



**Diseño e implementación de un sistema para adquisición y envío de señales para monitoreo en tiempo real de electrodomésticos HACEB**

Juan Carlos Estrada Montoya

Informe de práctica presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero de Sistemas

Asesor

Juan Jaiber Yopez Zapata, Ingeniero de sistemas

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería de Sistemas  
Medellín, Antioquia, Colombia

2021

---

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Cita</b>                | (Juan Carlos Estrada Montoya, 2021)   |
| <b>Referencia</b>          | Juan Estrada, M (2021). <i>Diseño e implementación de un sistema para adquisición y envío de señales para monitoreo en tiempo real de electrodomésticos HACEB</i> [Trabajo de grado profesional]. |
| <b>Estilo APA 7 (2020)</b> | Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.   |

---



**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Diego José Luis Botia Valderrama.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Tabla de contenido**

|                            |    |
|----------------------------|----|
| RESUMEN                    | 6  |
| Introducción               | 7  |
| Objetivos                  | 8  |
| 1.1    General             | 8  |
| 1.2    Específicos         | 8  |
| Marco Teórico              | 9  |
| Metodología                | 11 |
| Conclusiones               | 18 |
| Referencias Bibliográficas | 20 |

## Lista de Ilustraciones

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1. módulo MicroSD<br>Recuperado el 1 de Octubre de 2015 de<br><a href="http://electropro.pe/index.php?route=product/product&amp;path=71&amp;product_id=62&amp;sort=pd.name&amp;order=ASC">http://electropro.pe/index.php?route=product/product&amp;path=71&amp;product_id=62&amp;sort=pd.name&amp;order=ASC</a> | 12 |
| Ilustración 2. Portal de configuración  | 14 |
| Ilustración 3. interfaz Datalogger  | 13 |
| Ilustración 4. Datos tomados por Datalogger   | 14 |
| Ilustración 5. Aplicación móvil Bluetooth LE  | 16 |
| Ilustración 6. Aplicación móvil Bluetooth Captura de datos  | 16 |
| Ilustración 7. Bluetooth low energy   | 16 |
| Ilustración 8. Sensores   | 17 |
| Ilustración 9. Datalogger primera versión   | 18 |
| Ilustración 10. Datalogger 3 versión  | 19 |

**Lista de tablas**

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| Tabla 1. Tabla comparativa ..... | 15 |
|----------------------------------|----|

## **RESUMEN**

Industrias Haceb tenía como necesidad el conocer el comportamiento en campo de sus modelos de nevera N611, Y para esto se necesitó del diseño e implementación de un sistema de monitoreo (Datalogger), capaz de censar variables de temperatura distribuidas por la nevera además del tiempo de trabajo del motor/compresor, resistencia y puerta abierta; con el fin de determinar a partir de los datos obtenidos el correcto funcionamiento de los nuevos prototipos de nevera, dichos datos son enviados a una plataforma en la nube, donde son recolectados y luego analizados con el fin de detectar y corregir errores en el funcionamiento del sistema.

Al terminar el proyecto se construyeron 23 Datalogger los cuales fueron enviados a pruebas de campo en Medellín, Bucaramanga y Barranquilla, tratando de abarcar la mayor cantidad de pisos térmicos de Colombia. De los resultados obtenidos se pudieron determinar mejoras en el diseño del refrigerador y hacer las correcciones de manera precisa con datos concretos.

## **Introducción**

Las pruebas de nuevos diseños en Neveras tienen que pasar por varias etapas, los prototipos tienen que ser probados para determinar las capacidades de la nevera y la clasificación que esta pueda obtener, una de las etapas más importantes de las pruebas son las de campo, en las cuales se valida con un cliente final en condiciones de trabajo real, el comportamiento del sistema en general y la identificación de posibles fallas en etapas tempranas de desarrollo.

Las pruebas se realizan en diferentes pisos térmicos con el fin de validar el correcto funcionamiento del sistema, y determinar si la nevera es apta para las diferentes condiciones en las que se venderá, afortunadamente Colombia cuenta con climas muy variados donde hacer pruebas, anteriormente estas pruebas eran muy rudimentarias, se hacían encuestas telefónicas cada mes con el fin de recibir retroalimentación directa del usuario, de cómo percibía el funcionamiento del producto, pero dicha retroalimentación no era concreta o aportaba poco valor por lo que se procedía con visitas de chequeo para validar temperaturas y funcionamiento de los componentes, cada visita de un técnico, si es local puede costar alrededor de 150.000 COP y si es un especialista de la fábrica y tiene que viajar unos 3.000.000 COP.

Con la ayuda de los datalogger se eliminó el gasto de tiempo y dinero que implicaba las visitas constantes a la prueba, además de obtener información de valor en tiempo real acerca del funcionamiento de los productos y mejor aún de situaciones reales.

## **Objetivos**

### **1.1 General**

- Desarrollar un sistema embebido capaz de adquirir y enviar datos de las neveras N611 y su tarjeta controladora “Karel” a la plataforma de visualización de datos en la nube.

### **1.2 Específicos**

- Implementar un módulo de adquisición de señales.
- Implementar un módulo de comunicación WiFi.
- Implementar un módulo de comunicación GSM.
- Identificar e implementar una plataforma en la nube para el monitoreo y gestión de dispositivos de adquisición de datos.
- Desarrollo sistema con conexión Bluetooth LE
- Probar el sistema desarrollado en campo.



## Marco Teórico

**Tarjeta controladora:** Dispositivo de control, que posee un circuito embebido capaz de ser programado, en el caso de electrodomésticos, está encargada accionar todos los componentes en base a una lógica previamente programada.

**Internet de las cosas: (IoT)** es un concepto que se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos con internet, Internet de las cosas es el punto en el tiempo en el que se conectarían a internet más “cosas u objetos” que personas. También suele referirse como el internet de todas las cosas o internet en las cosas. Si los objetos de la vida cotidiana tuvieran incorporadas etiquetas de radio, podrían ser identificados y gestionados por otros equipos, de la misma manera que si lo fuesen por seres humanos. [1]

**Temperatura en el conservador/congelador:** normalmente una nevera tiene 2 compartimentos, conservador y congelador, el congelador es el lugar donde la temperatura es más baja, seguida del conservador; saber la temperatura de estos dos compartimentos en sus centros geométricos, indica que tan bien está congelando una nevera en función de la temperatura.

**Tiempo de trabajo del motor/compresor:** es una variable media en tiempo de trabajo, la cual indica el periodo de encendido del motor.

**Centro Geométrico:** El centro, en geometría, es el punto que se encuentra en medio de una figura geométrica. Es un concepto que varía en su definición dependiendo de la figura de la que estemos hablando, así como de si estamos hablando de figuras de dos o tres dimensiones [2].

**Bluetooth:** Creado en 1994, Bluetooth ® la tecnología Bluetooth fue concebida como una alternativa inalámbrica para cables de datos mediante el intercambio de datos a través de las transmisiones de radio. El nombre de Bluetooth vino del siglo décimo por parte del rey danés, Harald Blåtand o, en Inglés, Harold Bluetooth. Según la historia, el rey Blåtand ayudó a unir las facciones enfrentadas en partes de lo que hoy son Noruega, Suecia y Dinamarca. Del mismo modo, la tecnología Bluetooth fue creado como un estándar abierto para permitir la conectividad y la colaboración entre los productos y las industrias dispares [3].

**Computación en la nube:** conocida también como servicios en la nube, informática en la nube, nube de cómputo o nube de conceptos (del inglés cloud computing), es un

paradigma que permite ofrecer servicios de computación a través de una red, que usualmente es Internet [4].

Se exponen los conceptos teóricos que sustentan el desarrollo del trabajo, debidamente referenciados.

**Red de Petri:** es una representación matemática o gráfica de un sistema a eventos discretos en el cual se puede describir la topología de un sistema distribuido, paralelo o concurrente. La red de Petri esencial fue definida en la década de los años 1960 por Carl Adam Petri. Son una generalización de la teoría de autómatas que permite expresar un sistema a eventos concurrentes [5].

## Metodología

### 1. Implementar un módulo de adquisición de señales.

#### a. Desarrollar código para adquirir datos de una trama serial y decodificarla.

Los nuevos modelos de nevera en Haceb n 611 usan una tarjeta controladora llamada Karel la cual cuenta con un circuito de control digital, esta tarjeta posee una salida serial, a 9600 baudios que imprime cada segundo una trama de 29 bytes donde codifica la temperatura que está midiendo el estado de la puerta (abierta, cerrada), tiempo acumulado compresor, resistencia, además de otros parámetros de control contemplados en su máquina de estados o red de Petri.

De esta trama de datos interesan, temperatura del sensor, tiempo acumulado puerta abierta, nivel de temperatura seleccionado, temperatura acumulada, estado de la nevera (Compresor Resistencia, Puerta).

A continuación se especifica un poco más como están codificados esos datos

**State:** indica el estado de los componentes de la nevera, esta información esta codificada en un byte donde los componentes de la nevera se representan de la siguiente forma, primer byte

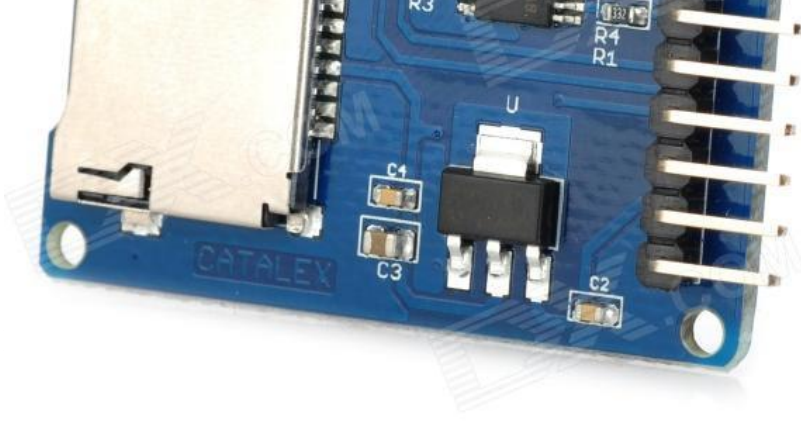
1 compresor, 2 resistencia, 3 estado de puerta, en número seria, 1 compresor 2 resistencia, 4 puerta abierta, si por ejemplo la puerta está abierta y el compresor encendido este parámetro sería,  $5 = 1(\text{compresor}) + 4(\text{puerta})$ .

**AR Register T Acummulated:** este es temperatura acumulada, y es un registro donde se almacena el área bajo la curva de la temperatura, este valor vuelve a cero cada vez que entra la resistencia en funcionamiento.

**Set Level:** este es el nivel de frío en una nevera, se ajusta en 5 posiciones siendo la primera la más caliente y el 5 la más fría.

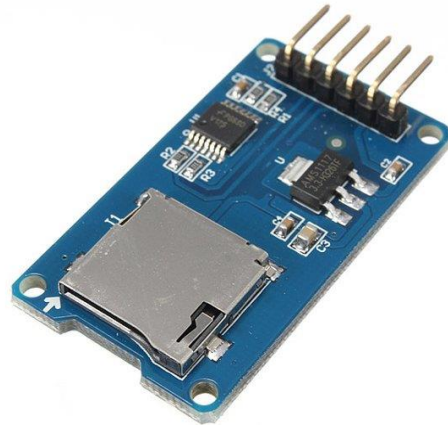
**T Acummulated Dor open:** es un registro donde se almacena la sumatoria de tiempo que lleva la puerta abierta.

**Control bit:** este se usa para validar el tiempo que lleva encendido el dispositivo y detectar reinicios en el sistema Datalogger, o nevera, ya que dependen de la misma fuente de energía.



card.

Arjeta de control, estos  
módulo Sd Card el cual  
(datos separados por  
un segundo.



**Ilustración 1. módulo MicroSD**

## **2. Desarrollo sistema WIFI**

Con el fin de que el sistema de adquisición pueda conectarse a internet y transmitir la información recolectada.

### **a. Identificar módulo WIFI que sirva para la comunicación con redes WIFI.**

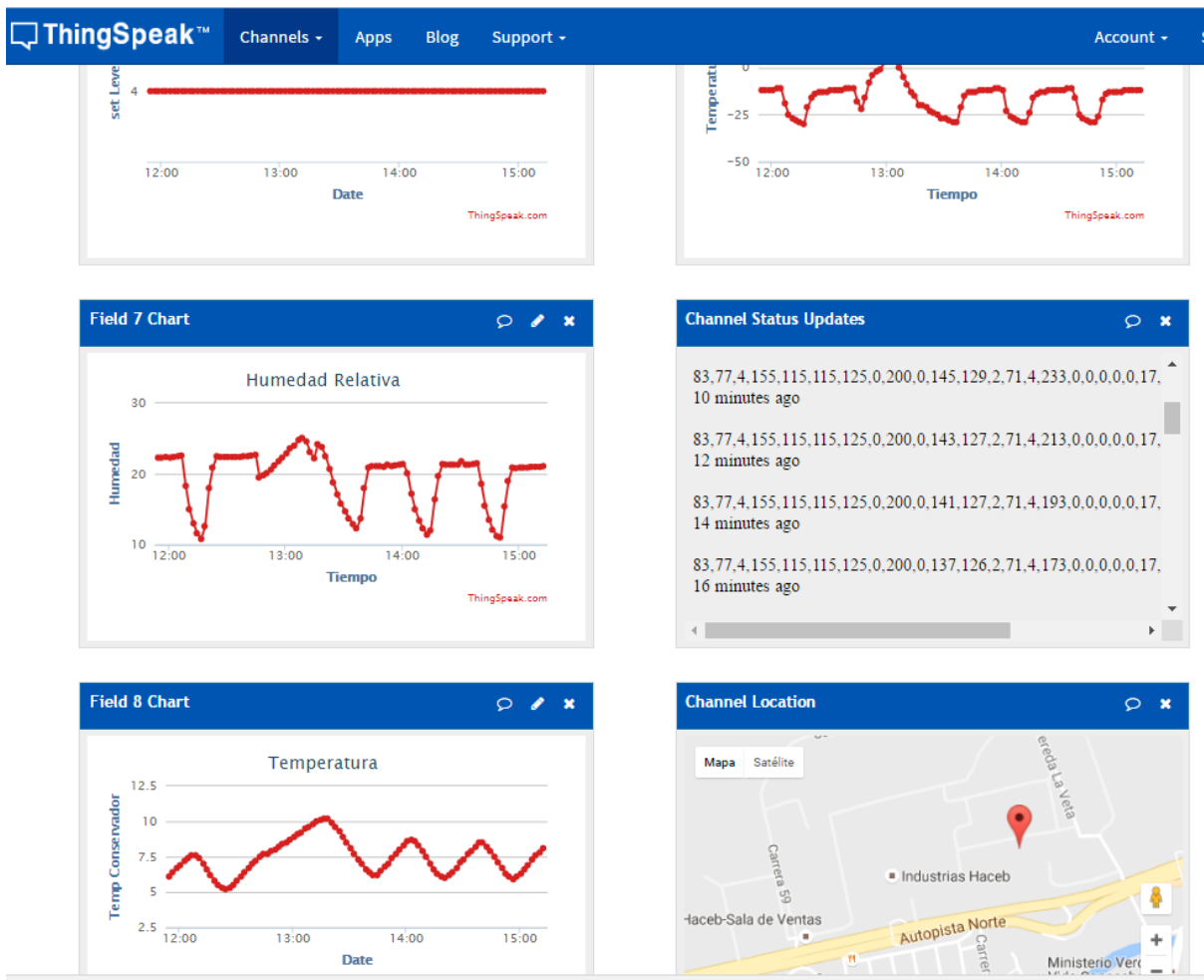
El módulo escogido para enviar los datos fue el ESP 8266 ya que este puede ser programado para enviar datos a internet a un URL mediante servicios Rest, además de ser económico y por sus prestaciones superan a la competencia ya que este posee procesamiento integrado y entradas de propósito general.

Dicho módulo se vende en 13 distintas versiones, siendo las más comunes la 1 y el 12E, para este proyecto se escogió usar al versión 12E debido a su mejor desempeño y capacidad de memoria, 1 Mb vs 4 Mb.

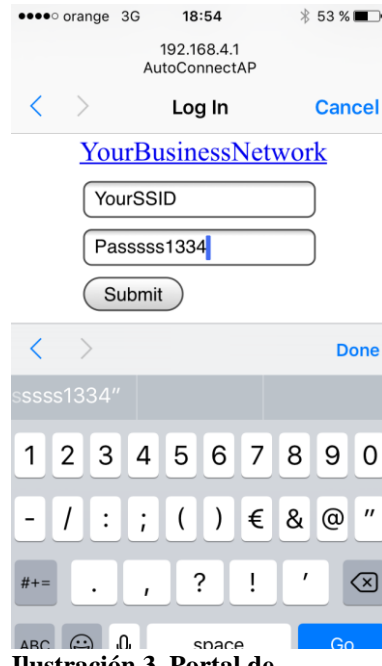
### **b. unir sistema WIFI al módulo de adquisición de señales.**

El módulo WIFI Esp8266 puede ser programado en código Arduino o LUA, en este caso se programó en LUA por el buen soporte que tiene.

Dicho modulo tiene la capacidad de crear una red inalámbrica para la configuración, la cual en la dirección de puerta de enlace 192.168.4.1, se le programó un pequeño portal, el cual pide ingreso de usuario y contraseña de la red Inalámbrica a la que se va a conectar (Imagen 2).



**Ilustración 2. interfaz Datalogger**



**Ilustración 3. Portal de configuración**

Al validar ingresar estos datos al portal de configuración el se conecta a la red local de la casa y queda a la escucha del puerto serial del módulo de adquisición de señales con el fin de enviarlos a la plataforma de subida de datos en la nube Thingspeak en periodos de 2 minutos, a continuación se muestra una imagen de la recolección de los datos [Ilustración 3][Ilustración 4].



**Ilustración 4. Datos tomados por Datalogger**

En caso de necesitar reconfigurar la conexión de red el sistema cuenta con un botón de Reset el cual rehabilita el portal de configuración.

### 3. Desarrollo sistema GSM

La comunicación por redes celular GSM de los Datalogger fue necesaria ya que en las pruebas de campo la mayoría de los usuarios no contaban con acceso a internet, por lo que se propuso usar un módulo WIFI GSM (MIFI) como acceso a internet y conectar el Datalogger a este, finalmente resulto más viable usar celulares como accesspoint ya que son menos costosos que los módulos MIFI.

#### a. Unir sistema GSM al módulo de adquisición de señales.

Se crea una red inalámbrica con el celular a la cual se va a conectar el Datalogger, además se recarga con datos el celular y se pone en plan por consumo, subiendo 1 data cada 2 minutos consume en saldo aproximadamente 10000 COP mensuales.

### 4. Identificar e implementar una plataforma en la nube para el monitoreo y gestión de dispositivos de adquisición de datos.

Existen muchas plataforma para la adquisición de datos en la nube, para este proyecto se requirió que dicha plataforma contara con la posibilidad de recibir máximo 8 datos cada 10 minutos, de bajo costo mensual [Tabla 1].

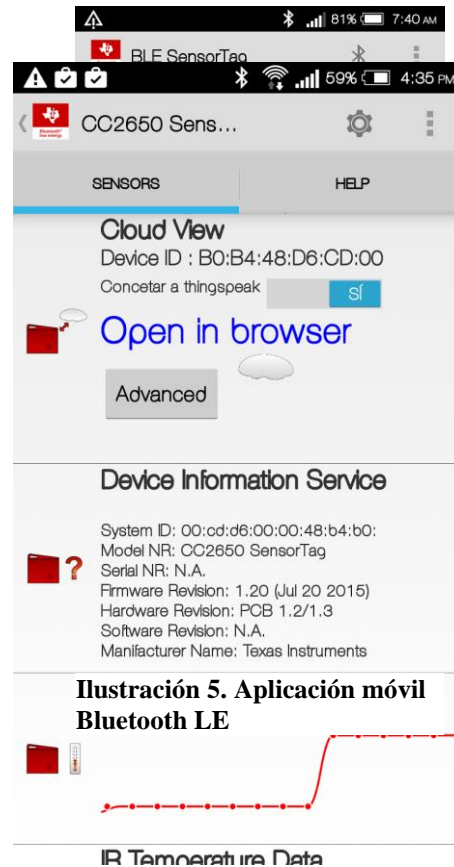
| Plataforma | Costo  | Dispositivos     | Almacenamiento |
|------------|--------|------------------|----------------|
| Ubidots    | 9 USD  | 12 + 2usd dExtra | 5 meses        |
| Thingspeak | Gratis | Ilimitado        | Ilimitado      |
| particle   | 79 USD | 250              | 6 meses        |

Tabla 1. Tabla comparativa

De las plataformas validadas se seleccionó, Thingspeak por ser gratuita y cumplir los mínimos requerimientos, además de tener integración con Matlab para el procesamiento de los datos, y ser de código fuente abierta disponible en GitHub, en caso de que se requiera hacer una propia integración de la plataforma.

### 5. Desarrollo sistema con conexión Bluetooth LE

Se ha desarrollado una aplicación móvil capaz de conectarse a un módulo Bluetooth LE [Ilustración 7], que cuenta con varios sensores ambientales tales como luz, humedad vibración, y temperatura [Ilustración 8].



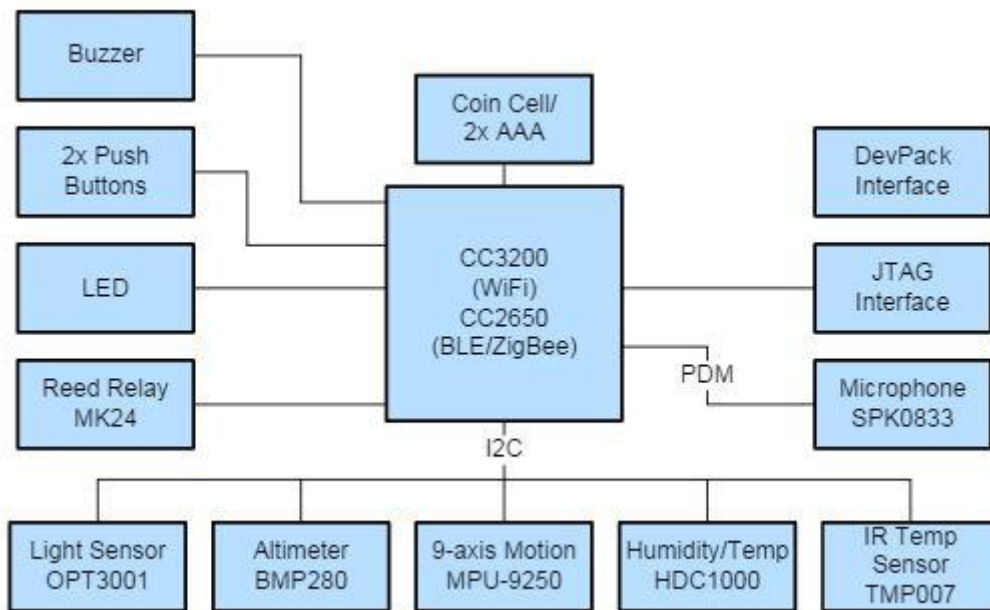
**Ilustración 5. Aplicación móvil Bluetooth LE**

**Ilustración 6. Aplicación móvil Bluetooth Captura de datos**



**Ilustración 7. Bluetooth low energy**





**Ilustración 8. Sensores**

Dicha aplicación envía los datos recolectados por el dispositivo móvil a la nube donde puede ser monitoreada en tiempo real desde cualquier parte del mundo, también almacena la información internamente en la memoria del dispositivo móvil.

### Ventajas

- No se requieren cables que pasen por el sello de la nevera.
- Múltiples sensores (Temperatura, Humedad, Temperatura cercana (Sensor Infrarrojo), ruido, movimiento, luz (luxes)).
- Recolección de datos en tiempo real.
- Almacenamiento de los datos obtenidos en la misma aplicación.
- Posibilidad de unirlos al sistema de mantenimiento, órdenes de servicio, reportes de trabajo.

### Usos

**Monitoreo:** Unido al DataLogger V3 puede servir de sistema de monitores de temperatura externa e interna, sin necesidad de cables inyectados.

**Servicio técnico:** Herramienta multipropósito para validar las neveras en falla.

## Conclusiones

El internet de las cosas está revolucionando la forma en la que trabajan las empresas, gracias a plataformas en la nube capaz de adquirir datos en tiempo real, y de dispositivos instalados remotamente en diferentes partes de Colombia se puede agilizar procesos de desarrollo y conocer más la forma en la que se usan los productos.

El dispositivo de adquisición de datos Datalogger [Ilustración 9 y 10], dio la capacidad de encontrar y solucionar problemas en el diseño, además de crear una nueva metodología de pruebas de campo en los productos Haceb.



**Ilustración 9. Datalogger primera versión**



**Ilustración 10. Datalogger 3 versión**

De este proyecto derivaron otros más y la evolución del sistema de adquisición el cual ya cuenta con la capacidad de modificar parámetros de control en la nevera remotamente, con el fin de realizar cambios al sistema de control y determinar protocolos de funcionamiento óptimos del producto.

### Referencias Bibliográficas

[1]P. Magrassi, A. Panarella, N. Deighton, G. Johnson, “Computers to Acquire Control of the Physical World”, Gartner research report T-14-0301, 28 September, 2001

[2]Centro (geometría). En Wikipedia. Recuperado el 1 de Octubre de 2016 de [https://es.wikipedia.org/wiki/Centro\\_\(geometr%C3%ADa\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Centro_(geometr%C3%ADa))

[3]Bluetooth. [www.bluetooth.com](http://www.bluetooth.com). Recuperado el 1 de Octubre de 2016 de <https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/bluetooth>

[4]«computación-en-la-nube». Diccionario Español de Ingeniería (1.0 edición). Real Academia de Ingeniería de España. 2014. Consultado el 4 de mayo de 2014.

[5] Harald Störrle: Models of Software Architecture - Design and Analysis with UML and Petri-Nets, Books on Demand GmbH, ISBN 3-8311-1330-0

[6] [http://www.euroopten.es/index.php?page=criterio\\_frigorificos](http://www.euroopten.es/index.php?page=criterio_frigorificos)  
REAL DECRETO 219/2004, de 6 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 1326/1995, de 28 de julio, por el que se regula el etiquetado energético de frigoríficos, congeladores y aparatos combinados electrodomésticos