

DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN PARA CÁMARAS DE REFRIGERACIÓN EN TRANSPORTE DE ALIMENTOS PERECEDEROS UTILIZANDO LA RED GPRS

Paulina Elizabeth Proaño Sotomayor
email: paupro_@hotmail.com

Gabriel Alejandro Guzmán Calderón
email: gabo251988@hotmail.com

Abstracto - El estado del arte de este proyecto contempla el diseño, implementación y evaluación de un sistema de mando y monitorización remota con comunicación M2M (Machine to Machine), propuesto por la empresa Telefónica Movistar. Con el desarrollo de este sistema de comunicación se puede realizar la monitorización de cámaras de refrigeración móvil para transporte de alimentos perecederos a fin de preservar la inocuidad y la aptitud del producto alimentario, conocer la posición del container, apertura de puertas y presentar información de movimientos bruscos en su trayecto hasta llegar el destino final; Para esto se hace el análisis de una arquitectura M2M, estudio del funcionamiento del equipo owa33A, selección del sensor de temperatura y movimiento, levantamiento de un servidor para desarrollo de una plataforma web, además de pruebas de funcionamiento y tiempo de respuesta de las señales, comprobando el correcto funcionamiento del equipo a través de resultados reales.

I. INTRODUCCIÓN

Los procesos de monitoreo tradicionales adquieren información del estado de la cámara de frío en el mismo sitio de trabajo, lo que provoca que si los usuarios se encuentran fuera del lugar y existe algún problema, los alimentos dentro de la cámara se echan a perder y por lo tanto provoca pérdidas en la economía de la empresa, por lo cual surgió la idea de este proyecto que tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema M2M (Machine to Machine) para la monitorización de cadena de frío en tiempo real en transporte de alimentos utilizando la red GPRS de movistar, con equipos OWASYS y sensores para la transmisión de datos y que el usuario pueda realizar un seguimiento con dispositivos personales.

El proyecto está basado en cuatro puntos importantes para lograr la comunicación M2M, los cuales son: etapa de indagación, etapa de acondicionamiento de señales, etapa de desarrollo de software y etapa de análisis de resultados.

II. CONCEPTOS

2.1 Telemetría:

Telemetría procede de las palabras griegas tele ("lejos") y metron ("medida"), es una medición de magnitudes físicas a distancia.[1]

2.2 Sensor:

El sensor es un instrumento de medición, transductor que consta de algún elemento sensible a una magnitud física (Intensidad, Temperatura, Presión, Magnetismo, Humedad) y deben ser capaces por sus propias características o por medio de dispositivos intermedios de transformar esa magnitud de variable física en variables eléctricas. [2]

2.3 Cadenas de Frío:

La Cadena de Frío se refiere al manejo controlado de las temperaturas y humedad de los productos perecederos para mantener su calidad e inocuidad desde el momento en que sale del campo (cosecha) o punto de origen a través de toda la cadena de distribución hasta llegar al consumidor final. [3]

2.4 GSM:

El Sistema Global para las Comunicaciones Móviles ("Group Special Mobile") es un sistema estándar, completamente definido, para la comunicación mediante teléfonos móviles que incorporan tecnología digital. [4]

2.5 Servicio SMS:

El servicio SMS permite trasladar un mensaje de texto entre una Estación Móvil (MS) y otra entidad denominada SME (*Short Messaging Entity*) a través de un centro de servicio SMSC (*Short Message Service Center*). La entidad que recibe el

mensaje de texto puede ser otro terminal MS o puede estar situada en una red fija. [5]

2.6 SIM:

Subscriber Identity Module o Módulo de Identidad del Subcriptor, la ventaja es que proporcionan movilidad al usuario ya que puede cambiar de teléfono y conservar el mismo número, sin la tarjeta SIM el terminal no funciona al no acceder a la red. [6]

2.7 GPS:

Global Positioning System o Sistema de Posicionamiento Global, es un sistema global de navegación por satélite que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave, con una precisión hasta de centímetros. [7]

2.8 GPRS:

General Packet Radio Service o Servicio General de Paquetes vía Radio, es una extensión del Sistema Global para Comunicaciones Móviles para la transmisión de datos mediante conmutación de paquetes.

2.9 ATP:

Acuerdo sobre Transporte Internacional de Mercancías Perecederas, establece las normas que garantizan el transporte de alimentos en condiciones óptimas para su consumo. El objetivo es asegurar que las mercancías perecederas sean transportadas en el ámbito internacional de modo que se garanticen las condiciones óptimas para su consumo, asegurando, del mismo modo, que los vehículos que realicen este transporte satisfagan las condiciones técnicas regidas por el propio acuerdo. [8]

2.10 M2M:

La tecnología M2M, engloba la automatización de los procesos de comunicación entre máquinas (Machine to Machine), entre dispositivos móviles y máquinas (Mobile to Machine), y entre hombres y máquinas (Man to Machine).

Estas máquinas pueden ser desde diminutos dispositivos electrónicos como equipos personales para comunicación o entretenimiento, equipos de medición (sensores) o de control (actuadores), etiquetas electrónicas inteligentes, microprocesadores presentes en los artefactos de su hogar, automóvil u oficina, hasta computadores personales o complejos servidores en un centro de procesamiento de datos informático. [9]

III. SISTEMA M2M

Las comunicaciones máquina a máquina no son nada nuevo, pues se vienen utilizando desde hace mucho tiempo, por ejemplo para el telecontrol de energía, automatismos diversos, control de paso de personas y vehículos, medida de la contaminación ambiental y acústica, estaciones meteorológicas, paneles de información, etc. Lo novedoso es la aplicación de la tecnología móvil a este campo, pues abre un inmenso mundo de posibilidades, y de negocio, hasta ahora limitado por la falta de movilidad y la necesidad de disponer de una conexión fija a la red en el punto en el que se quiera ubicar la máquina en cuestión, lo que muchas veces no es viable por su elevado coste o por razones meramente técnicas. [10]

ESTRUCTURA DE APLICACIÓN M2M

En toda conexión M2M, generalmente bidireccional, la información se intercambia entre un dispositivo remoto y un dispositivo de control como se presenta en la figura 3.1. Dicha comunicación puede realizarse en ambos sentidos:

- Dispositivo a centro de control:** Para recopilar toda la información y procesarla de acuerdo a las necesidades.
- Centro de control a dispositivo:** Para enviar instrucciones a los dispositivos remotos.



Figura 3.1. Estructura de aplicaciones M2M

La tecnología M2M involucra a varios dispositivos inalámbricos ubicados en lugares remotos con la necesidad de enviar y recibir información de un centro de control ubicado en la infraestructura de red. [11]

Módulos para control inalámbrico

El resto de tecnologías utilizadas en las comunicaciones M2M también son inalámbricas, pero se llamará inalámbricas a las comunicaciones

por radio frecuencia. En el mercado existen módulos de comunicación punto-punto, con la configuración llamada espejo, donde las salidas del módulo receptor reflejan el estado de las entradas del emisor y viceversa como se presenta en la figura 2.10.

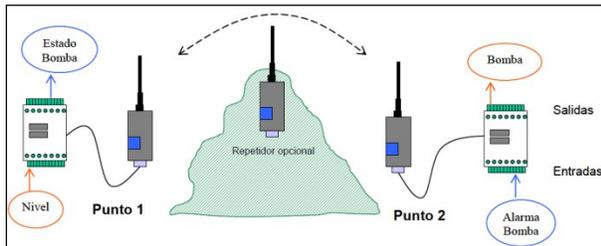


Figura 3.2. Comunicación de tecnología M2M

La gran ventaja de estos módulos es que la comunicación inalámbrica es totalmente transparente para el usuario. Además, estos módulos son capaces de cubrir grandes distancias de hasta 90 km sin necesidad de usar repetidores adicionales.

Tecnología utilizada

El acceso al canal utilizado en GPRS se basa en divisiones de frecuencia sobre un dúplex y TDMA. Durante la conexión, al usuario se le asigna un canal físico, formado por un bloque temporal en una portadora concreta. Ese canal será de subida o bajada dependiendo de si el usuario va a recibir o enviar datos. Esto se combina con la multiplexación estadística en el dominio del tiempo, permitiendo a varios usuarios compartir el mismo canal físico, ya sea de subida o de bajada.

IV. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Para el proyecto se trabajará con el equipo owa33A, es un módulo de fabricación Española, el mismo que cuenta con un módulo transceptor de datos GPRS, antena GPS, antena para GSM y GPRS, entradas y salidas analógicas y digitales. Una parte muy importante del dispositivo es su reducido tamaño y la facilidad de instalación en cualquier ambiente y que es muy factible para la monitorización del vehículo en forma remota.

A través de la antena GPS, el módulo captará datos de posición y velocidad, los mismos que se almacenan en una memoria temporal, para luego ser transmitidos a través de la red de telefonía

celular mediante la antena GPRS, estos datos llegarán hacia una estación de monitoreo, donde se lleva el registro de la posición geográfica del móvil y el estado que presenta.

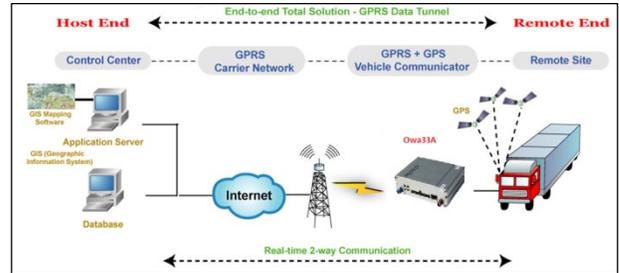


Figura 4.1. Esquema del funcionamiento del módulo elegido

En la figura 4.1 se puede apreciar como el equipo en un vehículo, tiene una conexión punto a punto con el servidor, en el cual existen diferentes módulos pero que son básicos para la formación del servidor.

4.1 Características del Equipo owa33A

El equipo presenta las siguientes características externas:

Panel Frontal

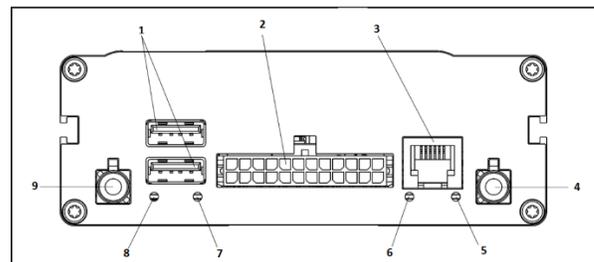


Figura 4.2. Panel Frontal del equipo owa33A

1. Conectores USB.
2. Conector Machine (BUS) para uso de entradas y salidas analógicas y digitales.
3. Conector Rj11 para audio.
4. Conector de la Antena GSM (SMA o FAKRA).
5. Led indicador de radio (color amarillo).
6. Led indicador del estado (color rojo).
7. Led indicador de alimentación (color verde).
8. Led indicador de GPS (color naranja).
9. Conector de Antena GPS (SMA o FAKRA).

Panel Posterior

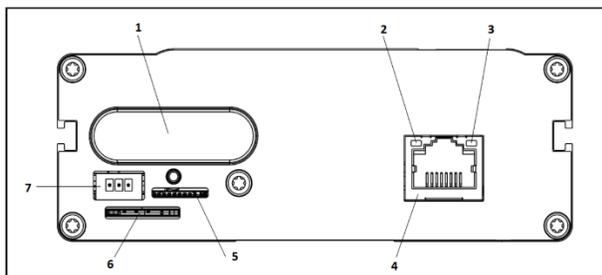


Figura 4.3. Panel Posterior del equipo owa33A

1. Compartimento para batería de respaldo.
2. Led indicador de velocidad 100 Mbps (color amarillo).
3. Led indicador de enlace (color verde).
4. Conector RJ45, Ethernet.
5. Ranura para Micro SD (Extensión para memoria).
6. Ranura de SIM.
7. Conector para batería de respaldo.

4.2 Descripción General del Firmware del Equipo

La estructura general del software del owa33A se muestra en la figura 4.4.

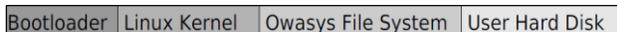


Figura 4.4. Estructura del software del owa33A

BootLoader

Es el sistema de booteo que administra el kernel y los sistemas de archivos flash. Espera 2 segundos antes de inicializar Linux. Durante este tiempo si el boot recibe un carácter diferente que ENTER a través del puerto serial, inicializará Linux. Si recibe un ENTER, entra al modo de comandos donde recibe caracteres que son interpretados como comandos. Una vez finalizado lo que se desee hacer en el modo de comandos, se ingresa boot e inmediatamente inicializará Linux.

Linux Kernel

Es un Kernel estándar de Linux, versión 2.6.25, es un kernel estándar, los aplicativos desarrollados en computadora son fácilmente compatibles con la plataforma del owa33A.

Sistemas De Archivos OWASYS

La estructura del sistema de archivos es como se muestra en la Figura 4.5.

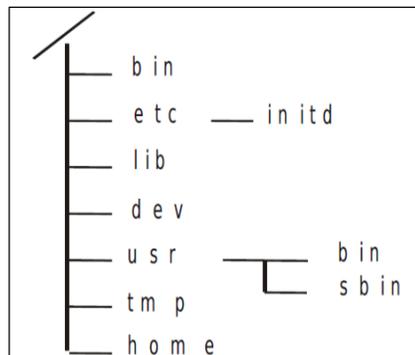


Figura 4.5. Estructura del Sistema de Archivos Linux

- **bin y sbin:** Estos directorios incluyen comandos básicos de Linux para la operación de las utilidades del sistema y de la capa del sistema embebido.
- **etc:** En este directorio se encuentran todos los archivos de configuración y parámetros de booteo que son guardados.
- **dev:** Directorio con todas las especificaciones periféricas.
- **tmp:** En este directorio, el usuario puede almacenar archivos durante la operación del equipo. La información se perderá cada vez que el sistema se reinicie.
- **lib:** Contiene todas las librerías estándares de Linux y librerías del API.
- **usr:** Contiene comandos, librerías, documentación y otros archivos que no cambian durante la operación normal.

Disco Duro del Usuario

En este directorio, el usuario puede crear la estructura de directorio deseada y almacenar todo tipo de archivos dentro de ella. La información almacenada en el directorio /home es escrita en una memoria flash no volátil, mientras que todo lo que se almacena fuera del directorio /home es escrito en la memoria RAM volátil.

4.3 Desarrollo de la Aplicación

La conexión de owa33A con la PC, se puede realizar tanto para sistemas operativos Linux o Windows a través del puerto serial. Por tanto los parámetros de configuración para la conexión son los siguientes:

- Tasa de Bit: 115200 bps
- Bit de Datos: 8
- Paridad: none
- Bit de Parada: 1
- Control de flujo: none

El desarrollo de la aplicación, es sobre un sistema operativo Linux Mint 14 edición KDE 64-bit el cual contiene el compilador cruzado para la creación de los archivos binarios. Como se muestra en la figura 4.6, se presentan los archivos creados para el desarrollo (.c y .h), programación en Lenguaje C.

Se crea un archivo principal Test_Module.c el cual contiene la programación principal donde se hace los llamados a las funciones de los archivos generados para cada módulo del equipo.

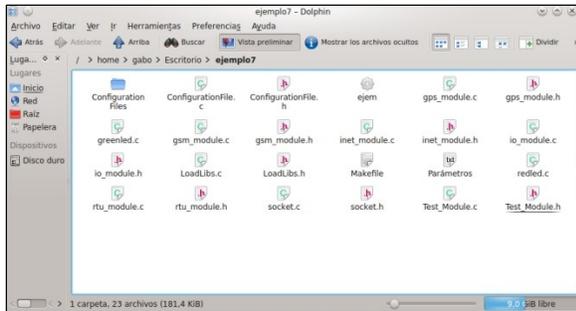


Figura 4.6. Archivos de Programación

El archivo **Makefile** contiene la programación que generará los archivos binarios después de compilar y confirmar que todas las librerías y líneas de código están escritas correctamente. El archivo **ejem** es el archivo binario que será ejecutado en el directorio /home del equipo y que inicializará con la toma de información de los archivos owa.ini y gprs.net.

El archivo **owa.ini** contiene la configuración inicial tal como el nombre del equipo, pin de la SIM, número de la SIM, número del celular al cuál llegarán las alarmas. El archivo **gprs.conf** contiene toda la información correspondiente al operador que le va a permitir la conexión a internet, tales como: APN, DNS, usuario, contraseña. En esta aplicación se aplicará configuraciones para conectarse a la red GPRS de Telefónica Movistar, a través de la cual se realizará la conexión con la plataforma desarrollada para presentar los datos que el equipo vaya tomando.

4.3.1 Acceso a Las Librerías

En la Tabla 4.1 se presenta los archivos y librerías a los que se puede acceder dependiendo de las funcionalidades y módulos que se desea aplicar.

Tabla 4.1. Librerías y Archivos del owa33A

	Archivo Incluido	Archivo cargado	Tipo
RTU	<owa3x/RTU ControlDefs.h>	/lib/libRTU Control.so	Librería Dinámica
IO	<owa3x/owa 31/IOs_ModuleDefs.h>	/lib/libIOs_Module.so	Librería Dinámica
GSM	<owa3x/GSM_ModuleDefs.h>	/lib/libGSM_Module.so	Librería Dinámica
GPS	<owa3x/GPS_ModuleDefs.h>	/lib/libGPS_Module.so	Librería Dinámica
iNET	<owa3x/iNET_ModuleDefs.h>	/lib/libiNET_Module.so	Librería Dinámica

Para el proyecto es necesario que se utilicen todas estas librerías en cada uno de los archivos programados en lenguaje C++ con el utilitario específico del módulo de la unidad que se desea.

4.3.2 Funcionamiento General del Programa

En la figura 4.7 se presenta un diagrama de flujo del funcionamiento general del programa. Una vez que se inicia la aplicación de carga las librerías de los módulos necesarios, que luego son inicializados y en caso de no poder levantarse descargan las librerías y finaliza la aplicación; en caso de levantarse sin problemas, pasa a ejecutar las líneas de comando para un proceso y a su vez se hace una comprobación de los módulos para determinar si están funcionando adecuadamente.

Una vez que se ha determinado que los módulos funcionan de manera adecuada, se verifica si se desea seguir ejecutando la aplicación y si es el caso de seguir, retorna a la ejecución de programa; en caso de que el programa ya no desee seguir o necesita parar, descarga las librerías de los módulos y finaliza la aplicación.

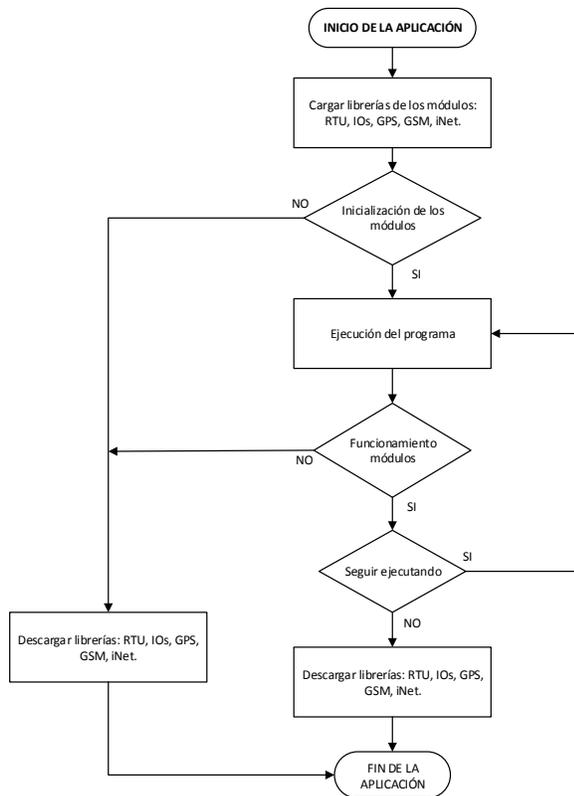


Figura 4.7. Diagrama de Flujo Programa

4.3.3 Desarrollo de la Plataforma Web

El Servidor Web está montado con un Sistema Operativo Linux Ubuntu 11.04 con un kernel 3.0.5.

Las características que debe tener presente el servidor para poder realizar el correcto monitoreo de los datos enviados por el equipo son:

- Guardar los datos enviados desde el equipo en una base de datos.
- Establecer seguridad al ingresar en la plataforma.
- Presentación de datos por tablas.
- Mostrar ubicación del equipo en un mapa.
- Todos los datos deben presentar la hora y fecha a la que se presentó la alarma.

Para el levantamiento de un Servidor Web deben ser instalados tres elementos: Apache 2, Phpmyadmin, PHP.

La plataforma es desarrollada en lenguaje HTML y PHP con conexiones CSS para dar una interacción mucho más gráfica con el usuario y a su vez tiene que ser de fácil entendimiento para acceder a todas sus funciones.

Para acceder a la plataforma se debe contar primero con una dirección IP pública. Con la IP provista se procede a realizar un nateo en el *Access Point* en el lugar de trabajo para poder direccionar las peticiones que se realicen a la IP pública hacia una IP privada, la cual será establecida en el equipo con el servidor.

El URL para poder acceder a la plataforma es: 186.4.224.249:9090, figura 4.8.

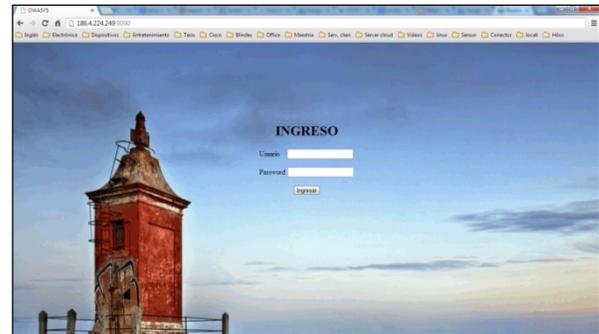


Figura 4.8. Ingreso a la plataforma

Una vez que el usuario se haya registrado correctamente, se direccionará hacia la interacción de datos:

Home: se indica una descripción general de las comunicaciones M2M.

Localización: muestra una tabla con el nombre del equipo, fecha y hora que se tomaron los datos en el quipo y parámetros de latitud y longitud tomadas por el equipo desde el módulo GPS.

Mapa: permite visualizar un mapa de *Open Street Map* en la cual se presenta un ícono de un automóvil dando la ubicación del equipo.

Historial: presenta una tabla con la fecha y hora en que se tomaron los datos de temperatura y la temperatura que el sensor adquirió desde el equipo.

Alarmas: Muestra una tabla con la fecha, hora y el tipo de alarma que se produzca en el equipo. Se puede mostrar alarmas por movimiento del equipo o por apertura de puertas.



Figura 4.9. Plataforma

La comunicación que establece el equipo con la plataforma la hace mediante sockets, es decir establece un socket con la IP del servidor y el puerto de escucha en la que se va a encontrar para la recepción de los datos. El puerto establecido para el envío de datos es el 9595.

La Base de Datos está hecho en MySQL mediante PhpMyAdmin para solventar un trabajo más gráfico de las tablas como se muestra en la figura 4.10, en la cual creamos dos bases de datos:

- **Usuarios:** contiene los nombres de usuarios y contraseñas con los que se rivalizará para el acceso a la plataforma.
- **Tablas:** contiene las tablas para guardar la información enviada desde el equipo como se muestra detalladamente en la tabla 4.2.

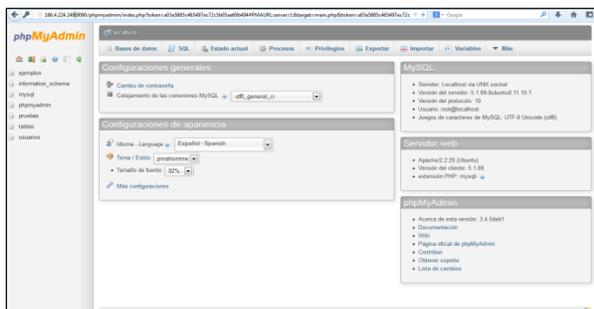


Figura 4.10. PhpMyAdmin

Tabla 4.2. Tablas de la base de datos tablas

TABLA	CONTENIDOS
Alarmas	Fecha(DATETIME) Tipo de alarma(VARCHAR)

Localización	Nombre del equipo(VARCHAR) Fecha y hora(DATETIME), Latitud(VARCHAR), Longitud(VARCHAR)
Temperatura	Fecha(DATETIME), Temperatura(DOUBLE)

La información que es enviada por el equipo y recibida por el servidor, la hace en un solo string; el string se lo debe separar por cadenas de caracteres para ir guardando en cada cadena la parte correspondiente del parámetro que se determina, tal como fecha y hora, nombre, latitud, longitud y temperatura del sensor conectado.

La comunicación de la plataforma con los diferentes dispositivos se puede ver en la figura 4.11 representando el envío de datos desde el equipo hacia el servidor web mediante sockets por el puerto 9595; mientras desde un Smartphone o un computador con internet se puede tener acceso a la plataforma en la IP 186.4.224.249 con el puerto 9090.

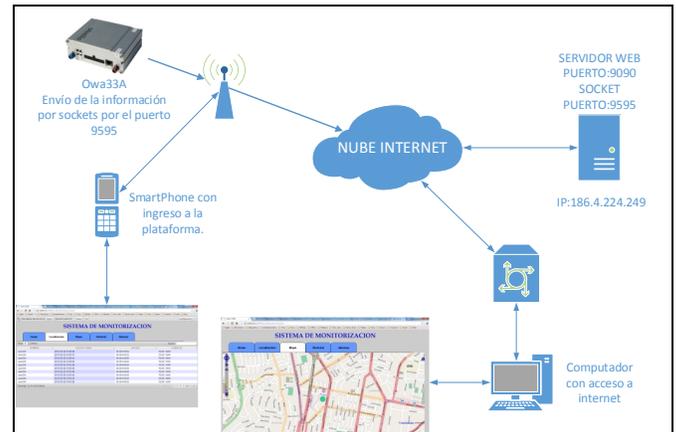


Figura 4.11. Diagrama Comunicación Plataforma

V. PRUEBAS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES

5.1 Funcionamiento del Equipo owa33A

El equipo owa33A es un dispositivo robusto y de tamaño pequeño capaz de permitir su ubicación en cualquier punto de una cabina de un camión o tráiler.

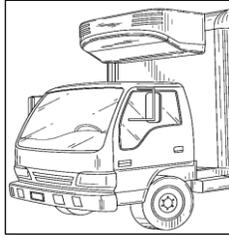


Figura 5.1 Frente del Camión de Refrigeración

El owa33A no está diseñado para ser ubicado en exteriores a diferencia de otro tipo de dispositivos OWASYS que si lo permiten; para el proyecto no se vio necesario ya que lo que se desea analizar es lo que se ocurra dentro del container o camión que se montará para el monitoreo. Se debe ser muy prudente con la ubicación de las antenas de GPS y GSM magnéticas que se muestran en la figura 5.2 (a) y (b).



(a) (b)

Figura 5.2. Antenas GPS y GSM

Las antenas son parte fundamental para un funcionamiento correcto del equipo y por lo tanto su ubicación es de vital importancia, ya que si el equipo no logra conectarse a la red GSM, GPRS o GPS, no logrará levantar el equipo para la aplicación deseada. Las dos antenas tienen que estar lo más descubiertas posibles, es decir, deben estar ubicadas en los exteriores del vehículo y en la parte más alta del mismo y que no sufran ningún tipo de impacto con alguna estructura.

5.2 Ubicación de Sensores

Se debe tomar en cuenta que los camiones son diseñados con paredes especiales, ya que deben mantener una temperatura interna para un determinado producto, sin ser afectada por la temperatura en el medio exterior. Además cuenta con un sistema de refrigeración, que va a producir corrientes de aire frío dentro del camión como se muestra en la figura 5.3 y por lo tanto el producto debe estar ubicado de manera adecuada para que esté congelando proporcionalmente.

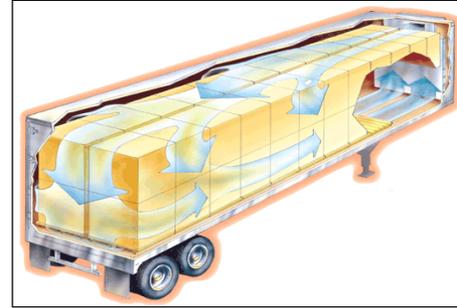


Figura 5.3. Flujo de Aire en un Camión de Refrigeración

El producto se ubicaría como se muestra en la figura 5.4 para dejar que el aire pase tanto por el medio y lados del camión. A su vez al colocar los alimentos sobre las plataformas de madera, permitirá que el flujo de aire frío pase por debajo.

Para determinar si el proceso de congelamiento está funcionando correctamente, tanto en la parte trasera como delantera del contenedor, se escogió colocar los sensores como se indica en la figura 5.5, obteniendo así la señal de temperatura exacta a la que deben estar los productos.



Figura 5.4. Colocación de los productos

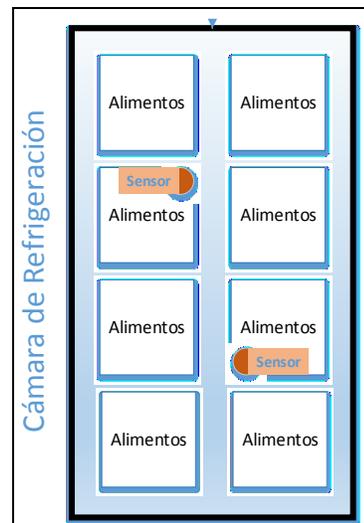


Figura 5.5. Ubicación de Sensores en el Camión

5.3 Pruebas de Laboratorio

Se realizó con un simulador de Red GSM/GPRS Aligent 8960 que se muestra en la figura 5.6. Con el simulador se conecta al equipo y genera virtualmente una red de telefonía para el rango de frecuencias específico para una operadora y que para telefónica son las de 800 MHz y 1900 MHz.

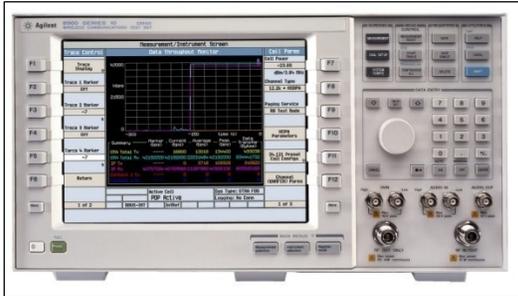


Figura 5.6. Aligent 8960

Con el simulador se realizaban 4 tipos de pruebas:

- GSM a 850 MHz
- GSM a 1900 MHz
- GPRS a 850 MHz
- GPRS a 1900 MHz

El equipo owa33A se lo debe colocar dentro de una cabina pequeña como se muestra en la figura 5.7, en la cual se realizan las conexiones internamente con el equipo para llevar por fuera de la cabina las conexiones de prueba hacia el simulador y a su vez realizar las conexiones con la computadora para almacenar en esta los datos de la simulación. El motivo de colocar el equipo dentro de la cabina es para simular que el equipo no tenga ningún tipo de pérdida y su aplicación con la señal de GSM/GPRS sea limpia.



Figura 5.7. Cabina sin Pérdidas

Al equipo owa33A se debe colocar una SIM card especial del equipo Aligent con el fin de que el equipo simule estar dentro de la red generada. Una vez listo el equipo y el simulador se procede a realizar una llamada entre los dos equipos para las

pruebas de GSM a 850 MHz, 1900 MHz, obteniendo los resultados presentados en la tabla 5.1. Los resultados de GPRS a 850 y 1900 MHz son presentados en la tabla 5.2.

Tabla 5.1. Pruebas GSM

Frecuencia (MHz)	Tiempo simulación (seg)	Canal	Potencia de la celda (dBm)	Nivel de transmisión
850	178.47	224	-75	5
1900	111.10	650	-85	5

Tabla 5.2. Pruebas GPRS

Frecuencia (MHz)	Tiempo simulación (seg)	Canal	Potencia de la celda (dBm)	Nivel de transmisión
850	563.12	224 y 231	-50 a -85	5
1900	582.82	650 y 710	-85 a -99	5

Los canales en los cuales hace las conexiones y a su vez se puede decir que los resultados son presentados a un nivel de transmisión 5, mientras el simulador realiza una prueba desde un nivel de potencia de transmisión 1 hasta el 14.

La figura 5.8 indica la relación de la Potencia vs el Tiempo, este tipo de gráfico tiene un rango establecido por el simulador para que un equipo que funcione dentro del rango, es un equipo con buen nivel de respuesta en funciones con conexión a una red de telefonía celular. En caso de que se suba el canal se puede notar que la señal va cambiando y se sobrepone en cierto momento sobre algún límite del gráfico por lo cual debe tratar de mantenerse como se muestra en la figura 5.9.

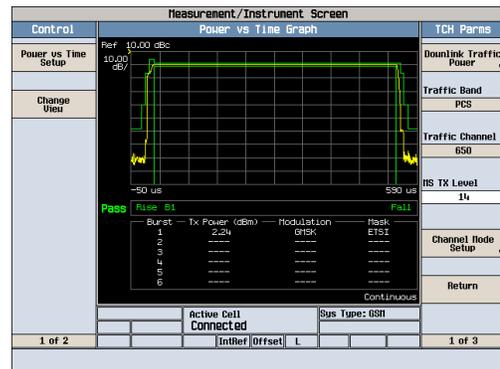


Figura 5.8. Relación Potencia vs Tiempo

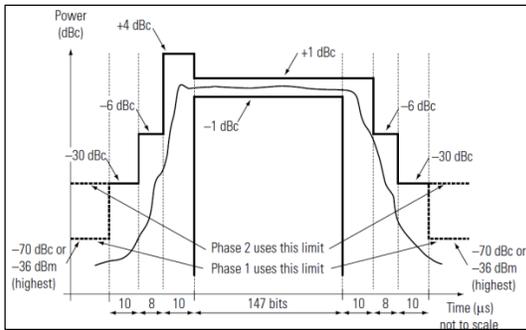


Figura 5.9. Limitaciones Potencia vs Tiempo

5.4 Pruebas de Campo

Se realizó pruebas de campo estableciendo:

- En el sector de Nayón, al norte de Quito.
- Temperatura ambiental de 19 °C.
- Cielo no despejado.
- Velocidad del vehículo de 50 a 80 Km/H.

Esta zona presenta bajo nivel de cobertura y entre más uno se aleja, más se pierde señal hasta un punto donde los teléfonos inteligentes pierden conexión tanto para GPRS como para GSM.

El equipo owa33A puede ser conectado con una antena de cualquier ganancia y para el proyecto se lo realizó con una antena de 3 dBi debido a tu tamaño y flexibilidad. El equipo mide los niveles de señal en RSSI (Indicador de Potencia de Señal Recibida) los cuales deben ser transformados a niveles de potencia en dBm como se presenta la tabla de conversiones para GSM en la tabla 5.3.

Tabla 5.3. Conversión RSSI a dBm

RSSI	dBm	RSSI	dBm
0	-113	14	-85
1	-111	15	-83
2	-109	16	-81
3	-107	17	-79
4	-105	18	-77
5	-103	19	-75
6	-101	20	-73
7	-99	21	-71
8	-97	22	-69
9	-95	23	-67
10	-93	24	-65
11	-91	25	-63
12	-89	26	-61
13	-87	27	-59

El equipo como mínimo presentó 21 RSSI, es decir -71 dBm y para este nivel de potencia los smartphones Samsung Galaxy S4 y Sony Xperia P, perdieron la señal completamente sin poder recibir o realizar llamadas. Mientras el owa33A permanecía enviando datos a través de GPRS en 2G, y en la plataforma se verificó que la recepción de datos seguía funcionando con normalidad de tal manera que se podía ubicar el equipo en el mapa.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se realizó el diseño e implementación de un sistema de monitorización para cámaras de refrigeración en transporte de alimentos percederos utilizando la red GPRS, el cual después de ser probado cumplió con los objetivos planteados y permitió obtener un conocimiento actualizado de las comunicaciones M2M.

Se desarrolló una aplicación conformada por módulos de entradas y salidas digitales, rtu, GPS, GSM y GPRS, que trabajan en conjunto y son compiladas en Linux mediante un compilador cruzado, el cual está instalado en el owa33A y permite que se ejecuten correctamente para el desarrollo del proyecto.

Se configuró una base de datos en un servidor web para almacenar la información de temperatura, ubicación, movimiento obtenida de la gestión de comunicación entre los sensores y el equipo.

Se comprobó con pruebas realizadas en laboratorio que la conexión que se establece entre el owa33A y la plataforma es confiable y está dentro de los rangos establecidos en la normativa de Potencia vs Tiempo para los 14 canales en los que trabaja el operador móvil. Mediante pruebas realizadas en campo se logró determinar que el proyecto es fiable ya que realiza una sincronización inmediata entre el equipo y la plataforma permitiendo una transmisión de datos continua y que se garantiza por la antena de 3dBi para una mejor conexión con la estación base del operador.

Se concluyó que la comunicación de datos vía GPRS en 2G es muy útil y eficiente para nuestro entorno a diferencia de 3G, puesto que en 2G se puede abarcar una mayor cobertura que para el proyecto es necesario por la necesidad de localizar los vehículos y debido a que la transmisión de datos es mínima.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Iocom Ltda. (1999). IOCOM. Obtenido de IOCOM: http://iocom.com.co/docs/Telemetria_locom.pdf
- [2] Carletti, E. J. (2012). *Robots*. Obtenido de Robots:http://robots-argentina.com.ar/Sensores_general.htm
- [3] Bastidas, L. F. (2006). *ESPE*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/660/1/T-ESPE-014263.pdf>
- [4] Carross. (2009). *Carross*. Obtenido de Carross: <http://www.carross.com.mx/gps/tecnologiagsm.html>
- [5] Ávila, P. E. (2011). *ESPE*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2639/1/T-ESPE-030150.PDF>
- [6] Centeno, D. M. (2010). *TAV*. Obtenido de TAV: <http://www.tav.net/transductores/acelerometros-sensores-piezoelectricos.pdf>
- [7] Cristian Gonzalo Karolis, D. F. (2009). *ESPE*. Obtenido de ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/470/1/T-ESPE-024461.pdf>
- [8] David Alejandro Cerda Sánchez, I. P. (2011). *ESPE*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3784/1/T-ESPEL-0800.pdf>
- [9] FCEFYN. (2003). *FCEFYN*. Obtenido de http://www.efn.unc.edu.ar/departamentos/electro/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/Cap%206%20Pco.pdf
- [10] Hidalgo, J. R. (2003). *EROSKY Consumer*. Obtenido de: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/normativa-legal/2003/12/22/10013.php>
- [11] Tecnología M2M. (2006). *Synkro*. Obtenido de: www.synkro.net/Private/M2Mpdf.pdf



Gabriel Alejandro Guzmán Calderón, nace el 25 de Octubre de 1988 en la ciudad de Quito, realizó sus estudios primarios en la escuela Borja 3, continuo sus estudios en el colegio Borja 3 obteniendo un título de bachiller en Ciencias Exactas. Actualmente egresó de la Carrera de Ingeniería Electrónica en la Escuela Politécnica Del Ejército, Sangolquí, Ecuador

VIII. BIOGRAFÍA



Paulina Elizabeth Proaño Sotomayor, nace el 6 de Octubre de 1988 en la ciudad de Quito, realizó sus estudios primarios y secundarios en el “Colegio Farina”, obteniendo un título de Bachiller en la especialidad Físico Matemático. Actualmente egresó de la carrera de Ingeniería Electrónica en la Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador.