



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Escuela Politécnica Superior de Jaén

DESARROLLO DE PROTOTIPO EN ANDROID PARA LA GESTIÓN DE SENSORES DE MEDICIÓN

Alumno: Antonio Cueva Urraco

Tutor: Prof. D. Juan Roberto Jiménez Pérez

Codirector: Prof. D. José María Noguera Rozúa

Dpto: Informática



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Informática

Don Juan Roberto Jiménez Pérez, tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado:
Desarrollo de prototipo en Android para la gestión de sensores de medición, que
presenta Antonio Cueva Urraco, autoriza su presentación para defensa y evaluación
en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Junio de 2015

El alumno:

Los tutores:

Antonio Cueva Urraco

D. Juan Roberto Jiménez Pérez

D. José María Noguera Rozúa

Índice

1. Introducción.....	6
1.1. Endress + Hauser	6
1.2. Alcance del trabajo.....	7
1.3. Esquema del trabajo fin de grado.....	8
2. Metodología de trabajo y planificación del TFG.....	9
2.1. Scrum	9
2.2. Análisis de coste beneficio.	11
2.3. Planificación del TFG	12
2.3.1. Historias de usuario	13
2.3.2. Planificación de las iteraciones	16
2.3.3. Iteraciones detalladas	16
2.3.4. Gráfico de evolución	17
3. Análisis y diseño del sistema.....	18
3.1. Casos de Uso y especificación de requisitos.....	21
3.2. Plataforma Android	25
3.3. Otras APP Android de E+H	26
3.4. La comunicación inalámbrica.	27
3.5. Bluetooth 4.0 Low Energy	29
3.6. La interfaz de usuario.....	31
3.6.1. Diseño evolutivo.....	32
3.6.2. Flat Design.....	33
4. Implementación y pruebas	34
4.1. Funcionalidades que el sistema implementa	34
4.1.1. Lectura de parámetros.	34
4.1.2. Almacenamiento de contraseñas	36
4.1.3. Tabla de linearización	37
4.1.4. <i>Streaming</i> de datos	39
4.1.5. Registro de eventos	40
4.1.6. Alarma ante error	41
4.1.7. Lista de dispositivos de medición en rango	42
4.2. Guardado y carga de ficheros	43
4.2.1. SQLite DB.....	43
4.2.2. Lectura de datos desde fichero de texto.....	43
4.2.3. Escritura y lectura de ficheros Excel.....	44
4.2.4. Lectura de fichero xml.....	44

4.3. Pruebas.....	45
4.4. Exploración de casos de uso.....	46
5. Conclusiones y evaluación de los objetivos.....	50
6. Trabajo futuro del proyecto	51
Bibliografía	53
Apéndice 1 Manual de usuario APP	55

Tabla de Figuras

Ilustración 1.1 Mapa de las localizaciones de Endress + Hauser.....	7
Ilustración 2.1 Tabla de salarios por niveles en Endress + Hauser.....	11
Ilustración 2.2 Grafico de evolución.....	18
Ilustración 3.1 Puertos de comunicación en dispositivos de medición	19
Ilustración 3.2 Levelflex FMP51.....	20
Ilustración 3.3 Diagrama de casos de uso.....	22
Ilustración 3.4 Evolución del mercado de sistemas operativos en dispositivos móviles	25
Ilustración 3.5 Porcentaje actual de dispositivos Android por versión	26
Ilustración 3.6 Otras APP Android de Endress + Hauser.....	27
Ilustración 3.7 Diagrama de secuencia de la comunicación en el sistema.....	27
Ilustración 3.8 Ilustración detallada de las capas en que se divide el sistema	28
Ilustración 3.9 Pantallazo de la Tabla de linearización en un móvil.....	32
Ilustración 3.10 Pantallazo del menú principal de la APP en una Tableta.....	34
Ilustración 4.1 Pantallazo de la funcionalidad lectura de parámetros en una tableta	35
Ilustración 4.2 Pantallazo de la funcionalidad análisis de parámetros en una tableta	36
Ilustración 4.3 Pantallazo de la funcionalidad análisis de parámetros en una tableta	36
Ilustración 4.4 Pantallazo de la pantalla de inicio/registro.....	37
Ilustración 4.5 Pantallazo de la funcionalidad Security Manager	37
Ilustración 4.6 Varios tipos de tanques contenedores.....	38
Ilustración 4.7 Pantallazo de una ventana emergente de carga.....	38
Ilustración 4.8 Pantallazo de la tabla de linearización en una tableta modo horizontal	39
Ilustración 4.9 Pantallazo de la tabla de linearización en una tableta modo vertical	39
Ilustración 4.10 Pantallazo de la función <i>Streaming</i> de datos.....	40
Ilustración 4.11 Pantallazo de la funcionalidad Registro de eventos.....	41
Ilustración 4.12 Pantallazo de una alarma de error detectado	42
Ilustración 4.13 Pantallazo de una pantalla selectora de dispositivo de medición.....	42
Ilustración 4.14 Diagrama entidad relación de la base de datos	43
Ilustración 4.15 Fichero .txt con parámetros a leer en un FMP5x	44
Ilustración 4.16 Archivo Excel generado por la APP con los datos obtenidos.....	44
Ilustración 4.17 Archivo .xml con los datos sobre eventos para un FMP5x.....	45
Ilustración 4.18 Mediana de las 7 primeras preguntas.....	48
Ilustración 5.1 Extracto de los lemas de Endress + Hauser.....	51
Ilustración 0.1 Activación de Fuentes desconocidas para instalación	55
Ilustración 0.2 Logo de la APP	55
Ilustración 0.3 Pantalla de inicio/registro	56
Ilustración 0.4 Menú principal de la APP	56

Ilustración 0.5 Menú principal de la APP expandido	57
Ilustración 0.6 Data Streaming	58
Ilustración 0.7 Data Analyse	59
Ilustración 0.8 Security Manager	59
Ilustración 0.9 Read Parameters	60
Ilustración 0.10 Event log	60
Ilustración 0.11 Linearization table	61
Ilustración 0.12 Alarm mannager	61

1. Introducción

Desde Septiembre 2014 hasta finales de Febrero 2015 participé invitado por Furtwangen University en su programa internacional. Este programa tiene el objetivo de poner en contacto a estudiantes internacionales con compañías relacionadas con la micro-tecnología de la región suroeste de Alemania.

El programa se organiza en tres partes:

1. Introducción a Alemania y curso intensivo de idioma alemán (2 semanas)
2. Prácticas de empresa para una de las compañías de la región suroeste (6 meses)
3. Presentación de los resultados ante la universidad de Furtwangen y viajes culturales(1 semana)

Durante seis meses trabajé para Endress + Hauser y mi cometido comprendía el trabajo con sensores de nivel, incluyendo el diseño e implementación de una serie de prototipos para afinar el desarrollo de la comunicación inalámbrica con dispositivos móviles y los posibles casos de uso del sistema.

El futuro del software se está moviendo más y más hacia las tecnologías móviles. Por lo que en E+H se está investigando la comunicación y desarrollo de APPS para los dispositivos móviles.

1.1. Endress + Hauser

Cuando un producto tiene ser producido o materias primas transformadas en productos a gran escala, los ingenieros son necesarios y Endress and Hauser provee a la industria de las herramientas necesarias para: medición de nivel, corriente, presión, temperatura, gestión de datos y comunicación e integración de dispositivos. Las industrias en las que se especializa son química, alimentaria, gas y petróleo, materias primas y metal, energía, celulosa y papel, energías renovables y marina.

Mi trabajo se desarrolló en Maulburg que se especializa en sensores de nivel y presión y que es el mayor y más antiguo centro de producción de la compañía empleando alrededor de 1800 personas. (Endress+Hauser, group-structure, 2015)

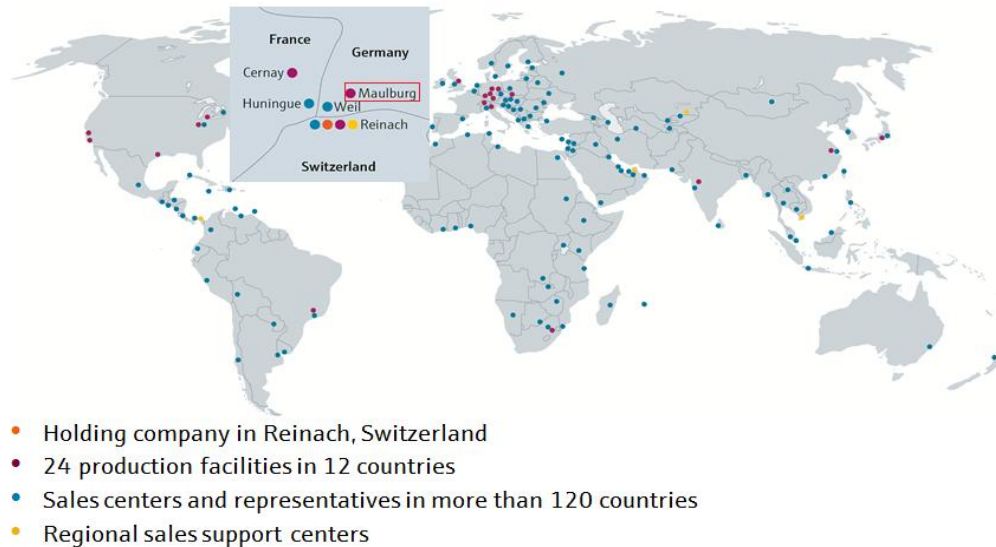


Ilustración 1.1 Mapa de las localizaciones de Endress + Hauser

1.2. Alcance del trabajo

En este trabajo se detallara el proyecto software que realicé en Endress + Hauser. Este proyecto consiste en un prototipo de APP para dispositivos móviles Android. Esta APP tiene el cometido de comunicarse mediante Bluetooth 4.0 con un dispositivo de medición comercializado por la empresa, con el objetivo de leer y escribir parámetros y valores en este dispositivo de medición.

Este prototipo cumple con el objetivo de evaluar casos de uso que pueden ser implementados en dispositivos móviles para la comunicación de datos con un sistema de sensores de medición. Otro de los aspectos considerados es el diseño e implementación de código java para dispositivos Android.

Ya que el proyecto en la empresa ha sido realizado por varias personas, en este documento me centrare exclusivamente en las partes del sistema desarrolladas por mí y otras partes del sistema se explicaran para que el lector comprenda el contexto en que se enmarca.

La capa de comunicación de datos mediante Bluetooth y el diseño e implementación del hardware queda fuera de este trabajo al no ser estas parte de mis competencias y haberse desarrollado por otros ingenieros de la empresa.

Mi cometido comprende el desarrollo de la APP Android con la excepción de dos funcionalidades que fueron desarrolladas por otros ingenieros previa mi incorporación al trabajo y que son:

- La funcionalidad que lee parámetros usando un fichero de texto y los guarda en un fichero Excel. Detallada más adelante en la sección 4.1.1
- La funcionalidad que detecta los dispositivos de medición en rango de iteración y los muestra por pantalla en una lista. Detallada más adelante en la sección 4.1.7

1.3. Esquema del trabajo fin de grado

Este trabajo se divide en seis secciones y se explorará un aspecto diferente del desarrollo del sistema en cada una de ellas.

1. En la sección uno, como se ha visto, se hace una introducción a este proyecto y a la empresa acogedora del mismo.
2. En la sección dos se habla sobre la metodología de trabajo seguida, Scrum y las aportaciones de organización de la universidad de Jaén y la universidad de Furtwangen.
3. En la sección tres el diseño del sistema se analiza, las diferentes partes que conforma el sistema se estudian y se hace una revisión de la literatura relacionada.
4. En la sección cuatro se detalla el proceso de implementación del sistema. Las funcionalidades que implementa son explicadas y se detalla el proceso de prueba del prototipo.
5. En la sección cinco se resumen las lecciones aprendidas y las conclusiones obtenidas del desarrollo de este trabajo.
6. Por último en la sección seis se pronostica cuáles serán los siguientes pasos en la implementación del sistema después de que esta fase de prototipado se termine.

2. Metodología de trabajo y planificación del TFG.

En paralelo a la metodología de trabajo que se utilizaba en la empresa (Scrum), el trabajo se guió siguiendo las pautas tanto de la Universidad de Jaén como por la Universidad de Furtwangen.

Scrum aportaba una metodología ágil de desarrollo del software para guiar el proyecto el desarrollo del mismo.

El TFG de la Universidad de Jaén aportaba un mayor ahínco en la parte teórica y la revisión de literatura. También ayudaba a mantener los objetivos del trabajo más presentes y definidos.

El programa internacional de la Universidad de Furtwangen se centraba en la experiencia personal, la adaptación a un nuevo país y con el objetivo de mejorar continuamente la capacidad de las empresas para atraer talentos internacionales.

2.1. Scrum

Desde mi primera entrevista con Endress + Hauser se me informó de que la metodología de desarrollo que se seguiría durante mis practicas seria Scrum. Ésta es una de las razones junto con el desarrollo en Android que me impulsó a trabajar en este proyecto.

Scrum es una metodología de desarrollo ágil creada al principio de los 90 por Ken Schwaber, Jeff Sutherland, John Scumniotales y Jeff McKenna. (Sutherland, 2004) Su nombre viene del termino de Rugby en el que los miembros del equipo forman una melé para dirigir todos los esfuerzos en un mismo sentido y así conseguir un objetivo comun.

Como muchas otras metodologías ágiles Scrum aplica el concepto de desarrollo iterativo e incremental. Esto, al contrario que las metodologías tradicionales para el desarrollo de software, implica que el software es desarrollado en una serie de ciclos o iteraciones, estas iteraciones son llamadas Sprint en Scrum. Una parte del proyecto es desarrollada en cada Sprint. Un sprint dura entre una y cuatro semanas y su objetivo principal es la creación de una funcionalidad (o parte de una) que siempre esté en disposición de poder ser entregada al cliente.

Scrum tiene una serie de artefactos, roles y reuniones así como ciertas prácticas que pueden o no ser usadas. Pasaremos a detallar estos aspectos en los siguientes párrafos.

Endress + Hauser utiliza el software IBM rational team concert para gestionar los artefactos de Scrum (*Product backlog*, *Sprint backlog* y *Sprint Burn-down*). La creación de equipos y su gestión también es controlada mediante *team concert*.

En cuanto a las reuniones Scrum propone: *sprint planning*, *sprint review*, *sprint retrospective* y *daily Scrum meeting*. Estas reuniones se llevaron a cabo cuando era necesario, si bien en algunos momentos estas normas se relajaron al estar parte del equipo no disponible (vacaciones, enfermedad, otros proyectos etc.)

En cuanto a las practicas, Scrum no impone ninguna pero algunas de las prácticas de Extreme Programming fueron usadas en distintos momentos del proyecto.

- *Pair Programming*: Dos ingenieros participan en el desarrollo de código sentados juntos y usando una unidad de trabajo. Dado el carácter interdisciplinario del sistema el *pair programming* era de gran utilidad. Cuando el objetivo necesitaba que dos expertos en diferentes áreas como electrónica y programación embebida o programación embebida y programación Android trabajarán.
- *Simple Design*: Se espera que se programe en cada momento solo las cosas que son necesarias y nada extra. Esta práctica se aplicó al realizarse un diseño evolutivo y en el *Flat Design* de la interfaz de usuario.
- *Whole Team*. Se espera que el mayor número de ingenieros se sienten en una misma sala para trabajar. En la empresa todo el departamento de investigación y desarrollo de software (unas 30 personas) trabajaban en un mismo espacio abierto.
- *Sustainable Pace*. Se espera que los desarrolladores no estén en un estado de estrés continuo. Atmosfera de confianza y no más de 40h semanales. La jornada laboral en E+H era de 40h semanales y se promovía la auto gestión de la misma con un sistema de horarios flexibles.

Se podía por ejemplo empezar la jornada laboral a la hora que uno quisiera o trabajar un día 9 horas y otro 7.

2.2. Análisis de coste beneficio.

En esta sección vamos a calcular y analizar los costes del proyecto y sus beneficios.

Para calcular los costes de salario que son los mas cuantiosos en este proyecto nos basaremos en los datos que ofrece Endress + Hauser Ilustración 2.1

Grundentgeltabelle 01. Apr 2014							IRWAZ: 40,0 Stunden
Entgeltgruppe	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 5	Stufe 6	Stufe E
EG01	1.344						
EG02	1.578						
EG03	1.856						
EG04	2.182	2.019	1.855				
EG05	2.362	2.185	2.008				
EG06	2.564	2.372	2.180				
EG07	2.786	2.578	2.369				2.090
EG08	3.040	2.812	2.584				2.280
EG09	3.325	3.076	2.827				2.494
EG10	3.598	3.329	3.059				2.699
EG11	3.975	3.777	3.578	3.379			2.982
EG12	4.369	4.151	3.933	3.714			3.277
EG13	4.814	4.574	4.333	4.092			3.611
EG14	5.321	5.122	4.922	4.723	4.523		3.991
EG15	5.703	5.490	5.276	5.062	4.848		4.278
EG16	6.154	5.970	5.785	5.601	5.416	5.231	4.616
EG17	6.634	6.435	6.236	6.037	5.838	5.639	4.976

Ilustración 2.1 Tabla de salarios por niveles en Endress + Hauser

Coste del proyecto

Descripción del coste	Dinero asignado en Euros
Salario de los ingenieros de Software(EG12 nivel 2)	4.151 x 4(numero de meses de trabajo en el proyecto) =16.604
Salario de los ingenieros electrónicos (EG12 nivel 4)	3.714 x 1 (numero de meses de trabajo en el proyecto) =3.714
Salario de los internos	900 x 5 (numero de meses de trabajo en el proyecto) =4.500
Salario de los responsables de marketing (EG13 nivel 2)	4.574 x 0.2 (numero de meses de trabajo en el proyecto)= 914.8
Amortización de los ordenadores. Basado en un coste de 1000€ por ordenador y una vida útil de 4 años. 20.8€ por ordenador por mes	4x 20.8= 83.2 5x 20.8=104 1x 20.8= 20.8

	$0.2 \times 20.8 = 4.16$ Total= 212.16
Amortización de dispositivos de medición. Basado en un coste de 1000€ por dispositivo de medición y una vida útil de 10 años. 8.3€ por dispositivo de medición por mes	$2 \times 8.3 \times 5 = 83.3$
Costes diversos, electricidad, material de oficina, transporte...etc.	1000€
Total	27028.26

Este coste total es para el proyecto realizado por la empresa, incluyendo a todos los participantes. En lo que se refiere al coste de mi participación este quedaría reducido a:

$$4500(\text{salarios}) + 104 (\text{amortización de ordenadores}) + 83.3 (\text{amortización de dispositivos de medición}) + 250 (\text{costes diversos}) = 4937.3€$$

Beneficio del proyecto

El beneficio de este proyecto está enmarcado en los beneficios de investigación y desarrollo para una empresa. Si Endress+ Hauser no investiga nuevos medios para integrar sus sistemas con las nuevas tecnologías y en esta caso las tecnologías móviles se quedara fuera de un mercado que cambia cada vez mas rapido.

Conclusión de análisis de coste beneficio.

Siendo el ingreso neto de E+H de 182 661 000€ se puede ver rápidamente que frente a este el coste del proyecto de 27 028€ es despreciable. Un decremento por mínimo que sea en las ventas y por tanto en este ingreso es muchísimo mayor que el coste de este proyecto. Por lo tanto su realización es altamente recomendable.

2.3. Planificación del TFG

Vamos a proceder en esta sección a detallar las historias de usuario que se desarrollaron en el proyecto siendo una historia de usuario una representación de un requisito de software escrito en una o dos frases utilizando el lenguaje común del

usuario. Después continuaremos con la planificación de las iteraciones y la descomposición de historias de usuario en tareas. Finalmente mostraremos el gráfico de evolución del proyecto, *burndown chart*.

2.3.1. Historias de usuario

La siguiente lista de historias de usuario se presenta según el orden de prioridad establecido por el dueño del producto, siendo la primera de la lista la más prioritaria.

ID: 1

Título: Familiarización con entorno Android

Descripción: Como desarrollador, quiero estudiar la programación para Android así como sus distintos patrones de diseño y buenas prácticas de desarrollo para poder desarrollar el trabajo exitosamente.

Estimación en puntos de historia: 1 punto de historia

Descomposición en tareas:

Estudio de los manuales en el sitio oficial de Android

Implementación de códigos de ejemplo

Revisión de literatura, libro Android Design Patterns.

ID: 2

Título: Lectura de parámetros en dispositivo de medición FMP51 (Las características de este dispositivo se detallarán más adelante en la sección 3)

Descripción: Como cliente, quiero una funcionalidad en la APP con la que pueda leer mediante Bluetooth una lista de parámetros escrita en un fichero de texto para obtener estos datos y guardarlos en un fichero Excel.

Estimación en puntos de historia: 5 puntos de historia

Descomposición en tareas:

Diseño e implementación de *layout* para Tableta.

Implementación de funciones para la lectura de datos

Implementación de selector de directorio/fichero.

Implementación de gráficas para la representación.

Implementación de función de guardado en Excel

ID: 3**Título:** Almacenamiento de Contraseñas**Descripción:** Como cliente, quiero una funcionalidad en la APP con la que se puedan guardar usuarios y contraseñas de dispositivos de medición para agilizar el trabajo de los usuarios.**Estimación en puntos de historia:** 3 puntos de historia**Descomposición en tareas:**

- Diseño e implementación de *Splash* de bienvenida
- Diseño e implementación de *Layout* de *login*/registro
- Diseño e implementación de Base de datos SQLite
- Consultas SQL CRUD.
- Diseño e implementación de *Layout* Actividad.
- Ventana emergente para introducir contraseñas de dispositivos.

ID: 4**Título:** Tabla de linearización**Descripción:** Como cliente, quiero una funcionalidad en la APP con la que pueda leer y escribir al dispositivo FMP51 mediante Bluetooth la tabla de linearización para que la tabla de linearización se represente de una forma gráfica y atractiva.**Estimación en puntos de historia:** 3 puntos de historia**Descomposición en tareas:**

- Diseño e implementación de *layout* para Tableta.
- Implementación e integración de grafico en el *layout*
- Implementación de método para la lectura de T.linearización
- Implementación de método para la escritura de T.linearización
- Diseño e implementación de *layout* para móvil.
- Diseño e implementación de *layout* para pantalla vertical.

ID: 5**Título:** Streaming de datos**Descripción:** Como cliente, quiero una funcionalidad en la APP con la que pueda leer mediante Bluetooth los valores actuales de nivel, temperatura y distancia para se represente de una forma gráfica y atractiva.

Estimación en puntos de historia: 3 puntos de historia

Descomposición en tareas:

- Diseño e implementación de *layout* para Tableta.
- Implementación e integración de grafico en el *layout*
- Implementación de método para la lectura de t.linearización
- Diseño e implementación de *layout* para móvil.
- Diseño e implementación de *layout* para pantalla vertical.

ID: 6

Título: Alarma ante error

Descripción: Como cliente, quiero una funcionalidad en la APP con la que se me notifique mediante una alarma en pantalla del fallo de algún dispositivo para que este fallo sea percibido con prontitud.

Estimación en puntos de historia: 3 puntos de historia

Descomposición en tareas:

- Diseño e implementación de *layout* de notificación de alarma.
- Diseño e implementación de *layout* de selector de alarma.
- Implementación de método para la comprobación de alarma
- Implementación de código para auto activación ante reinicio de dispositivo móvil.
- Incorporación de vibración a la alarma.

ID: 7

Título: Log de eventos

Descripción: Como cliente, quiero una funcionalidad en la APP con la que pueda leer médiате Bluetooth la lista de eventos actual guardada en el dispositivo FMP51 para se represente de una forma gráfica y atractiva.

Estimación en puntos de historia: 5 puntos de historia

Descomposición en tareas:

- Diseño e implementación de *layout* para Tableta.
- Implementación de método para la lectura de eventos
- Método para lectura de datos desde XML
- Diseño e implementación de *layout* para móvil.
- Diseño e implementación de *layout* para pantalla vertical.

ID: 8**Título:** Documentación del código y refactorización**Descripción:** Como desarrollador, quiero refactorizar las funcionalidades incorporando las mejoras aprendidas durante el desarrollo y documentar el proyecto para que sea fácilmente mantenible en el futuro**Estimación en puntos de historia:** 3 puntos de historia**Descomposición en tareas:**

- Análisis de código que presenta implementación poco elegante
- Refactorización de código con lecciones aprendidas
- Documentación de código.

ID: 9**Título:** Memoria del TFG**Descripción:** Como desarrollador y alumno, quiero usar las notas, apuntes y datos tomados durante el proyecto para escribir la memoria del TFG.**Estimación en puntos de historia:** 8 puntos de historia**Descomposición en tareas:**

- Revisión de notas, apuntes, informes, videos, presentaciones del proyecto.
- Revisión y lectura de otros TFG y tesis de master.
- Creación de estructura del TFG
- Escritura de las distintas partes.
- Revisión con tutores.
- Añadir secciones y modificar errores.

2.3.2. Planificación de las iteraciones

Cada iteración tiene una duración de un mes. Usando datos históricos y especialmente la opinión experta de mi tutor en la empresa se estableció la velocidad a 7 puntos de historia por iteración. Esto nos deja con 5 iteraciones.

$$\text{Nº Iteraciones del proyecto} = \text{PH/Velocidad} = 34/7 = 4.8$$

2.3.3. Iteraciones detalladas

En esta lista se ven las historias de usuario planificadas para cada iteración.

Iteración 1: Familiarización con entorno Android(1pt)

Lectura de parámetros en FMP51(5p)

Almacenamiento de Contraseñas(1pt)

Iteración 2: Almacenamiento de Contraseñas(2pt)

Tabla de linearización(3pt)

Streaming de datos(2pt)

Iteración 3: Streaming de datos(1pt)

Alarma ante error (3pt)

Log de eventos (3pt)

Iteración 4: Log de eventos (2pt)

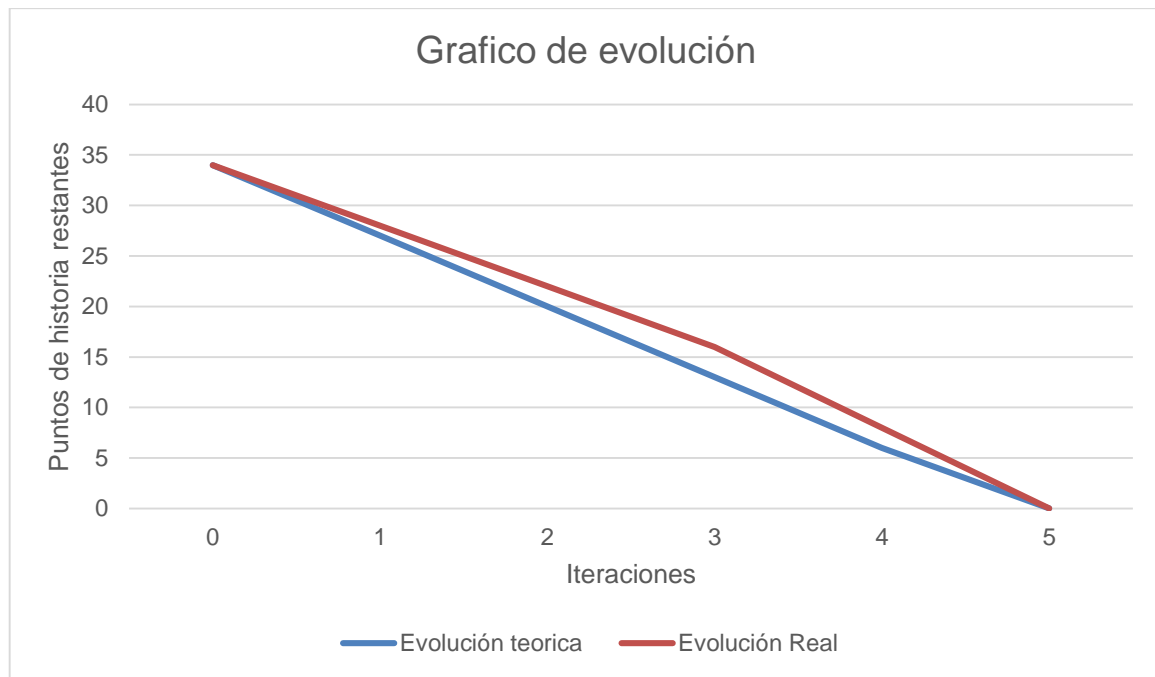
Documentación del código y refactorización(3pt)

Memoria del TFG(2pt)

Iteración 5: Memoria del TFG(6pt)**2.3.4. Gráfico de evolución**

Iteración	Puntos de historia restantes teóricos	Puntos de historia restantes reales
1	27	28
2	20	22
3	13	16
4	6	8
5	0	0

Tabla 1 Iteraciones y puntos de historia restantes

**Ilustración 2.2 Gráfico de evolución**

Así pues en la tabla 1 y en la Ilustración 2.2 podemos ver la evolución teórica frente a la evolución real para el proyecto mediante el *BurnDown chart*. La inexperiencia y algunos imprevistos en las primeras iteraciones(falta de material, equipo parcialmente no trabajando en el proyecto...etc.) hizo que el proyecto se retrasara. Un aumento de la velocidad de trabajo causado por la mayor experiencia y menor número de imprevistos consiguió que el proyecto terminara según esperado.

3. Análisis y diseño del sistema.

Como se ha comentado en la introducción, el objetivo de la empresa es un sistema para la lectura y escritura de datos en sus dispositivos de medición de forma remota. Como primera aproximación a esta tarea y con motivos de exploración de posibles casos de uso nuestro sistema consta de los siguientes elementos:

- Un dispositivo móvil con sistema operativo Android 4.3 (API 18 o superior).
- Una comunicación por medio de Bluetooth 4.0 Low Energy.
- Un microcontrolador Nordic nRF51822. La ficha de especificaciones técnicas de este microcontrolador puede ser encontrada en (NordicSemiconductor, 2015)

- Un dispositivo de medición Levelflex FMP51. Detallado en los siguientes párrafos.

Los dispositivos producidos por Endress + Hauser son muy diversos para atender a las distintas necesidades de la industria y dependiendo del modelo concreto la interfaz de comunicación es distinta. En la Ilustración 3.1 se muestran las interfaces de comunicación usadas por los dispositivos de medición divididas en dos grupos. Por un lado HART, PROFIBUS, MODBUS, ETHERNET y FIELDBUS FOUNDATION que son usadas por los usuarios finales y, por otro lado CDI y el *Display* (Pequeña pantalla embebida en el dispositivo de medición) que son las que nuestro sistema pretende sustituir mediante el uso de Bluetooth y un dispositivo móvil.

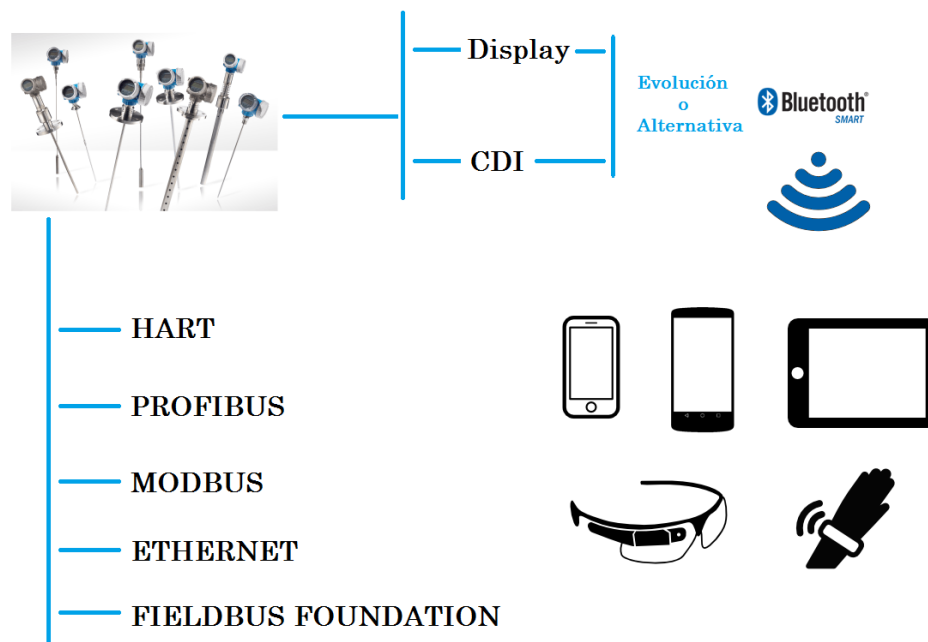


Ilustración 3.1 Puertos de comunicación en dispositivos de medición

Mi APP utiliza el puerto de comunicación CDI (Common Data Interface). Este puerto conecta el dispositivo de medición con el microcontrolador Nordic que provee la funcionalidad Bluetooth. CDI es usado principalmente durante la producción de los dispositivos y por los técnicos de E+H en el mantenimiento de los mismos.

El ensamblado del sistema comenzó con el dispositivo de medición al ser éste el producto que la empresa comercializa. FMP51 fue el elegido al encargarse el departamento de investigación y desarrollo de Maulburg de los dispositivos de presión y tener gran experiencia trabajando con este modelo en concreto.

Levelflex FMP51 cuenta con un sensor para la medición de nivel en líquidos, pastas o mezclas semisólidas. Puede medir sustancias entre -40 hasta +200°C y tiene un rango máximo de medición de 45m con una precisión de $\pm 2\text{mm}$. (Endress+Hauser, Levelflex-FMP51, 2015). Una imagen del mismo puede verse en Ilustración 3.2.



Ilustración 3.2 Levelflex FMP51

La siguiente pieza a seleccionar fue la comunicación. Se optó por Bluetooth low energy por ser el consumo de energía una de las restricciones del proyecto (Véase sección 3.1 CRQ-0002) y tener disponibles en la empresa personal especializado en la tecnología.

Para dotar al dispositivo de medición FMP51 de capacidad Bluetooth se le incorporo un microcontrolador Nordic nRF51822 después de un estudio de precios, fiabilidad, confianza en la empresa productora...etc. por parte del departamento de electrónica.

Por último la elección de Android está motivada por ofertarse más diversidad de hardware con este sistema operativo y ofrecer dispositivos móviles robustos para condiciones de trabajo exigentes con: baterías de repuesto, sistema cerrado contra el polvo del entorno, resistencia a temperaturas extremas, alta legibilidad en entornos luminosos etc. Véase Getac Z710 como un ejemplo (Getac, 2015).

También es mucho más fácil programar una APP Android puesto se puede programar en sistemas operativos de escritorio iOS, Linux o Windows. Al contrario que programar de forma nativa para iPhone o Windows Phone que requiere de sus respectivos sistemas operativos de escritorio. Es por estas razones nos decantamos por producir nuestros prototipos en Android.

3.1. Casos de Uso y especificación de requisitos

En el diseño ágil Scrum las historias de usuario usualmente sustituyen a los casos de uso. No obstante no muestran toda la granularidad que se puede obtener con los casos de uso. Es por esto que a continuación se presenta el diagrama de casos de uso Ilustración 3.3

Los actores de nuestro sistema son dos:

- El técnico de E+H que se dedica tanto a la puesta a punto inicial durante producción del dispositivo como a su mantenimiento especializado.
- El usuario que es el usuario final o dueño del dispositivo de medición.

Los casos de uso son:

- **Envío de ficheros Excel.** Usar la APP para enviar por e-mail o a la nube los datos tomados mediante el caso de uso Lectura de parámetros y guardados en un fichero Excel. Para más información véase sección 4.2.3
- **Loguear en el sistema.** Acceder al sistema con una cuenta de usuario y contraseña
- **Lectura tabla de Linearización.** Leer la tabla de Linearización del dispositivo de medición en la APP. Véase sección 4.1.3 para más detalle sobre la misma.
- **Escritura Tabla de Linearización.** Escribir la tabla de Linearización desde la APP en el dispositivo de medición.
- **Lectura de parámetros.** Leer parámetros del dispositivo de medición y guardarlos en un fichero Excel
- **Registrarse en el sistema.** Crear una nueva cuenta de usuario en el sistema
- **Streaming de datos.** Ver en tiempo real los datos provenientes de los sensores de medición del dispositivo de medición.
- **Lectura de log de eventos.** Leer el registro de eventos almacenado en el dispositivo de medición.
- **Activación de alarma ante error.** Activar una alarma que notifique si algún dispositivo de medición ha entrado en modo error.

- **Desactivación de alarma ante error.** Desactivar la alarma ante error para no comprobar el estado de los dispositivos.
- **Guardar contraseña de dispositivo de medición.** Guardar la contraseña de acceso del dispositivo de medición asociándola a la cuenta de usuario activa
- **Borrado de contraseñas de dispositivos de medición.** Borrar el enlace entre la cuenta de usuario activa y la contraseña de acceso al dispositivo de medición.

En cuanto a los casos de uso, la mayoría son comunes a los dos actores con un par de restricciones. El técnico de E+H no tiene permitido registrar una nueva cuenta en el sistema y tiene un acceso mediante la cuenta de tecnico. El tecnico de E+H no tiene permitido guardar las contraseñas de los dispositivos de medición permanentemente.

Por otro lado el Usuario no puede usar la lectura de parámetros desde fichero de texto pues estos datos están restringidos al uso exclusivo de técnicos.

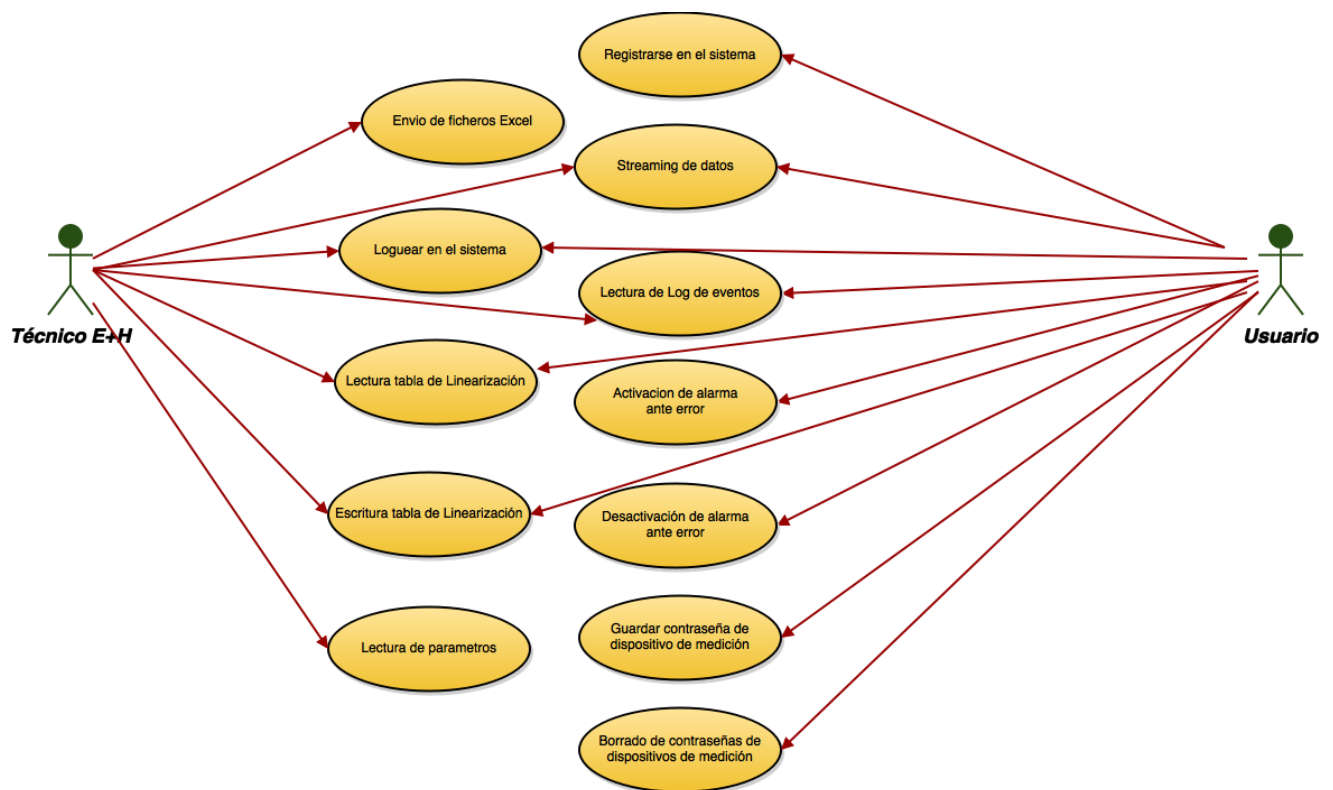


Ilustración 3.3 Diagrama de casos de uso

En cuanto a los requisitos, al igual que pasaba con los casos de uso estos quedan parcialmente cubiertos por las historias de usuario. Estas historias de usuario se centran en requisitos funcionales y han sido detalladas previamente en la sección 2.3.1. de este trabajo. A continuación se detallan los requisitos no funcionales (NFR) y las restricciones (CRQ) del sistema.

Requisitos no funcionales

NFR-0001	Fácil e intuitivo
Versión	1.0 (01/09/2014)
Autores	Antonio Cueva Urraco
Fuentes	Product Owner
Dependencias	Ninguna
Descripción	El sistema deberá <i>ser fácil de utilizar, intuitivo, sin necesidad de consultar ningún manual ni ayuda on-line.</i>

NFR-0002	Seguro ante ataques
Versión	1.0 (01/09/2014)
Autores	Antonio Cueva Urraco
Fuentes	Product Owner
Dependencias	Ninguna
Descripción	El sistema deberá <i>ser totalmente seguro ante ataques que busquen interceptar la información que se transmite de forma inalámbrica.</i>

NFR-0003	Uso de colores y tipografía en la interfaz de usuario
Versión	1.0 (01/09/2014)
Autores	Antonio Cueva Urraco
Fuentes	Product Owner
Dependencias	Ninguna

Descripción	El sistema deberá usar los colores y tipografía <i>de Endress + Hauser</i> .
--------------------	--

NFR-0004	Documentado
Versión	1.0 (01/09/2014)
Autores	Antonio Cueva Urraco
Fuentes	Product Owner
Dependencias	Ninguna
Descripción	El sistema deberá estar documentado para que este pueda ser usado en el futuro por otros desarrolladores si fuera oportuno

Restricciones del sistema

CRQ-0001	Uso de Bluetooth 4.0
Versión	1.0 (01/09/2014)
Autores	Antonio Cueva Urraco
Fuentes	Product Owner
Dependencias	Ninguna
Descripción	El sistema utilizara Bluetooth 4.0 para la comunicación de datos.

CRQ-0002	Consumo de energía microcontrolador Nordic nRF51822
Versión	1.0 (01/09/2014)
Autores	Antonio Cueva Urraco
Fuentes	Product Owner
Dependencias	Ninguna
Descripción	El consumo de energía del microcontrolador Nordic no podra superar una corriente eléctrica máxima de 2mW.

3.2. Plataforma Android

Android es actualmente el sistema operativo que más dispositivos móviles incorporan. Como puede ser visto en la Ilustración 3.4 obtenida de netmarketshare.com

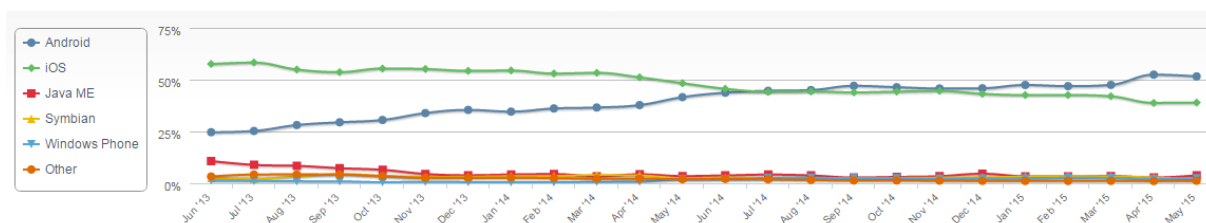


Ilustración 3.4 Evolución del mercado de sistemas operativos en dispositivos móviles

Android fue originalmente desarrollado por Android Inc. pero adquirido por Google en 2005. El primer SDK diseñado para dispositivos móviles fue liberado en 2007 bajo la licencia Apache v2. Hoy en día Android es usado en distintos tipos de hardware como: móviles, tabletas, *phablets*, televisores, coches, *wearables*, gafas inteligentes y videoconsolas. Gracias a su naturaleza de código libre Android es perfecto para el diseño y desarrollo de código pudiendo cambiarse incluso una versión personalizada del sistema operativo como por ejemplo hace Cyanogenmod (Cyanogenmod, 2015)

Uno de los mayores desafíos al desarrollar para Android es que tu APP sea compatible con todas las versiones. Muchos dispositivos no se actualizan periódicamente a la última versión del sistema operativo. Para solucionar esto la mayor parte de las veces se usan librerías de retro compatibilidad pero en nuestra APP esto no puede hacerse al ser Bluetooth low energy el requisito principal y éste estar disponible desde la versión 4.3 en adelante. La figura Ilustración 3.5 muestra los datos de las distintas versiones de Android actualmente en uso a Junio de 2015. En la actualidad el 56.8% de los dispositivos Android podrían usar la comunicación BLE y por tanto nuestro sistema.

Version	Codename	API	Distribution
2.2	Froyo	8	0.3%
2.3.3 - 2.3.7	Gingerbread	10	5.6%
4.0.3 - 4.0.4	Ice Cream Sandwich	15	5.1%
4.1.x	Jelly Bean	16	14.7%
4.2.x		17	17.5%
4.3		18	5.2%
4.4	KitKat	19	39.2%
5.0	Lollipop	21	11.6%
5.1		22	0.8%

Data collected during a 7-day period ending on June 1, 2015.

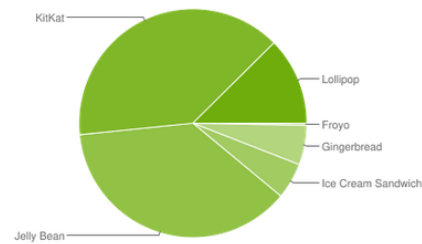


Ilustración 3.5 Porcentaje actual de dispositivos Android por versión

3.3. Otras APP Android de E+H

Endress + Hauser tiene otras cuatro APP actualmente disponibles en el mercado. Estas APP fueron revisadas para tener una visión de conjunto sobre las mismas y continuar con su estilo en el diseño de nuestra APP.

- **Karriere APP** Es un APP promocional que muestra información sobre las diferentes opciones disponibles tanto para comenzar tu carrera trabajando con E+H como para los empleados que quieren ascender en la empresa.
- **E-Reachner** Ayuda a calcular los valores óptimos para ahorrar energía al guardar aire comprimido en tanques.
- **DC Value** proporciona acceso rápido a la constante dieléctrica relativa (el valor DC) de muchos tipos de productos, líquidos y sólidos granulados, ya sea para el desarrollo de aplicaciones de medición de nivel o para la correcta configuración de trabajo de una aplicación.
- **Operations** Mediante un número de serie o un código QR se obtiene acceso directo a la información del producto, manual de usuario, piezas para su reparación y contacto vía e-mail con los técnicos de mantenimiento.

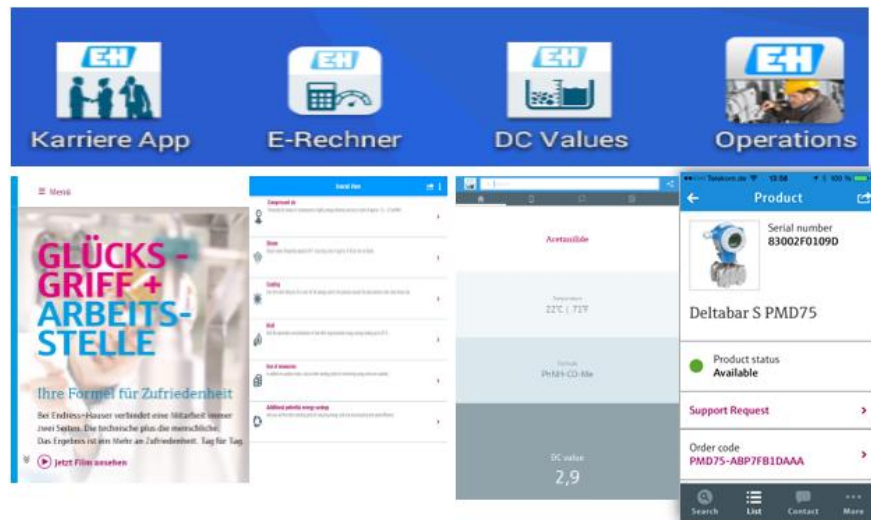


Ilustración 3.6 Otras APP Android de Endress + Hauser

3.4. La comunicación inalámbrica.

Se puede ver en el diagrama de secuencia de la Ilustración 3.7 como los datos pasan desde el dispositivo de medición al microcontrolador Nordic para terminar finalmente en el dispositivo móvil.

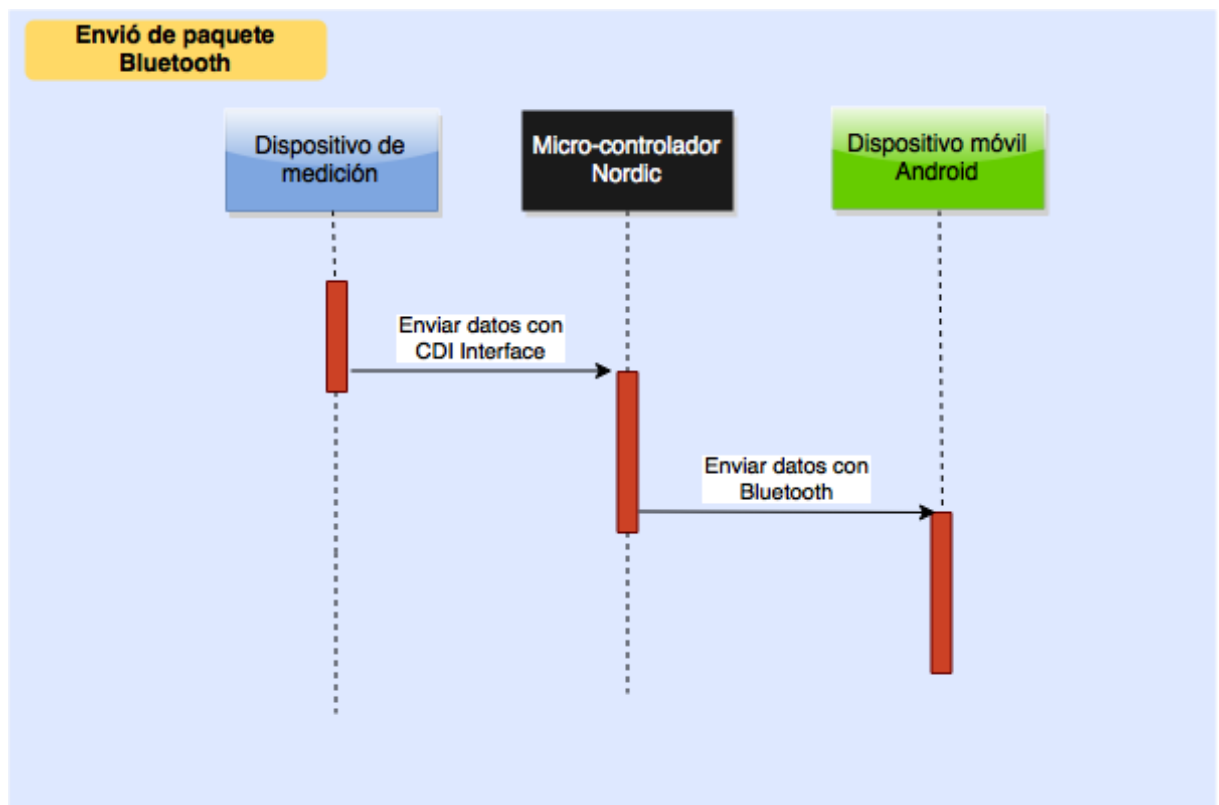


Ilustración 3.7 Diagrama de secuencia de la comunicación en el sistema

Con mayor detalle se puede ver el proceso en la Ilustración 3.8 en la que se detallan cada una de las capas del sistema y que son:

- Una aplicación Android está programada en java pero se le añade una capa de abstracción para la interfaz de usuario(UI) que es programada en xml. (Google, building-ui, 2015)
- En nuestra aplicación la capa de lógica utiliza un intérprete (CDI interpreter) para encriptar/desencriptar los comandos que son usados para la comunicación con el dispositivo de medición. Una vez estos comandos están en el formato correcto se comunican mediante la interfaz de comunicación CDI.
- JNI (Java native interface) es una interfaz desarrollada usando el NDK de Android para enlazar el código .java de Android con el código en .c usado por el microcontrolador Nordic.
- BTSI (Bluetooth system interface) es la capa de comunicación entre Android y Nordic. Se encarga de empaquetar o desempaquetar la información proveniente del CDI interpreter y usar los drivers Android para mandarla/recibirla vía Bluetooth.

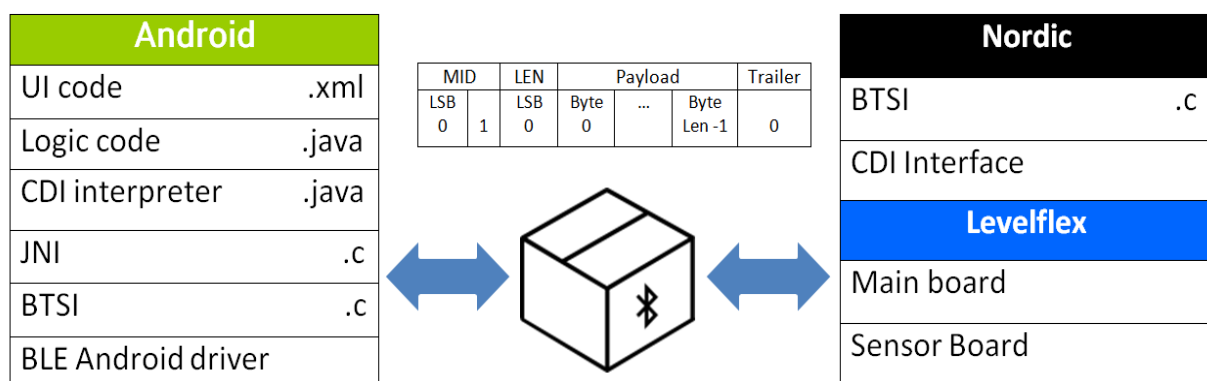


Ilustración 3.8 Ilustración detallada de las capas en que se divide el sistema

Cabe destacar que cuando un paquete de datos deja el dispositivo móvil ya está transformado a código .c que el microcontrolador Nordic nRF51822 entenderá y conteniendo las instrucciones CDI que pueden ser transmitidas directamente a través de la interfaz CDI mediante conexión directa por cable con el aparato de medición. Esto acelera el proceso al disponerse de más potencia de cálculo en el dispositivo móvil y dejando al microcontrolador libre para realizar labores de desempaquetado y reconstrucción de los comandos CDI a partir de los trozos que le llegan en cada paquete.

3.5. Bluetooth 4.0 Low Energy

Bluetooth es una tecnología que permite a dispositivos electrónicos comunicarse sin cables. Las especificaciones para Bluetooth fueron postuladas por primera vez en 1994 y es ahora gestionada por Bluetooth Special Interest Group (SIG). (Bekkelien, 2012).

Bluetooth Low Energy (también llamado Bluetooth LE o BLE o Bluetooth Smart) fue diseñado para ser mucho más eficiente que las versiones previas. Está pensado para permitir que pequeños dispositivos puedan funcionar usando pequeñas pilas de botón, llegando a funcionar hasta varios años. (Bluetooth Technology Fast Facts, 2015)

El desarrollo de BLE comenzó en 2001 por parte de Nokia al detectar la necesidad de una tecnología *wireless* de comunicación con bajo consumo de energía. Los resultados se publicaron tres años después en 2004 bajo el nombre Bluetooth Low End Extension. Sin embargo la investigación no se detuvo ahí y en Octubre de 2006 Nokia publico una nueva tecnología llamada Wibree que usaba una fracción del consumo de energía de las versiones Bluetooth anteriores pero con una gran reducción de la velocidad de transferencia de datos de alrededor de tres veces menos. La tecnología Wibree fue liberada posteriormente por parte del SIG. (Grabianowski, 2015)

Tanto Bluetooth clásico como BLE usan el mismo rango, la banda ISM entre 2.400 GHz y 2.4835GHz. La diferencia viene como se comentó previamente en la velocidad de transferencia de datos.

Para maximizar el ahorro de energía BLE está pensado para enviar pequeños paquetes de datos y permanecer en estado de *standby* la mayor tiempo posible. (Bluetooth, 2015) Durante la transferencia de paquetes en estado de conexión se crea un evento de conexión, el intervalo de tiempo entre estos eventos está especificado por Bluetooth y es entre 7.5ms a 4s (Bluetooth, 2015). Apple impone en sus dispositivos un mínimo de 20ms para impedir que un solo dispositivo acapare todo el ancho de banda Bluetooth. (Bluetooth Accessory Design Guidelines for Apple Products, 2013) Y en nuestro sistema el tamaño de estos paquetes debido a restricciones del microcontrolador Nordic usado es de 20bytes.

La mayoría de los dispositivos móviles de hoy en día están equipados con un chip Bluetooth dual que les permite seleccionar Bluetooth clásico o BLE. Por lo tanto ambas tecnologías están disponibles en nuestros dispositivos móviles y se puede seleccionar una u otra dependiendo de lo que busquemos conseguir.

En la Ilustración 3.8 pudimos ver que la interfaz BTSI es el puente que está presente en las dos partes de la comunicación y para conseguir una mayor analogía está programada en .c en ambas partes.

Las especificaciones de arquitectura para BTSI están aún siendo revisadas y solo se dispone de una versión preliminar de la misma. Estas especificaciones de arquitectura están contenidas en un documento de carácter interno para la compañía. La privacidad de este documento es debida a que contiene información sensible sobre la seguridad, tema muy importante para ciertas industrias no sólo por motivos monetarios sino también seguridad física para los empleados al poder provocarse explosiones, fugas... con un mal uso de los instrumentos por parte de un atacante. Dicho esto, BTSI queda fuera de los temas tratados en este TFG como se recoge en el alcance y se tratará como una “caja negra” que provee una API para enviar paquetes Bluetooth al dispositivo de medición.

Una de las grandes restricciones del proyecto que se detalla en la sección de restricciones 3.1 CRQ-0002 y por la cual se eligió BLE es el hecho de que el módulo Bluetooth debe funcionar como una alternativa a los actuales *displays*. Esto significa que la corriente eléctrica máxima que puede consumir es 2mW.

En nuestra aplicación se crea un evento de conexión cada 20ms y se envía un paquete de 20bytes. Estos parámetros de evento de conexión y tamaño de paquete han sido seleccionados por el encargado de la capa de comunicación del proyecto por ser los más estables hasta el momento. Aunque esto último se sigue mejorando y se espera incrementar el tiempo entre eventos de conexión y aumentar el número de paquetes enviados por evento a tres para mejorar el ahorro de energía.

Como se puede ver en la Ilustración 3.8 en cada paquete enviado se dispone de 20 bytes de los cuales 2 son usados para la identificación del paquete, 1 para la

longitud y 1 para el trailer que certifica el final del paquete. Esto nos deja con 16 bytes de información pues 4 son usados por el protocolo de comunicación BTSL.

Por lo tanto el máximo teórico de nuestra APP actualmente es 0.78kbytes/s de datos útiles pero se ha comprobado experimentalmente con diferentes configuraciones, más paquete por evento de conexión, que se pueden alcanzar 3kbytes/s de datos útiles. Por supuesto a mayor ancho de banda mayor consumo de energía y por lo tanto se tiene que encontrar el balance perfecto que mantenga las restricciones de 2mW.

3.6. La interfaz de usuario

Lo primero a tener en cuenta al diseñar la interfaz de usuario es que se estaba trabajando con Android de forma nativa y por lo tanto se debía hacer uso de todas las posibilidades que un desarrollo nativo ofrece.

Se han aplicado las directivas para el desarrollo de interfaces de usuario disponibles en su sitio web para desarrolladores (Google, Best Practices for User Interface, 2015). Así como el libro de Greg Nudelman como referencia (Nudelman, 2013).

Android provee la posibilidad de crear interfaces de usuario personalizables dependiendo del tamaño/resolución de la pantalla. Dado que mi trabajo ha sido con móviles y tabletas, diseñé para estos dos tipos. Al diseñar para móviles y buscando una interacción de calidad, siempre he mantenido la interfaz limpia con la información necesaria en cada momento determinado y nada más. Véase Ilustración 3.9 en la que se presenta en la pantalla: un gráfico cuando el móvil está en modo horizontal y una tabla con *scroll* cuando está en modo vertical.

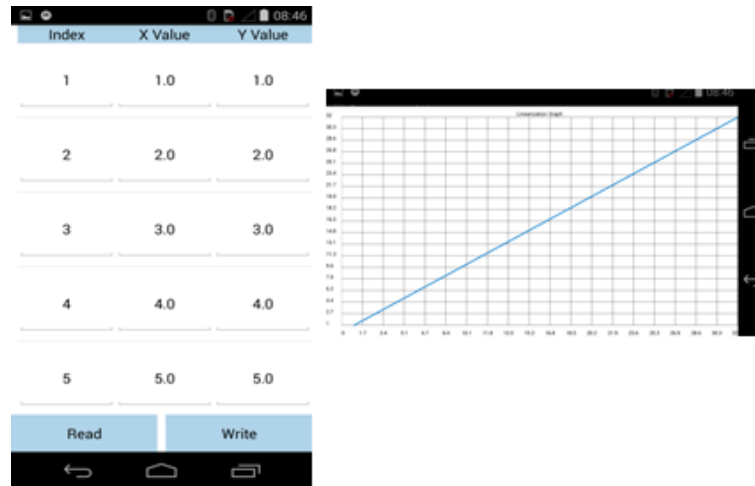


Ilustración 3.9 Pantallazo de la Tabla de linearización en un móvil

3.6.1. Diseño evolutivo

Como parte de los principios de desarrollo ágil, el diseño que se ha aplicado a la APP es un diseño evolutivo. (Fowler, 2004)

Como Fowler revela en su artículo el diseño evolutivo es perfecto para proyectos en los que los requisitos no están definidos desde un primer momento y son susceptibles a muchos cambios. En nuestro proyecto el diseño evolutivo se integra perfectamente pues se trata de una serie de prototipos que cambian constantemente en la búsqueda de una mejora continua al ir conociéndose las posibilidades que nos ofrecía el sistema (BLE + Android) para los casos de uso de la empresa.

Fowler enfatiza la necesidad de una serie de habilidades a tener en cuenta para tener éxito en el diseño evolutivo. Algunas de ellas no tienen un gran peso en un prototipo que se descartará, como mantener el código limpio o preparar el código para cambios futuros. Pero otras de las habilidades propuestas son de gran importancia y se pusieron en práctica como:

- Refactorización del código cuando se vea la necesidad. Una de las funcionalidades centrales de la APP es la lista de dispositivos de medición al alcance del móvil/tableta. Esta funcionalidad se refactorizó en numerosas ocasiones para hacer cambios tanto estéticos como mejoras en su arquitectura.
- Un buen conocimiento de patrones de diseño. Usando el libro de Nudelman (Nudelman, 2013) se aplicaron patrones como:

- *Pipes/tuberías* al procesar la información para la funcionalidad que muestra los eventos guardados en el registro del dispositivo de medición.
- Capas haciendo la clásica división en capa de interfaz de usuario, lógica de negocio y acceso a datos.
- Cliente y servidor al actuar el dispositivo móvil como cliente y el aparato de medición como servidor.
- Saber cómo comunicar el diseño a la gente que necesita entenderlo. Durante el proceso de implementación se usaron: demostraciones en directo, videos, presentaciones PowerPoint y conversaciones diarias para comunicar el diseño al *product owner* y al departamento de marketing.

3.6.2. Flat Design

E+H tiene unos estándares de diseño con pautas que son obligatorias referentes a los colores de marca, la tipografía y el logotipo de la empresa. Mi APP usa estas pautas para ser parte de la imagen de marca de E+H.

Otros aspectos no están rígidamente definidos y han sido diseñados por mi parte y consensuados con el resto del equipo conforme el desarrollo avanzaba. Es aquí donde se ha aplicado el “Flat Design”.

Flat Design o diseño plano nace como una evolución de las ideas del minimalismo y en contraposición al *Skeumorphism*. El diseño plano tiene dos objetivos principales.

- Aceptar las limitaciones de la pantalla y trabajar con estos parámetros como aliados.
- Usar la simplicidad como punto de partida para hacer la carga de contenido más rápida y funcional.

Estos principios funcionan perfectamente con Android y son la tendencia actual en la mayoría de las nuevas APP. (Clum, 2013) En la Ilustración 3.10 se puede ver el diseño final del juego de iconos planos como muestra de la aplicación del diseño minimalista en el prototipo.

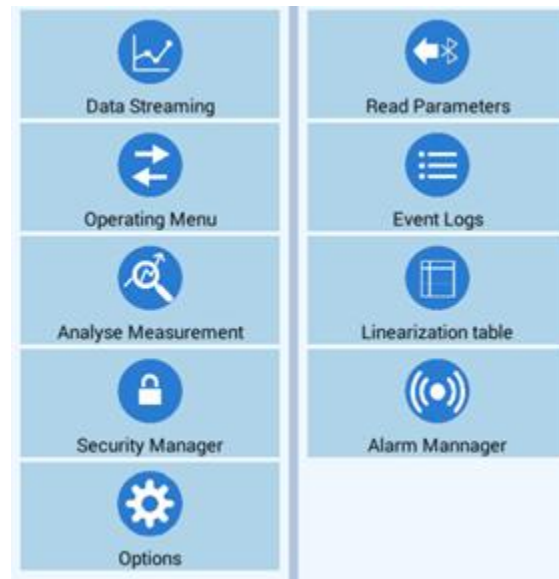


Ilustración 3.10 Pantallazo del menú principal de la APP en una Tableta

4. Implementación y pruebas

A la fecha de mi incorporación al proyecto este ya estaba en marcha. El resto del equipo había estado trabajando en la interfaz de comunicación y en la selección del microcontrolador adecuado. La programación en el dispositivos móviles Android estaba en sus primeras fases y es en esta en la que me incorpore al ser mi especialización en software. Una vez me familiaricé con el sistema y la literatura fue revisada se tuvo una reunión *sprint planning*. En esta reunión se añadieron nuevas historias de usuario centradas en Android y comencé su implementación.

4.1. Funcionalidades que el sistema implementa

En esta sección se van a detallar en orden cronológico las funcionalidades que se desarrollaron durante las sucesivas iteraciones del proyecto.

4.1.1. Lectura de parámetros.

Cada instrumento que E+H produce, tiene una serie de parámetros guardados en memoria. Estos parámetros son usados como entrada para calibrar el dispositivo de medición y calcular los datos de forma precisa.

Mediante el uso de nuestra APP se le puede pasar una serie de directivas que identifican a los parámetros y obtener el valor que estos tienen actualmente asignado en el dispositivo de medición.

Mediante un software de escritorio creado por E+H se puede acceder a la base de datos de dispositivos. En esta base de datos se guarda para cada modelo de instrumento su lista de directivas que identifican sus parámetros internos y cómo acceder a ellos con cada una de las interfaces de comunicación. Esta lista de parámetros se puede exportar en un documento .txt.

- La funcionalidad Lectura de parámetros pide al usuario que le suministre un archivo .txt con una lista de directivas identificadoras de parámetros a leer. La selección de este fichero es hecha con un selector de archivos que explora la memoria interna del dispositivo móvil.
- Seguidamente la APP pide al usuario que seleccione un directorio donde se guardarán los resultados de la lectura en formato .xls (formato nativo de Excel para poder ser procesados con facilidad)
- La APP pide al usuario que seleccione el dispositivo de medición al que se le intentará leer los parámetros.
- La APP pide al usuario que seleccione el tiempo que pasará entre lectura y lectura.
- Si todo es correcto la APP empieza a leer los parámetros en intervalos de tiempo de forma indefinida hasta que el usuario decide terminar con la lectura como se muestra en la Ilustración 4.1
- Cuando el usuario termina la lectura de parámetros se muestra por pantalla los resultados mediante una gráfica como se ve en la Ilustración 4.2 y una gráfica más detallada como se ve en la Ilustración 4.3. Estos datos son guardados por la APP en formato .xls en el dispositivo móvil.

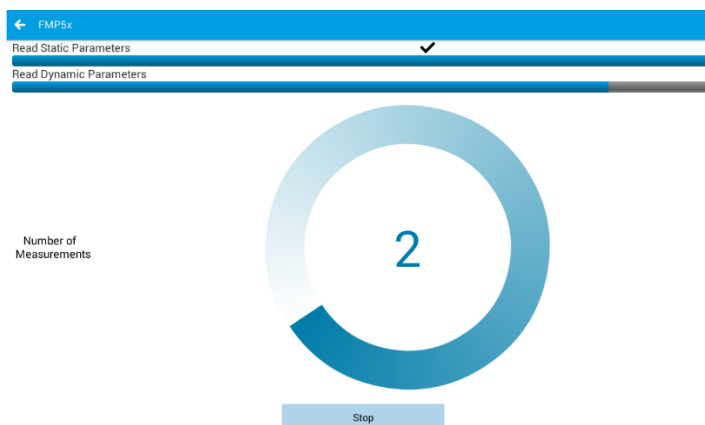


Ilustración 4.1 Pantallazo de la funcionalidad lectura de parámetros en una tableta

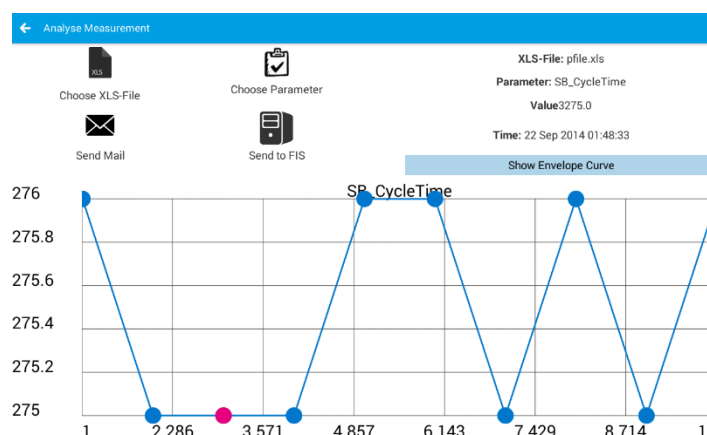


Ilustración 4.2 Pantallazo de la funcionalidad análisis de parámetros en una tableta

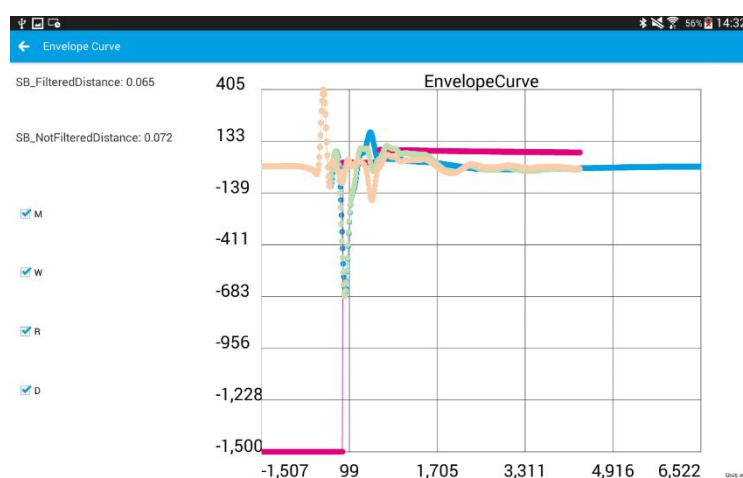


Ilustración 4.3 Pantallazo de la funcionalidad análisis de parámetros en una tableta

4.1.2. Almacenamiento de contraseñas

Actualmente la comunicación inalámbrica no está protegida pues las especificaciones concretas de la seguridad que implementaran los dispositivos de medición están en proceso de ser definida por un grupo de trabajo de la empresa. No obstante algunas cosas se esperan que estén presentes en el documento final del estándar. Una de estas cosas es que cada dispositivo de medición tendrá una contraseña única y diferente con la que se protegerá cada paquete que envíe. Por lo tanto el dispositivo móvil necesitaría poseer la contraseña para poder interactuar con el dispositivo de medición.

Para facilitar esta iteración se ha creado una base de datos SQLite donde un usuario puede registrarse y posteriormente guardar las contraseñas de los dispositivos protegidas por su contraseña de cuenta. Esto haría que las contraseñas de los dispositivos se tuvieran que introducir una sola vez.

Al comenzar, la APP pide que se introduzca el usuario y la contraseña o bien que se cree uno nuevo como se ve en la Ilustración 4.4

En el menú principal se puede acceder a Security Manager e introducir nuevas contraseñas como se ve en la Ilustración 4.5

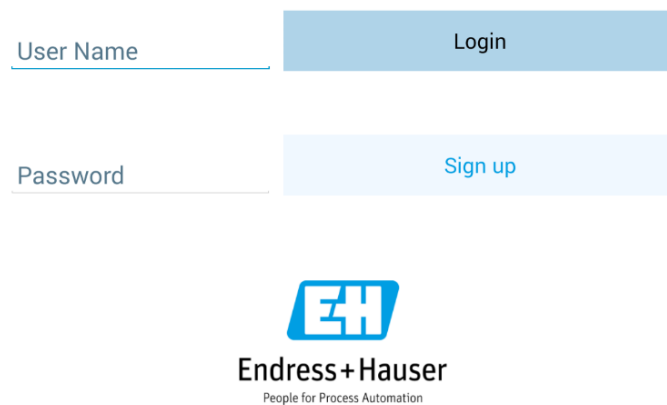


Ilustración 4.4 Pantallazo de la pantalla de inicio/registro

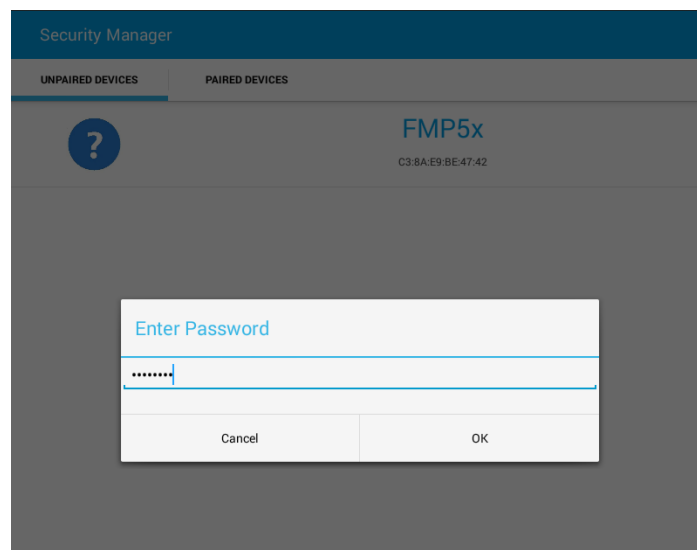


Ilustración 4.5 Pantallazo de la funcionalidad Security Manager

4.1.3. Tabla de linearización

La tabla de linearización no es más que una tabla que indica al sensor cómo debe calibrarse para medir correctamente el nivel de fluido en un tanque. Esto es debido a que en la industria se usan varios modelos de tanques o incluso formas totalmente únicas para atender al proceso que se pretende conseguir. En Ilustración 4.6 se ven algunos de los tanques más típicos.

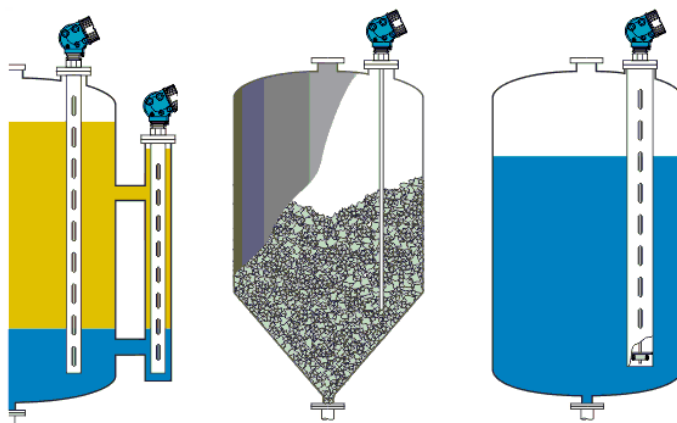


Ilustración 4.6 Varios tipos de tanques contenedores

Esta funcionalidad permite escribir y leer dicha tabla desde un dispositivo móvil. La información es representada tanto en un gráfico como en una tabla y se implantan dos *layouts* diferentes vertical y horizontal así como una pantalla de carga cuando la información está siendo enviada/recibida.

En la Ilustración 4.7 se ve la pantalla de carga. Tras disponerse de todos los datos, estos son representados en la tabla y el gráfico que se ve en Ilustración 4.8 y cuando el dispositivo móvil está en orientación vertical solo la tabla es visible para un rápido acceso a los datos como se ve en la Ilustración 4.9.

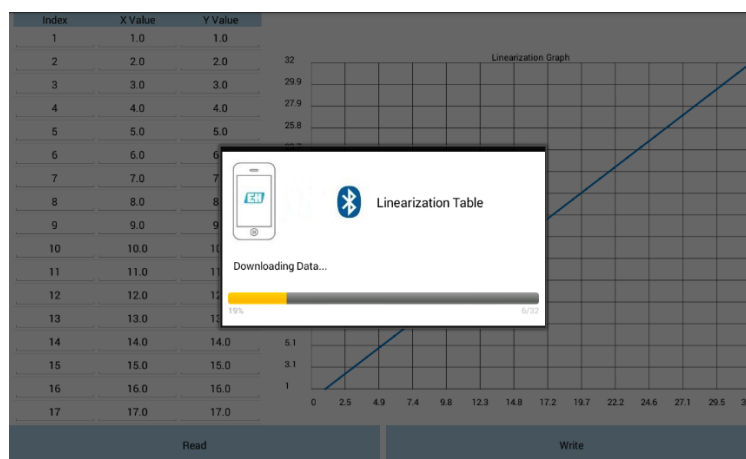


Ilustración 4.7 Pantallazo de una ventana emergente de carga

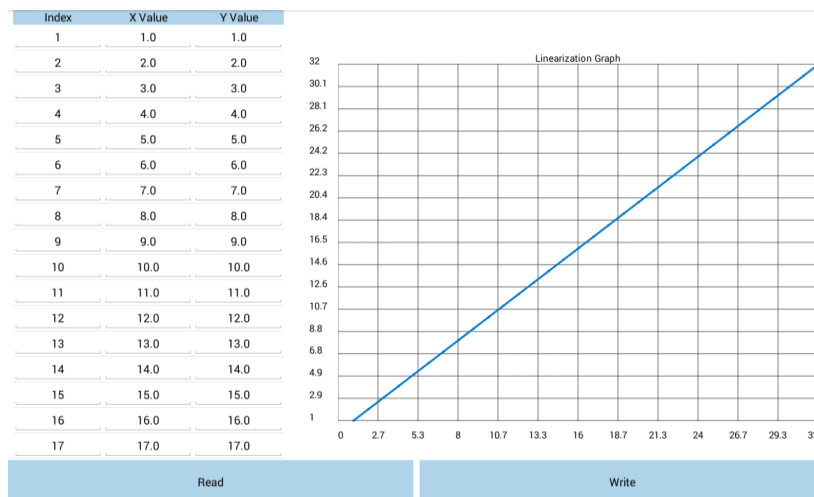


Ilustración 4.8 Pantallazo de la tabla de linearización en una tableta modo horizontal

Index	X Value	Y Value
1	1.0	1.0
2	2.0	2.0
3	3.0	3.0
4	4.0	4.0
5	5.0	5.0
6	6.0	6.0
7	7.0	7.0
8	8.0	8.0
9	9.0	9.0
10	10.0	10.0
11	11.0	11.0
12	12.0	12.0
13	13.0	13.0
14	14.0	14.0
15	15.0	15.0
16	16.0	16.0
17	17.0	17.0
18	18.0	18.0
19	19.0	19.0
20	20.0	20.0
21	21.0	21.0
22	22.0	22.0
23	23.0	23.0
24	24.0	24.0
25	25.0	25.0
26	26.0	26.0
27	27.0	27.0
28	28.0	28.0
29	29.0	29.0
30	30.0	30.0
31	31.0	31.0

Ilustración 4.9 Pantallazo de la tabla de linearización en una tableta modo vertical

4.1.4. Streaming de datos

Los dispositivos de medición disponen de un acceso rápido de lectura para los valores de los sensores. En el caso de FMP511 se pueden leer los datos de temperatura, nivel y distancia. Al tratarse estos datos de forma prioritaria por el sistema

de medición se creó un gráfico en el que se mostraba su evolución con el tiempo

Ilustración 4.10

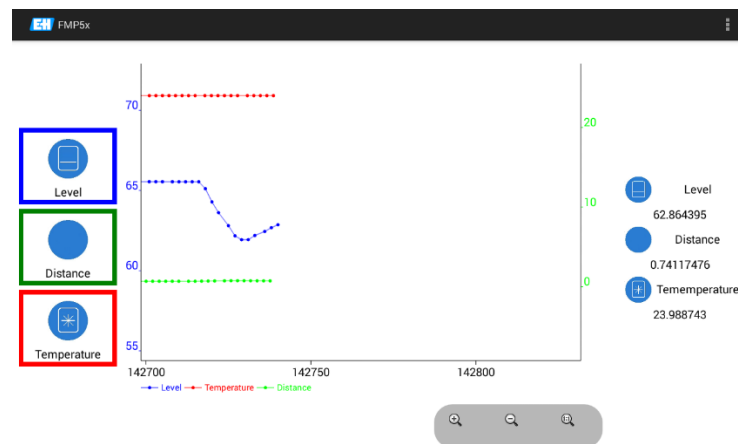


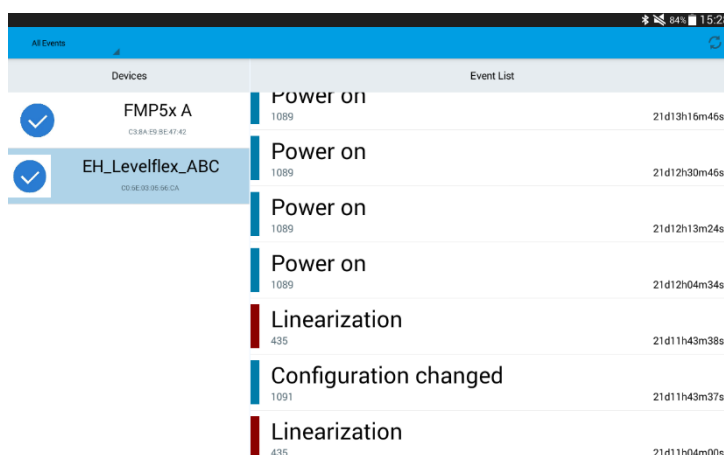
Ilustración 4.10 Pantallazo de la función *Streaming* de datos

4.1.5. Registro de eventos

Cada vez que un evento se produce en el dispositivo de medición estos quedan registrados en un Log. Los eventos son de cinco tipos diferentes: *Failure*, *Maintenance*, *Information*, *Check* y *Out of specification*. Cada uno de estos tipos se subdivide a su vez en eventos concretos con un identificador, nombre, tiempo en el que ocurrió e instrucciones de mantenimiento.

En el dispositivo de medición solo se guarda un código de identificación y una fecha para el evento. El resto de datos tienen que ser suministrados externamente y para esto se generó un fichero .xml mediante un software de escritorio. Nuestra APP usa este fichero .xml y una expresión regular para encontrar la información asociada a cada código de evento.

En la Ilustración 4.11 se puede ver la implementación de esta funcionalidad y el diseño simple y plano que se le aplicó.



Devices	Event List
FMP5x A C38A F9 8E 47 42	Power on 1089 21d13h16m46s
EH_Levelflex_ABC 00 9E 00 9E 96 CA	Power on 1089 21d12h30m46s
	Power on 1089 21d12h13m24s
	Power on 1089 21d12h04m34s
	Linearization 435 21d11h43m38s
	Configuration changed 1091 21d11h43m37s
	Linearization 435 21d11h04m00s

Ilustración 4.11 Pantallazo de la funcionalidad Registro de eventos

4.1.6. Alarma ante error

Cuando un dispositivo de medición entra en estado de error por algún motivo deja de funcionar apropiadamente y por seguridad el proceso en el que esté instalado se paraliza. Esto es muy costoso para la empresa y se debe localizar el dispositivo que falla y repararlo lo más rápido posible. Es por esto que propuse este caso de uso y fue aceptado.

La diferencia clave entre tecnología de escritorio y tecnología móvil es que la segunda es portátil y se mantiene cerca del usuario una mayor parte del tiempo. Aprovechando esta característica de la tecnología móvil se puede crear una alarma que suene en el móvil que se lleva en el bolsillo indicando que un error ha ocurrido.

Nuestra APP tiene la posibilidad de activar un escaneo de seguridad que cada cierto tiempo compruebe el estado de los dispositivos de medición a su alcance.

La implementación de esta alarma es especialmente robusta pues funciona independientemente de si la APP está siendo o no ejecutada. Y esta alarma se inicializa por sí sola cada vez que el dispositivo móvil es inicializado. Si se detecta un error se emite un sonido de alarma, vibración y se muestra a pantalla completa lo que podemos ver en Ilustración 4.12 con el nombre del dispositivo y las instrucciones de mantenimiento del manual de usuario.

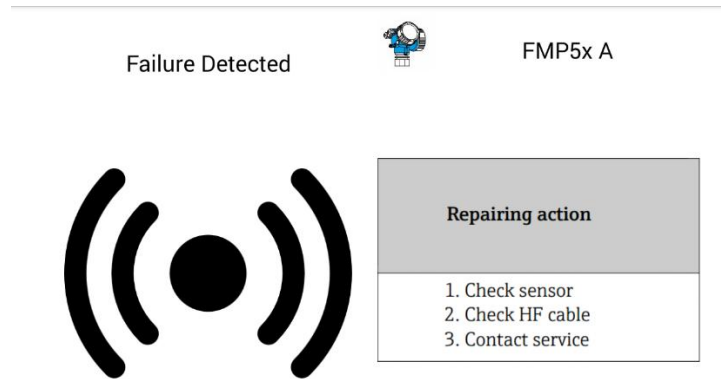


Ilustración 4.12 Pantallazo de una alarma de error detectado

4.1.7. Lista de dispositivos de medición en rango

Esta funcionalidad ya estaba implementada por el equipo cuando me incorporé pero he considerado que es de interés para el proyecto al ser usada por todas las demás funcionalidades.

Como se ve en la Ilustración 4.13 se muestra una lista de todos los dispositivos de medición que están disponibles para interactuar con ellos. Muestra el nombre que el dispositivo tiene asignado, el estado del dispositivo (rojo en estado Failure, verde en modo operativo) y una serie de datos técnicos como el números de serie y códigos de estado.



Ilustración 4.13 Pantallazo de una pantalla selectora de dispositivo de medición

4.2. Guardado y carga de ficheros

La APP móvil utiliza diversos tipos de ficheros en los que guarda información y de los que lee información para distintos propósitos. Vamos a pasar a detallarlos en los siguientes párrafos.

4.2.1. SQLite DB

Esta es una base de datos de código abierto que guarda información a un fichero de texto en la memoria del dispositivo móvil. Android incorpora nativamente una implementación de esta base de datos y esto facilita su uso al no tener que preocuparse el usuario de establecer una conexión, esta es manejada por el propio sistema operativo. (tutorialspoint, 2015).

Nuestro sistema hace uso de esta base de datos en la funcionalidad Almacenamiento de contraseñas. Cuando un usuario registrado introduce la contraseña de un dispositivo se comprueba su existencia en la base de datos. Si no existe se crea y se enlaza con el usuario y si existe solo se enlaza dispositivo y usuario.

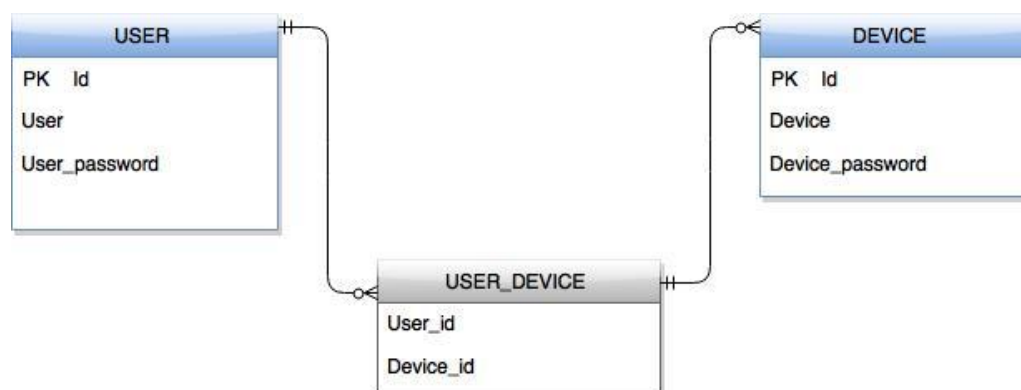


Ilustración 4.14 Diagrama entidad relación de la base de datos

4.2.2. Lectura de datos desde fichero de texto

Como se ha comentado en la sección 4.1.1 se lee desde un fichero de texto .txt los valores necesarios para la lectura de parámetros en un determinado dispositivo de medición. El uso de .txt es porque el software de la base de datos de dispositivos crea este formato de fichero. El contenido de uno de estos ficheros puede verse en Ilustración 4.15

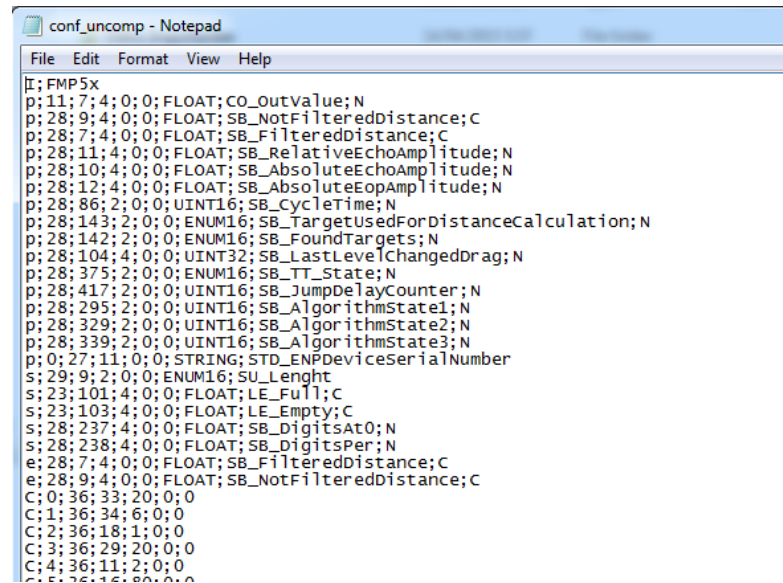


Ilustración 4.15 Fichero .txt con parámetros a leer en un FMP5x

4.2.3. Escritura y lectura de ficheros Excel

Como se ha comentado en la sección 4.1.1 una vez los datos han sido leídos estos se guardan en un fichero .xls para su fácil lectura y manipulación. Estos ficheros también pueden ser enviados mediante correo electrónico o guardados en un servidor en la nube de elección. En la Ilustración 4.16 se puede ver uno de estos ficheros.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
Index	TimeStamp	TriggerPrepare	XengineYeni	XengineI	SampleData	TriggerStat	DataLength	DataPoints	Compressi	CompressiXmin	Xmax	Xdecimal	BitResolut	DataStream					
1	#####	0	1013	32845	3	100	1134	567	0	-1506.48	4300.168	10.2591	12	2049;2049;2048;2048;2048;2048;2048;2048;2048;2048;					
2	#####	0	1013	32845	3	100	1134	567	0	-1505.54	4301.109	10.2591	12	2048;2047;2047;2047;2048;2047;2047;2047;2047;2047;2047;					
3	#####	0	1013	32845	3	100	1134	567	0	-1506.47	4300.177	10.2591	12	2049;2049;2049;2049;2049;2049;2049;2049;2049;2049;2049;					
4	#####	0	1013	32845	3	100	1134	567	0	-1503.88	4302.768	10.2591	12	2048;2048;2048;2048;2048;2048;2048;2048;2049;2049;2049;					
5	#####	0	1013	32845	3	100	1134	567	0	-1505.05	4301.6	10.2591	12	2049;2049;2049;2049;2050;2050;2050;2050;2050;2050;2050;					
6	#####	0	1013	32845	3	100	1134	567	0	-1506.58	4300.067	10.2591	12	2050;2050;2050;2050;2050;2050;2050;2050;2050;2050;2050;					
7	#####	0	1013	32845	3	100	1134	567	0	-1506.88	4299.77	10.2591	12	2048;2048;2048;2048;2048;2048;2048;2048;2048;2049;2049;					
8	#####	0	1013	32845	3	100	1134	567	0	-1506.09	4300.56	10.2591	12	2049;2049;2049;2050;2050;2050;2050;2050;2050;2050;2050;					
9	#####	0	1013	32845	3	100	1134	567	0	-1507.03	4299.622	10.2591	12	2048;2048;2048;2047;2048;2048;2048;2048;2048;2048;2048;					
10	#####	0	1013	32845	3	100	1134	567	0	-1506.74	4299.905	10.2591	12	2049;2049;2048;2048;2048;2048;2048;2048;2048;2048;2048;					

Ilustración 4.16 Archivo Excel generado por la APP con los datos obtenidos

4.2.4. Lectura de fichero xml

Como se ha comentado en la sección 4.1.5 la funcionalidad log de eventos hace uso de un fichero .xml. A este fichero se le pasa una expresión regular para mapear a un id de evento la información del mismo. Vease en Ilustración 4.17 el contenido del fichero .xml

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<EventsAndAlarms SupportsNotCategorizedEvents="false" SupportsSimulationDiagnosisList="false">
  <Events entryCount="197">
    <Event type="Information" id="1962584475" parentId="-1" EventName="DeviceOK" Name="Information_DeviceOK_1" Simulated="false" DefaultName="Information_DeviceOK_1">
      <Event type="Diagnostic" id="810508163" parentId="-1" EventName="Trim" Name="Check_Trim_1_go" Simulated="false" DefaultName="Check_Trim_1_go">
        <Event type="Diagnostic" id="810508163" parentId="-1" EventName="Trim" Name="Check_Trim_1_come" Simulated="false" DefaultName="Check_Trim_1_come">
          <Event type="Diagnostic" id="810508163" parentId="-1" EventName="Trim" Name="Check_Trim_2_go" Simulated="false" DefaultName="Check_Trim_2_go">
            <Event type="Diagnostic" id="810508163" parentId="-1" EventName="Trim" Name="Check_Trim_2_come" Simulated="false" DefaultName="Check_Trim_2_come">
              <Event type="Diagnostic" id="600530482" parentId="-1" EventName="SimulationCurrentOutput" Name="Check_SimulationCurrentOutput_1_go" Simulated="false" DefaultName="Check_SimulationCurrentOutput_1_go">
                <Event type="Diagnostic" id="600530482" parentId="-1" EventName="SimulationCurrentOutput" Name="Check_SimulationCurrentOutput_1_come" Simulated="false" DefaultName="Check_SimulationCurrentOutput_1_come">
                  <Event type="Diagnostic" id="600530482" parentId="-1" EventName="SimulationCurrentOutput" Name="Check_SimulationCurrentOutput_2_go" Simulated="false" DefaultName="Check_SimulationCurrentOutput_2_go">
                    <Event type="Diagnostic" id="600530482" parentId="-1" EventName="SimulationCurrentOutput" Name="Check_SimulationCurrentOutput_2_come" Simulated="false" DefaultName="Check_SimulationCurrentOutput_2_come">
                      <Event type="Diagnostic" id="1508408936" parentId="-1" EventName="ReferenceEchoNotFound" Name="Failure_ReferenceEchoNotFound_1_go" Simulated="false" DefaultName="Failure_ReferenceEchoNotFound_1_go">
                        <Event type="Diagnostic" id="1508408936" parentId="-1" EventName="ReferenceEchoNotFound" Name="Failure_ReferenceEchoNotFound_1_come" Simulated="false" DefaultName="Failure_ReferenceEchoNotFound_1_come">
                          <Event type="Diagnostic" id="971158439" parentId="-1" EventName="PropagationVelocityChanged" Name="Out_of_specification_PropagationVelocityChanged_1_go" Simulated="false" DefaultName="Out_of_specification_PropagationVelocityChanged_1_go">
                            <Event type="Diagnostic" id="971158439" parentId="-1" EventName="PropagationVelocityChanged" Name="Out_of_specification_PropagationVelocityChanged_1_come" Simulated="false" DefaultName="Out_of_specification_PropagationVelocityChanged_1_come">
                              <Event type="Information" id="776481803" parentId="-1" EventName="PowerOn" Name="Information_PowerOn_1" Simulated="false" DefaultName="Information_PowerOn_1">
                                <Event type="Information" id="165814373" parentId="-1" EventName="ParameterReset" Name="Information_ParameterReset_1" Simulated="false" DefaultName="Information_ParameterReset_1">
                                  <Event type="Information" id="1113960999" parentId="-1" EventName="ParameterChanged" Name="Information_ParameterChanged_1" Simulated="false" DefaultName="Information_ParameterChanged_1">
                                    <Event type="Information" id="678693451" parentId="-1" EventName="TrendReset" Name="Information_TrendReset_1" Simulated="false" DefaultName="Information_TrendReset_1">
                                      <Event type="Diagnostic" id="193834392" parentId="-1" EventName="LevelInSafetyDistanceWarning" Name="Out_of_specification_LevelInSafetyDistanceWarning_1_go" Simulated="false" DefaultName="Out_of_specification_LevelInSafetyDistanceWarning_1_go">
                                        <Event type="Diagnostic" id="193834392" parentId="-1" EventName="LevelInSafetyDistanceWarning" Name="Out_of_specification_LevelInSafetyDistanceWarning_1_come" Simulated="false" DefaultName="Out_of_specification_LevelInSafetyDistanceWarning_1_come">
                                          <Event type="Diagnostic" id="1067279857" parentId="-1" EventName="LevelInSafetyDistance" Name="Out_of_specification_LevelInSafetyDistance_1_go" Simulated="false" DefaultName="Out_of_specification_LevelInSafetyDistance_1_go">
                                            <Event type="Diagnostic" id="1067279857" parentId="-1" EventName="LevelInSafetyDistance" Name="Out_of_specification_LevelInSafetyDistance_1_come" Simulated="false" DefaultName="Out_of_specification_LevelInSafetyDistance_1_come">
                                              <Event type="Diagnostic" id="860591758" parentId="-1" EventName="LevelInBlockDistance" Name="Out_of_specification_LevelInBlockDistance_1_go" Simulated="false" DefaultName="Out_of_specification_LevelInBlockDistance_1_go">
                                                <Event type="Diagnostic" id="860591758" parentId="-1" EventName="LevelInBlockDistance" Name="Out_of_specification_LevelInBlockDistance_1_come" Simulated="false" DefaultName="Out_of_specification_LevelInBlockDistance_1_come">
                                                  <Event type="Diagnostic" id="537867006" parentId="-1" EventName="ConfigurationSetIncompatibleToPresentSWVersion" Name="Failure_ConfigurationSetIncompatibleToPresentSWVersion_1_go" Simulated="false" DefaultName="Failure_ConfigurationSetIncompatibleToPresentSWVersion_1_go">
                                                    <Event type="Diagnostic" id="537867006" parentId="-1" EventName="ConfigurationSetIncompatibleToPresentSWVersion" Name="Failure_ConfigurationSetIncompatibleToPresentSWVersion_1_come" Simulated="false" DefaultName="Failure_ConfigurationSetIncompatibleToPresentSWVersion_1_come">
                                                      <Event type="Diagnostic" id="72358263" parentId="-1" EventName="LowEnergy" Name="Out_of_specification_LowEnergy_1_go" Simulated="false" DefaultName="Out_of_specification_LowEnergy_1_go">
                                                        <Event type="Diagnostic" id="72358263" parentId="-1" EventName="LowEnergy" Name="Out_of_specification_LowEnergy_1_come" Simulated="false" DefaultName="Out_of_specification_LowEnergy_1_come">

```

Ilustración 4.17 Archivo .xml con los datos sobre eventos para un FMP5x

Este método resultó especialmente útil pues en un futuro se pretende disponer de un fichero de evento por dispositivo de medición y de este modo adaptar la APP al dispositivo de medición con el que se está tratando en ese momento.

4.3. Pruebas

El objetivo de este proyecto era la construcción de prototipos para ayudar a la empresa en dos frentes. Por un lado la comunicación Bluetooth puede ser depurada mediante el uso de datos reales durante sus pruebas. Por otro lado definir qué casos de uso son factibles adaptar de las versiones de escritorio y que nuevas posibilidades ofrece la plataforma móvil.

Por tanto las pruebas se realizaron que se realizaron para aumentar la fiabilidad y rendimiento de la interfaz de comunicación BTSI son:

- Análisis estáticos del código .c para detectar posibles errores o malas prácticas de programación.
- Ajustes de los parámetros de la conexión mientras se monitorizaba el consumo de energía fueron llevados a cabo por el encargado de la comunicación en el proyecto (D. Patrice Groperrin)

4.4. Exploración de casos de uso

En cuanto a la parte de exploración y definición de casos de uso se llevó a cabo mediante una interacción cercana entre el *product owner* y el resto del equipo: presentaciones mensuales, demostraciones en directo, conversaciones...etc.

Aparte de las reuniones y métodos que Scrum propone se realizaron otras propias de la empresa y con motivo de aumentar la retroalimentación.

Se realizó una demostración en directo con parte de la cúpula directiva de la empresa (cinco personas) una vez el proyecto estaba avanzado con motivo del día de presentación de nuevas ideas. En este día los equipos que están trabajando en productos nuevos preparan una presentación corta de 15min. A lo largo del día la cúpula directiva va yendo de un equipo a otro escuchando las propuestas y comentando sus ideas para mejora. Al ser éste un grupo de personas totalmente ajenas al proyecto pero con gran conocimiento del mercado en el que el producto tendrá que competir sus aportaciones fueron de gran ayuda. Entre otras, reforzaron la utilidad del proyecto pues algunos de los clientes necesitan instalar los dispositivos de medición en cámaras aisladas por motivos de fugas químicas y explosiones y agilizaría el proceso el no tener cables. También comentaron que la seguridad de la comunicación es una prioridad y que se debe trabajar más en ello.

Otra de las pruebas realizadas fue una prueba alpha de aceptación con un grupo de desarrolladores ajenos al proyecto. Los participantes fueron 10 desarrolladores del departamento de software que no estaban implicados en este proyecto. Se preparó una versión de la APP con parte de las funcionalidades desarrolladas hasta ese momento y se instaló en una tableta y dos móviles. Se hizo una pequeña introducción al sistema y se dejó que la probaran. Al final de las pruebas se les hizo una serie de preguntas. Estas preguntas fueron en parte de carácter cerrado dándose opciones entre las que elegir y de carácter abierto para detectar mejoras que habían pasado desapercibidas por el equipo de desarrollo.

Cuestionario para la prueba alpha de aceptación.

El cuestionario se diseñó basándose en el estudio más reciente que se pudo encontrar sobre cuestionarios para el software. En este caso USE questionnaire. (Lund, 2001) y para responder las las preguntas 1 a 7 del cuestionario se usó una escala Likert de 7 puntos. Las preguntas 8, 9 y 10 son de respuesta abierta.

Valora del 1 (completamente en desacuerdo) al 7 (completamente de acuerdo) la siguientes frase:

1. El uso del sistema me hace ahorrar tiempo cuando lo uso.
2. El sistema es fácil de usar.
3. Si cometo un error puedo solucionarlo rápida y fácilmente.
4. Puedo usar el sistema sin necesidad de un manual de instrucciones.
5. Puedo recordar fácilmente como usar el sistema.
6. Estoy satisfecho con el sistema.
7. Recomendaría el uso a otros compañeros.

Preguntas de respuesta abierta.

8. ¿Reaccionó el sistema siempre en el modo que usted esperaba? Si no, describe el problema:
9. ¿Estuvo inseguro de cómo proceder con el sistema en algún momento? En caso afirmativo, describe el problema:
10. ¿Hay algo que cambiaría del sistema? En caso afirmativo, describe el problema:

Este cuestionario se preguntó de forma oral y éstos fueron los resultados que se anotaron.

Partp./Pregunta	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a
1	7	7	4	6	7	6	6
2	6	6	5	5	5	6	6
3	5	5	4	4	4	5	5
4	7	7	5	7	6	7	7
5	6	6	6	5	5	6	6

6	7	7	5	6	6	6	6
7	6	6	6	7	7	7	6
8	5	5	5	5	6	5	5
9	6	6	6	6	6	6	6
10	6	5	5	5	4	5	5
Mediana	6	6	5	5.5	6	6	6
Desviación típica	0.7	0.7	0.7	0.9	1.0	0.7	0.6

Tabla 2 Respuestas a las preguntas de la prueba alpha

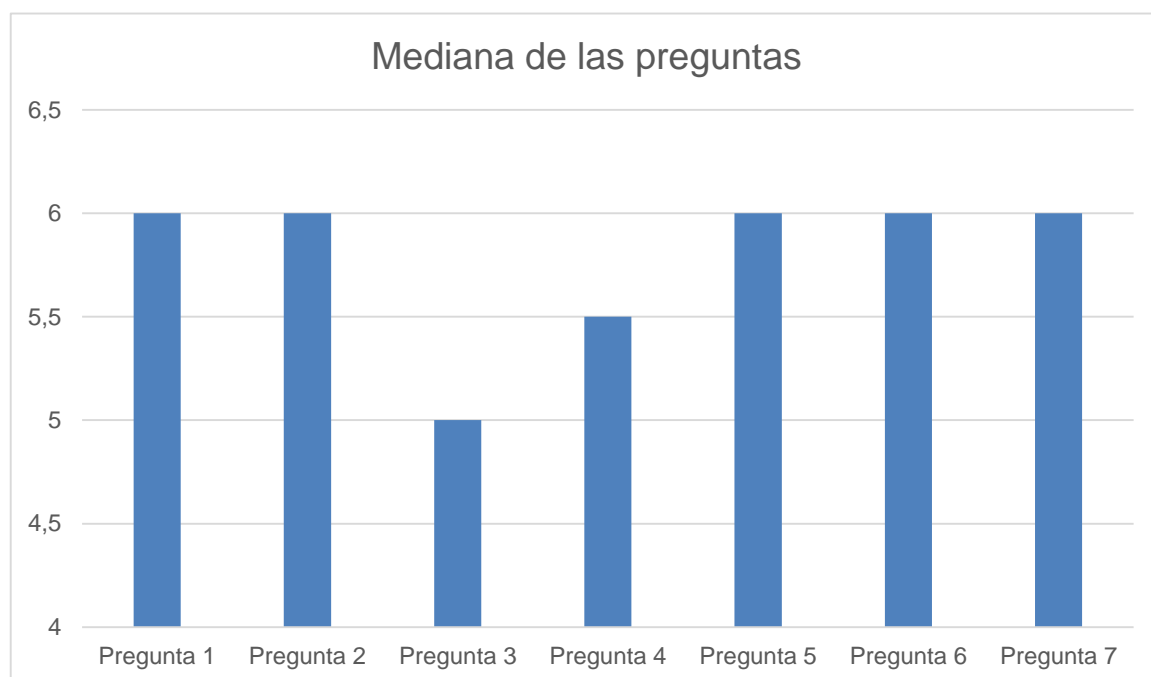


Ilustración 4.18 Mediana de las 7 primeras preguntas

Partp.	8ª	9ª	10ª
1	No, Algunos de los botones del menú no sabía que hacían antes de tocarlos	No sabía qué hacer en pantalla de acceso	Incorporar iconos y texto similares a los de otras aplicaciones E+H
2	Lectura de parámetros no se detuvo cuando presione cancelar	No sabía cuántos datos se habían tomado en lectura de parámetros	Incorporar iconos al menú

3	No, Algunos de los botones del menú no sabía que hacían antes de tocarlos	No sabía qué hacer en pantalla de acceso	Filtrado de graficas como en software de escritorio
4	Lectura de parámetros no se detuvo cuando presione cancelar	No sabía cuántos datos se habían tomado en lectura de parámetros	Pantallas de carga más vistosas
5	Si	Como guardar introducir contraseña de dispositivo	Agrupar funcionalidades en submenu
6	Si	No	No cambiaría nada
7	Si	No	No cambiaría nada
8	No, Algunos de los botones del menú no sabía que hacían antes de tocarlos	No sabía qué hacer en pantalla de acceso	Mas similitud con software de escritorio
9	Si	No	No cambiaría nada
10	No, Algunos de los botones del menú no sabía que hacían antes de tocarlos	No sabía cuántos datos se habían tomado en lectura de parámetros	Pantallas de carga más vistosas

Tabla 3 Respuestas a las 3 preguntas de respuesta abierta

A la vista de los datos mostrados en las tablas superiores Tabla 2 y Tabla 3 así como la Ilustración 4.18 podemos decir que el sistema obtuvo buenos resultados en general. Los cambios llevados a cabo tras esta prueba fueron los siguientes:

- La pregunta 3, “Si cometo un error puedo solucionarlo rápida y fácilmente” es la que obtiene el peor resultado debido a que, el sistema una vez ha comenzado a realizar alguna actividad no puede ser detenido instantáneamente pues ello conllevaría el bloqueo del dispositivo de medición.
- También queda destacar que el menú principal de la APP no se entendía bien por lo que se añadieron iconos diseñados para imitar el estilo que E+H utiliza para otros de sus productos.

- La estructura del menú principal se rediseñó para parecerse a la que se usa en el *display* integrado en el dispositivo de medición y que les es más familiar a los usuarios.
- Las gráficas que se muestran en la APP se rediseñaron para incorporar un filtro imitando el software de escritorio.
- Se incorporó un botón del mismo tamaño que el de *Login* en la pantalla de inicio de APP pues algunos usuarios tenían dificultades en encontrarlo.

Toda esta retroalimentación, ya sea por parte del equipo directivo, miembros del equipo de desarrollo, departamento de marketing u otros desarrolladores ajenos al producto contribuyo a numerosos cambios, afinándose el producto con el tiempo en consonancia con el diseño y desarrollo evolutivo que se usó como metodología de trabajo.

5. Conclusiones y evaluación de los objetivos

La introducción de Bluetooth 4.0 ha posibilitado nuevos productos en muchas industrias. Con su bajo consumo nos permite tenerlo encendido todo el tiempo sin una penalización en el consumo de energía. Esta característica posibilita la creación de pequeños dispositivos de prácticamente usar y tirar.

Han surgido multitud de empresas "startups" que han visto en esta nueva tecnología un medio para implantarse en el mercado. Pero no solo *Startup* se benefician de Bluetooth 4.0, las grandes multinacionales y en este caso Endress + Hauser han visto la importancia de conocer de primera mano esta tecnología.

Este trabajo final de grado ha conseguido satisfactoriamente los siguientes objetivos:

- Scrum, Android y Bluetooth 4.0 han sido estudiados, entendidos y aplicados al diseño e implementación de este trabajo.
- El desarrollo de un prototipo capaz de integrarse en el sistema de comunicación BTSL y comunicar mediante Bluetooth 4.0 los comandos necesarios para leer y escribir datos en un dispositivo de medición LevelFlex FMP51.

- Una relación cercana y continuada con varios de los departamentos de la empresa en la que se trabajaba ha posibilitado la evolución guiada del prototipo hacia la exploración de nuevos casos de uso.
- Se han creado nuevas funcionalidades exclusivas para dispositivos móviles y se ha demostrado que todas las funcionalidades implementadas en software de sobremesa pueden ser adaptadas con éxito.
- Complementariamente a las tecnologías usadas en el TFG se ha ganado un entendimiento desde dentro de la industria de sistemas de medición y automatización de los procesos.

Aunque este trabajo se ha centrado en el diseño y desarrollo de una APP prototipo en Android, los resultados más importantes de este trabajo no son otros que las preguntas, dificultades y soluciones que se han dado durante el proceso. Estas dificultades nos dan a entender la complejidad que el sistema tiene y nos enseñan a centrarnos en una investigando y mejora continua pues, la perfección absoluta nunca puede ser alcanzada.

6. Trabajo futuro del proyecto

El mercado en el que E+H opera no es susceptible de grandes cambios de la noche a la mañana y la industria lo que busca es fiabilidad y sistemas que funcionen perfectamente durante al menos 10 años. Como se ve en alguno de los eslóganes de E+H (Ilustración 5.1) la empresa se adapta a la necesidades de sus clientes y una nueva tecnología debe pasar por un largo camino hasta que es ofertada y aceptada por los clientes.

- Doing the same things the same way, and right from the beginning
- Evolution not revolution

Ilustración 5.1 Extracto de los lemas de Endress + Hauser

La seguridad de la comunicación es sin lugar a dudas el objetivo prioritario de este sistema pues sin ella nada puede hacerse. Un grupo de trabajo de ingenieros de las oficinas de Maulburg, Basilea y Stuttgart trabajan asiduamente y se reúnen al menos una vez al mes para desarrollar un estándar de seguridad.

El siguiente paso es hacer una APP capaz de interactuar con todos los dispositivos que E+H tiene en el mercado. Dado que cada uno de ellos es diferente con distintos sensores, parámetros para lectura de datos, velocidad de procesamiento...etc. esta tarea va a resultar ardua y se pretende contratar a una empresa externa especializada en el desarrollo de APP para móviles.

El primer proyecto se espera que esté terminado para finales de 2015 y se trata de una APP que cree un menú dinámico ofreciendo opciones específicas dependiendo del dispositivo de medición al que se esté conectando mediante BLE.

Bibliografía

- Bekkelien, A. (Marzo de 2012). *Bluetooth Indoor Positioning*. Obtenido de Master of Computer Science, University of Geneva:
http://tam.unige.ch/assets/documents/masters/bekkelien/Bekkelien_Master_Thesis.pdf
- Bluetooth. (15 de Febrero de 2015). *Bluetooth-Smart-Optimizations*. Obtenido de <https://developer.bluetooth.org/DevelopmentResources/Pages/Bluetooth-Smart-Optimizations.aspx>
- Bluetooth Accessory Design Guidelines for Apple Products*. (18 de Septiembre de 2013). Obtenido de <https://developer.apple.com/hardware/drivers/BluetoothDesignGuidelines.pdf>
- Bluetooth Technology Fast Facts*. (08 de Junio de 2015). Obtenido de <http://www.bluetooth.com/Pages/Fast-Facts.aspx>
- CCM. (18 de Junio de 2015). Obtenido de <http://es.ccm.net/faq/12085-android-instalar-un-archivo-apk>
- Clum, L. (13 de Mayo de 2013). *flat design and why its significant*. Obtenido de uxmag: <http://uxmag.com/articles/a-look-at-flat-design-and-why-its-significant>
- Cyanogenmod*. (08 de Junio de 2015). Obtenido de <http://www.cyanogenmod.org/>
- Endress+Hauser. (12 de Febrero de 2015). *group-structure*. Obtenido de endress: <http://www.endress.com/en/Endress-Hauser-group/endresshauser-at-a-glance/group-structure>
- Endress+Hauser. (13 de Febrero de 2015). *Levelflex-FMP51*. Obtenido de endress: <http://www.endress.com/en/Tailor-made-field-instrumentation/level-measurement/Guided-Radar-Levelflex-FMP51>
- Fowler, M. (Mayo de 2004). *Is Design Dead?* Obtenido de martinfowler: <http://martinfowler.com/articles/designDead.html>
- Getac. (2015). *Getac z710*. Obtenido de getac: <http://us.getac.com/tablets/z710/features.html>
- Google. (2015). *Best Practices for User Interface*. Obtenido de <https://developer.android.com/training/best-ui.html>
- Google. (22 de Enero de 2015). *building-ui*. Obtenido de developer.android: <http://developer.android.com/training/basics/firstapp/building-ui.html>
- Grabianowski, E. (08 de Junio de 2015). *Is Wibree going to rival Bluetooth?* Obtenido de HowStuffWorks : <http://www.howstuffworks.com/wibree.htm>

- Lund, A. (. (2001). *USE Questionnaire*. Obtenido de http://edutechwiki.unige.ch/en/Usability_and_user_experience_surveys
- NordicSemiconductor. (2015). Obtenido de <https://www.nordicsemi.com/eng/Products/Bluetooth-Smart-Bluetooth-low-energy/nRF51822>
- Nudelman, G. (2013). *Android Design Patterns: Interaction Design Solutions for Developers*. Wiley.
- Sutherland, J. (Octubre de 2004). *Agile Development: Lessons Learned from the First Scrum*. Obtenido de <https://www.scrumalliance.org/resources/35>
- tutorialspoint. (06 de Junio de 2015). Obtenido de http://www.tutorialspoint.com/android/android_sqlite_database.htm

Apéndice 1 Manual de usuario APP

La instalación de la App se hace mediante el archivo apk.

Para poder instalar un archivo APK, autorizar la instalación de aplicaciones que no proviene de Google Play Store. Hace falta para esto ir a la Configuración de tu smartphone o tableta. Según los modelos, ir al submenú "Seguridad" o al submenú "Aplicaciones". Activa la opción "Fuentes Desconocidas".



Ilustración 0.1 Activación de Fuentes desconocidas para instalación

Copial el archivo apk en tu tarjeta SD. Podrás instalar tu archivo APK a partir de un explorador de archivo tal como "ES Explorador de Archivos" o "Astro File Manager". Inicia tu explorador de archivo y ve a la carpeta donde se encuentra tu archivo APK. (CCM, 2015)

Una vez instalado aparacera la app en tu lista de apps

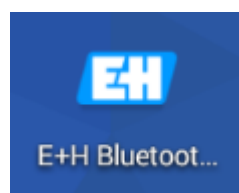


Ilustración 0.2 Logo de la APP

A continuación se detalla cómo usar la APP.

User Name	Login
Password	Sign up



Ilustración 0.3 Pantalla de inicio/registro

Pantalla de log-in, introduce nombre y contraseña y pulsa o bien *login* para acceder a la APP o *sign up* para crear un nuevo usuario y contraseña.

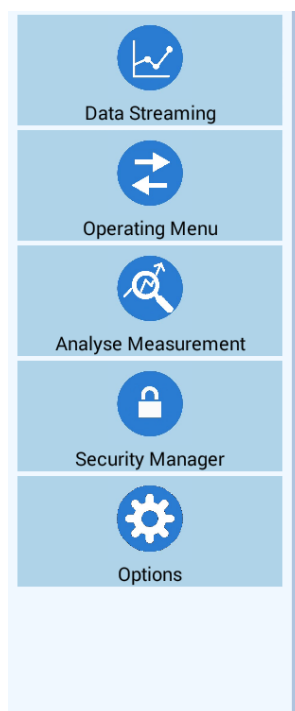


Ilustración 0.4 Menú principal de la APP

Menú principal de la APP tras acceder a la APP

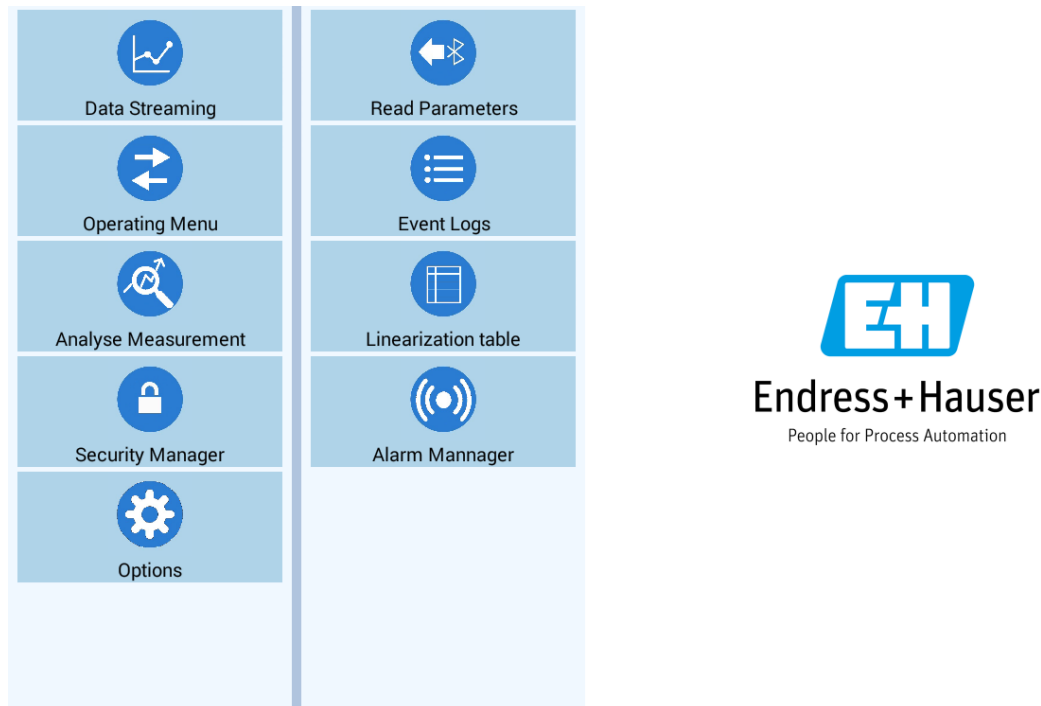


Ilustración 0.5 Menú principal de la APP expandido

Menú principal de la APP con submenú Operating menu abierto.

- **Data Streaming** abre la funcionalidad data Streaming
- **Operating Menu** abre y cierra el submenú Operating menu
- **Analyse Measurements** abre la funcionalidad Analyse Measurements
- **Security Manager** abre la funcionalidad Security Manager.
- **Options** permite cambiar las opciones de auto-recordatorio de directorios de la funcionalidad read parameters
- **Read Parameters** abre la funcionalidad Read Parameters permite la lectura de parámetros desde un fichero .txt y los guarda en formato Excel
- **Event log** abre la funcionalidad Event log.
- **Linearization table** abre la funcionalidad Linearization table.
- **Alarm mannager** abre la funcionalidad Alarm mannager

Todas estas funcionalidades son de una sola pantalla en la que o bien se muestran datos o se pide al usuario que seleccione si quiere leer los datos o escribirlos.

Data Streaming en esta funcionalidad se visualiza las lecturas de *level*, *distance* y *temperature*.

- **Level** muestra la cantidad/nivel de líquido que el dispositivo de medición está detectando en el tanque.
- **Distance** es un valor que está asociado a Level y se calcula a partir de este. Es la distancia entre el dispositivo de medición y la superficie del líquido en el tanque.
- **Temperature** muestra la temperatura que el dispositivo de medición está detectando en el tanque.

La gráfica puede ser ampliada pulsando los botones de zoom de la parte inferior y se puede filtrar pulsando los iconos de la parte izquierda.

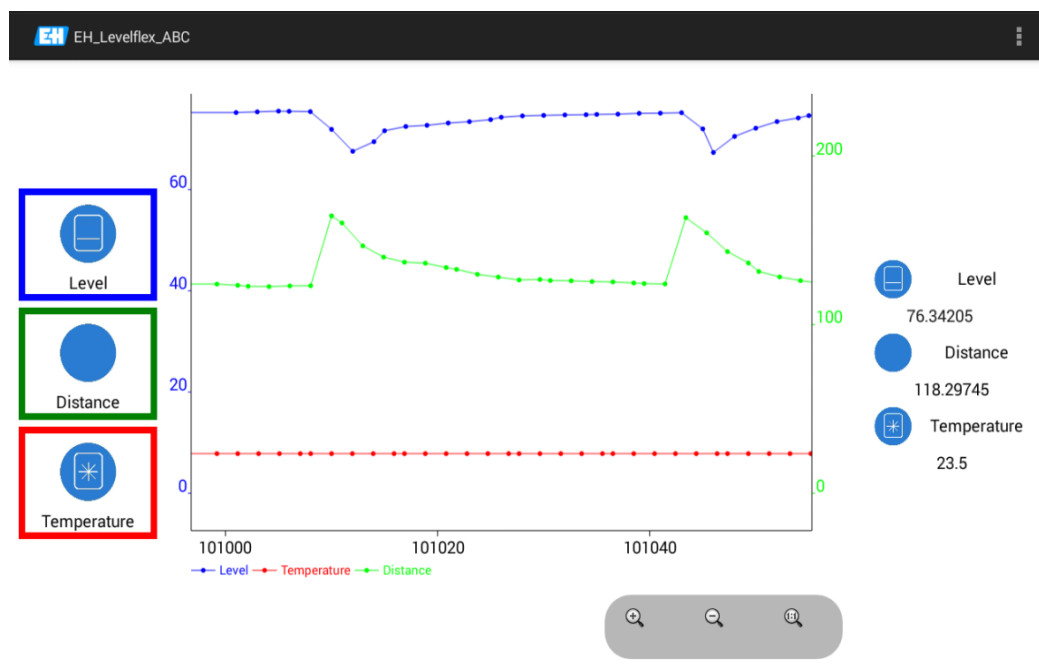


Ilustración 0.6 Data Streaming

Analyse Measurements pide que se seleccione un fichero Excel con los datos capturados en la funcionalidad *Read parameters* y los muestra de forma gráfica. La columna de la izquierda actúa de filtro.

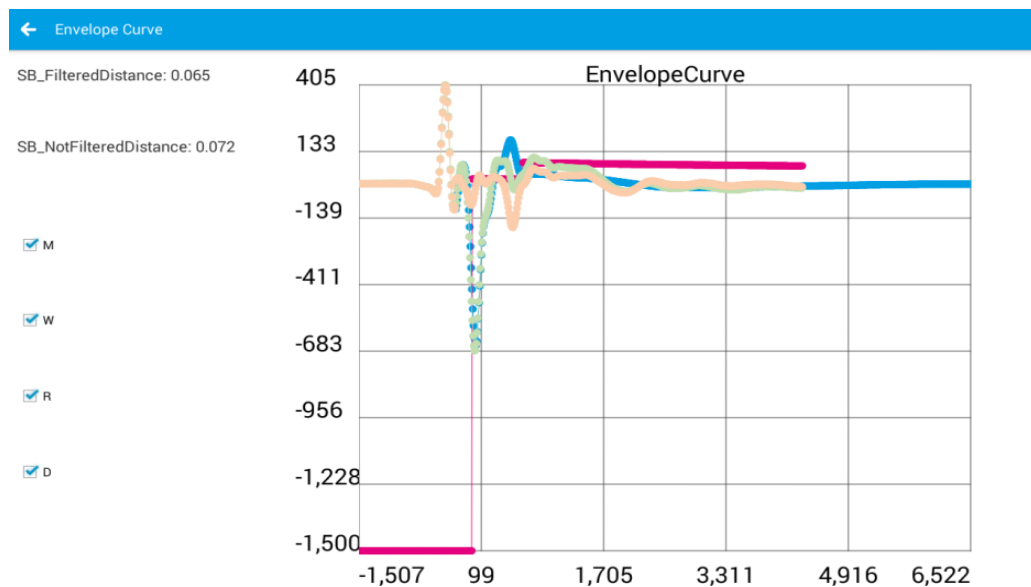


Ilustración 0.7 Data Analyse

Security Manager es una funcionalidad en la que se muestran dos pestañas una con los dispositivos almacenados y otra con los no almacenados a los que se puede dar click para introducir su contraseña y que queden almacenados.

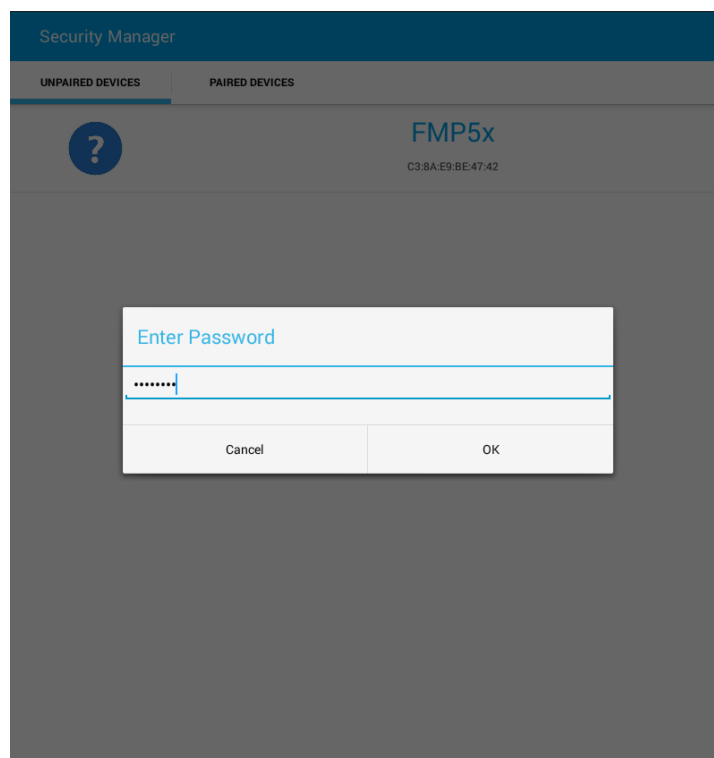


Ilustración 0.8 Security Manager

Read Parameters permite la lectura de parámetros desde un fichero .txt y los guarda en formato Excel.

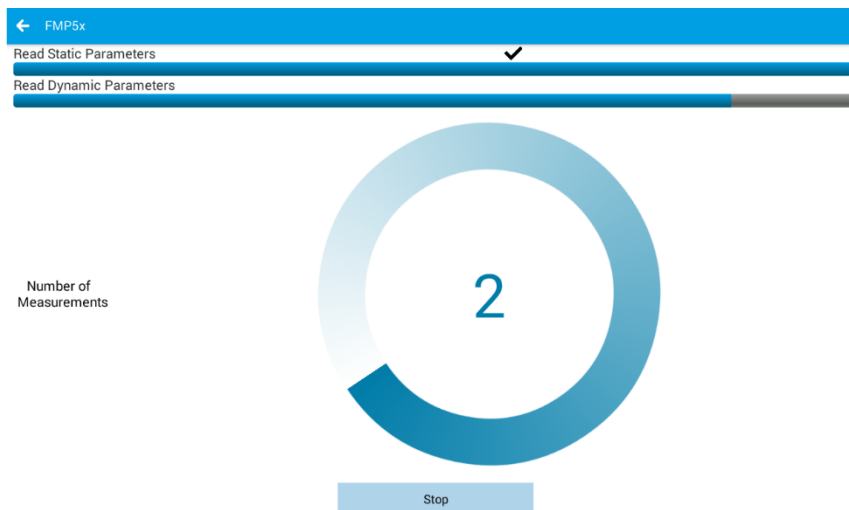


Ilustración 0.9 Read Parameters

Event log muestra los eventos guardados en el dispositivo de medición seleccionado. La columna de la izquierda nos permite seleccionar el dispositivo de medición que queremos para leer los eventos. En la parte derecha se muestran estos eventos con nombre, código y fecha de creación.

All Events		
Devices	Event List	
<div>✓</div> <div>FMP5x A</div> <div>C3:8A:E9:BE:47:42</div>	Power on	21d13h16m46s
	1089	
<div>✓</div> <div>EH_Levelflex_ABC</div> <div>C0:5E:93:05:66:CA</div>	Power on	21d12h30m46s
	1089	
	Power on	21d12h13m24s
	1089	
	Power on	21d12h04m34s
	1089	
	Linearization	21d11h43m38s
	435	
	Configuration changed	21d11h43m37s
	1091	
	Linearization	21d11h04m00s
	435	

Ilustración 0.10 Event log

Linearization table nos permite leer o escribir una tabla de linearización en el dispositivo de medición. La parte derecha muestra la tabla con sus valores, haciendo click se pueden cambiar estos valores. La parte derecha muestra los valores

representados en una gráfica. Los botones read y write nos permiten escribir o leer una tabla de linearización.

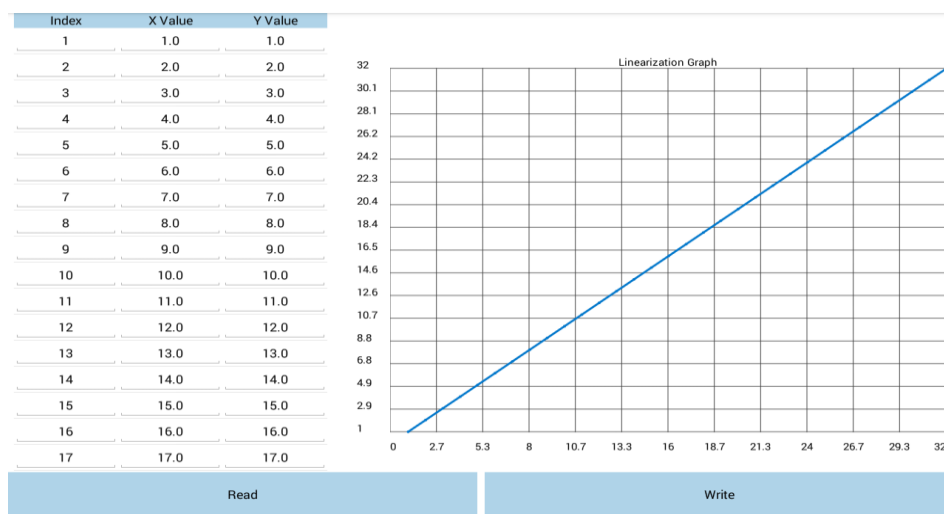


Ilustración 0.11 Linearization table

Alarm mannager nos permite activar y desactivar la alarma ante error, cuando se produce un error aparecerá una pantalla similar a la mostrada debajo

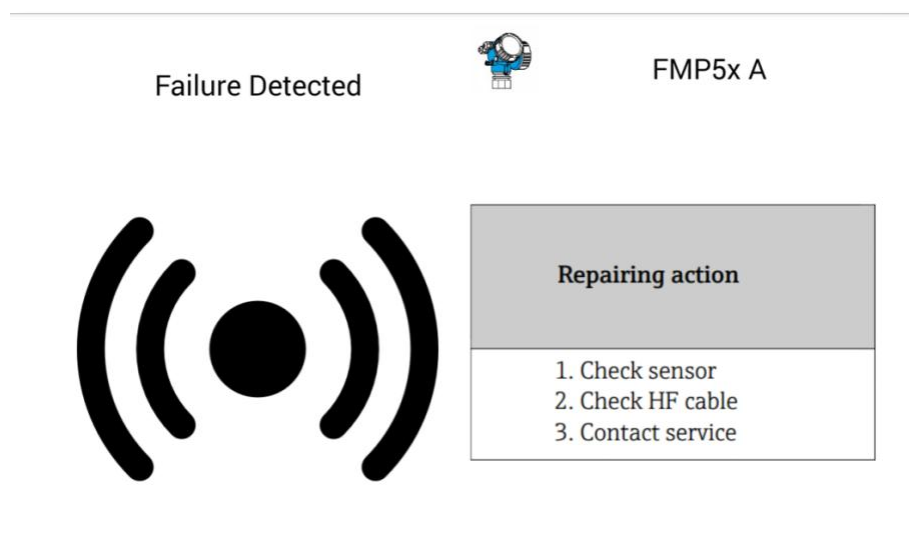


Ilustración 0.12 Alarm mannager