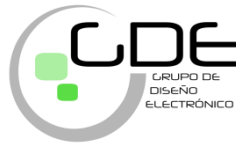


# Máster en Ingeniería Electrónica



## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE DATOS A LARGA DISTANCIA PARA WSN MEDIANTE UN MÓDULO GSM/GPRS

---

ANEXOS

2/2

CURSO 2010-2011      14-Junio-2011

Realizado por: Diego Antolín Cañada  
Dirigido por: Santiago Celma Pueyo



# **ÍNDICE**

1.	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO.....	3
2.	ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL CONSUMO DEL MÓDULO GSM/GPRS.....	6
3.	PLANOS.....	15

## **1. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO.**

En este epígrafe se expone el procedimiento de trabajo utilizado para el desarrollo del presente trabajo, así como todas las fases, medidas realizadas junto con los instrumentos utilizados para la relación de las mismas.

El primer paso ha sido realizar un estudio de la bibliografía existente para poder elegir y valorar la solución elegida, comparándola con otras alternativas. Una vez seleccionada la tecnología GSM/GPRS para la realización del proyecto se procede a la selección del módulo de telefonía, en este caso el elegido fue el GM862 de Telit. Además del GM862, se adquirió un placa de evaluación (Fig. 1) que permitiera trabajar con él y conocer su funcionamiento a nivel de software para adaptar después el hardware a los requisitos de la aplicación aquí presentada de la manera más adecuada.



Fig. 1. Kit de evaluación para el módulo Telit GM862.

La siguiente fase del proyecto consistió en el estudio de la documentación del citado dispositivo, siendo esta muy extensa, considerando tanto la referente al hardware que requiere el sistema como el software. Conforme se fue estudiando y comprendiendo la documentación se desarrollaron diferentes programas en Matlab que permitieran la comunicación y experimentación con el módulo, utilizando la interfaz de desarrollo adquirida con el módulo.

Conforme se desarrollaron estos programas y sus diferentes versiones se fueron observando las necesidades que iban a tener los diferentes diseños hardware adaptados al sistema ya existente.

Una vez, conocido el sistema y sabiendo cuales eran las necesidades específicas para este trabajo se realizaron dos placas de circuito impreso que fueran insertables en placas de prototipado. La primera permite insertar el módulo GSM en la placa para prototipos y tiene el mínimo hardware para que el dispositivo funcione, se puede ver en la Fig. 2 (a). La otra placa consiste en un conversor USB-Serie (FT232 de FTDI) también insertable en placa de prototipos, Fig. 2 (b). De esta forma se aseguró que el hardware era el necesario para trasladarlo a la implementación final. Fue durante esta fase cuando se realizó el estudio del consumo del módulo GSM, el cual se ha realizado con un osciloscopio Tektronix DPO4104 (Fig. 3 (a)) y una sonda de corriente TCP0030 (Fig. 3 (b)) y cuando se procedió al diseño de la fuente de alimentación del mismo, hasta este momento se ha utilizado una fuente de alimentación HP E3611A (Fig. 4).

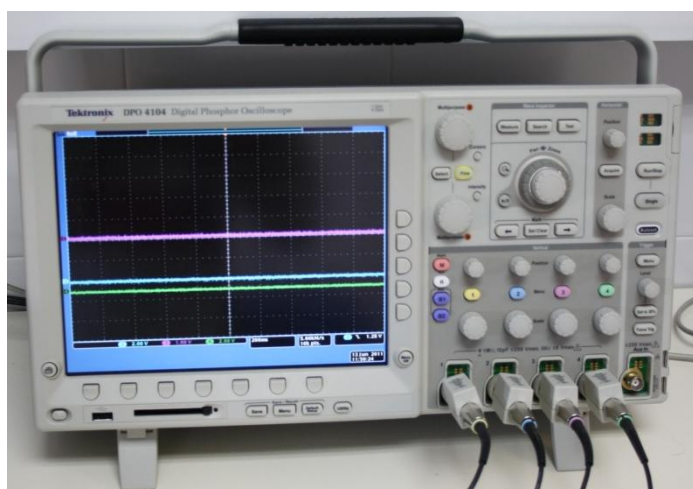


(a)



(b)

Fig. 2. (a) Placa de conexión del módulo GM862 a placa de prototipado. (b) Placa de conexión de convertor USB-Serie a placa de prototipado.



(a)



(b)

Fig. 3. (a) Osciloscopio Tektronix DPO4104. (b) Sonda de corriente TCP0030.



Fig. 4. Fuente de alimentación de laboratorio HP E3611A.

El siguiente paso consistió en llevar a cabo el diseño e implementación del dispositivo receptor. Tras tenerlo, se procedió a introducir en formato SMS una trama de datos tomada de los test realizados con la WSN para otros proyectos, se introdujo de forma que simulara la forma en que serían enviados desde el nodo coordinador. A continuación, se adaptó el código existente de otros trabajos para que fuese capaz de desentramar y tratar los datos en el nuevo formato. Posteriormente, se hizo una primera versión del entorno gráfico que adquiriría los datos introducidos manualmente y los presentaba en pantalla.

Una vez se tenía desarrollado el hardware del sistema receptor y preparado el software en el PC para la adquisición de datos se procedió a diseñar el hardware del nodo coordinador, obviando el sistema de alimentación. La experiencia previa con el sistema receptor ha facilitado el diseño de este dispositivo. La mayor dificultad ha sido la programación del microcontrolador y la implementación de la máquina de estados finitos (ver apartado 7.2 de la memoria) porque se han presentado algunas dificultades que resultaban transparentes en el dispositivo receptor. Estas adversidades se encontraban en problemas en las comunicaciones con el módulo GSM y se derivaban de la necesidad de un tiempo muerto entre el envío de comandos AT mayor que el que se había puesto previamente, siendo actualmente de 1 s. Además, se pensaba que la conexión a la red telefónica era más rápida y podía darse simplemente un tiempo de espera, pero los test han demostrado que es necesario realizar una comprobación de que este hecho se ha producido.

Finalmente, se han solventado todas las adversidades y se ha conseguido que el sistema funcione de la manera deseada.

## 2. ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL CONSUMO DEL MÓDULO GSM/GPRS.

Las redes inalámbricas de sensores tienen como requisito intrínseco el bajo consumo, es por ello conveniente realizar un estudio del consumo del módulo GM862 en sus diferentes estados de trabajo. Para la medida del consumo se ha realizado una estimación a partir de la corriente media adquirida durante dichos estados.

Para el análisis del consumo del dispositivo es necesario realizar un estudio del mismo durante los diferentes estados y tareas que realiza el módulo para el envío de un SMS. Para ello se ha medido la corriente consumida a través de la fuente de alimentación con una sonda de corriente TCP0030 ((Fig. 3 (b)). y un osciloscopio DPO4101 de Tektronix (Fig. 3 (a)). El sistema se ha alimentado mediante una fuente de alimentación HP E3611A (Fig. 4) de laboratorio. Utilizando estos instrumentos se hace necesario realizar una estimación del consumo medio en cada uno de los procedimientos que realiza el módulo ya que las fluctuaciones en el consumo de corriente son abruptas, elevadas y de valores bastante variables como se puede ver en la siguiente Fig. 5.

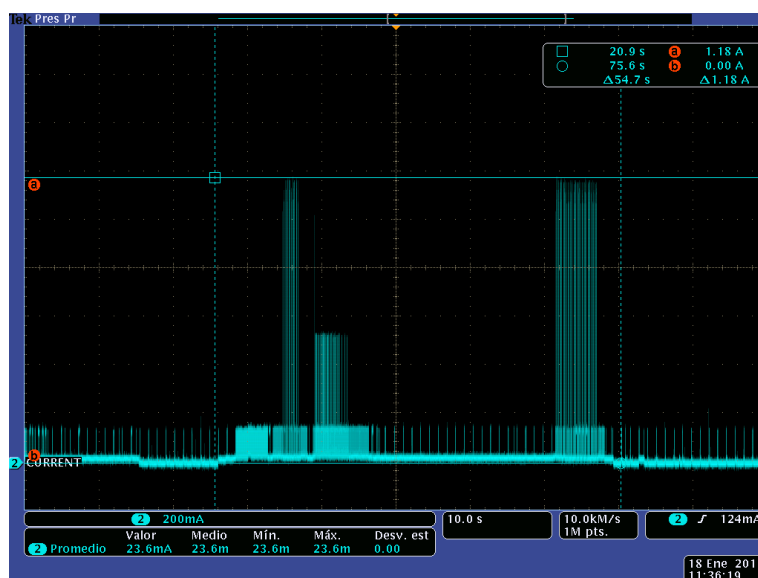


Fig. 5. Captura correspondiente al envío de un SMS con el módulo Telit GM862 ya encendido.

Como se puede apreciar el consumo de corriente es pulsante, es decir, la corriente se demanda en instantes breves y de manera relativamente elevada, por ello resulta realmente difícil realizar una medida precisa del consumo del dispositivo tanto en un ciclo de red, este tiempo es de entre 10 y 15 minutos, como del proceso correspondiente al envío de un SMS. Se opta por hacer una estimación del consumo medio durante los diferentes estados en los que puede trabajar el módulo GSM.

El sistema tiene dos modos de funcionamiento, un modo de encendido normal y un segundo de bajo consumo. Es necesario el estudio de ambos para saber si es energéticamente más viable el uso del modo en bajo consumo o el encendido y apagado del módulo, considerando el mayor consumo cuando el sistema se conecta a la red de telefonía móvil. Se inicia el estudio con el funcionamiento normal.

En las diferentes gráficas que aparecen en la Fig. 6 se observa el proceso de encendido del módulo GSM, en las cuales podemos ver el pulso de encendido de 2 s (pulsación del interruptor de encendido) junto con el transitorio real de encendido del módulo. De la Fig. 6 (d) se extrae que el tiempo total de encendido es aproximadamente de 9 s cuyo consumo medio es de 50 mA. Se toman

los valores superiores adquiridos en las gráficas por seguridad de manera que las diferentes medidas puedan ser comparables, situándose a la vez en el peor caso.

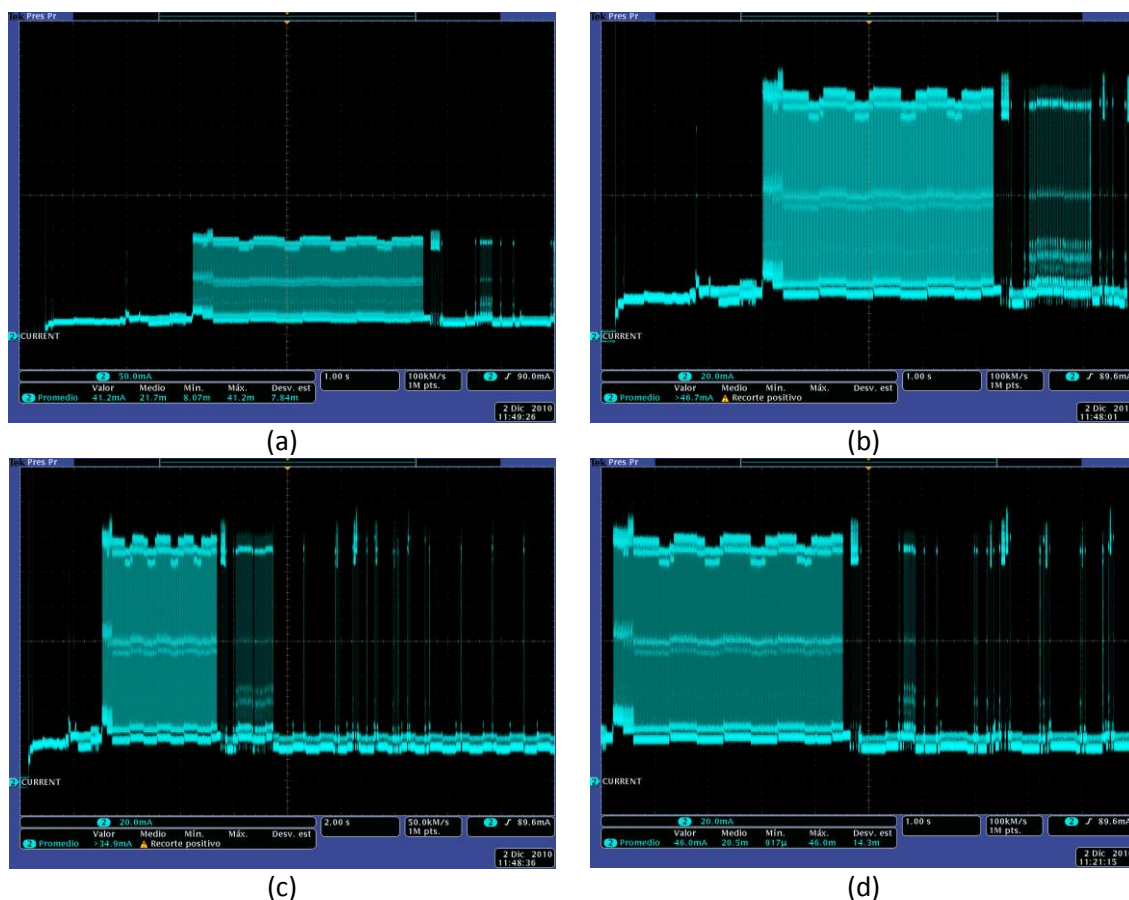


Fig. 6. (a) Proceso de encendido completo. (b) Ampliación del proceso de encendido. (c) Proceso de encendido hasta llegar al reposo. (d) Se muestra la imagen centrada en los pulsos del transitorio de encendido obviando los 2 segundos que es necesario pulsar el botón ON para que el módulo se encienda.

El siguiente estado que se analiza es el de reposo, sin que el dispositivo se encuentre todavía conectado a la red telefónica. Las gráficas obtenidas en este estado se muestran en la Fig. 7.

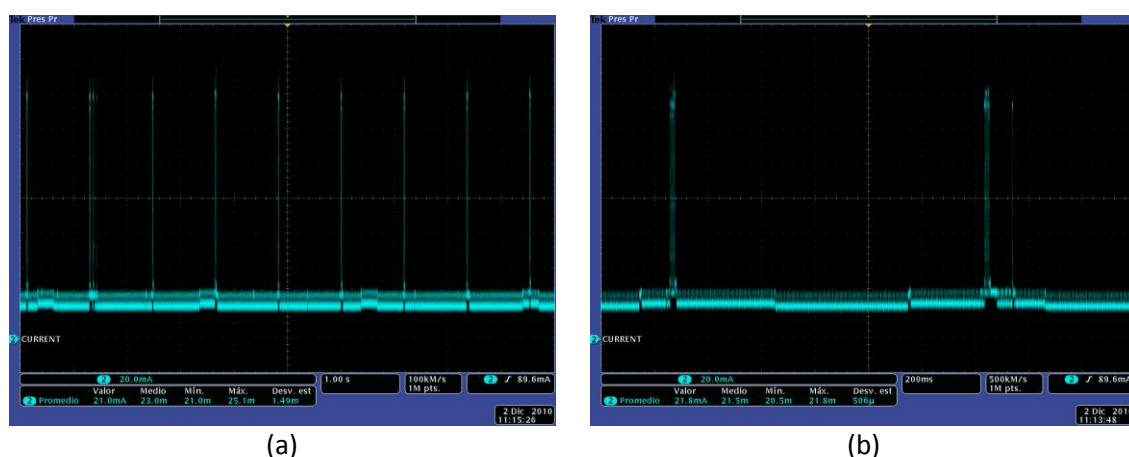


Fig. 7. (a) Gráfica de consumo en estado de reposo con una representación en tiempo división de 1 s. (b) Gráfica de consumo en estado de reposo con una representación en tiempo división de 200 ms.

Es necesario destacar que el dispositivo va a pasar el menor tiempo posible en este estado, puesto que cuando no este enviando SMS desde el mote coordinador de la red hacia el ordenador de procesamiento de datos el GSM862 estará apagado o se encontrará en su modo de bajo consumo.



Además, una vez encendido el módulo GSM se procederá inmediatamente a su configuración y a la introducción del código PIN de la tarjeta SIM, de modo que no va a estar inactivo.

En la Fig. 8 se muestra de forma más detallada la forma de los pulsos de corriente en este estado:

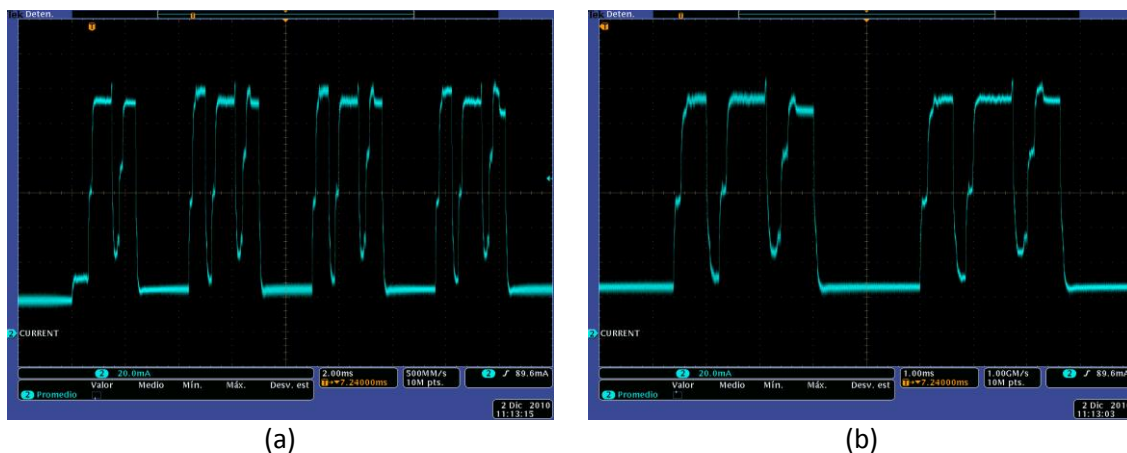


Fig. 8. (a) Gráfica de consumo en estado de reposo con una representación en tiempo división de 2 ms.  
(b) Gráfica de consumo en estado de reposo con una representación en tiempo división de 1 ms.

La diferencia del consumo en reposo antes de que el dispositivo se conecte a la red y después de hacerlo no es apreciable, por tanto se estima que el consumo medio en cuando se encuentra en este estado es de 22 mA. El tiempo en el que se encuentra en él puede variar, pero deberá minimizarse.

Una vez se ha encendido al dispositivo, se espera el menor tiempo posible para la introducción del código PIN, una vez hecho esto, el módulo GSM se conecta inmediatamente a la red telefónica. El consumo de corriente correspondiente a la introducción del código PIN y la conexión a la red se puede ver en la Fig. 9.

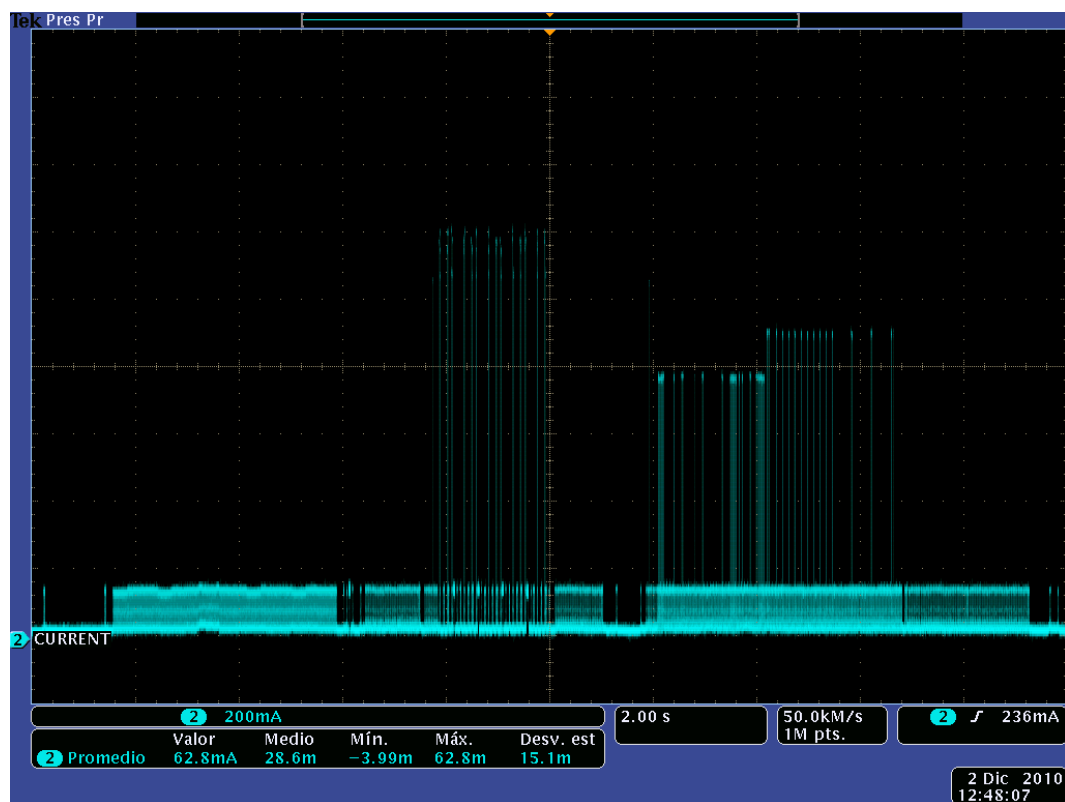


Fig. 9. Consumo en la introducción del PIN y la conexión a la red.

La corriente media consumida que consideramos en este periodo es de 65 mA y el tiempo que dura el mismo 20 s.

A continuación se estudia el consumo en el proceso de apagado. Si el módulo GSM se apaga sin haberse conectado a la red su consumo pasa del que tiene en estado de reposo a no consumir nada. Sin embargo, si se ha realizado la conexión, el dispositivo tiene que mandar una señal al operador de desconexión de la red, lo que provoca un pequeño incremento en el consumo como puede verse en la Fig. 10.

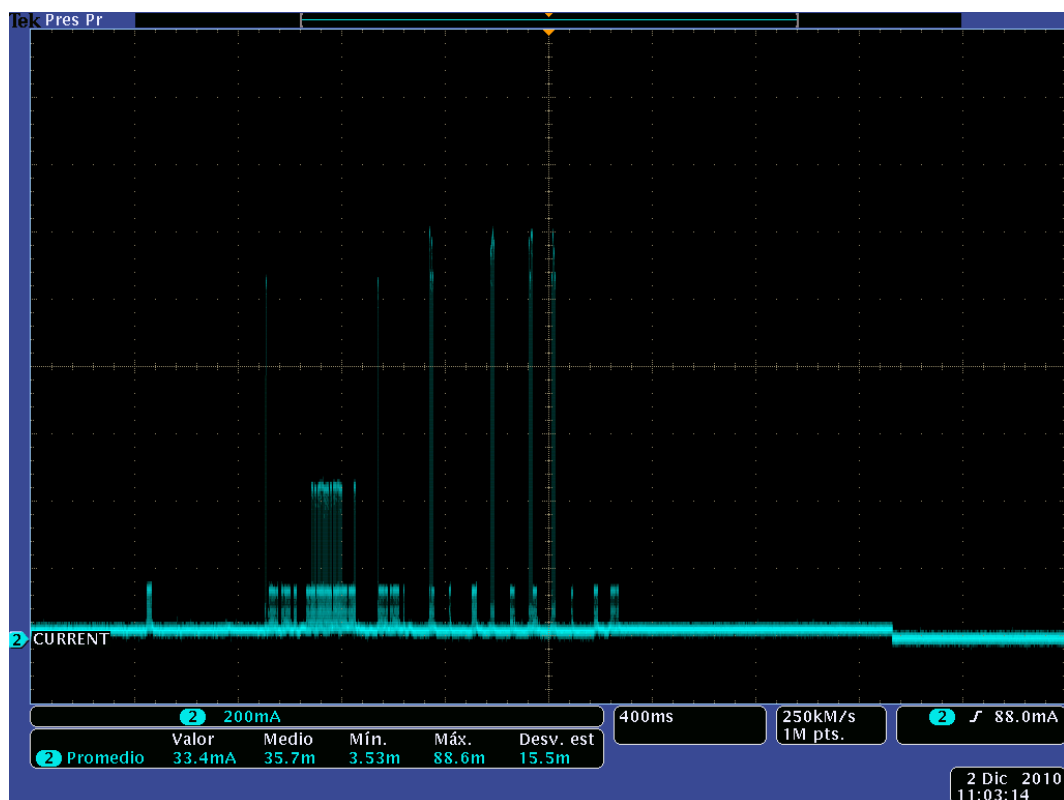


Fig. 10. Consumo durante la desconexión de la red telefónica y apagado del GSM862.

Dada la figura podemos considerar el consumo medio de unos 35 mA y el tiempo que conlleva este proceso unos 3 s.

Otro de los procesos que realiza el módulo es la comunicación a través del puerto serie, véase la escritura y la respuesta de comandos AT. En estas transmisiones se produce un leve incremento en el consumo, pero resulta absolutamente despreciable respecto a los otros estados, dado también que el tiempo de duración de estas comunicaciones es corto.

Por lo tanto, se pueden despreciar estas transmisiones e incluir su tiempo u consumo como si formaran parte del estado de reposo.

El siguiente estado correspondiente estudiado corresponde a la transmisión del SMS al módulo GM862. Para realizar estas medidas se ha completado la capacidad máxima de datos que puede enviar un SMS, siendo ésta de 160 caracteres (Bytes). De esta manera las mediciones realizadas de los dos métodos de transmisión de mensajes son comparables.

El primer método de envío de información mediante SMS a través del módulo GSM862 consiste en enviar el mensaje directamente, sin que este se almacene en la memoria del teléfono móvil. La Fig. 11 muestra la corriente durante este proceso.

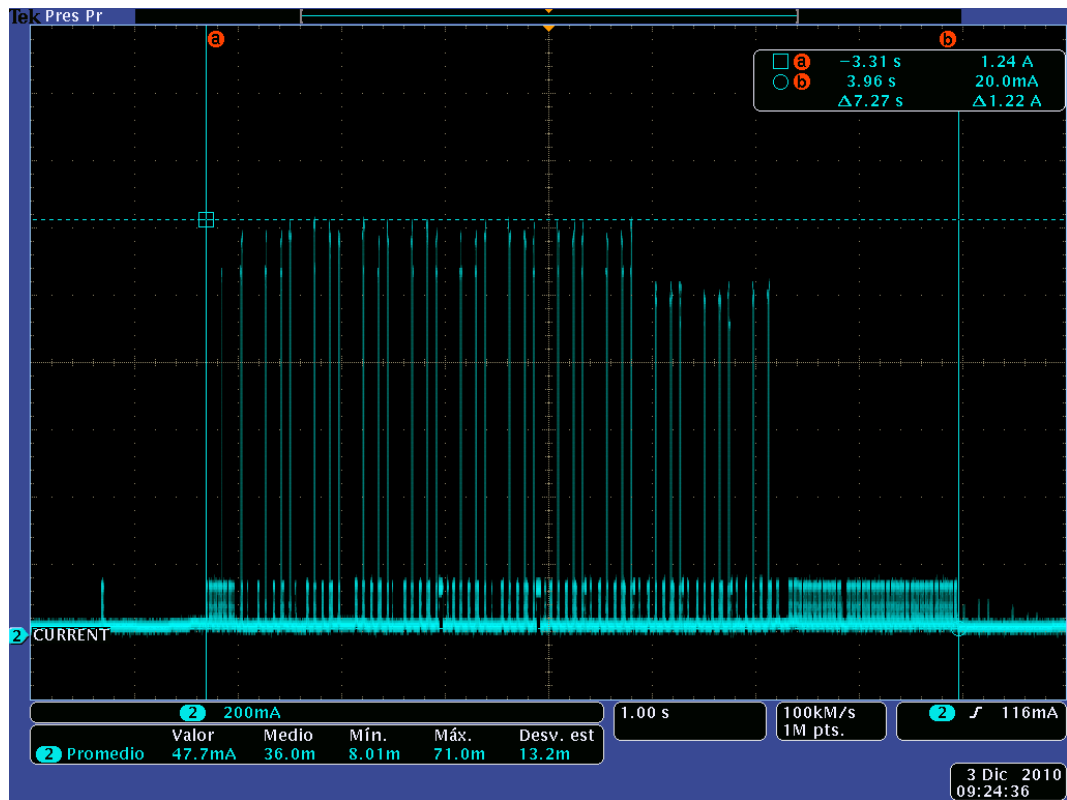


Fig. 11. Corriente en el envío de SMS de forma directa.

El pico de corriente máximo que se puede ver en la gráfica es de 1.24 A, esto quiere decir que la fuente de alimentación deberá ser capaz de suministrar dicha corriente, según las especificaciones del fabricante la fuente deberá ser capaz de proporcionar picos de corriente de hasta 2 A.

Se puede considerar que la corriente media durante el envío de un SMS de forma directa, es de 50 mA y el tiempo unos 8 s.

El segundo método consiste en enviar primer los datos del mensaje al módulo GSM862 y escribirlo en su memoria para posteriormente enviarlo. Es importante evaluar si el proceso de escritura incrementa significativamente el consumo, este se puede ver en la Fig. 12.



Fig. 12. Corriente consumida durante la escritura de un SMS en memoria.

Como se puede ver en la gráfica de la Fig. 12 la corriente durante el envío esta entre 20-30 mA y su duración aproximada es de unos 500 ms. Como vamos a ver en la gráfica de la Fig. 13 este consumo dado su valor y duración se puede despreciar frente al envío del mensaje en sí.

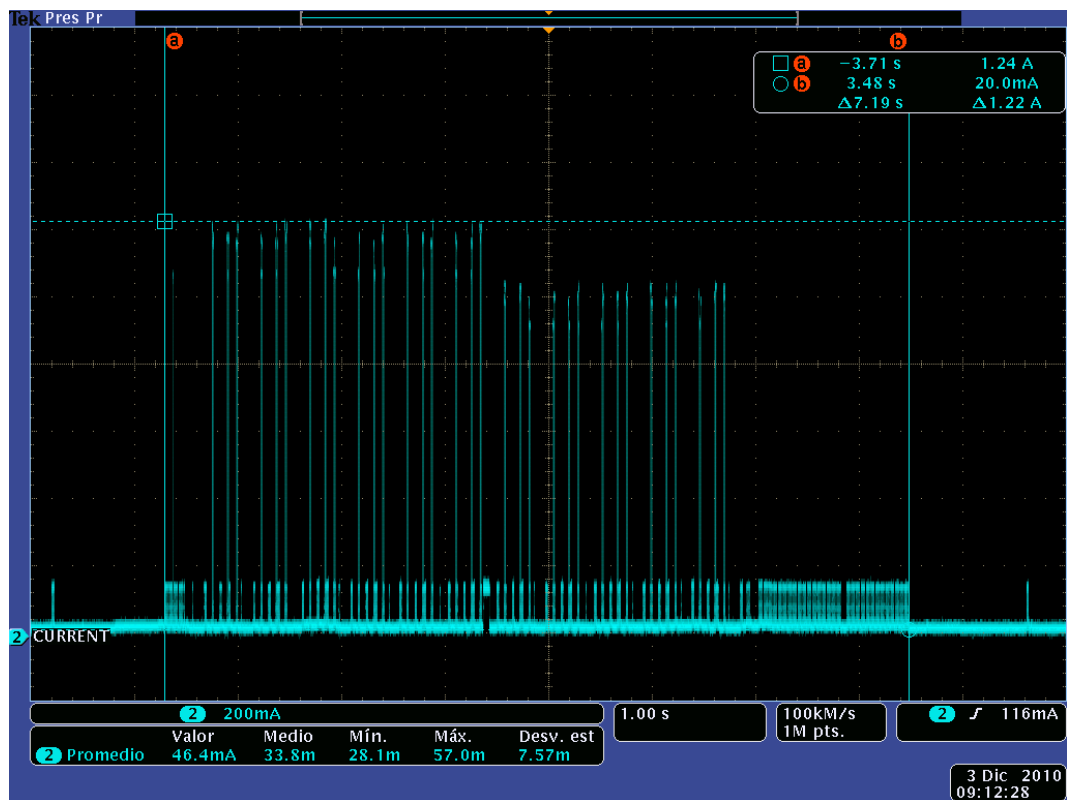


Fig. 13. Corriente en el envío de SMS almacenado en la memoria del módulo Telit GSM862.

La gráfica resultante es idéntica a la anterior por lo que podemos considerar los mismos valores de consumo, es decir, una corriente de 50 mA y una duración de 8 s.

Aunque en principio el consumo en la recepción de SMS no pueda resultar relevante para el proyecto; dado que por una parte, el dispositivo encargado de recibir los mensajes se va a encontrar conectado a la red eléctrica de distribución y su consumo no resulta crítico. Y por otra, el mote coordinado de la WSN no va recibir mensajes en primera instancia. Se estudia dada la posibilidad de implementar el envío para la modificación de parámetros de la red de manera remota en el futuro. La Fig. 14 muestra el consumo del módulo en recepción.

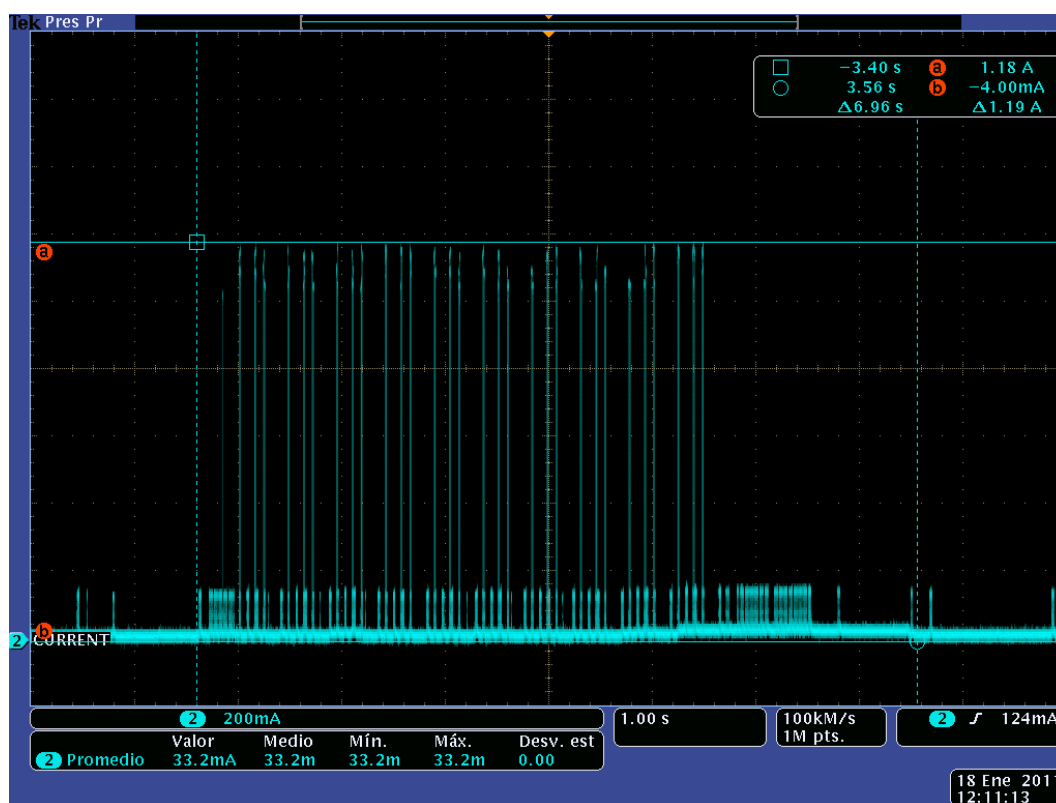


Fig. 14. Consumo de corriente en la recepción de un SMS.

Se puede extraer de la Fig. 14 que el consumo medio en recepción esta en torno a unos 35 mA y el tiempo que dura la misma es de unos 7 s. Nuevamente la medida se ha realizado con la capacidad máxima de datos que permite transmitir un SMS.

Llegados a este punto queda por analizar el otro modo de operación del módulo GSM862, el consumo en reposo en bajo consumo, el cual se puede ver en la Fig. 15.

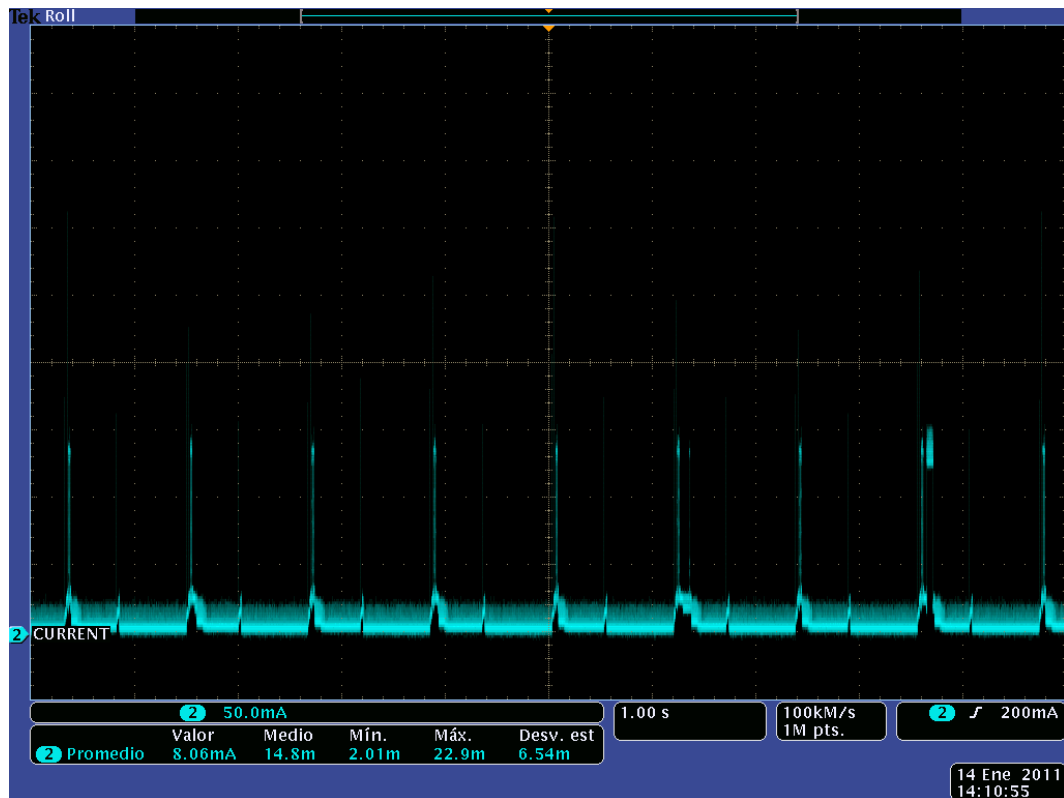


Fig. 15. Corriente en reposo con el sistema en bajo consumo.

Se observa que la corriente ha pasado de 22 mA a encontrarse en torno a 8 mA, la reducción de es sustancial. Esta reducción del consumo no es suficiente, sigue siendo muy elevado dado que los periodos de tiempo entre transmisiones de datos de la red inalámbrica son relativamente elevados. En este caso es mucho más efectivo energéticamente apagar el dispositivo que mantenerlo encendido en un modo de bajo consumo.

Por otra parte, cuando se activa el modulo mediante unos de sus pines para habilitar la comunicación con el mismo, el consumo es el mismo que en un estado de encendido normal, como puede verse en la Fig. 16.

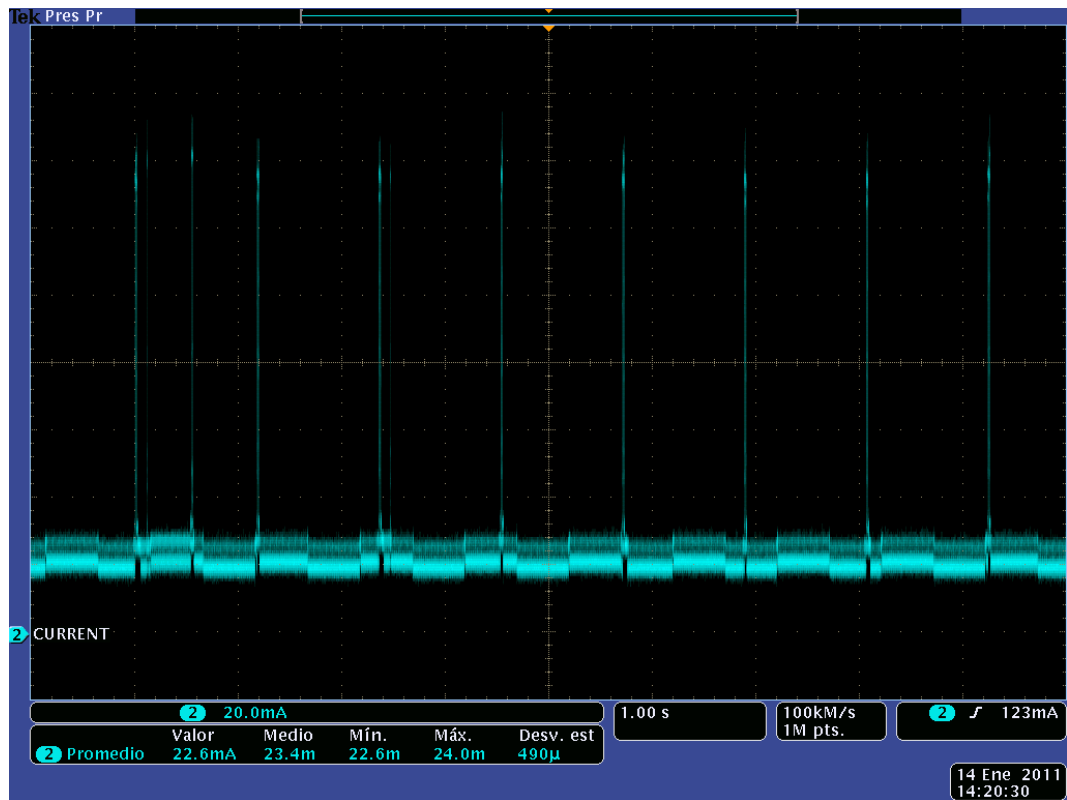


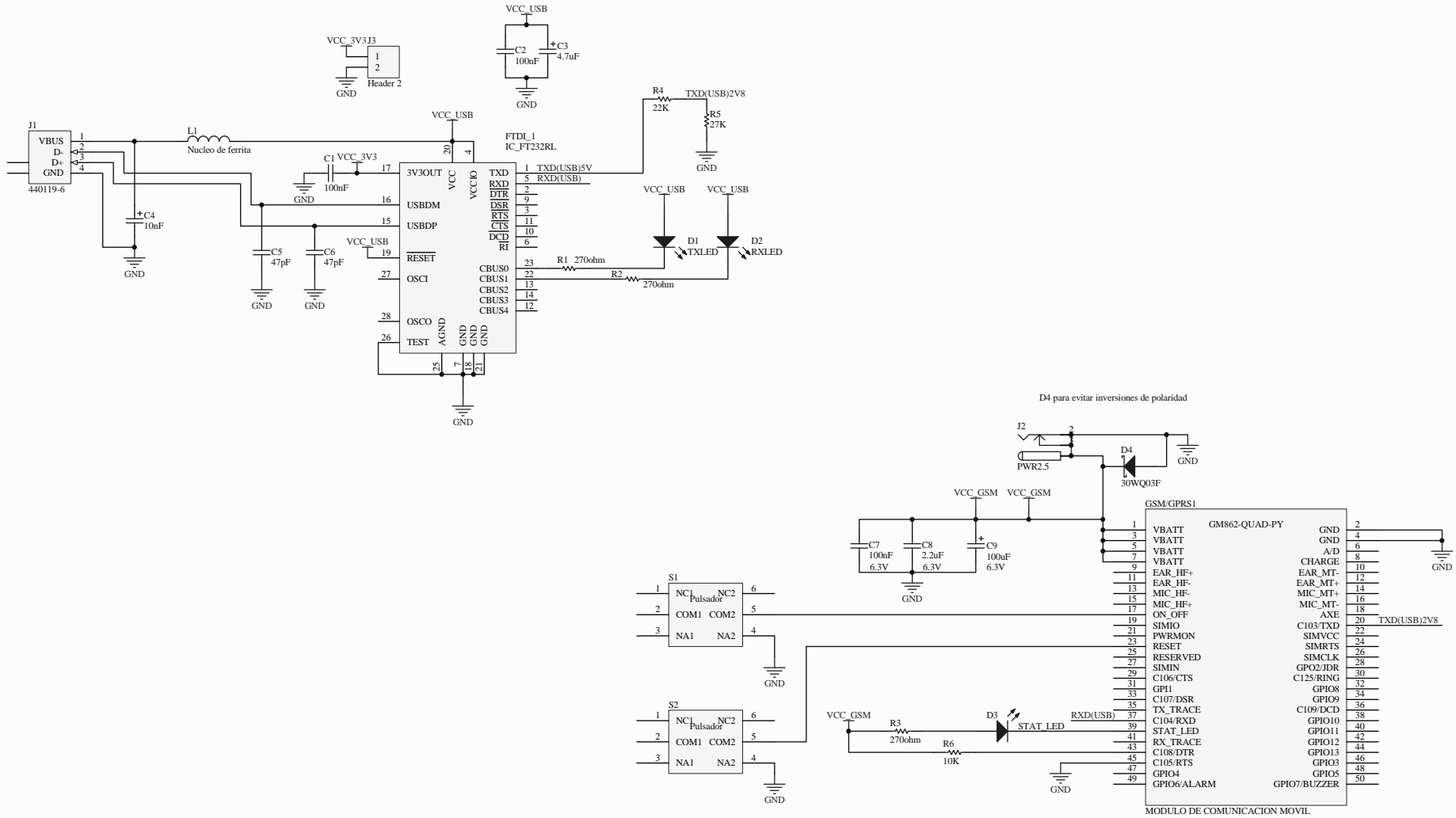
Fig. 16. Consumo en modo bajo consumo con activación de la comunicación.

Se puede concluir que para periodos entre envíos de mensajes con los datos relativamente largos es energéticamente más eficiente apagar los módulos, mientras que para periodos de envío entre mensajes breves es mejor llevar al módulo GSM/GPRS a su modo de bajo consumo.

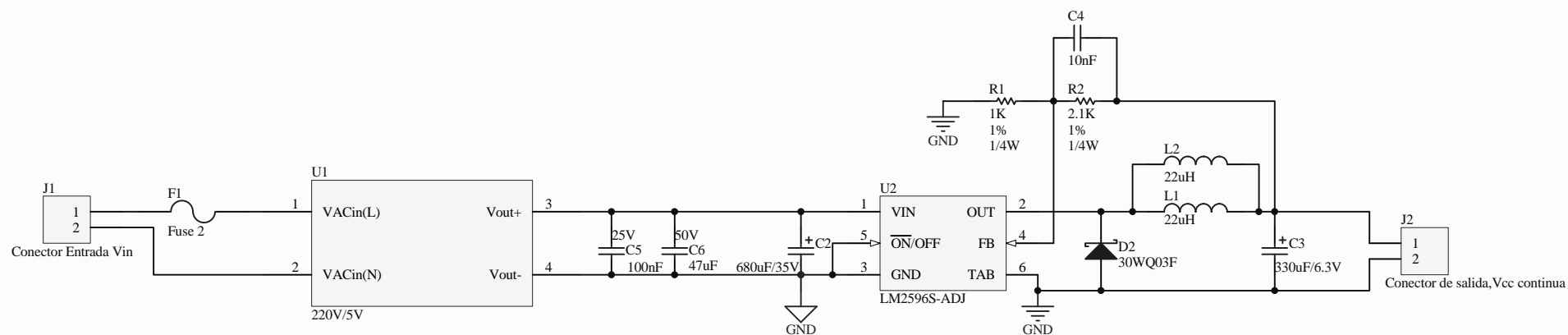
### **3. PLANOS.**


En las próximas páginas se presentan los planos de los diferentes diseños realizados para este trabajo.

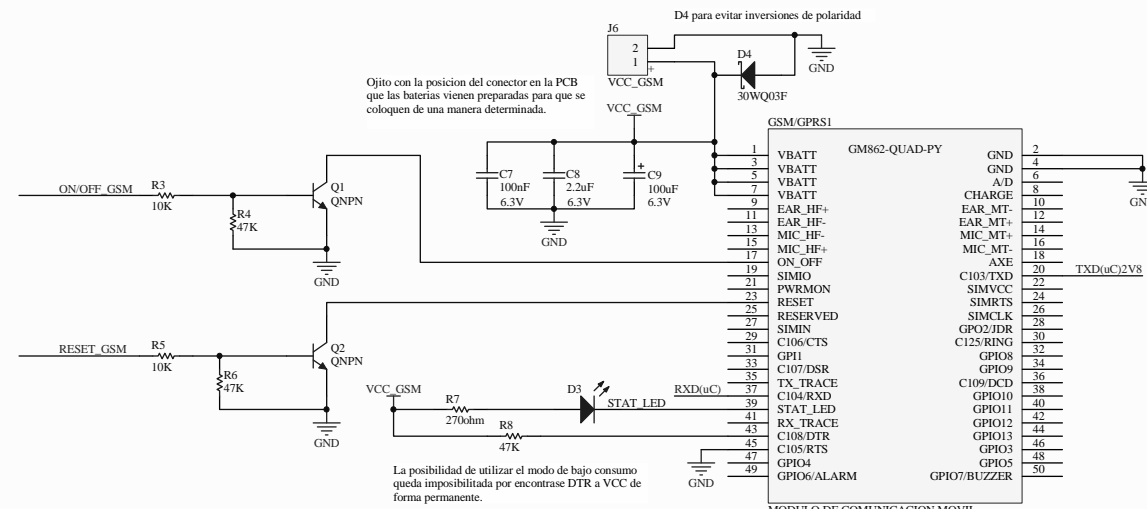
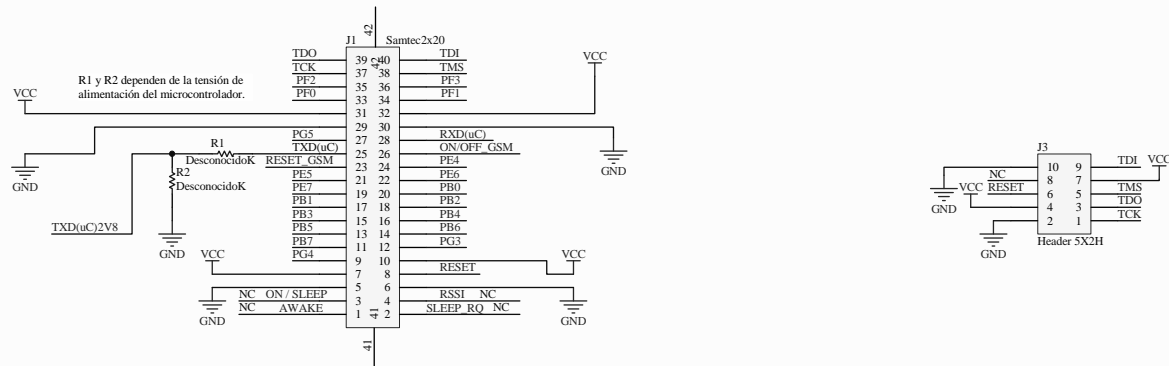




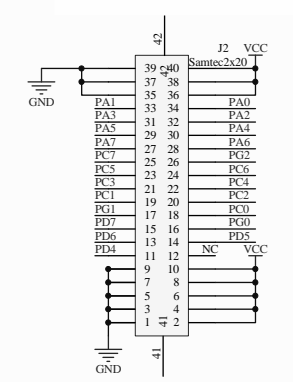
	FECHA	NOMBRE	FIRMA:	
DISEÑADO		Diego Antolin Cañada		
DIRIGIDO		Santiago Celma Pueyo		
Escala:	ESQUEMA SISTEMA RECEPTOR			Lámina N°:
				MÁSTER EN INGENIERÍA
				ELECTRÓNICA




	FECHA	NOMBRE	FIRMA:	
DISEÑADO		Diego Antolín Cañada		
DIRIGIDO		Santiago Celma Pueyo		
Escala:	<b>FUENTE DE ALIMENTACIÓN</b>			Lámina Nº:
				MÁSTER EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA



Los conectores son de machos y deben situarse en la cara bottom para encajar perfectamente con la PCB del mote.



	FECHA	NOMBRE	FIRMA:	
DISEÑO		Diego Antolin Cañada		
DIRIGIDO		Santiago Celma Pueyo		
Escala:	<b>ESQUEMA DISPOSITIVO EMISOR</b>			Lámina N°:
				MÁSTER EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA