync Channel	-	-
Sleep Walk Power Down	0xCC	0x06	-	-	-	-	0xCC	Channel	-	-
Sleep Walk Wake Up	0xCC	0x07	-	-	-	-	0xCC	Channel	-	-
Broadcast Packets	0xCC	0x08	0x00: Addressed 0x01: Broadcast		-	-	0xCC	0x00 or 0x01	-	-
Write Destination Address	0xCC	0x10	Byte 4 of Dest. MAC		Byte 5	Byte 6	0xCC	Byte 4 of Dest. MAC	Byte 5	Byte 6
Read Destination Address	0xCC	0x11	-	-	-	-	0xCC	Byte 4 of Dest. MAC	Byte 5	Byte 6
Forced Calibration	0xCC	0x12	0x00	0x00	-	-	0xCC	Firmware Version	0x00: Server In Normal Operation 0x01: Client In Normal Operation 0x02: Server In Acquisition Sync 0x03: Client In Acquisition Sync	
Auto Destination	0xCC	0x15	bit-0: Auto Destination bit-1: Auto Channel bit-4: Enable Auto Destination bit-5: Enable Auto Channel				0xCC	bit-0: Auto Destination bit1: Auto Channel bits-2-7: 0		
Read Digital Inputs	0xCC	0x20	-	-	-	-	0xCC	bit-0: G0 bit-1: G1	-	-
Read ADC	0xCC	0x21	0x01: AD In 0x02: Temp 0x03: RSSI		-	-	0xCC	MSB of 10 bit ADC	LSB of 10 bit ADC	
Report Last Valid RSSI	0xCC	0x22	-	-	-	-	0xCC	RSSI	-	-
Write Digital Outputs	0xCC	0x23	bit-0: GO0 bit-1: GO1		-	-	0xCC	bit-0: GO0 bit-1: GO1	-	-
Write DAC	0xCC	0x24	Update Period	Duty Cycle	-	-	0xCC	Update Period	Duty Cycle	-

7.3 Interface Serial

Para la transmisión y recepción de datos con el microcontrolador el modulo inalámbrico dispone de una interface serial compatible con la UART del microcontrolador esto es una comunicación serie TTL, cuya operación es modo asíncrono.

En este modo los datos se sincronizan con el microcontrolador a través de un bit de inicio y un bit de parada o fin. El modo asíncrono permi-

te la transmisión de un bit adicional para el chequeo de errores en la transmisión que es el bit de paridad, el cual es optativo. Además permite la transmisión de ocho, siete o nueve bits de datos, como así también se puede seleccionar la velocidad de transmisión. Todos estos parámetros pueden ser configurados solo en modo comando.

A continuación se observan en las Figuras 18 y 19 los distintos parámetros que pueden ser configurados:

Data Bits	Parity	Stop Bits	Transceiver Programming Requirements
8	N	1	Parity Disabled
7	N	2	Parity Disabled
7	E, O, M, S	1	Parity Disabled
9	N	1	Parity Enabled
8	N	2	Parity Enabled
8	E, O, M, S	1	Parity Enabled
7	E, O, M, S	2	Parity Enabled

Mark (M) corresponds to 1 & Space (S) corresponds to 0

Figura 18. Formato Serial de datos.

Baud Rate	BaudL (0x42)	BaudH (0x43)	Minium Interface Timeout (0x58)	Stop Bit Delay (0x3F)
115,200	0xFE	0x00	0x02	0xFF
57,600 ¹	0xFC	0x00	0x02	0x03
38,400	0xFA	0x00	0x02	0x0B
28,800	0xF8	0x00	0x02	0x0E
19,200	0xF4	0x00	0x03	0x19
14,400	0xF0	0x00	0x04	0x23
9,600	0xE8	0x00	0x05	0x39
4800	0xD0	0x00	0x09	0x7A
2400	0xA0	0x00	0x11	0xFC
1200	0x40	0x00	0x21	0x00 ²

Figura 19. Velocidad de transmisión

Para el presente trabajo se seleccionó una velocidad de 19200bps entre el microcontrolador y el modulo inalámbrico y un formato de datos de 8 bits de información y un bit de parada.

7.4 Trama

Para la comunicación entre el modulo y la computadora en la estación se debió desarrollar una trama base la cual contiene la información de las distintas componentes y sus escalas respectivas. Parala sincronización del inicio de la trama, la misma tiene una cabecera y un final de trama, como se muestra a continuación en la Figura 20.

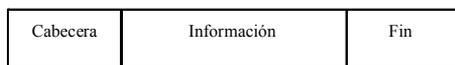


Figura 20. Trama de información

El campo de información está compuesto por un identificador de componente y escala para su posterior decodificación. El mismo está compuesto por 36 bytes de información.

8. Conclusiones

En el desarrollo del presente trabajo, la mayor complejidad fue la adquisición de los datos, razón por la cual se desarrolló de manera modular a fin de poder actualizar la electrónica en caso de ser necesario.

La trama conformada para la comunicación funciona correcta sin detectar cortes en la comunicación ni errores de recepción, ya que el modulo inalámbrico posee una trama rf con corrección y detección de errores; sin embargo a la tra-

ma conformada se le debe agregar CRC, cuestión en la que se trabaja.

La finalización del mismo permite continuar con otras líneas de investigación como la de transmisores inteligentes, el estudio de algoritmos para la detección de sismos, el estudio de la red inalámbrica mas eficiente para el caso de la ocurrencia de sismos y el estudio, tratamiento y representación de los datos.

Referencias

- [1] Katsuhiko Ogata, Ingeniería de Control Moderna. Editorial Prentice Hall, 2010.
- [2] Cisneros Christian, Marcillo Omar, Enríquez Wilson. Calibrador Digital de Sensores Sísmicos. XIX Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica
- [3] Henaos Carlos, Cardona Edison. Manejo de una memoria SD/MMC con un Pic18f87x. Scientia et Technica Año XVI, No 44, Abril de 2010. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701.
- [4] Hoja de datos memoria SD SanDisk Securite Digital Card.
- [5] Hoja de datos modulo inalámbrico AC4490 de Aerocom.
- [6] Hoja de datos del microcontrolador pic18f8722 de microchip. [
- [7] Hoja de datos del amplificado de instrumentación AD623 de Analog Device.
- [8] Hoja de datos del amplificador operacional LF347.

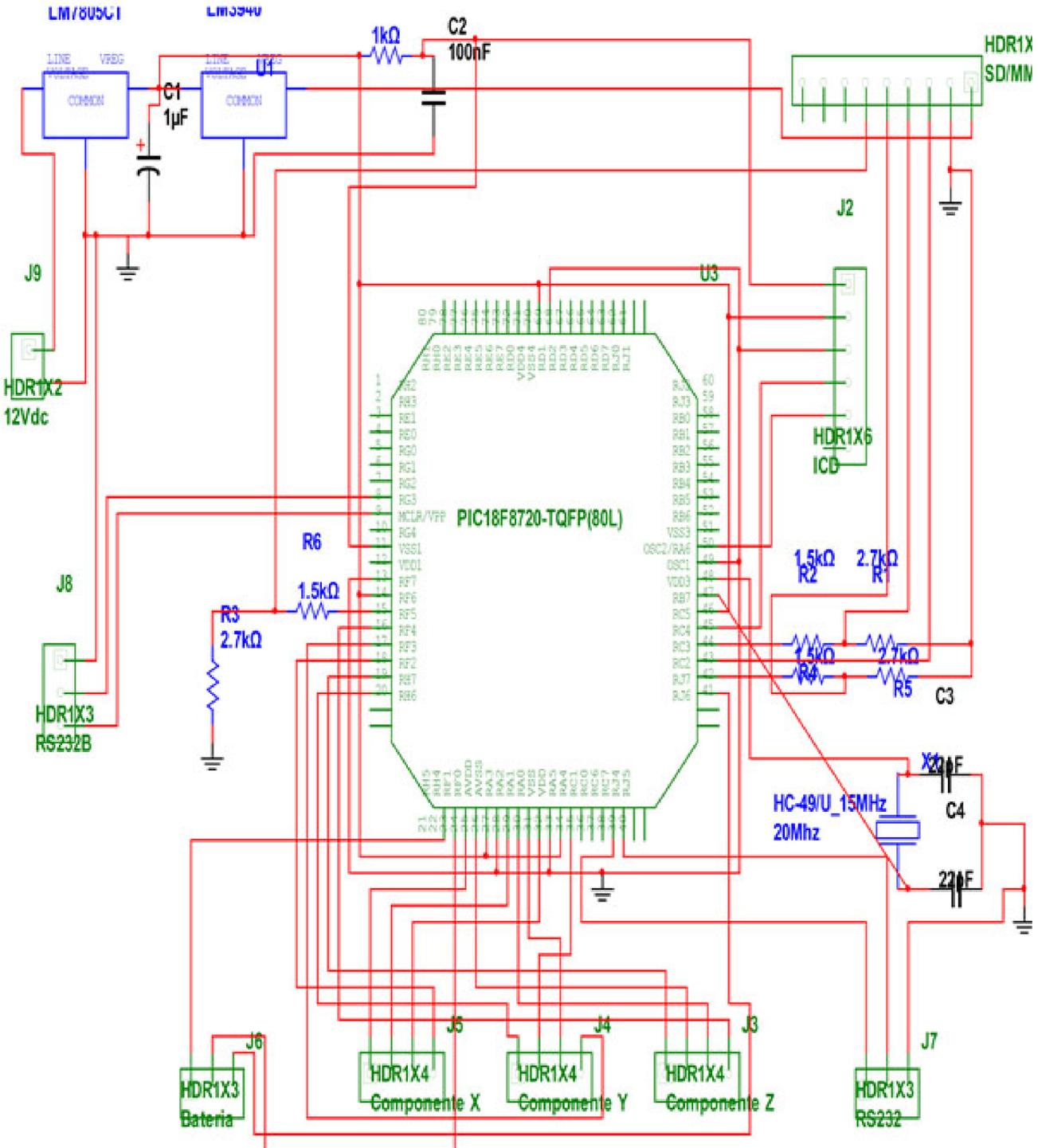


Figura 21. Circuito del Microcontrolador