



**CAMPUS
SUR-UPM**

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA Y SISTEMAS
DE TELECOMUNICACIÓN



POLITÉCNICA

PROYECTO FIN DE GRADO

TÍTULO: Desarrollo de un dashboard analítico de la información de sensores IOT para la detección de patrones relacionados con la soledad no deseada

AUTOR/A: Genaro Miguel Rodríguez Calatayud

TITULACIÓN: Imagen y sonido

DIRECTOR/A: Álvaro Sánchez García

TUTOR/A: Miguel Ángel Valero Duboy

DEPARTAMENTO: Ingeniería Telemática

VºBº TUTOR/A

Miembros del Tribunal Calificador:

PRESIDENTE/A: Francisco Javier Ortega González

TUTOR/A: Miguel Ángel Valero Duboy

SECRETARIO/A: Ana Belén García Hernando

Fecha de lectura: 5 de Julio de 2024

Calificación:

El Secretario/La Secretaria,

Resumen

La Fundación Tecnologías Sociales (TECSOS) está inmersa en el proyecto Future Home IoT [33]. Este proyecto se basa en la tecnología del *internet de las cosas*, empleando sensores de telemonitorización para analizar la situación de personas identificadas como potenciales perfiles en riesgo de sufrir soledad no deseada (experiencia personal negativa en la que un individuo no dispone del apoyo emocional que desea en sus relaciones y tiene la necesidad de comunicarse con otras personas).

La fundación TECSOS ha escogido la tecnología Narrow Band IoT la cual emplea sensores que miden diferentes parámetros y envían información a través de una red dedicada del operador Vodafone hasta una plataforma en la nube. Estos sensores, que medirán diferentes variables asociadas al comportamiento en el hogar de una persona determinada, cuentan con conectividad propia y envío directo de los datos, aportando fiabilidad y robustez al no depender de ninguna pasarela, router o conexión a internet externa.

Este proyecto fin de grado parte de los datos de dichos sensores almacenados en una plataforma ThingWorx a la que los mismos envían información periódicamente, en la cual el alumno tiene habilitada una cuenta de usuario. Se cuenta también con una licencia de Power BI, que cumple su función como herramienta software de enlace para la importación, transformación y visualización de los datos. Por último, el alumno porta también dos kits de sensores propios para la realización de pruebas y simulaciones de casuísticas reales, así como la instalación de uno de los kits en el Hogar Digital Accesible de la UPM.

Este punto de partida da lugar finalmente a un dashboard o panel de control visual que pretende facilitar a trabajadores del ámbito social de la CRE el seguimiento de unas condiciones del hogar y unos hábitos conductuales definidos tras una investigación sociológica del propio PFG. Esta investigación relaciona estas casuísticas del interior de un hogar con la soledad no deseada y la falta de autonomía personal. La visualización está orientada a personas trabajadoras del ámbito social de la CRE, y su diseño pretende poder seguir siendo implementado a largo plazo con nuevas casuísticas o indicadores de relación, a medida que se vayan estudiando los hogares a través del propio panel.

La instalación de un kit de sensores de telemonitorización en el Hogar Digital Accesible de la UPM ha permitido recopilar datos de posibles casuísticas reales y poder mostrarlos en la visualización final en el panel. De este modo, se implementa finalmente un dashboard para evaluar los datos del HDA, pero el desarrollo del mismo pretende servir a la Fundación TECSOS como solución genérica y base inicial para poder estudiar hogares en diferentes servicios a nivel nacional.

Abstract

Tecnologías Sociales foundation (TECSOS) is engaged in the Future Home IoT project. This project use Internet of Things technology, including telemonitoring sensors in order to analyze the conditions of individuals identified as potentially people at risk of unwanted loneliness (a negative personal experience where the individual misses emotional support and communication with others).

TECSOS has chosen Narrow Band IoT technology, which uses these sensors to measure various parameters and send data through Vodafone's dedicated network to a cloud platform. The sensors monitor different variables associated with home behavior and have their own connectivity. They also have direct data transmission, providing reliability and robustness by not relying on any gateway, router, or external internet connection.

The data from the sensors is stored on the ThingWorx platform, where the student has a user account. There is also a Power BI license, which serves as a software tool for importing, transforming, and visualizing the data. Additionally, the student has two sensor kits for testing and simulating real scenarios, as well as installing one of the kits in UPM's Digital Accesible home.

The starting point leads to a visual dashboard aimed at helping CRE social workers monitor predefined home conditions and behavioral habits identified after a sociological study done in this project. This study links these home scenarios to unwanted loneliness and the lack of personal autonomy. The visualization is designed for CRE social workers and aims to be continuously updated with new scenarios or relationship indicators, as homes are being studied through the dashboard.

A telemonitoring sensor kit has been installed in UPM's Accesible Digital Home to collect data on potential real scenarios and display them on the final dashboard. Thus, a dashboard is implemented to evaluate the HDA's data, but its development aims to serve as a generic solution for TECSOS, facilitating the study of homes of people in energy poverty and/or unwanted loneliness.

Índice de figuras

Figura 1. Esquema general del proyecto fin de grado.....	3
Figura 2. Tecnologías de acceso según el área IoT abordada.....	7
Figura 3. Tecnologías de comunicación en LTE [20].....	8
Figura 4. Sensor de presión barométrica.....	9
Figura 5. Sensor de temperatura y humedad.....	10
Figura 6. Sensor de temperatura, humedad y calidad del aire.....	10
Figura 7. Sensor Open Close.....	11
Figura 8. Informe de datos de sensor Open Close.....	12
Figura 9. Campo de detección de sensores PIR [29].....	12
Figura 10. Visualización de datos PIR registrados en la aplicación Efento.....	13
Figura 11. Página principal de la plataforma ThingWorx.....	14
Figura 12. Esquema general de tratamiento de datos en Power BI [11].....	16
Figura 13. Indicadores de soledad no deseada en personas mayores [3].....	22
Figura 14. Transformación de arrays de datos importados a tablas estructuradas.....	29
Figura 15. Relación varios a varios entre dos tablas de datos a través del ID.....	30
Figura 16. Visión general en el interior del Hogar Digital de la Upm.....	33
Figura 17: Instalación de multisensor en el HDA.....	34
Figura 18: Instalación de sensor PIR del baño en el HDA.....	35
Figura 19: Instalación de sensor PIR del dormitorio en el HDA.....	36
Figura 20: Instalación de sensor PIR del comedor en el HDA.....	37
Figura 21: Instalación de sensor Open Close en nevera.....	38
Figura 22: Instalación de sensor Open Close en puerta principal.....	38
Figura 21: Visualización del dashboard - Página principal.....	41
Figura 22: Visualización del dashboard - Página principal.....	42
Figura 23: Visualización del dashboard – Análisis de la confortabilidad general.....	44
Figura 24: Visualización del dashboard – Datos de temperatura.....	46
Figura 25: Visualización del dashboard – Datos de humedad.....	47
Figura 26: Visualización del dashboard – Datos de CAI.....	48
Figura 27: Visualización del dashboard – Datos de Co2.....	48
Figura 28: Visualización del dashboard – Datos de aperturas.....	51
Figura 29: Visualización del dashboard – Datos de presencia.....	53
Figura 30: Visualización del dashboard – Datos de presencia.....	56

Índice de tablas

Tabla 1. Índices de calidad del aire proporcionado por proveedor Efento [29].....	9
Tabla 2: Jerarquía de clasificación de los sensores en el Web Service AllDevices.....	15
Tabla 3: Sensores del expediente "Hogar-Digital-Upm".....	34
Tabla 4: Asignación simulada de nombres de sensores.....	39
Tabla 5: Indicadores de confortabilidad.....	45

Lista de acrónimos

API	Application Programming Interface: Interfaz de programación de aplicaciones
CAI	Calidad del Aire Interior
CRE	Cruz Roja Española
CSV	Comma-Separated Values: Archivos separados por coma
CEAPAT	Centro de Referencia Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas
COCEMFE	Confederación Española de Personas con Discapacidad Física y Orgánica
DAX	Expresiones de análisis de datos
ETL	Extract, Transform and Load: Extracción, transformación y carga
GSM	Global System for Mobile Communication
HTTP	Hypertext Transfer Protocol: Protocolo de transferencia de hipertexto
HDA	Hogar Digital Accesible
IMSERSO	Instituto de Mayores y Servicios Sociales
IoT	Internet of Things: Internet de las cosas
JSON	JavaScript Object Notation: Notación de objetos JavaScript
REST	Representational State Transfer: Transferencia de Estado Representational
TIC	Tecnologías de Información y Comunicación
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OMS	Organización Mundial de la Salud
PBI	Power Business Intelligence
PIR	Passive Infra Red: Infrarrojo Pasivo
PFG	Proyecto Fin de Grado
PTC	Parametric Technology Corporation: Corporación de tecnología paramétrica
URL	Uniform Resource Locator: Localizador uniforme de recursos
VOC	Volatil Organic Compounds: Compuestos orgánicos volátiles
XML	Extensible Markup Language: Lenguaje de marcado extensible

Índice de contenidos

Resumen.....	i
Abstract.....	iii
Índice de figuras.....	iv
Índice de tablas.....	v
Lista de acrónimos.....	vi
1. Introducción.....	1
1.1 Marco y motivación del proyecto.....	1
1.2 Objetivos técnicos y académicos.....	3
1.3 Estructura de la memoria.....	4
2. Marco tecnológico.....	5
2.1 Conceptos esenciales de diseño de tecnología social.....	5
2.2 Tecnología Narrow Band – Sensores de telemonitorización.....	7
2.2.1 Multisensores.....	8
2.2.2 Sensores de eventos.....	11
2.2.3 Plataforma Thingworx.....	13
2.3 Power BI.....	16
3. Especificaciones y restricciones de diseño.....	19
4. Descripción de la solución propuesta.....	21
4.1 Aproximación sociológica.....	21
4.1.1 Influencia de las condiciones del hogar en la soledad.....	23
4.1.2 Influencia de los hábitos conductuales en la soledad.....	25
4.2 Importación de los datos.....	27
4.3 Transformación de los datos.....	28
5. Resultados.....	33
5.1 Instalación de sensores en el Hogar Digital Accesible de la UPM.....	33
5.2 Transformación de los datos final.....	39
5.3 Visualización de los datos: Dashboard final.....	42
5.3.1 Página principal.....	42
5.3.2 Página de confortabilidad del hogar.....	43
5.3.3 Página de hábitos conductuales.....	49
5.3.4 Página de indicadores e informe en relación a la soledad.....	56
6. Presupuesto.....	57
7. Impacto del proyecto.....	59
8. Conclusiones.....	61
8.0 Conclusiones.....	61
8.1 Trabajos futuros.....	63
9. Referencias.....	65

Anexo.....	71
A.1 Estructura de la petición http Power Query - Thingworx.....	71
A.2 Medidas implementadas en relación con multisensores.....	72
A.2.1. Máximos y mínimos de temperatura.....	72
A.2.2. Máximos y mínimos de humedad.....	73
A.2.3. Máximos y mínimos de calidad del aire.....	73
A.2.4. Promedios de temperatura, humedad, CAI y Co2.....	74
A.2.5. Últimos valores registrados.....	74
A.3 Medidas implementadas en relación con sensores Open-Close.....	75
A.3.1. Aperturas totales en función del tiempo.....	75
A.3.2. Aperturas en el rango de la mañana.....	75
A.3.3. Aperturas en el rango de la tarde.....	76
A.3.4. Aperturas en el rango de la noche.....	76
A.3.5. Aperturas en el rango de la madrugada.....	76
A.3.6. Último registro de aperturas en el tiempo.....	77
A.4 Medidas implementadas en relación con sensores PIR.....	78
A.4.1. Presencia total en función del tiempo.....	78
A.4.2. Presencia en el rango de la mañana.....	79
A.4.3. Presencia en el rango de la tarde.....	79
A.4.4. Presencia en el rango de la noche.....	79
A.4.5. Presencia detectada por la madrugada.....	80
A.5 Medidas implementadas en relación con indicadores.....	80
A.5.1. Indicador de nivel de temperatura.....	80
A.5.2. Indicador de nivel de humedad.....	80
A.5.3. Indicador de nivel de CAI.....	81
A.5.4. Indicador de nivel de Co2.....	81
A.5.5. Informe sobre indicadores.....	82

1. Introducción

1.1 Marco y motivación del proyecto

Durante los últimos años, organismos internacionales como la OMS se han volcado en estudiar el impacto en la vida de las personas que están suponiendo ciertos avances tecnológicos, las crisis energéticas o las emergencias climáticas. Estos estudios han incrementado su número y alcance exponencialmente por la reciente situación de aislamiento mundial, debida a la pandemia de COVID-19, sumándose así entidades nacionales a estudiar temas como la salud mental o la pobreza energética [1] [2]. De manera más específica y ahondando en las causas y consecuencias de los problemas de salud mental, uno de los conceptos que ha ganado relevancia ha sido la soledad no deseada.

Se trata de un problema que afecta y contra el que luchan las organizaciones europeas, dando lugar en España a la creación de organismos y asociaciones de investigación y seguimiento del problema, tales como el Observatorio Estatal de la Soledad No Deseada [4]. Este es impulsado por la Fundación ONCE en el año 2022. Más recientemente, la OMS (Organización Mundial de la Salud) ha creado una comisión para afrontar el problema mediante un programa mundial, con el objetivo de tomar conciencia e impulsar soluciones, definiendo la soledad no deseada como “La experiencia personal negativa en la que un individuo tiene la necesidad de comunicarse con otros y percibe carencias en sus relaciones sociales, bien sea porque tiene menos relación de la que le gustaría o porque las relaciones que tiene no le ofrecen el apoyo emocional que desea”.

La Fundación TECSOS, impulsada por Cruz Roja Española y la Fundación Vodafone España, se dedica a aplicar de forma innovadora la tecnología con el fin de abordar diferentes necesidades de las personas. TECSOS colabora con la UPM mediante su oficina de aprendizaje y servicio, involucrando a estudiantes en la realización de prácticas o proyectos fin de grado o máster en el ámbito de la tecnología social. Desde su creación en el año 2002, lleva inmersa en diversos proyectos que buscan resolver con la innovación y la tecnología diferentes problemáticas sociales, y es la soledad no deseada uno de sus potenciales campos [13]. Este proyecto abarca diferentes ámbitos territoriales en los que la CRE cuenta con personas usuarias finales, conocidas de antemano como perfiles en situación de vulnerabilidad. Técnicos en intervención social de la CRE han clasificado a estos perfiles en riesgo de pobreza energética y/o soledad no deseada. En los hogares de dichas personas, con previa información y consentimiento informado, se instalan diferentes kits de sensores de telemonitorización para estudiar sus hábitos y condiciones del hogar, con el fin de estudiar o ayudar a la persona.

El proyecto cuenta con la participación de personas usuarias que habitan en hogares situados en diferentes comunidades autónomas de España. Se centra en los hábitos de perfiles de personas que lidien con la soledad no deseada o que presenten problemas en lo referente a la autonomía personal. Estos casos pueden estar relacionados también con personas que sufren situaciones de vulnerabilidad como por ejemplo la pobreza energética.

En este PFG se investigan los hábitos y condiciones específicas en el hogar que, siendo medibles gracias a los sensores de telemonitorización y el resto de su marco tecnológico, puedan apoyar a los servicios de CRE a detectar, evaluar o prevenir la soledad no deseada. En paralelo, se desarrolla parte del marco tecnológico del proyecto final. Este PFG enlaza el servicio de análisis de datos de Microsoft Power BI con la ya implementada plataforma Thingworx a la que los sensores de telemonitorización están enviando datos de información.

Esta investigación es el apoyo para la implementación de un dashboard analítico final que facilite la interrelación de los datos. Esta visualización debe favorecer la intervención o prevención de habituaciones relacionadas directa o indirectamente con la soledad no deseada y la autonomía personal. TECSOS, al trabajar de la mano con la Cruz Roja Española, cuenta con personal especializado para supervisar, filtrar y relacionar los datos recogidos de los hogares.

La importación, estructura y modelado de los datos importados pretende ser la óptima para el panel de visualización; permitiendo futuras mejoras de una manera eficiente y cumpliendo con unos criterios de usabilidad y accesibilidad que impulsen los objetivos del proyecto, detallados en la próxima sección.

La figura 1 muestra un esquema global de este PFG: en primer lugar, los sensores recogen datos de las mediciones oportunas. Dicha información se envía, a través de un servicio de infraestructura Narrow Band proporcionado por Vodafone, a una plataforma especializada conocida como ThingWorx especializada. Los datos, correctamente estructurados, se importan en la aplicación de escritorio Power BI desde un equipo local, para comenzar con la estructuración óptima. Finalmente, se lanza un panel de visualización para que los y las trabajadoras del ámbito social de la CRE puedan hacer un seguimiento de las personas en cuyos hogares hay sensores instalados.

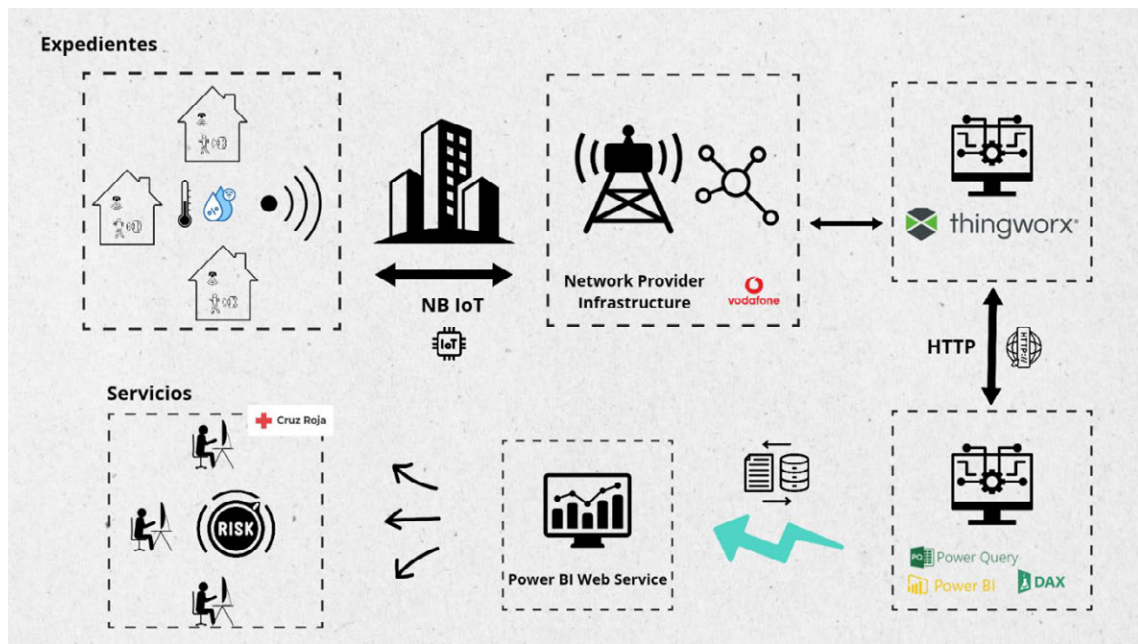


Figura 1. Esquema general del proyecto fin de grado

1.2 Objetivos técnicos y académicos

El objetivo general de este PFG es diseñar e implementar un dashboard analítico que facilite a trabajadores del ámbito de social autorizados la interrelación de los datos de sensores de telemonitorización integrados en un hogar real para el estudio de la soledad no deseada. Este panel de control visual debe apoyarse en unos criterios de usabilidad y accesibilidad que permitan a la persona usuaria (trabajadora del ámbito social de CRE) la intervención o prevención de hábitos relacionados directa o indirectamente con la soledad no deseada y la pérdida de autonomía personal.

Los objetivos operativos de este proyecto son:

- Investigar la interrelación de los datos de medida posibles, para obtener hallazgos sobre los hábitos del hogar y cómo estos pueden influir en el sentimiento de soledad.
- Definir indicadores, así como sus métodos de cálculo o modelos de visualización.
- Efectuar pruebas de configuración, medición y envío de datos de los sensores mediante un kit de pruebas validado.
- Desarrollar el dashboard o panel de visualización, con el sistema de analítica Power BI, facilitando el seguimiento a las personas supervisoras mediante los indicadores.
- Efectuar pruebas de usabilidad y fiabilidad desde un equipo de monitorización simulado por el estudiante.
- Instalar un kit de sensores, ya validados, en el Hogar Digital Accesible de la ETSIST, UPM. Realizar pruebas de concepto y estudiar los datos obtenidos.

Desde el punto de vista académico, el proyectista adquiere las siguientes competencias y habilidades:

- Conocimiento base de la tecnología Narrow band IoT.
- Importación, estructura, modelado y visualización de datos mediante el software Power BI.
- Programación en lenguaje DAX (Data Analysis Expression).
- Relación de hábitos estructurales y de la tecnología IoT con ámbitos sociales.

1.3 Estructura de la memoria

La metodología escogida del proyecto debido a sus características ha llevado a un trabajo en paralelo de sus tres partes diferentes:

- Investigación sociológica
- Instalación de sensores y recopilación de datos
- Importación, transformación y visualización de los datos (dashboard final) desde Power BI

En el capítulo 2 se desarrolla el marco tecnológico del PFG, se mencionan los criterios de accesibilidad y usabilidad esenciales para el diseño y se pone al lector en contexto de la base tecnológica de partida: la tecnología Narrow Band (tipos de sensores de telemonitorización y plataforma Thingworx) y la licencia de uso de Power BI.

Una vez se conceptualizan las especificaciones y restricciones de diseño en el capítulo 3, el capítulo 4 (Descripción de la solución propuesta) comienza con la investigación sociológica, imprescindible en el desarrollo de resultados mostrados en el capítulo 5. En la descripción de la solución se explica la implementación propuesta para importar los datos de la plataforma Thingworx a Power BI y cómo se transforman los mismos. La importación, transformación y visualización de los datos se van trabajando en paralelo y dependen las unas de las otras, por lo que este capítulo 4 pretende mostrar una solución general que permita comprender bien las posibilidades y limitaciones al trabajar en Power BI, sirviendo de base para otras ampliaciones por parte de la Fundación TECSOS.

El capítulo 5 de resultados muestra la instalación del kit de sensores en el HDA y se centra en el dashboard final, tanto a nivel visual como interno, haciendo referencia a las partes de código más relevantes a la hora de codificar las medidas implementadas para los cálculos y gráficas del panel de visualización, las cuales pueden encontrarse completas en el anexo.

2. Marco tecnológico

2.1 Conceptos esenciales de diseño de tecnología social

El hecho de haberse convertido la tecnología en uno de los medios para mejorar la calidad de vida de las personas, inclusive para hacer frente a problemas de la salud como los que abarca este PFG, han llevado a desarrollar unos criterios de accesibilidad y usabilidad imprescindibles para asegurar una tecnología al servicio de todas las personas [16]. El documento “Tecnología y accesibilidad para la salud mental” [15], impulsado por organismos como el CEAPAT, el IMSERSO y el Ministerio de Derechos Sociales y Agenda 2030, es un ejemplo de la implicación en la relación de la salud mental con la tecnología por parte de organismos especializados.

Para abordar problemas de la salud a través de la tecnología, los conceptos de usabilidad y accesibilidad son imprescindibles a la hora de impulsar una tecnología al servicio de las personas.

Los criterios de usabilidad y accesibilidad del proyecto hacen referencia a la norma EN 301 549 v3. 2.1 "Requisitos de accesibilidad para productos y servicios TIC" [16], así como a los 7 principios del diseño universal [17]:

1. **Igualdad de uso:** todas las personas con su independencia de capacidad física y sensorial puedan manejar el dashboard.
2. **Uso flexible:** Cada página contiene una información diferente para facilitar a la persona usuaria una mayor afinidad y agilidad a la hora de obtener la información que precisa.
3. **Uso simple y funcional:** La estructura se mantiene durante las páginas, ubicando los despliegues de filtros de servicios, expedientes, sensores o fechas siempre en las mismas partes de la pantalla.
4. **Información comprensible:** El lenguaje utilizado en los títulos o textos incluidos y la esquematización visual son legibles y claros.
5. **Tolerancia al error:** El panel final es tolerable al error pues permite retroceder a la página anterior o a la principal desde cualquier otra página.
6. **Bajo esfuerzo físico:** La interacción de con el sistema apenas debe requerir tiempo o complejidad de operación para poder analizar el servicio y los datos que ofrece dicho sistema.
7. **Dimensiones apropiadas:** Las gráficas, los títulos y los valores numéricos guardan una relación de tamaño adecuada entre sí. Las gráficas cuentan con ejes continuos que permiten ampliar los datos para una visualización en mayor profundidad.

Usabilidad

El dashboard de visualización final pretende cumplir con los siguientes requisitos de usabilidad:

- Una interfaz visual, con iconos visuales y títulos que permitan a la persona usuaria navegar de manera lógica y ordenada entre las diferentes pestañas.
- Una tipografía y estética adecuada; con títulos, encabezados, textos, imágenes e iconos representativos en función de los accesos o datos mostrados.
- Un lenguaje inclusivo, tanto a la hora de dirigirse a las personas usuarias finales como al hacer referencia a las personas evaluadas. Se ha tenido en cuenta el “Manual de Lenguaje Inclusivo” desarrollado por parte de COCEMFE [14].

Accesibilidad

- Para personas con **dificultades de audición**: El contenido relevante se presenta en texto o imágenes, por lo que no hay problemas de accesibilidad en este sentido.
- Para personas con **visibilidad reducida o nula**: Se han incluido los textos alternativos correspondientes para asegurar una navegación accesible por medio del lector de pantalla para Windows (“Narrador”).
- Para personas con **movilidad reducida o dificultades de manipulación**: En estos casos, es conveniente que la persona usuaria disponga de un dispositivo de adaptación para el control de un monitor y que los elementos faciliten la interacción mediante pulsadores.
- Para personas con **dificultades cognitivas**: Para personas con dificultades cognitivas se utilizan elementos gráficos fácilmente relacionables con los objetos físicos que tienen relación con este PFG (los sensores del hogar digital y sus mediciones, el espacio o habitación, armarios, neveras, etc.). El uso de menús para una navegación sencilla también apoya en este ámbito.

2.2 Tecnología Narrow Band – Sensores de telemonitorización

El impacto de la tecnología IoT en la vida de la vida de las personas ha llevado al desarrollo de diferentes alternativas de conectividad, mostradas en la figura 2. La tecnología NB-IoT se basa en LPWA, tecnología de amplia conectividad inalámbrica y baja velocidad de transmisión. [18]

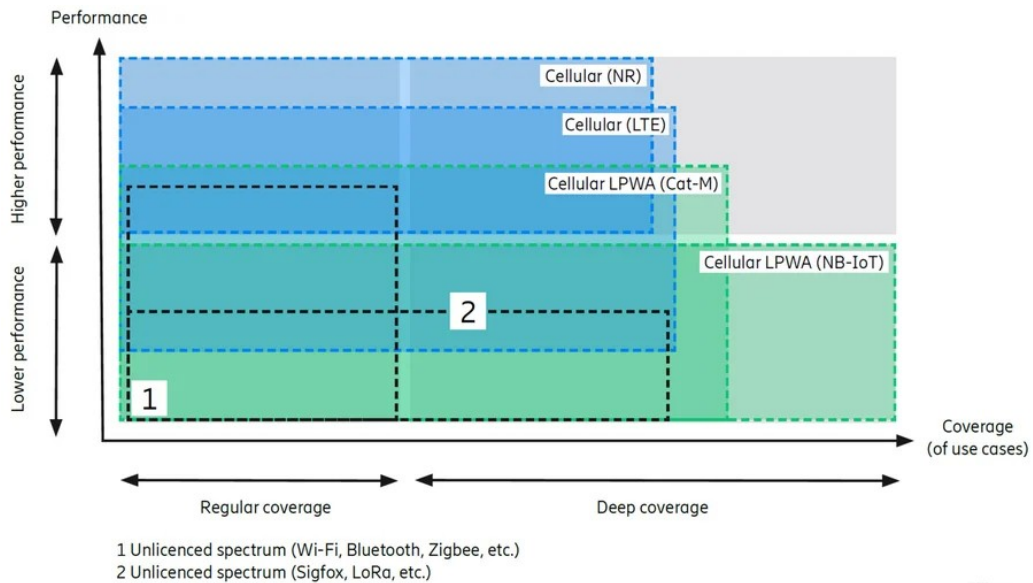


Figura 2. Tecnologías de acceso según el área IoT abordada

Desde que se introdujeron las nuevas características que aporta la tecnología Narrow Band para IoT, introducidas por el Third Generation Partnership Project [19] en 2015, numerosas empresas del sector de las telecomunicaciones como Vodafone han trabajado para desplegar servicios NB-IoT lo antes posible [20]. Estas características son determinantes para el proyecto Future Home de Fundación TECOS y CRE:

1. La reducción de consumo de energía de los dispositivos se traduce en un aumento de la vida útil de la batería de los dispositivos.
2. La cobertura es elevada (+20 dB GSM [20]) permitiendo el envío de datos de sensores ubicados en hogares con condiciones de pobreza energética, habitualmente sótanos o bajos.

En la figura 3 se muestran los datos detallados de la tecnología NB IoT, también frente a otras tecnologías LTE de comunicación como Basic 4G o LPWA.

LTE communications technologies

	High Performance 4G	Basic 4G	LPWA	LPWA: Full Capability
	Cat 3/4	Cat 1	Cat M	NB-IoT
E2E Support	TODAY	TODAY	H1/2017	H1/2017
DL/UL Rates	150Mbps/50Mbps	10Mbps/5Mbps	Up to 1000kbps	3 to 100kbps
Sector Capacity	>200k	>200k	>50k	>200k
Coverage	-4dB GSM	-4dB GSM	+11dB GSM	+20dB GSM
Battery	1 years today > 10 years from H2/2016*	1 years today > 10 years from H2/2016*	> 10 years	> 15 years
Module Cost**	30€-80€ (today) < 40€ (2017)	~30€ (today) <20€ (2017)	<15€ (2017)	<10€ (2017)
Network Upgrade	Supported Today	Supported Today	SW + Some HW Upgrades	SW + Some HW Upgrades
Security	High	High	High	High

* Earliest date for Power Saving Mode core upgrade and new devices
 ** New Module RFI planned when market deemed to be more stable

C1 – Public



Figura 3. Tecnologías de comunicación en LTE [20]

La fundación TECSOS ha escogido los sensores que proporciona el fabricante Efento, que medirán los comportamientos en el hogar de una persona determinada. Estos cuentan con conectividad propia y envío directo de los datos a la plataforma Thingworx, aportando fiabilidad y robustez al no depender de ninguna pasarela, router o conexión a internet externa. Los sensores de la marca Efento son de dos tipos diferentes y dentro de cada tipo existen diferentes configuraciones.

Estos sensores cuentan con una aplicación móvil a través de la cual se puede configurar y verificar su funcionamiento mediante Bluetooth, así como visualizar sus datos medidos en tiempo real.

2.2.1 Multisensores

Estos sensores de medición devuelven un valor en las unidades correspondientes según su configuración. El periodo de medida puede configurarse desde cada 1 minuto a cada 10 días, con una capacidad de hasta 40.000 medidas sustituyendo las nuevas por las más antiguas cuando la memoria está llena. Pueden realizar las siguientes mediciones, combinando diferentes tipos:

- **Temperatura:** Ofrecen un rango de -15 a +70°C, con una precisión de hasta 0,4°C.
- **CO2:** Permiten mediciones desde los 400 ppm hasta los 5000 ppm, con precisión ±40 ppm +5 % de la lectura.
- **Humedad relativa:** Abarcan una variación de 0 a 99% RH, con una precisión de hasta 4% en el rango de 0 a 80%.

- **Calidad del aire:** El dispositivo mide la calidad del aire en función de la concentración de compuestos orgánicos volátiles (COV) y calcula la IAQ (calidad del aire interior), que representa la calidad del aire en la habitación. Devuelven el índice IAQ en función de los rangos de calidad establecidos, reflejados en la Tabla 1.

IAQ index	Air quality
0-50	Good
51-100	Average
101-150	Little bad
151-200	Bad
301-500	Worse
>500	Very bad

Tabla 1. Índices de calidad del aire proporcionado por proveedor Efento [29]

- **Presión barométrica:** Abarcan un rango de 300 a 1100 hPa con una precisión absoluta de ± 3 hPa de 0 a $+ 65^{\circ}\text{C}$ y relativa de $\pm 0,12$ hPa de 0 a $+ 65^{\circ}\text{C}$, entre los 800 y 900 hPa.



Figura 4. Sensor de presión barométrica

- Wireless temperature and humidity logger (NB-IoT). Realiza las mediciones de temperatura y humedad.



Figura 5. Sensor de temperatura y humedad

- Wireless indoor air quality, temperature and humidity logger (NB-IoT). Permite medir la calidad de aire interior.



Figura 6. Sensor de temperatura, humedad y calidad del aire

2.2.2 Sensores de eventos

Estos sensores son binarios, lo que quiere decir que envían un 1 o un 0 en función de su estado. Según la configuración del sensor, estos pueden ser:

- **Sensores Open-Close:** Permiten detectar la apertura o cierre de puertas, teniendo un estado para cuando la puerta está cerrada (0) y otro para cuando está abierta (1).



Figura 7. Sensor Open Close

En la figura 8 se muestra un ejemplo de un informe de datos exportado desde la aplicación móvil de Efento para un sensor de tipo Open Close. Estos informes pueden exportarse para cualquier tipo de sensor.

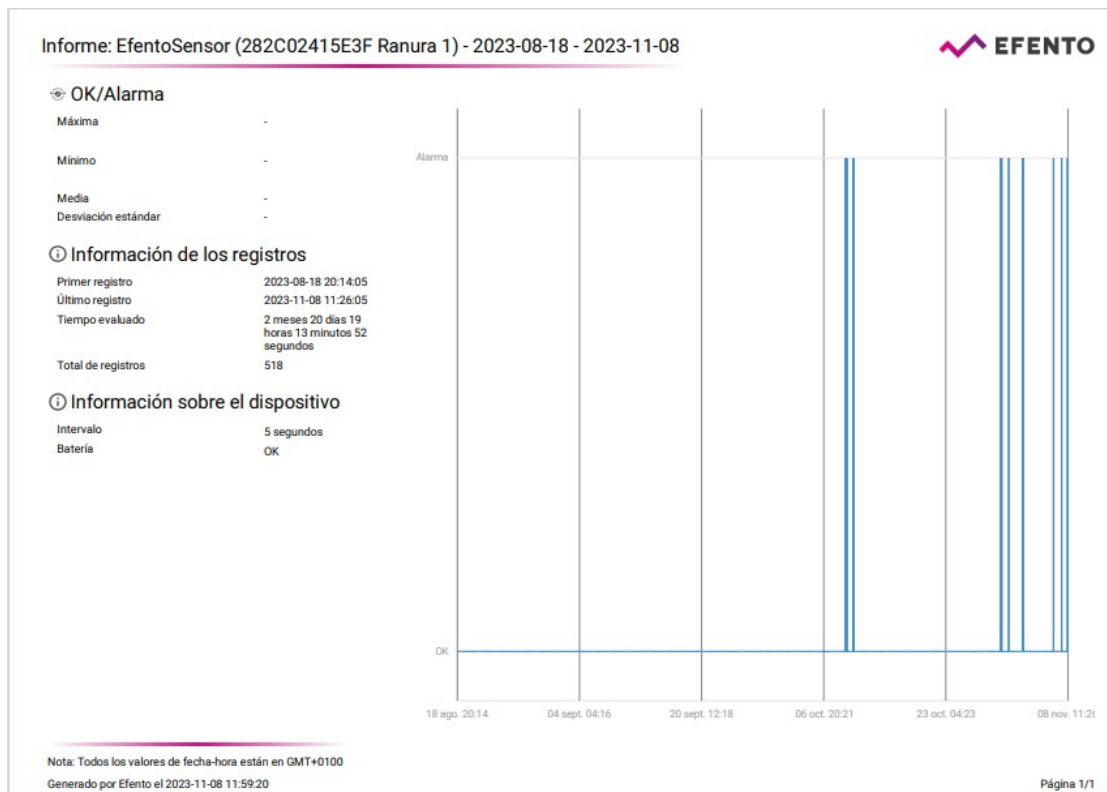


Figura 8. Informe de datos de sensor Open Close

- **Sensores de movimiento (PIR):** Sensores con un campo de detección de $40^{\circ} \times 105^{\circ}$ para detectar movimientos humanos de 0 a 12 metros del dispositivo (figura 9).

Cuando no detectan presencia están en el estado “Ok” (0), y cuando la detectan pasan al estado de detección de movimiento (1).

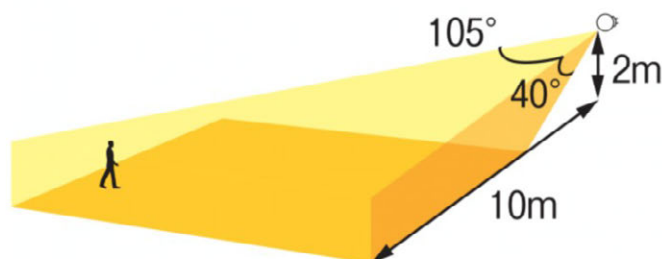


Figura 9. Campo de detección de sensores PIR [29]

También pueden visualizarse los datos registrados en línea para cualquier sensor. La figura 10 muestra la visualización de datos para un sensor de movimiento.

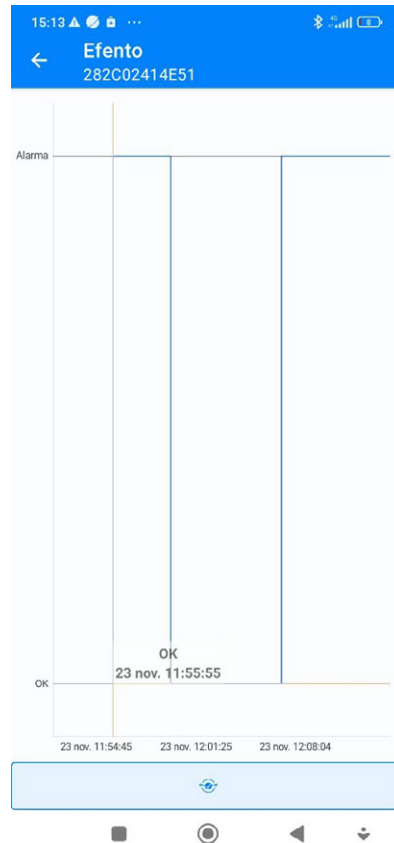


Figura 10. Visualización de datos PIR registrados en la aplicación Efento

2.2.3 Plataforma Thingworx

Vodafone, líder mundial de servicios IOT y conectividad, combina en este proyecto sus servicios con los servicios software IoT de PTC. La plataforma IoT ThingWorx de PTC permite administrar, agrupar y organizar los datos enviados por los dispositivos en un sistema de tecnología IoT. Es una solución abierta que para este proyecto emplea la herramienta REST API como interfaz de comunicación (ThingWorx REST API [21]), permitiendo fácilmente la interacción con clientes por medio de peticiones HTTP.

En el proyecto de CRE, cada sensor tiene asignado un identificador único que permite vincular a cada hogar su kit de sensores instalados. Así, a cada hogar se le asigna también un expediente único. Un servicio puede gestionar y tener asignados diferentes expedientes, que pueden estar ubicados en distintas localidades. En resumen, cada uno de los sensores se define por su ID, tipo, modelo, expediente, servicio, ámbito territorial, ciudad y proveedor. Los sensores envían periódicamente su información de datos a la plataforma. Los multisensores envían datos periódicamente, con un periodo ajustable. En el proyecto Future Home de la Fundación TECOSOS y CRE se configuran 1ns multisensores con un intervalo de medición de datos cada 5 segundos, enviando sus datos a la plataforma Thingworx una vez al día. En el caso de los sensores de tipo evento, de cara a

optimizar su envío de los datos, estos se configuran para enviar datos cuando detectan un cambio de estado.

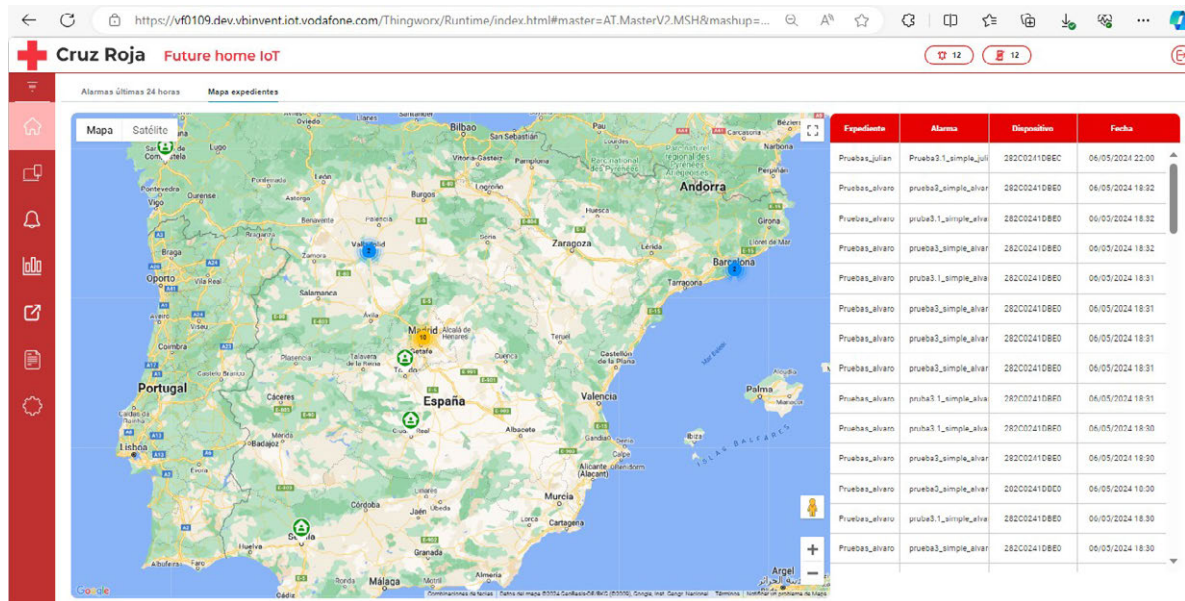


Figura 11. Página principal de la plataforma ThingWorx

Desde la plataforma se pueden visualizar los datos, de forma más simplificada, diferente a cómo pretende hacerlo este proyecto. Así mismo, se pueden descargar o transferir los datos a través de peticiones http. Los datos están agrupados en tres servicios web:

1. **AllDevices** (AT.WebServices.HUB/services/GetAllDevices): En esta tabla de datos se encuentran registrados todos los sensores del proyecto, clasificados según las siguientes características:
 - Identificador: Cada sensor tiene un ID único
 - Tipo
 - Modelo
 - Expediente: Persona usuaria (o visto de otro modo, el hogar) al que se asigna el sensor. Un expediente puede tener asignados varios sensores
 - Servicio: Área o equipo de personal responsable de la persona usuaria. Un servicio puede tener asignados varios expedientes
 - Ámbito territorial: En base a la ubicación del sensor
 - City: En base a la ubicación del sensor
 - Brand: Efento

La Tabla 2 muestra la jerarquía de clasificación de los sensores en el Web Service AllDevices en ThingWorx.

ID	Expediente	Servicio	Tipo	Ciudad	Ámbito territorial	Modelo	Proveedor
Identificador único	Nombre del hogar	Gestor del expediente	Open Close Multisensor PIR WaterLeak	X	X	MultisensorOystaEfentoNB TempHumLoggerEfentoNB AirQualityLoggerEfentoNB CarbonDioxideLoggerEfentoNB MotionOccupancyLoggerEfentoN OpenClosePlasticLoggerEfentoNB	Efento Oysta

Tabla 2: Jerarquía de clasificación de los sensores en el Web Service AllDevices

2. **MultisensorLogs** (AT.WebServices.HUB/services/GetMultisensorLogsAPIV2): En esta tabla de datos se encuentran registrados todos los datos de medición de los sensores de telemonitorización de tipo “multisensor”, clasificados según las siguientes características:
 - Identificador
 - Tipo
 - Expediente
 - Temperature: Valores registrados de temperatura en °C
 - Humidity: Valores registrados de humedad en %
 - VOC: Valores registrados de calidad del aire en IAQ
 - MeasurementInterval: Intervalo de medición
 - Timestamp: Fecha y hora de la medición

3. **EventLogs** (AT.WebServices.HUB/services/GetEventLogsAPIV2): En esta tabla de datos se encuentran registrados todos los datos de medición de los sensores de telemonitorización de tipo “evento”, clasificados según las siguientes características:
 - Identificador
 - Tipo
 - Expediente
 - MeasurementInterval
 - Timestamp

Cabe destacar que el servicio EventLogs no funciona como es de esperar para el proyecto de TECSOS y para este PFG, puesto que no permite acceder al valor binario registrado por los sensores de apertura de puertas o de detección de movimiento a la hora de conectar a la

plataforma Thingworx desde Power BI. No obstante, sí se ha podido acceder y tratar de otras maneras los datos recogidos por los sensores de evento, descargándose desde la plataforma e importándose en Power BI. También se han podido importar en Power BI datos propios del kit de pruebas otorgado al alumno, puesto que los sensores Efecto permiten exportar sus datos de medición en formatos CSV, compatibles con Power BI como se explicará más adelante en este PFG. Esta última opción ha permitido al alumno poder contar con datos de los sensores en situaciones de medición reales o simuladas, así como generar archivos de extensión .CSV con datos simulados.

2.3 Power BI

Power BI consiste en una agrupación de servicios software, aplicaciones y conectores que habilitan el acceso a diversos orígenes de datos [6]. La aplicación de escritorio PBI Desktop permite trabajar en local. La conexión, estructuración y transformación de datos se realiza a través del editor propio de Power BI llamado Power Query (figura 12). Se ha escogido la herramienta PBI para este PFG puesto que permite realizar el trabajo de las diferentes partes en un mismo software, además de permitir una visualización coherente e interactiva. El estudiante no tenía experiencia previa en el uso de PBI antes del proyecto, por lo que se ha dedicado un tiempo previo al estudio y manejo de la herramienta [11].

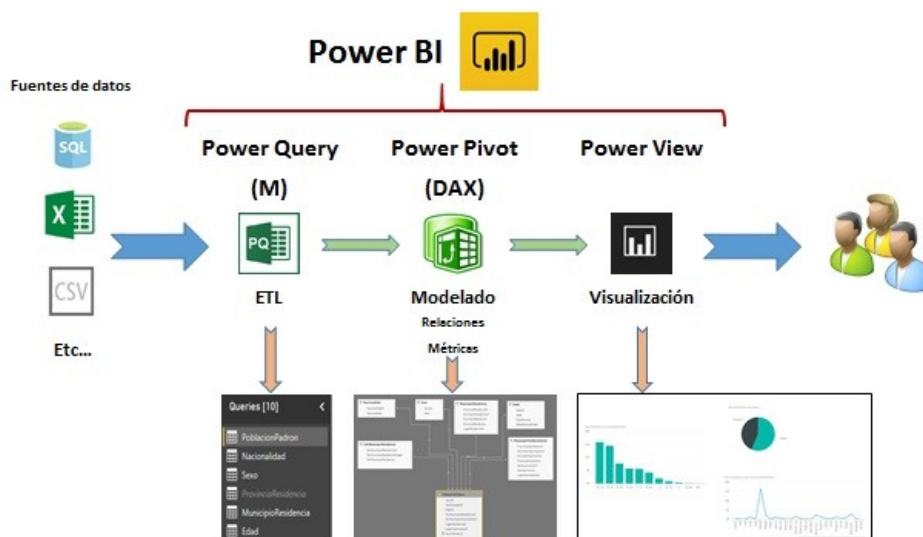


Figura 12. Esquema general de tratamiento de datos en Power BI [11]

Para realizar cálculos y consultas a partir de las tablas de datos importadas y transformadas, Power BI utiliza el lenguaje de Expresiones de análisis de datos (DAX). A la hora de implementar funciones de programación, hay que diferenciar los cálculos, las medidas, las columnas o tablas calculadas y la seguridad de fila.

Los cálculos en DAX son las fórmulas (funciones, operadores o valores) usadas en medidas, columnas calculadas, tablas calculadas y seguridad de fila. Por otro lado, las medidas cambian su resultado en función del contexto y sus fórmulas de cálculo contenidas. Estas se crean con la barra de fórmulas DAX del diseñador de modelos. [31]

Como ejemplo, se adjunta a continuación una medida simple para el cálculo del promedio de temperatura, a partir de la columna que cuenta con los registros de datos de temperatura. Todas las funciones DAX implementadas por el alumno se adjuntan en el capítulo de anexos.

```
Promedio de temperature =  
ROUND(AVERAGEX(  
    KEEPFILTERS(VALUE('2 MultisensorLogs'[Timestamp])),  
    CALCULATE(SUM('2 MultisensorLogs'[temperature]))  
,1) & "°C"
```

En capítulos posteriores se ahonda en el uso de PBI para el desarrollo del PFG.

3. Especificaciones y restricciones de diseño

Las especificaciones a tener en cuenta en las diferentes partes del proyecto son:

- Para la detección de la influencia de los hábitos en el sentimiento de soledad de las personas y la obtención de los indicadores, la investigación sociológica de este proyecto se basa en estudios técnicos sobre hábitos en el hogar mediante tecnología IoT, así como estudios sociales o del ámbito de la salud más específicos.
- La arquitectura IoT escogida para el proyecto ha de atenerse a la normativa IoT. Se ha de garantizar un sistema fiable, respetuoso con la privacidad y que refuerce la seguridad ante los ciberataques [22].
- La importación de los datos se realiza desde la herramienta Power BI Pro, conectando con la plataforma IoT ThingWorx a la que envían información los sensores.
- La plataforma Thingworx REST API está en desarrollo de implementación: su transmisión de los datos ante peticiones externas a los WebServices está en proceso de desarrollo, y puede seguir llevándose a efecto en base a las conclusiones de este PFG. Esto implica que, durante la realización de este PFG, desde PBI únicamente ha sido posible enlazar con la plataforma Thingworx los datos de medición de sensores de tipo multisensorial y no los de detección de presencia o apertura, que han sido exportados desde los propios sensores de prueba o simulados en base a la implementación del Webservice esperada.
- La transformación de los datos se realiza mediante el editor de PBI, Power Query, así como su tratamiento y el diseño del dashboard final.
- La marca de todos los sensores de medición es Efento.
- La usabilidad del panel de control final está orientada a trabajadores del ámbito social de la CRE. A su vez, permite la actualización del flujo de datos y la introducción de nuevos sensores y hogares (nuevas personas usuarias

4. Descripción de la solución propuesta

4.1 Aproximación sociológica

El Observatorio Estatal de la Soledad no deseada [4] diferencia el aislamiento social del sentimiento de soledad; el primero puede evaluarse o medirse de manera objetiva, mientras que el segundo es un sentimiento subjetivo. Pese a ser una experiencia subjetiva del individuo que puede afectar a personas las cuales no vivan solas, el proyecto engloba exclusivamente los casos de personas que sí lo hacen (situación considerada como perfil de riesgo). Así, el estudio y seguimiento de las mediciones recogidas por los sensores está diseñado en domicilios en los que únicamente vive una persona (sin mascotas que tengan posibilidad de desplazarse por el entorno doméstico).

La soledad no deseada es un problema que en la sociedad actual afecta a colectivos tan heterogéneos como personas mayores, jóvenes, personas migrantes o mujeres en situación de vulnerabilidad, aunque este proyecto se centre en el colectivo de las personas mayores. El Gobierno Estatal, en concreto el Ministerio de Consumo y Bienestar Social, ha financiado proyectos como el “Informe de soledad no deseada en personas mayores” que ha realizado ABD [3]. Este informe coincide con los estudios del Observatorio de la Soledad no deseada en que las personas mayores tienen un riesgo mayor de vivir esta experiencia negativa. El aumento de la esperanza de vida y otros factores van dando lugar a un incremento de personas mayores en la población, una de las causas directas de que hoy en día más personas vivan solas.

Para conseguir relacionar hábitos o condiciones del hogar con este sentimiento subjetivo y poder prevenir a las personas de tal experiencia negativa, los indicadores finales de este proyecto se diferencian de manera exhaustiva en dos ámbitos:

- Hábitos de la persona en el hogar
- Condiciones del hogar

En el mismo “Informe de soledad no deseada en personas mayores” [3] se concluyen 5 indicadores directos de soledad no deseada tras un estudio y seguimiento especializado de personas mayores, contando con una muestra total de 415 personas. Cómo puede verse en la figura 13, estos indicadores o determinantes son:

1. Emocionales y psicológicos.
2. Personales, culturales y sociales.
3. Salud
4. Estructurales (Entorno, vivienda, transporte...)
5. Arquitectura institucional

Los estructurales engloban aspectos evaluados en este PFG por medio de su marco tecnológico. Se refieren a la situación en la vivienda de la persona, concretamente a ciertas condiciones la temperatura, la humedad o el nivel de Co2 en el interior de esta, medibles con los sensores empleados en este PFG.



Figura 13. Indicadores de soledad no deseada en personas mayores [3]

Por otro lado, el aislamiento y una situación de pobreza energética en el hogar pueden estar directamente relacionados. La falta de recursos puede llevar a una persona a limitar su participación en actividades sociales y permanecer más tiempo en el hogar para ahorrar. También puede dar lugar a la reducción de oportunidades de practicar dichas actividades, al influir en la autoestima y las habilidades sociales de la persona. Estos casos reiterados a lo largo del tiempo pueden conducir a una situación de soledad no deseada. Los estudios catalogan un estado crónico si el sentimiento perdura durante al menos dos años.

Las causas y efectos por las que una persona puede llegar a experimentar la soledad no deseada son diversas y complejas.

- Causas: Los cambios significativos en las circunstancias de vida o familiares, falta de o dificultad para establecer relaciones sociales, problemas de salud mental o socioeconómicos, aislamiento por nuevas tecnologías o la pérdida de autonomía personal son factores considerados potencialmente de riesgo.

- Consecuencias y efectos: A parte de que la mayoría de las causas mencionadas pueden actuar como consecuencias, también se suma una mayor probabilidad de padecer enfermedades asociadas al envejecimiento o un empeoramiento en la calidad de vida.

4.1.1 Influencia de las condiciones del hogar en la soledad

La “Estrategia nacional contra la pobreza energética 2019-2024” del Ministerio para la transición ecológica define la pobreza energética como *“situación en la que se encuentra un hogar en el que no pueden ser satisfechas las necesidades básicas de suministros de energía, como consecuencia de un nivel de ingresos insuficiente y que, en su caso, puede verse agravada por disponer de una vivienda ineficiente en energía”* [1].

Uno de los 4 indicadores oficiales del Observatorio Europeo contra la Pobreza Energética (EPOV) es la Incapacidad para mantener la vivienda a una temperatura adecuada [1]. Por tanto, la pobreza energética y la soledad no deseada comparten el indicador de tener una temperatura inadecuada en el hogar.

La misma estrategia indica que las principales variables de las viviendas que influyen en la salud son las condiciones de temperatura y humedad, la iluminación, la ventilación y el aislamiento. Estas variables también toman parte en el indicador estructural de soledad no deseada que hace referencia al entorno y la vivienda. Esto se ha tenido en cuenta a la hora de calcular los indicadores finales del panel de visualización de este PFG, aunque la ventilación no podrá medirse directamente, sino relacionarse con la calidad del aire. La iluminación no se estudia de ningún modo en este PFG.

Al ser las condiciones del hogar un indicador directo de pobreza energética y soledad no deseada, la visualización final de los datos de temperatura y humedad y el indicador de evaluación correspondiente tienen gran peso en este proyecto. A esto se suma la evaluación de la calidad del aire y los niveles de Co₂. Además, un nivel no confortable de cualquiera de estos valores puede repercutir negativamente en la salud.

En este PFG se evalúan dichos campos a través de los datos recogidos por los sensores tipo multisensorial:

- Detectar temperatura no confortable

Las personas en situación de pobreza energética no tienen aseguradas ciertas necesidades básicas y ese límite de recursos en ocasiones se refleja al no poner la calefacción frente para hacer frente a bajas temperaturas, o el aire acondicionado en épocas más calurosas. La ventilación, el uso de cortinas y ventanas, de electrodomésticos o una iluminación por medio de bombillas incandescentes en vez de LEDs puede influir en un aumento de la temperatura.

Una temperatura no confortable en el hogar puede deberse a factores como la tasa metabólica, el aislamiento, la temperatura o la velocidad del aire, la temperatura radiante o la humedad. El rango de temperatura recomendable establecido por la OMS está entre los

18 y los 24 °C [32], tendiendo a los 24 °C durante el día y a los 18 °C por la noche. Se consideran temperaturas nocivas las inferiores a 16 Cº o las superiores a 30 °C.

- Detectar humedad no confortable

Una humedad no confortable en el hogar puede deberse, entre otros, a poner la calefacción muy alta, al vapor generado al cocinar o al ducharse, o a tender la ropa dentro de casa. El rango de humedad recomendable en el hogar establecido por la OMS está entre el 30% y el 70%. Una humedad fuera de este rango puede provocar problemas respiratorios y de asma, y se considera nociva. Las humedades entre el 30% y 40%, y el 60% y 70% se consideran no confortables, pudiendo causar sequedad en el aire en el primer caso o sensación de calor o problemas de aparición de moho en el segundo caso. [25]

- Detectar calidad del aire no confortable:

Una mala calidad del aire en el hogar puede deberse a un nivel inadecuado de compuestos orgánicos volátiles, microorganismos (bacterias o moho), alérgenos o contaminantes de aire exterior en el interior. Los productos de pintura o de limpieza son un caso común que perjudica la calidad del aire del hogar [28]. El tabaquismo también puede influir negativamente en los VOC, y es este considerado un hábito de riesgo en las personas con sentimiento de soledad [27]. Los sensores Efento empleados en este PFG ya cuentan con un rango de confortabilidad de medidas para la calidad del aire, mostrado en la figura 3.

- Detectar niveles de CO2 no confortables:

El Co2 en el hogar se produce por el ser humano al exhalar, fumar, o por los combustibles fósiles (gas natural, petróleo, propano o carbón) habituales en los sistemas de calefacción o cocina. Un nivel excesivo de Co2 puede relacionarse con una mala ventilación [24]. El rango de la calidad de aire en interior (CAI), en base a las partes por millón (ppm) detectadas es el siguiente [23]:

≤ 400 ppm, CAI alta

400-600 ppm, CAI media

600-1000 ppm, CAI moderada

> 1000 ppm, CAI baja

4.1.2 Influencia de los hábitos conductuales en la soledad

En lo referente a los hábitos de la persona, eludir las oportunidades de interactuar socialmente fuera de casa es considerada una consecuencia de la soledad. A su vez, puede ser que la persona pase demasiado tiempo en el hogar voluntariamente. Hoy en día el teletrabajo o la comunicación telemática limita esa interacción presencial con otras personas y puede desembocar en tal sentimiento negativo [12]. Es por ello por lo que este proyecto considera relevante mostrar el tiempo total que pasa la persona en el hogar.

Por otro lado, una rutina solitaria puede suponer el estar un tiempo elevado frente a la televisión, el ordenador, u otros hábitos que suponen pasar demasiado tiempo en una misma estancia. El marco tecnológico del proyecto permite detectar estos hábitos al contabilizar el número de accesos a las diferentes estancias y visualizarse el tiempo total a lo largo de los periodos diarios. Se evalúa así la movilidad de la persona usuaria.

Aunque se habla más adelante sobre las condiciones del hogar, en este punto se considera oportuno destacar que un hogar situado en una zona aislada o lejos de actividad social puede influir en el sentimiento de soledad. Más específicamente, la falta de zonas compartidas o de interacción con vecinos puede limitar las interacciones. El ruido exterior que penetra en el hogar influye significativamente en el día a día de las personas. En caso de ser elevado y/o constante, puede afectar al sueño y al bienestar de la persona, que a su vez afecta en su experiencia de soledad. En cambio, el poco ruido ambiental puede influir en la percepción del de la persona. Una ampliación del proyecto podría contemplar la medición y el estudio del ruido en el interior del hogar, así como su visualización en el dashboard final.

En este proyecto, los sensores de tipo evento pueden emplearse para evaluar los siguientes hábitos relacionados con la soledad:

- El movimiento nocturno y los horarios de sueño

Estudios como el "Estudio de atención a la soledad no deseada en personas mayores" [27] de la Universidad Complutense de Madrid por encargo de la Dirección general de mayores afirman que el sentimiento de soledad puede llevar a problemas de sueño. La ubicación de un sensor PIR en el dormitorio del hogar o específicamente asegurando que el campo de detección de presencia abarque la zona de la cama, permite en este proyecto controlar los horarios en los que la persona se acuesta, se levanta, o se desvela durante la noche.

- La malnutrición

Las comidas de manera aislada pueden alterar o disminuir el número de ingestas durante el día, puesto que para algunas personas comer solo resulta menos placentero. Se trata de una situación que puede alentar al sentimiento de soledad o dar lugar a problemas de salud. Además, los trastornos de alimentación son considerados una consecuencia de la soledad [27].

Una persona que se siente sola puede descuidar sus hábitos culinarios. De manera similar a lo ya mencionado, o conllevando a la desmotivación para cocinar. Cocinar para uno mismo

puede ser infravalorado o resultar menos satisfactorio. Estas personas también cuentan con más probabilidades de mala alimentación por consumo de alimentos procesados o menos nutritivos, de cara a conseguir un efecto placentero con inmediatez.

En la "Estrategia nacional contra la pobreza energética 2019-2024" se concibe la malnutrición (desnutrición u obesidad) como un efecto indirecto de la pobreza energética.

Los sensores de apertura de puertas permiten contabilizar los accesos a estancias o puntos más concretos como la nevera o la despensa. Por otro lado, pueden emplearse los sensores PIR para controlar la presencia en zonas específicas como, en este caso, la mesa del comedor o la zona donde la persona usuaria habitualmente realice las comidas.

- Falta de higiene personal

Cabe la posibilidad de que una persona que no interactúe con otras descuide sus hábitos de higiene personal o la indumentaria, puesto que no tiene motivación por cómo le va a ver el resto [30]. Es por ello por lo que se contabilizará también el tiempo que se accede al baño del hogar. Respecto al desinterés por la indumentaria, el proyecto podría incluir en el dashboard los accesos al armario donde la persona tenga guardada la ropa.

- Sedentarismo

Este es considerado también otro hábito de riesgo entre las personas con sentimiento de soledad. Un sensor PIR para detectar horas continuadas de presencia en lugares como el salón o el ordenador pueden tomar datos que permitan evaluar este ámbito. Por otro lado, con un sensor Open Close ubicado en la puerta principal puede contemplarse información relevante acerca de las entradas o salidas que realiza la persona al hogar.

4.2 Importación de los datos

El requisito técnico inicial en este PFG ha sido el de importar los datos desde Power BI. Desde Power Query pueden importarse archivos CSV, XML o JSON. También pueden importarse bases de datos incluyendo Microsoft Access o SQL, o enlazar a servicios en línea. Una opción planteada para la importación de los datos de los sensores de telominotización que permite Thingworx es descargar los datos como archivos CSV o JSON e importarlos en una consulta de este tipo en Power Query. La plataforma permite descargar datos filtrados en función del servicio, expediente, ámbito territorial o periodo temporal que se desee. No obstante, para la optimización del proyecto se ha visto más eficaz la conexión a la REST API a través de una petición HTTP. Se ha verificado y estudiado la posibilidad de conectar Power BI a una ThingWorx REST API [8].

Para realizar la petición, el primer paso ha sido seleccionar un origen de consulta de datos en blanco e implementar un código de programación que permitiese cargar la tabla de datos AllDevices, que contiene las características de cada sensor. En una sola consulta se han podido obtener todos los datos de dicha tabla con margen para ser actualizada e ir incluyendo nuevos sensores que vayan sumándose al proyecto. Para esta consulta, el volumen de datos importados es muy inferior al límite establecido por Power Query [9].

El lenguaje de programación detrás de la interfaz visual de Power Query y su editor de consultas es el lenguaje M. La petición http se hace invocando a la función Web.Contents con sus parámetros correspondientes previamente definidos: [10]

- Una URL. La URL base de cualquier petición en este PFG es la siguiente: `https://vf0109.dev.vbinvent.iot.vodafone.com/`. Es preciso combinar esta URL con el endpoint del servicio web correspondiente que contenga los datos que se desean solicitar. En este primer caso, se combina con el endpoint del servicio web AllDevices.
- Una cabecera de datos de tipo array de 3 valores:
 - App Key: Clave de aplicación o token de seguridad cifrado, para poder conectarse de manera segura a la plataforma de Thingworx. Es la misma para todas las peticiones en este PFG.
 - El tipo de contenido o formato de los datos: en este caso, se ha escogido el formato JSON, compatible en la petición.
 - Body: En el caso de AllDevices, este parámetro se ha pasado en blanco.

```
header = [  
    appKey = appKey,  
    #"Content-Type" = "application/json",  
    Accept = "application/json"  
],
```

```
request = Web.Contents(baseUrl, [Headers=header,  
    RelativePath=endpoint, Content = Text.ToBinary(body)])
```

La estructura y el código implementado para las peticiones de datos de medición de los sensores de telemonitorización (MultisensorLogs y EventLogs) son algo distintas, ya que el volumen de datos podría superar el límite de filas en una tabla de Power Query. Son diferentes ya que hay que pasar por parámetros los filtros convenientes de los datos que se quieren obtener al realizar la petición. De lo contrario, no se cargarían correctamente, puesto que la cantidad de datos de los sensores almacenada en la plataforma Thingworx es mucho mayor que la capacidad de registros por consulta que tienen las tablas de Power Query [9]. En este PFG, se ha establecido una consulta de datos por expediente, de tal modo que para cada servicio hay que generar una nueva consulta de datos para el servicio web MultisensorLogs y otra para EventLogs, escribiendo el correspondiente servicio en el cuerpo de la función.

```
/*CUERPO DE FUNCIÓN PARA FILTRAR DATOS  
""startDate"":""11-10-2023 09:00:00""  
""endDate"":""26-11-2023 13:00:00""  
    body = "{""body":  
        {  
            ""startDate"":""23-10-2023 09:00:00""  
            ""endDate"":""09-12-2023 13:00:00""  
            ""expedient"":""Pruebas-Genaro""  
        }  
    }",
```

4.3 Transformación de los datos

Al realizar una petición a la plataforma ThingWorx a cualquier Webservice, se obtiene en la consulta un array de datos. El conjunto de estos se transforma en tablas de datos. En dichas tablas, se han ordenado y cambiado el tipo de datos a ciertas columnas. En el caso de los valores numéricos, cabe destacar que los valores de tipo decimal se importan con un punto como carácter de separación ("."), mientras que el editor de Power Query trabaja separando con la coma (","),. Para poder establecer el tipo decimal a estas columnas de valores, es preciso realizar este reemplazo de caracteres previamente. Para el posterior trabajo de cálculo con datos (promedios, máximos, mínimos, etc.) es imprescindible establecer el tipo de las columnas oportunas a valor decimal. Estas columnas son las cuales contienen valores de temperatura, humedad y niveles de VOC.

Estos cambios realizados con el software van sumando líneas de código a la petición realizada, por lo que si posteriormente se realiza una nueva consulta del mismo servicio

cambiando los filtros no hay que volver a editar los cambios. Esto permite optimizar la realización de consultas rápidas o la suma de datos de más expedientes a la base de datos del proyecto. La figura 14 muestra la tabla final importada, tras haber hecho las modificaciones oportunas, que pueden verse en el apartado “Pasos aplicados”, en la parte derecha de la figura.

expediente	deviceID	1.2 temperature	1.2 humidity	1.2 voc	Co2 (simulado)
1	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	19,1	51	137
2	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	19	51	76
3	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	18,9	51	83
4	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	18,7	51	221
5	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	18,6	51	179
6	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	18,7	51	350
7	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	18,6	52	751
8	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	18,5	52	347
9	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	18,4	52	76
10	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	18,2	52	86
11	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	18,1	52	77
12	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	18	52	92
13	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	17,9	53	137
14	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	17,8	53	260
15	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	17,9	53	751
16	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	17,8	53	647
17	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	17,7	53	413
18	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	17,7	53	350
19	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	17,6	53	170
20	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	17,6	53	413
21	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	17,8	54	751
22	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	18	54	751
23	Hogar-Digital-UPM	282C02419999	18,1	54	740

Figura 14. Transformación de arrays de datos importados a tablas estructuradas

Desde el editor Power Query también se han simulado datos que se esperan importar al realizar la petición al servicio EventLogs, puesto que la plataforma Thingworx está en desarrollo en este sentido. Se han importado los ficheros en formato .CSV que permite exportar la aplicación móvil de los sensores Efento, y posteriormente se les ha asignado su expediente y servicio.

Las relaciones de datos del proyecto están muy optimizadas en Power BI puesto que la herramienta tiene implementada una relación predeterminada “Varios a varios” (figura 15). Por un lado, la consulta All Devices contiene un registro único de ID por sensor, mientras que las consultas de datos medidos (MultisensorLogs y EventLogs) contienen varios puesto que grandes cantidades de medición van asignadas a un mismo ID de sensor. La relación varios a varios a través del ID de cada tabla permite establecer la asociación de estos garantizando la integridad referencial mediante un único paso. La clave referencial en todas las consultas es, por tanto, el ID de los sensores de telemonitorización.

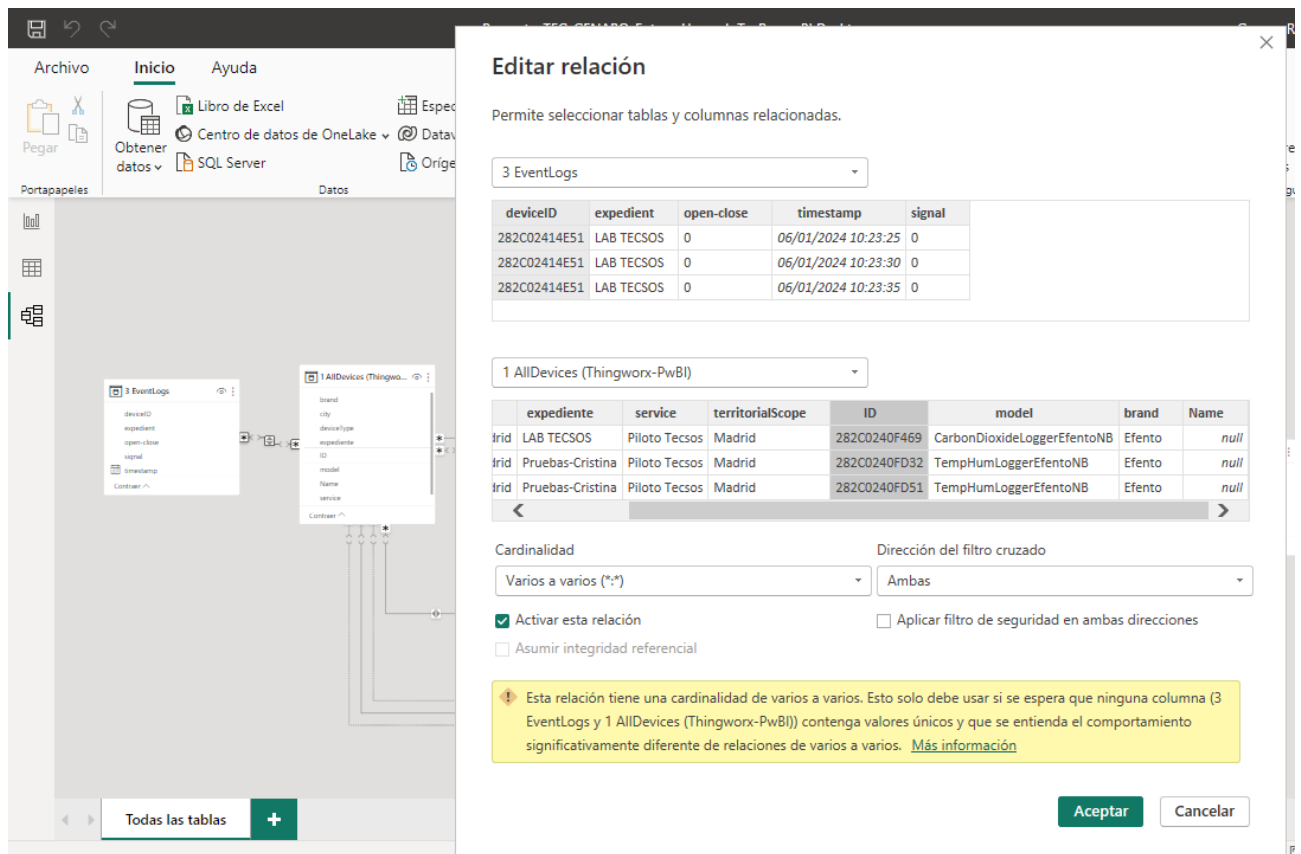


Figura 15. Relación varios a varios entre dos tablas de datos a través del ID

De cara a la visualización de datos, para importar datos de tipo multisensor o evento, o para simularlos, se ha empleado la herramienta que permite anexar consultas entre sí (véase figura 14). Se ha considerado que la organización a la hora de realizar peticiones se optimiza; desde una consulta anexada a la consulta principal pueden cargarse nuevos datos, que quedarán solos en la columna anexada, pero se sumarán al resto de datos cargados previamente en la consulta principal (siempre que no se supere el espacio máximo de la consulta). En este PFG quedan así 3 consultas principales ('1 AllDevices', '2 MultisensorLogs', '3 EventLogs'). '2 MultisensorLogs y '3 EventLogs' son las consultas a través de las cuales se tratan los datos posteriormente en Power BI Desktop, es decir, los indicadores, valores promedio, máximos y mínimos, gráficas y más valores mostrados visualmente solo pueden calcularse a partir de los datos que estén previamente cargados en estas consultas. Esto implica que, aunque se hayan creado consultas anexadas para cada una de las consultas principales, en este PFG existe un número limitado de datos a la hora de utilizar el panel final de visualización. De este modo, la base de datos actual limita los datos que pueden visualizarse posteriormente en el panel en función de:

- El rango de fecha establecido. Si no se filtra poniendo un rango de fecha para los datos, si un servicio, expediente o sensor lleva un tiempo prolongado midiendo y registrando información (podría ser a partir de varias semanas, es difícil concretar un rango puesto que depende del tipo de dato que se está consultando, del tipo de

sensor, y del hogar de la persona), el programa no cargará los datos correctamente puesto que se superará el límite de capacidad de consulta.

- Número de servicios, expedientes o sensores a los que se desea acceder. Supóngase que se desea cargar todos los datos de tipo multisensor de un servicio. Aunque se establezca un periodo corto, pongamos de un mes, es probable que, si el servicio tiene numerosos expedientes asignados, no puedan importarse todos los datos esperados.

Por todo ello, este PFG no permite poder visualizar todos los datos medidos que abarca el proyecto Future Home IoT mediante una sola importación o petición a cada Web Service de la API, si no que se deben ir realizando diferentes peticiones (lo óptimo es desde las consultas anexadas), para realizar los informes oportunos mediante el dashboard de visualización. En este sentido, resulta útil que desde Power BI Desktop se pueda publicar el informe en un panel, visualizable desde Power BI Web Service. Así, se pueden ir cargando los datos oportunos desde un monitor en local, e ir publicándolo en el panel para visualizar los datos.

Por otro lado, en este PFG se ha preparado una transformación de los datos en Power Query específica para obtener un dashboard del expediente “Hogar Digital de la UPM”. Esta se explica en el capítulo de resultados, y aunque este PFG no cuente con una base de datos ya cargada para todos los expedientes de cara a que la Fundación TECSOS pueda tener una vista global, por el momento podrían cargar diferentes expedientes en base a este modelo.

En el capítulo posterior se explicará en mayor profundidad y con ejemplos la visualización de los datos de un expediente y qué limitaciones existen al haber hecho la importación previa.

5. Resultados

5.1 Instalación de sensores en el Hogar Digital Accesible de la UPM

El “Hogar Digital Accesible” instalado en la escuela de telecomunicaciones de la UPM es un espacio permanente cuyo objetivo es proporcionar soluciones del área de las TIC para mejorar la calidad de vida de personas mayores y personas con discapacidad. Puede verse una imagen desde su entrada en la figura 16. Algunas de las áreas que aborda este proyecto incluyen la accesibilidad en el diseño y la adaptación de viviendas, el desarrollo de sistemas de control domótico accesibles, o la investigación en interfaces de usuario adaptadas [26]. El hogar cuenta con todas las estancias de un hogar habitual: una cocina, un baño, un salón y un dormitorio. Además, está amueblado y cuenta con electrométricos cumpliendo los objetivos de accesibilidad y usabilidad mencionados.



Figura 16. Visión general en el interior del Hogar Digital de la Upm

Para las pruebas con los sensores de telemonitorización empleados en el proyecto de TECSOS, este PFG ha contado con la posibilidad de realizar las pruebas de instalación, medición y control de los sensores en el Hogar Digital Accesible. El kit de sensores asignados cuenta con un multisensor, dos sensores de apertura y cuatro sensores PIR. Se muestran en profundidad sus características en la Tabla 3.

ID	Expediente	Servicio	Tipo	Ciudad	Ámbito territorial	Modelo	Proveedor
282C02419999	Hogar-Digital-UPM	Piloto TECSOS	Multisensor	Madrid	Madrid	AirQualityLoggerEfentoNB	Efento
282C02418C97			PIR			MotionOccupancyLogger	
282C02418C94			PIR			MotionOccupancyLogger	
282C02415F57			PIR			MotionOccupancyLogger	
282C02415F5A			PIR			MotionOccupancyLogger	
282C02415E44			OpenClose			OpenClosePlasticLoggerEfentoNB	
282C02415E2F			OpenClose			OpenClosePlasticLoggerEfentoNB	

Tabla 3: Sensores del expediente "Hogar-Digital-Upm"

Se ha planteado el siguiente diseño en la instalación:

1. **Multisensor:** El objetivo con este sensor es medir las condiciones ambientales del interior del hogar (temperatura, humedad, calidad del aire y nivel de Co2). Se ha ubicado en la mesa del salón, teniendo en cuenta que en este hogar simulado no se moverá la mesa. Esta ubicación está alejada de las paredes y la luz directa de las ventanas, de cara a conseguir datos desde un punto céntrico o general del interior del hogar (figura 17)



Figura 17: Instalación de multisensor en el HDA

2. Sensores de evento

2.1. **Sensores PIR:** El objetivo es monitorizar los movimientos de casuísticas simuladas en el hogar. Al disponer de cuatro sensores de este tipo, se ubica cada uno en diferentes espacios teniendo en cuenta situaciones reales de paso por las zonas. En base a lo investigado, es importante colocar los sensores de telemonitorización en puntos estratégicos cuyos datos registrados, al visualizarlos en el dashboard, permitan detectar patrones o hábitos que puedan relacionarse con la soledad no deseada. El indicador de soledad evaluable por los sensores PIR es principalmente el del ámbito de la salud.

2.1.1. **Monitorización de accesos al baño:** Para monitorizar el acceso a una sola estancia, se coloca el sensor de tal modo que detecte la entrada a dicha estancia sin detectar movimiento en otras. Teniendo en cuenta el campo de detección del sensor (figura 9), se ha instalado el sensor pegado a la entrada a una altura baja, evitando el sensor a la puerta de acceso al pasillo, como se muestra en la figura 18.



Figura 18: Instalación de sensor PIR del baño en el HDA

2.1.2. Monitorización de **movimiento nocturno**: Se coloca un sensor de manera que detecte exclusivamente el movimiento en la zona de la cama. De cara al dashboard de visualización de este PFG, un sensor en esta zona resulta útil para estudiar las horas de movimiento producidas durante la noche, para evaluar los horarios de sueño de la persona usuaria del hogar.

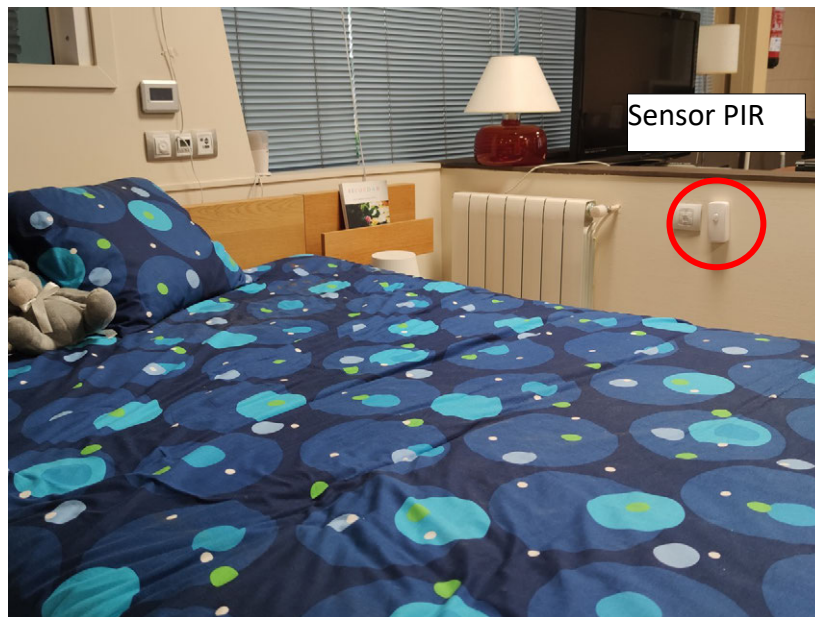


Figura 19: Instalación de sensor PIR del dormitorio en el HDA

2.1.3. Monitorización del **comedor**: En este caso el sensor detecta movimiento en la zona de la mesa del comedor. Un sensor en esta zona resulta útil para evaluar los horarios de comida de la persona usuaria.



Figura 20: Instalación de sensor PIR del comedor en el HDA

Cabe destacar que en este caso de hogar particular no se han colocado sensores PIR en la cocina o el salón al no contar con más unidades. No obstante, en los hogares de las personas usuarias sería oportuno hacerlo, como se ha justificado en el capítulo de investigación sociológica.

2.2. Sensores Open Close

2.2.1. Control de acceso a la **nevera**: Se ha ubicado el sensor en la parte de arriba del frigorífico como muestra la figura 21, de tal modo que no estorbe al abrirse, ni tampoco visualmente. Cabe destacar que en un hogar en situación real conviene ubicar otro de manera similar en la despensa.



Figura 21: Instalación de sensor Open Close en nevera

2.2.2. Control de **puerta principal**.



Figura 22: Instalación de sensor Open Close en puerta principal

La Tabla 4 recoge una propuesta de los nombres que se asignan a los sensores de telemonitorización del expediente del hogar digital. Este campo “Nombre” permite a la persona usuaria final del dashboard saber qué sensor está evaluando (cocina, baño, comedor, puerta principal, nevera...). Se ha simulado este campo ya que, al no haberse instalado aún numerosos expedientes reales, este campo aún no está implementado en ThingWorx. Se han realizado diversas pruebas similares de instalación y recogida de datos con los sensores del kit personal entregado al alumno. Para la visualización en el dashboard final de las casuísticas recogidas por los sensores de tipo evento, se ha trabajado principalmente con la exportación de los datos de estos dos expedientes desde la app de Efento, sumados a datos simulados en Excel, debido a que la plataforma Thingworx actualmente no envía correctamente los datos de los mismos (falta el campo de los valores de detección de presencia o apertura).

ID	Tipo	Nombre	Descripción
282C02419999	Multisensor	Salón	Control de las condiciones ambientales en el interior del hogar
282C02418C9 7	PIR	Baño	Control de accesos del baño
282C02418C9 4	PIR	Dormitorio	Control de accesos al dormitorio
282C02415F57	PIR	Cama	Control de sueño y movimiento nocturno
282C02415F5A	PIR	Comedor	Control de nutrición
282C02415E44	OpenClose	Puerta principal	Control de accesos al hogar
282C02415E2F	OpenClose	Nevera	Control de accesos a la nevera

Tabla 4: Asignación simulada de nombres de sensores

5.2 Transformación de los datos final

Como se ha mencionado en el capítulo 4.3, en este PFG se ha preparado una transformación de los datos en Power Query específica para obtener un dashboard del expediente “Hogar Digital de la UPM”:

- Se ha creado una carpeta para el Webservice “AllDevices” de la API Thingowrx. Esta carpeta incluye la consulta que realiza la petición a la API llamada “1 AllDevices”. Se puede importar exclusivamente el expediente Hogar Digital UPM estableciendo el filtro adecuado en el código de la petición, pero para hacer la solución lo más genérica posible para la Fundación TECSOS se han importado todos los sensores para después filtrar por expediente la tabla importada, desde el propio editor de Power Query.

Se incluye además otra consulta en esta carpeta, llamada “**Nombres**”, que establece un nombre de ubicación a cada sensor. Los datos de esta consulta se han creado mediante la herramienta “Especificar datos”, que habilita un paso de “Orgien” en la lista de pasos aplicados (en caso de incluir otro expediente, simplemente accediendo a este paso pueden modificarse los datos de nombres y los IDs especificados). Próximamente se espera que el propio Webservice AllDevices cuente con el campo “Nombre”, lo que ahorraría tener que crear esta tabla y establecer la relación con la tabla “Lista de sensores” mediante el ID.

- Se ha creado una carpeta para el Webservice “MultisensorLogs” de la API Thingowrx. Se ha añadido una consulta con los datos del multisensor del HDA importados lanzando la petición a Thingworx. Esta tabla se llama “**2 MultisensorLogs**”. Si se deseara cargar otro expediente, únicamente modificando la petición a Thingworx de esta consulta desde Power Query automáticamente las medidas seguirían haciendo referencia a esos nuevos datos, y por tanto no habría que modificar nada más para la visualización.

- Se ha creado una carpeta para el Webservice “EventLogs” de la API Thingowrx, definiendo una tabla de consulta para cada uno de los sensores de tipo evento (6 en total), con el nombre estandarizado de la ubicación de cada sensor en el hogar que se proponen a la fundación TECSOS para incluir en la plataforma Thingworx (véanse tablas 3 y 4). En este punto, a futuro, se lanzaría una petición para importar cada sensor de tipo evento en cada consulta. Para este PFG se han exportado los datos de medición de los sensores desde el Hogar Digital de la UPM a través de la app móvil de Efento. Se han exportado datos desde el día de la instalación, septiembre de 2023, hasta el 4 de junio de 2024. Si se cambian los nombres de las consultas, automáticamente las medidas implementadas cambiarán el nombre de la tabla de referencia sin necesidad de modificar el código. Si se desea cargar otro expediente se pueden cambiar los nombres específicos de las ubicaciones de los sensores cambiando el nombre de las tablas de consulta, y automáticamente las gráficas de datos modificarán sus valores de leyenda.

Esta carpeta contiene también dos consultas generales de estancia (“**Estancias**”) y aperturas (“**Aperturas**”), a las cuales están anexadas respectivamente el resto de tablas de datos. La razón se debe a que las medidas implementadas hacen referencia a estas tablas para sus cálculos. Los kits de sensores suelen contar con 6 sensores de tipo Evento. No obstante, si se deseara añadir otro sensor de evento, habría que crear una nueva consulta y anexarla a la de “Estancias”. Es imprescindible que cada tabla tenga los mismos nombres de columna, sin discriminar mayúsculas o minúsculas, para que funcionen adecuadamente los anexos y las medidas calculadas:

- Columna **TimeStamp**: Fecha y hora del dato registrado, tipo fecha y hora

- Columna **Estado**: Valores 0 o 1 con los cambios de estado, tipo decimal
- Columna **ID**: Contiene el identificador del sensor para cada caso, tipo texto o numérico

En la siguiente figura 21 puede verse la organización de las tablas en la parte izquierda, así como la tabla de datos “Estancias”. En el centro, las columnas. A la derecha, se pueden ver los pasos aplicados para transformar los datos y columnas de las tablas en los tipos y organización adecuadas.

The screenshot displays a dashboard interface with three main sections:

- Left Panel (Consultas [16]):** A tree view of data sources including 'HDA UPM [3]', 'AllDevices [2]', 'Ubicaciones', 'MultisensorLogs [1]', 'EventLogs [8]', and 'Otras consultas [5]'. The 'Estancias' table is selected under 'EventLogs'.
- Center Panel:** A table with columns 'TimeStamp', 'Estado', and 'ID'. The data shows a sequence of sensor readings over time, with 'Estado' values of 0 or 1 and 'ID' values like '282C02415F57' and '282C02418C94'.
- Right Panel (Configuración de la consulta):** A configuration window for the query. It shows 'PROPIEDADES' (Nombre: Estancias) and 'PASOS APLICADOS' (Applied Steps) such as 'Tipo cambiado', 'Valor reemplazado', and 'Hora insertada'.

	TimeStamp	Estado	ID
1	18/08/2023 10:35:00	0	282C02415F57
2	18/08/2023 10:35:00	0	282C02418C94
3	18/08/2023 10:35:00	0	282C02415F57
4	18/08/2023 10:35:00	0	282C02418C94
5	18/08/2023 10:35:00	0	282C02415F5A
6	18/08/2023 10:35:00	0	282C02418C94
7	18/08/2023 10:35:00	0	282C02415F5A
8	18/08/2023 10:35:00	0	282C02418C94
9	18/08/2023 10:40:00	0	282C02415F57
10	18/08/2023 10:40:00	0	282C02415F5A
11	18/08/2023 10:40:00	0	282C02418C94
12	18/08/2023 10:40:00	0	282C02415F5A
13	18/08/2023 10:45:00	0	282C02415F5A
14	18/08/2023 10:45:00	1	282C02418C94
15	18/08/2023 10:45:00	0	282C02415F5A
16	18/08/2023 10:50:00	1	282C02415F5A
17	18/08/2023 10:50:00	0	282C02418C94
18	18/08/2023 10:50:00	1	282C02415F5A
19	18/08/2023 10:50:00	1	282C02415F57
20	18/08/2023 10:55:00	0	282C02415F5A
21	18/08/2023 10:55:00	0	282C02415F5A
22	18/08/2023 11:10:00	0	282C02415F57
23	18/08/2023 11:20:00	1	282C02415F5A
24	18/08/2023 11:20:00	1	282C02415F5A

Figura 21: Visualización del dashboard - Página principal

5.3 Visualización de los datos: Dashboard final

El dashboard final del proyecto se organiza en diferentes páginas, permitiendo a la persona usuaria navegar libremente con ayuda de una barra de navegación ubicada en la parte izquierda de la pantalla:

5.3.1 Página principal

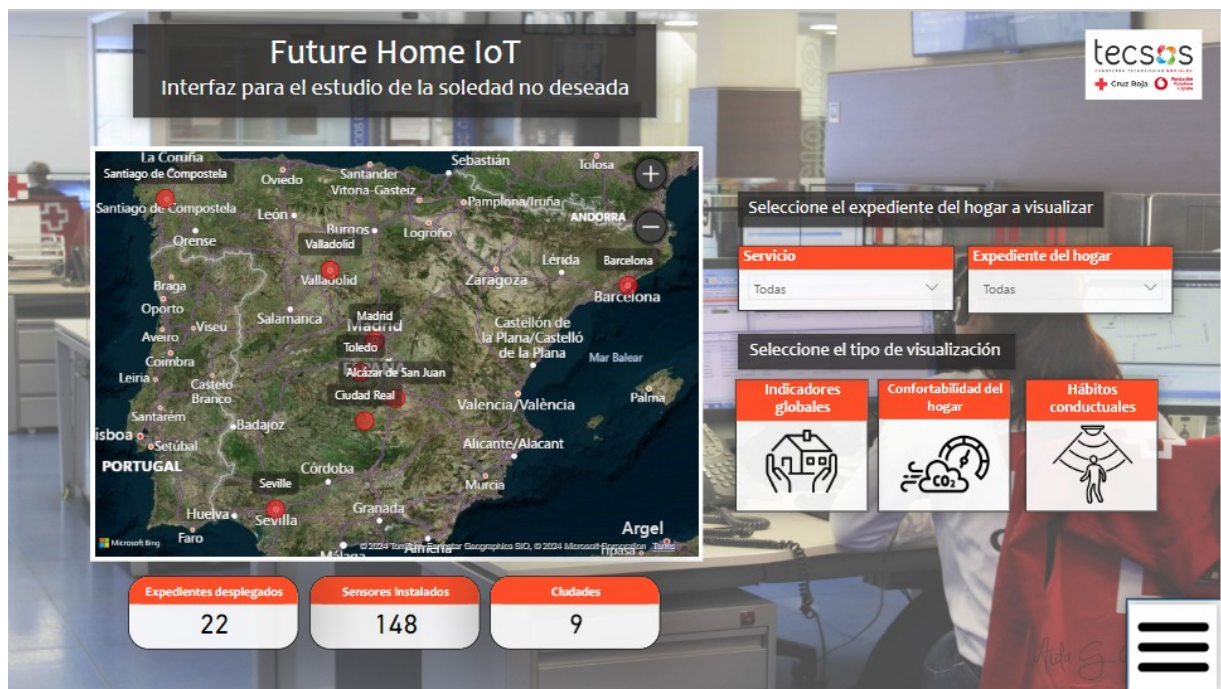


Figura 22: Visualización del dashboard - Página principal

Se trata de la primera visualización, establecida por defecto. Se muestra en ella el título del proyecto y un mapa geográfico interactivo y orientativo, mostrando en iconos rojos los lugares en los cuales el proyecto Future Home IoT tiene instalados sensores. Como se ha visto en el capítulo anterior, los datos del Web Service “AllDevices” cargan sin problema de espacio la información intrínseca de cada sensor de telemonitorización. Esto permite realizar el mapa gracias al campo que proporciona la ciudad de ubicación de cada sensor. De cara a orientar a la persona usuaria, se proporcionan visualmente el número de expedientes, sensores y ciudades que abarca el proyecto, es decir, una visión general del proyecto como primer contacto. La figura 22 muestra la página principal, apreciándose un total de 22 expedientes desplegados y 148 sensores instalados en 9 ciudades diferentes.

En la parte de la derecha aparece la primera opción de filtrado interactivo para la persona usuaria. Actualmente el proyecto está diseñado para una visualización global, y no permite que una persona trabajadora del ámbito social de un servicio concreto solo pueda ver sus expedientes asignados, respetando la privacidad de los datos del resto de expedientes. De

este modo, actualmente pueden filtrarse datos de cualquier servicio, según los datos que se han cargado previamente, explicados en los capítulos 4.2 y 4.3.

Se muestra también desde este inicio la opción de escoger el tipo de visualización que se desea realizar. En este punto, cabe destacar que se ha organizado la visualización de los datos en tres campos o tipos de visualización: indicadores globales, confortabilidad en el hogar y hábitos conductuales. La página principal muestra por tanto un acceso directo a cada una de estas tres opciones, llevando a la persona usuaria a nuevas páginas explicadas a continuación.

5.3.2 Página de confortabilidad del hogar

Se ha dedicado una página general para poder visualizar todos los datos e indicadores de la confortabilidad del hogar de manera general. Estos datos son la temperatura, la calidad del aire, la humedad relativa y la cantidad de Co2 en el interior del hogar. En esta página titulada “Análisis general de la confortabilidad del hogar”, se mantienen los filtros de selección de “Servicio”, “Expediente del hogar” y “Sensor” de manera sincronizada. En el caso de no seleccionar ningún sensor se cargan por defecto los datos de los filtros seleccionados en la anterior u otras páginas, pudiendo cargar otros distintos al cambiar dicha selección. En esta página se muestran 4 gráficas, una para cada campo medido, con los valores de datos registrados por los sensores a lo largo del tiempo. En dichas gráficas se habilita el control deslizante del eje “Y” y del eje “X” para poder sesgar los datos visualizados. No obstante, para cargar solamente los datos de un período de tiempo concreto, hay que utilizar los filtros que se encuentran en la parte inferior derecha (“Año”, “Mes”, “Día”). Todos los filtros se mantienen en la misma posición en las diferentes páginas del dashboard, de cara a cumplir con los criterios de accesibilidad establecidos (uso simple y funcional). Por otro lado, en la parte superior derecha se muestran los indicadores. Estos muestran un valor en función del promedio total de los datos filtrados.

Importando finalmente los datos del multisensor instalado en el Hogar Digital de la UPM, puede verse el comportamiento de los datos durante un periodo filtrado. En la página “Análisis general de la confortabilidad del hogar” mostrada en la figura 23 se ha seleccionado en las casillas de filtrado de expediente el Hogar Digital de la UPM, que pertenece al servicio “Piloto TECSOS” (este servicio tiene más expedientes). A la hora de seleccionar el sensor, únicamente aparecen sensores de tipo multisensorial, puesto que en esta página no se muestran datos de ningún otro tipo. Aparece el ID del sensor esperado que se ha instalado en el Hogar Digital de la UPM, bajo el nombre “Salón”. Esta ubicación en el hogar del sensor sí se ha simulado, como se ha mencionado en otros capítulos, de cara a que la persona usuaria pueda diferenciar y ubicar los sensores. En la visualización de la figura 23 se ha filtrado por fecha, habilitando los datos el mes de octubre.

Finalmente, atendiendo a las gráficas de datos, gracias a las líneas constantes del eje Y (Máximos y mínimos establecidos por la OMS para cada campo medido), la persona usuaria

ya puede hacerse a la idea de si ha habido anomalías o datos no confortables durante el tiempo. Como se aprecia, estas gráficas permiten evaluar a vista general los datos en un período largo de tiempo, y comparar por periodos anuales, mensuales o diarios (véase tabla 5 con los criterios finales para los indicadores de confortabilidad). De este modo, una persona usuaria final puede realizar una vista general de la confortabilidad del hogar a lo largo del tiempo, o de un periodo más corto como un día concreto.

Por otro lado, atendiendo a los promedios e indicadores mostrados, se habilita a la persona usuaria un valor promedio exacto de las medidas y un indicador en base al mismo. La diferencia de los indicadores frente a las líneas de tendencia del eje Y en las gráficas es que los primeros tienen un rango más amplio de evaluación del promedio (pueden verse a continuación en la tabla 5), mientras que las líneas de tendencia solo muestra el rango de valores no confortables.

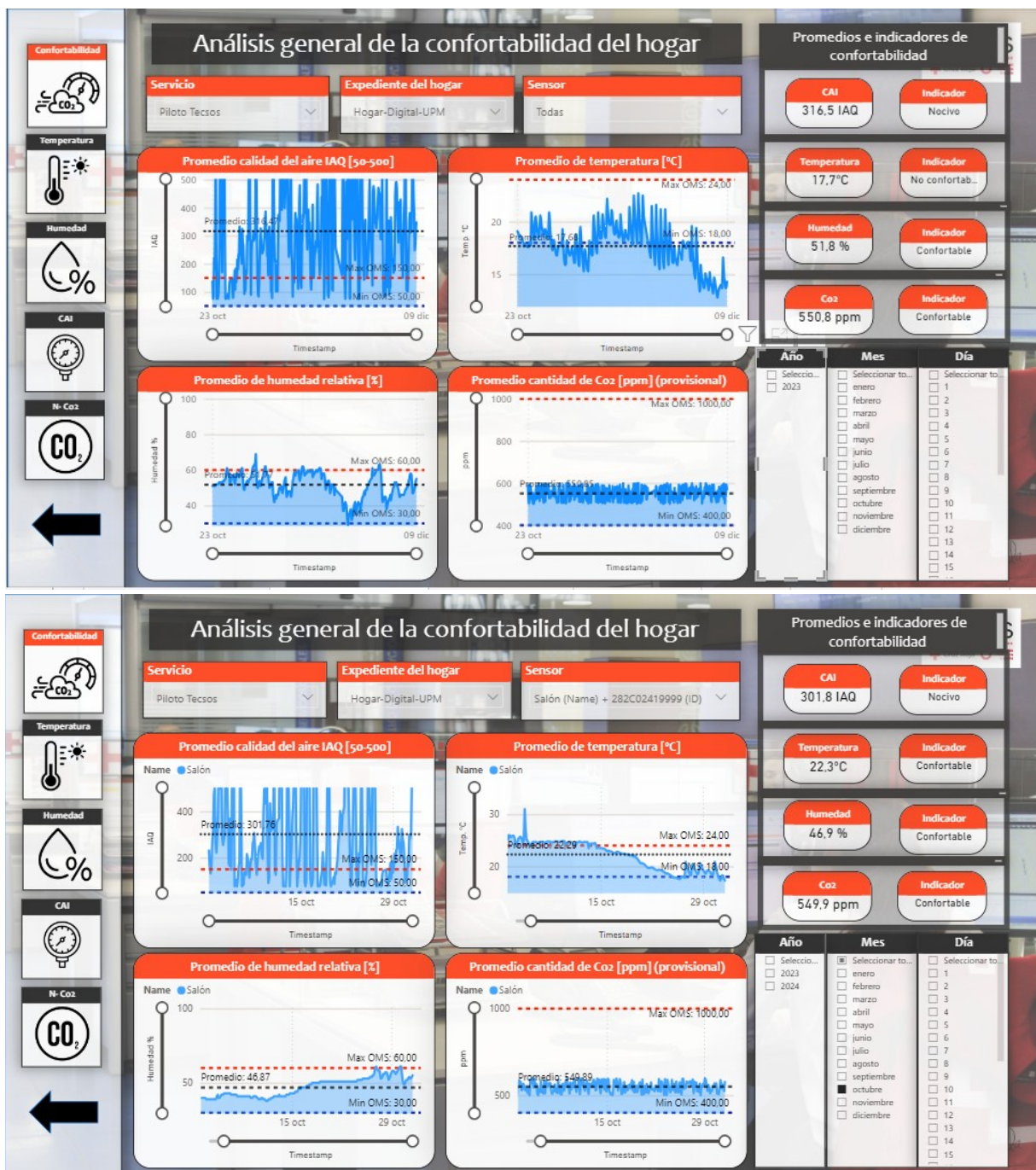


Figura 23: Visualización del dashboard – Análisis de la confortabilidad general

Atendiendo a la figura 23, se observa que los niveles promedio de temperatura, humedad y Co2 para el mes de octubre están dentro del rango considerado como “Confortable” (téngase en cuenta que los datos de Co2 han sido simulados puesto que los sensores del expediente Hogar Digital Upm no registran este tipo de dato). No ocurre lo mismo con los niveles de calidad del aire; aunque haya valores dentro del rango confortable, los sensores tienen picos muy altos que resultan en un valor “Nocivo” para el indicador final de la calidad del aire. Al haber tanta variación, en una ampliación de este PFG habría que estudiar si los sensores están bien configurados o si se debe a otros motivos.

En caso de añadir más multisensores en otras ubicaciones, cabe destacar que el promedio se realizaría de los datos de todos los sensores seleccionados. De este modo, se puede estimar la temperatura media del hogar en base a diferentes puntos de medida en su interior, o la temperatura media en una estancia específica. En caso de seleccionar más de un sensor, las gráficas mostrarían un área de representación por estancia. Se mostrará un ejemplo similar más adelante.

Medición	Indicador de confortabilidad			
	Nocivo	No confortable	Mejorable	Confortable
Temperatura (°C)	x < 16 °C x > 30 °C	16 °C < x < 18 °C 24 °C < x < 30 °C	-	18 °C < x < 24 °C
Humedad (%)	x < 30 % x > 70 %	30 % < x < 40 % 60% < x < 70 %	-	40 % < x < 60 %
CAI (IAQ)	x > 200	151 < x < 200	100 < x < 151	0 < x < 100
Co2 (ppm)	x > 5000 ppm	1000 ppm < x < 5000 ppm	600 ppm < x < 1000 ppm	0 ppm < x < 600 ppm

Tabla 5: Indicadores de confortabilidad

Como ejemplo, se muestra a continuación la medida para el indicador de humedad implementada:

```
Indicador Hum. = VAR media = ROUND(AVERAGEX(
  KEEPFILTERS(VALUE('2 MultisensorLogs'[Timestamp])),
  CALCULATE(SUM('2 MultisensorLogs'[humidity]))
),1)
RETURN SWITCH( TRUE, media < 30 , "Nocivo", media < 40, "No
confortable" , media < 60, "Confortable", media < 70, "No
confortable", media < 1000, "Nocivo" )
```

Para un estudio en profundidad de los 4 campos de medición evaluados por los multisensores, el panel de control final cuenta con una página específica para cada campo, manteniendo una estructura similar para cumplir con los conceptos esenciales de diseño de tecnología social. Esta estructura se basa en mostrar una única gráfica del campo concreto con mayores dimensiones que las de la página anterior, para un análisis más exacto. Como apoyo, se muestran los valores máximos y mínimos tanto en tarjetas visuales como en una pequeña gráfica medidora como apoyo visual a la accesibilidad y usabilidad. Estas páginas específicas también contienen la fecha con el último valor registrado, que puede servir a la persona usuaria para saber más concretamente el último registro medido por el sensor (o importado en las consultas de datos).

a. Temperatura

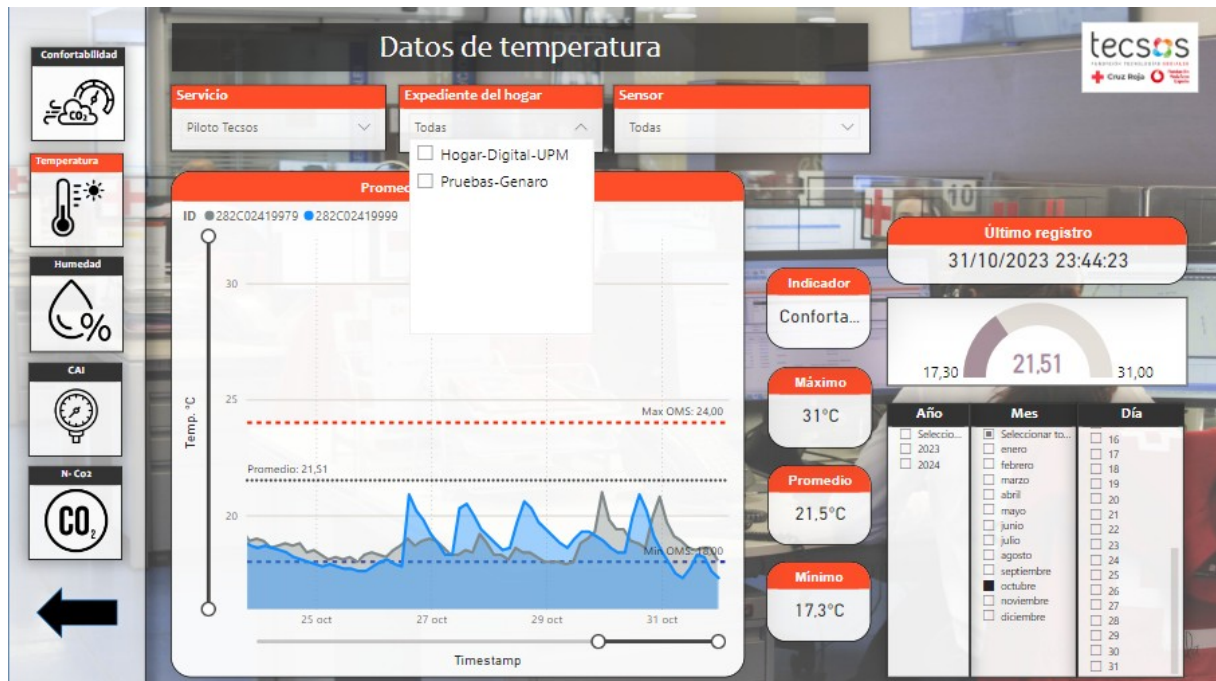


Figura 24: Visualización del dashboard – Datos de temperatura

La figura 24 muestra la página con los datos específicos de temperatura para un estudio más exhaustivo. Se han cargado también en la consulta “Salón” los datos multisensoriales del expediente de pruebas del alumno, para mostrar que en las gráficas de datos se muestra en estos casos una línea de área de datos para cada expediente.

b. Humedad

Se muestra un ejemplo de los datos de humedad del expediente Hogar Digital de la UPM en el período de invierno.



Figura 25: Visualización del dashboard – Datos de humedad

c. Calidad del aire interior

En la anterior página de análisis general de la confortabilidad se apreciaban valores nocivos para la calidad del aire del hogar digital. En la página mostrada en la siguiente figura 26, se muestran los datos específicos de la calidad del aire para el expediente de pruebas del alumno. Se observa que también hay picos con valores elevados, con un máximo registrado de IAQ=1006. Según la Tabla 1 que mostraba los valores de indicador para la calidad del aire proporcionada por el proveedor Efento, este valor supera el de 500 y por tanto corresponde a un valor de indicador “Worse”. Al ocurrir lo mismo en diferentes sensores, estos valores se aproximan más a la idea de que haya algún error en la configuración interna en los sensores. Para poder concluir que el hogar evaluado tiene niveles nocivos de calidad del aire, debería verificarse en profundidad el comportamiento y la configuración de los sensores, o comparar con otras mediciones a través de medios distintos.

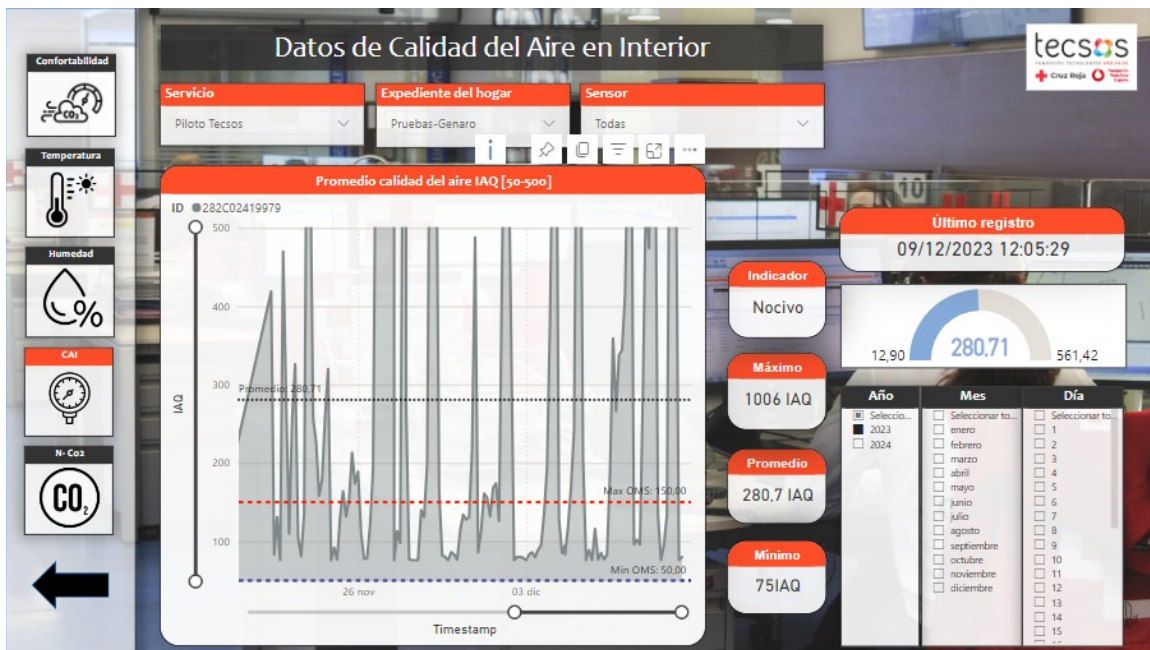


Figura 26: Visualización del dashboard – Datos de CAI

d. Niveles de Co2



Figura 27: Visualización del dashboard – Datos de Co2

5.3.3 Página de hábitos conductuales

Para la visualización final de los datos registrados por sensores de tipo evento, las medidas implementadas son de mayor complejidad. El dashboard final cuenta con una página para visualizar datos en relación a las medidas de los sensores de apertura y otra para los sensores PIR. Aunque el envío de datos de cambio de estado sea similar en ambos, la transformación y las medidas implementadas son distintas. En el caso de las aperturas, el informe enfoca el análisis a la evaluación o conteo del número de accesos (cambios de estado de 0 a 1 detectados) tanto a estancias como sobre todo a puntos clave como la puerta principal, la nevera, un armario o una despensa. En cambio, en el caso de los sensores PIR se ha considerado oportuno contabilizar el tiempo que pasa la persona en estancias como el baño, el dormitorio, la habitación o la cocina (asegurando en la instalación un amplio campo de detección en la estancia, o en puntos más específicos del hogar como bien podría ser el sofá del salón o la silla del escritorio). Todas estas localizaciones del sensor las conoce la persona usuaria gracias al campo "Nombre". Se recuerda que en este proyecto este campo ha sido simulado, se espera que en un futuro en la plataforma Thingworx se asigne un nombre a un sensor una vez se instala y se pone en funcionamiento.

A pesar de estas diferencias para las medidas implementadas entre los datos de los sensores Open Close y PIR, ambas páginas tienen una estructura similar, mostrando en la parte superior izquierda una gráfica que contabiliza el número de accesos o el tiempo de presencia en función de los nombres de los sensores (accesos o estancias del hogar en los que hay sensores instalados. De este modo, la persona usuaria además de tener una visión general de los accesos o el tiempo en los diferentes puntos del hogar, puede realizar y evaluar comparaciones). Esta contabilización se realiza por rangos horarios, estableciendo como base los siguientes periodos que, podrían modificarse según el servicio o expediente del hogar tratado:

- Período matutino: 06:00 a 13:00
- Período de tarde: 13:00 a 19:00
- Período nocturno: 19:00 a 00:00
- Periodo de madrugada: 00:00 a 06:00

Establecer conteos de accesos o tiempos de presencia por rangos horarios da información específica en relación los hábitos de la persona y permite una mejor relación con la soledad no deseada o la falta de autonomía. Esto permite detectar más fácilmente hábitos anómalos como podría ser un acceso periódico al baño o la cocina en las madrugadas o, por el contrario, ausencias en el baño o la cocina durante todo el día mientras se ha estado en otra estancia como podría ser el salón o la habitación. A la persona usuaria puede interesarle comparar los datos entre una página y otra, por ejemplo, observando el tiempo que se ha estado en la cocina y el número de accesos que ha habido a la nevera o la despensa.

Se puede ver también una gráfica en la parte inferior de la anterior cuya intención es mostrar los cambios de estado de un sensor de evento (pudiendo mostrar varios a la vez, en caso de filtrar por servicio o expediente, aunque sea de mayor utilidad observar el comportamiento de un único sensor). Aunque la señal esperada al implementar la medida fuese una señal de tipo cuadrada, que estuviese a 1 o a 0 en función del cambio de estado recibido para todos los valores de tiempo, la señal final mostrada es de tipo diente de sierra. Una ampliación del PFG debería conseguir mejorar esta implementación, puesto que la señal de tipo diente de sierra dificulta la interpretación de los datos de cambio de estado.

En la parte superior y media de la derecha de ambas páginas, como ocurre en el resto, se muestran las tarjetas de valores de datos relevantes: accesos totales y contabilizados por rangos de periodo, o tiempo en estancias total y por los mismos rangos. Véanse las figuras 28 y 29.

e. Datos de aperturas y accesos





Figura 28: Visualización del dashboard – Datos de aperturas

A partir de la implementación de una medida que calcula el número de accesos totales, se crean cuatro medidas para filtrar y calcular el número de aperturas por rango de tiempo. Cabe destacar que el cálculo se ha implementado de forma que ignore aperturas consecutivas en un intervalo inferior a 10 minutos. Esto es para evitar falsos positivos, es decir evitar contabilizar como dos accesos la apertura detectada para entrar y la apertura detectada para salir. En accesos a neveras o armarios no hay este problema, pero dicha implementación en el código no interfiere en el resultado de contabilización esperado.

Para la medida que calcula el número de aperturas total evitando aperturas consecutivas en intervalos de 10 minutos:

- Se crea la variable *Aperturas10min*, que es una tabla que agrega una columna que contiene el TimeStamp máximo dentro de un intervalo de 10 minutos para cada ID. Esto se consigue modificando el contexto de evaluación de la tabla “Aperturas”, que contiene los datos de los sensores de evento de tipo Open Close, por medio de las funciones CALCULATE, FILTER y EARLIER (esta última permite acceder a valores anteriores de filas específicas en una tabla y así poder descartar los cambios de estado a 1 que hayan llegado en menos de 10 minutos desde que se recibe el primer cambio a 1). A continuación, se muestra esta parte del código implementado para la medida “Aperturas Total”.

```

VAR Aperturas10min =
  ADDCOLUMNS(
    'Aperturas',
    "UltimaApertura",
    CALCULATE(
      MAX('Aperturas'[TimeStamp]),
      FILTER(
        'Aperturas', 'Aperturas'[Estado] = 1 &&
        'Aperturas'[ID] = EARLIER('Aperturas'[ID]) &&
        'Aperturas'[TimeStamp] >= EARLIER('Aperturas'[TimeStamp]) - TIME(0, 10, 0)
      )
    )
  )

```

El valor devuelto por la función es el número de filas que contiene la tabla Aperturas aplicando el contexto de la medida anterior. La función COALESCE facilita que se devuelva un valor de 0 en caso de no haber datos al filtrar posteriormente para un rango de tiempo y hora específico.

```

Aperturas Total =
VAR Aperturas10min = . . .
RETURN
  COALESCE(
    COUNTROWS(
      FILTER(
        Aperturas10min,
        [TimeStamp] = [UltimaApertura]
      )
    ),
    0
  )

```

Para conseguir el número total de aperturas por rangos horarios, se crea una medida para cada rango filtrando los datos en el período esperado.

```

Aperturas Mañana (06:00-13:00) =
CALCULATE(
  [Aperturas Total],
  FILTER(
    'Aperturas',
    HOUR('Aperturas'[TimeStamp]) >= 6 &&
    HOUR('Aperturas'[TimeStamp]) < 13
  )
)

```

f. Datos de presencia en estancias



Figura 29: Visualización del dashboard – Datos de presencia

El esquema de implementación de las medidas que calculan los tiempos es similar al de aperturas; sobre una medida que calcula el tiempo total sobre la tabla de contexto (“Estancias”) se crean luego 4 medidas que calculen el tiempo para cada rango horario.

La medida principal que calcula el tiempo total es ahora algo más compleja que la de aperturas, puesto que tiene que sumar todo el tiempo en el que un sensor está a estado 1, y la tabla ‘Estancias’ contiene únicamente los datos de los cambios de estado. Para ello, se filtra la tabla de contexto encontrando los registros de tiempo en los que se detecta un estado a 1 en el rango de tiempo oportuno, que se almacenan en la variable CurrentTime. La complejidad aparece a la hora de encontrar los cambios a 0, puesto que se ha observado que los sensores en ocasiones envían varios 1 o 0 consecutivos, aunque no cambien de estado. Es necesario crear una variable NextZeroTime que encuentre el siguiente 0 al primer cambio de estado a 1 que se recibió. La función DATEDIFF permite calcular la diferencia de tiempos entre los dos contextos horarios proporcionados. Todo esto ha de evaluarse independientemente para cada sensor.

En primer lugar, se crea una variable que calcule las diferencias de tiempos (en segundos) entre cada primer 1 y su 0 consecutivo en una columna calculada.

```

VAR ParesDeTiempo =
    ADDCOLUMNS (
        FILTER (
            Estancias,
            Estancias[Estado] = 1
        ),
        "TiempoTranscurrido",
        VAR CurrentID = Estancias[ID]
        VAR CurrentTime = Estancias[TimeStamp]
        VAR NextZeroTime =
            CALCULATE (
                MIN ( Estancias[TimeStamp] ),
                FILTER (
                    Estancias,
                    Estancias[ID] = CurrentID &&
                    Estancias[TimeStamp] > CurrentTime &&
                    Estancias[Estado] = 0
                )
            )
        )
    RETURN
        IF (
            NOT ISBLANK (NextZeroTime),
            DATEDIFF (CurrentTime, NextZeroTime, SECOND),
            0
        )
    )

```

Ahora, se suman todos los registros de dicha columna, transformando los segundos a horas y redondeando a 2 decimales. Las posteriores medidas de cálculos de tiempo por rango horario son de estructura similar a las de aperturas, cuyo ejemplo se ha mostrado anteriormente.

Presencia Total =

```
VAR ParesDeTiempo = . . .
```

```
RETURN  
    COALESCE (  
        ROUND(  
            SUMX (  
                ParesDeTiempo,  
                [TiempoTranscurrido]  
            ) / 3600, // Convertir segundos a horas  
            2 // Redondear a dos decimales  
        ),  
        0  
    )
```

5.3.4 Página de indicadores e informe en relación a la soledad

Como puede verse en la figura 30, se ha añadido una página global que agrupa los indicadores de las condiciones del hogar y el número total de accesos y tiempo de presencia. En la parte izquierda, se ha añadido un informe con la información relevante investigada en este PFG sobre la relación de las condiciones y hábitos conductuales en el hogar con la soledad no deseada. En resumen, desde esta página se puede hacer una consulta global de los datos y en paralelo contrastar los resultados con el informe, facilitando a la persona usuaria final la interrelación de los datos con la soledad no deseada. Una vez los técnicos del ámbito social de la CRE comenzasen a evaluar expedientes, el informe debería ir afinándose e ir añadiendo más conclusiones.



Figura 30: Visualización del dashboard – Datos de presencia

6. Presupuesto

La adquisición de la cuenta con licencia de Power BI Pro es proporcionada por la Fundación TECSOS, así como el equipo y los distintos kits de sensores de prueba para uso personal e instalación en el Hogar Digital Accesible de la ETSIST de la UPM. El servicio de la tecnología NB IoT y la plataforma Thingworx vienen proporcionados por Vodafone y otras empresas subcontratadas. Por otro lado, la aplicación móvil de Efento es gratuita, por lo que no es necesario ningún desembolso. No obstante, se estiman los siguientes gastos totales:

- Gastos en adquisición de kits de sensores del proveedor Efento:
- Implementación del diseño y mantenimiento de la plataforma ThingWorx y el servicio Narrow Band.
- Técnicos del ámbito social de la CRE para el estudio de expedientes: al menos un técnico social por servicio, conocedor de las características de sus expedientes asignados.
- Para la publicación de informes y su mantenimiento, habría que contemplar las diferencias entre las licencias Pro y Premium del servicio Power BI. La licencia Premium permite publicar informes a otras personas sin la necesidad de que estas tengan una licencia pro. En el caso de que los propios técnicos del ámbito social se encargasen de implementar su dashboard para analizar los datos de sus expedientes, sería necesaria una licencia Pro por técnico. Esto implicaría que los técnicos estén familiarizados con el entorno de Power BI, y tener cierto manejo para importar y transformar los datos. Otra opción sería que un especialista en Power BI contara con una licencia Premium y se encargase de publicar los informes de diferentes expedientes, los cuales podrían visualizarse sin coste añadido por parte de los técnicos del ámbito social . [37]
 - **Power BI Pro:** Aproximadamente 9,40 € por usuario al mes
 - **Power BI Premium por Usuario:** Aproximadamente 18,7€ por usuario al mes.
 - **Power BI Premium por Capacidad:** El coste varía en función de la capacidad adquirida. [37]

Se plantea en adelante el ejemplo de un presupuesto estimado para estudiar los hogares de 5 servicios con 6 expedientes máximos por servicio, durante dos años de durabilidad. Hay que tener en cuenta que se lanzaría el proyecto para empezar a recopilar datos durante un año. Los últimos 2 meses del primer año, un técnico experto en PBI prepararía el dashboard o los dashboards finales (dependiendo de la capacidad escogida). Por último, el segundo año de vida del proyecto comenzarían a trabajar los técnicos del ámbito social.

Presupuesto detallado para 2 años y 30 expedientes:**1. Técnico Social por Servicio**

- **Cantidad:** 1 técnico por servicio
- **Duración:** 1 año (el segundo año del proyecto)
- **Coste estimado:** 30,000 € anuales por técnico = 150,000 €

2. Mantenimiento de la Tecnología Narrow Band IoT

- **Cantidad de expedientes:** Máximo 6 expedientes por servicio
- **Sensores por expediente:** 6 sensores
- **Coste por kit de Sensores:** Aproximadamente 500 € por kit
- **Duración:** 2 años
- **Total de kits:** 5 servicios * 6 expedientes = 30 kits
- **Coste Total de Sensores:** 30 kits * 500 € = 15,000 €

3. Diseño de Nuevas Mejoras y Mantenimiento de la Plataforma ThingWorx [38]

- **Coste anual de mantenimiento y mejoras:** 10,000 €
- **Duración:** 2 años
- **Coste Total:** 10,000 € * 2 años = 20,000 €

4. Licencia de Power BI Premium y técnico

- **Tipo de Licencia:** Power BI Premium (usuario único), 15 meses
- **Coste Mensual:** 21.00 € por usuario
- **Cantidad de Usuarios:** 1 (técnico experto en PBI) + publicación para técnicos del ámbito social
- **Coste Total:** 21 €/mes * 15 meses + 2000 €/mes * 3 meses = 6315 €

5. Resumen del Presupuesto

- Técnico del ámbito social:**
 - 30,000 €/año * 5 técnicos = 150,000 €
- Mantenimiento de la Tecnología Narrow Band IoT:**
 - 15,000 € (para 2 años)
- Diseño de Nuevas Mejoras y Mantenimiento de la Plataforma ThingWorx:**
 - 20,000 € (para 2 años)
- Licencias de Power BI:**
 - 6315 €

Coste Total Estimado: 150,000 € + 15,000 € + 20,000 € + 315 € + 6315 € = **65,264.60 €**

7. Impacto del proyecto

Este PFG tiene un impacto significativo en varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), según los lineamientos de responsabilidad social y ambiental.

ODS 1: Fin de la Pobreza Este proyecto aborda la pobreza energética, una forma de pobreza extrema, al evaluar los hábitos y las condiciones del hogar de personas en tal situación, contribuyendo a la implementación de medidas que mejoren su acceso a una energía asequible y segura por medio de posibles intervenciones o acompañamiento por parte de trabajadores de la CRE.

ODS 3: Salud y Bienestar Este es el ODS en que el PFG tiene mayor impacto. El monitoreo de las condiciones del hogar y los hábitos de las personas permite detectar situaciones de soledad no deseada y falta de autonomía, factores que afectan negativamente la salud mental y física. La identificación temprana de estos problemas facilita la intervención y el apoyo adecuado, mejorando el bienestar general de los individuos. Se trata de un proyecto dedicado a personas en situación vulnerable, poniéndolas en el centro, y situando el apoyo en base a las condiciones que las afectan como objetivo principal y final.

ODS 7: Energía Asequible y No Contaminante: Al registrar las condiciones de los hogares durante periodos prolongados, el proyecto ayuda a diseñar estrategias que promuevan un uso más eficiente y sostenible de la energía. Esto no solo puede ayudar a reducir los costes para los hogares en situación de vulnerabilidad sino que también contribuye a la reducción de emisiones de carbono.

ODS 10: Reducción de las Desigualdades El enfoque en hogares de personas en riesgo de pobreza energética y soledad no deseada busca reducir las desigualdades al proporcionar datos cruciales a trabajadores profesionales del ámbito social que puedan intervenir, o crear medidas inclusivas que impulsen el apoyo necesario de cara a mejorar la calidad de vida de estos grupos. También fomenta el empleo en sectores distintos, como bien son el campo de las TIC y el ámbito social. Respecto al primero, empresas de tratamiento e implementación de datos, proveedores o fabricantes de sensores de telemonitorización, técnicos de instalación o proveedores de servicios de red están incluidos en el proyecto. En el ámbito social, el estudio de los datos puede servir de apoyo o dar trabajo a educadores, terapeutas o asistentes sociales, o a gerontólogos y psicólogos.

ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles: Al intentar mejorar la calidad de vida de las personas en las situaciones vulnerables ya mencionadas, se fomenta un entorno urbano inclusivo. Si el análisis de hábitos y condiciones del hogar se trasladase no solo a hogares específicos sino a áreas urbanas, se contribuiría a la planificación y desarrollo de comunidades más inclusivas y sostenibles.

ODS 13: Acción por el Clima: El proyecto fomenta el uso eficiente de la energía en hogares, lo que puede llevar a la larga a una disminución en el consumo energético global y, por ende, a una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

ODS 17: Alianzas para lograr los Objetivos: Este proyecto puede servir como base para colaboraciones entre instituciones académicas u organizaciones no gubernamentales creando alianzas que fortalezcan la capacidad de implementar los ODS de manera efectiva.

En conclusión, el estudio de hábitos y condiciones en hogares de personas vulnerables no solo mejora su calidad de vida directa, sino que también contribuye a un desarrollo sostenible más amplio, alineado con varios ODS, promoviendo una sociedad más justa, saludable y sostenible. Se trata de un proyecto base que es versátil, pudiendo ser enfocado a diferentes aplicaciones como bien pueden ser otros grupos de personas en situación vulnerable. También sirve como apoyo y referencia a otros estudios y/o proyectos del ámbito tecnológico-social.

8. Conclusiones

8.1 Conclusiones

Se han cumplimentado resultados de utilidad en las tres líneas diferenciadas de trabajo de este PFG. No obstante, el campo de aplicación y desarrollo del proyecto Future Home IoT es extenso para un proyecto final de grado, lo que implica la posibilidad de ampliar las tres líneas de trabajo del proyecto general, según los objetivos que se plantee la fundación TECSOS u otras entidades responsables del proyecto.

- **Investigación sociológica:** Se han conseguido definir casuísticas, condiciones del hogar y hábitos de una persona en el hogar que pueden estar relacionados con la soledad no deseada. En un principio, se pretendía conseguir unos indicadores más afinados que interrelacionasen directamente los datos con la soledad no deseada, pero se ha considerado que este estudio requiere de un tiempo previo de análisis de los datos por los técnicos del ámbito social. Finalmente, la investigación ha servido como apoyo para establecer las diferentes gráficas, paneles y cálculos de visualización en base a los datos medidos y, a su vez, para que los técnicos del ámbito social como personas usuarias finales cuenten con esta investigación como referencia y base para comprender y evaluar la información mostrada.
- **Importación de los datos:** El objetivo inicial en este ámbito era encontrar la manera de importar los datos de la plataforma ThingWorx directamente desde Power BI. Se ha implementado un código genérico para cada Webservice:
 - Importación de **lista de sensores** (WebServices: AllDevices)
 - Importación de **datos multisensoriales** (WebService: MultisensorLogsAPIV2)
 - Importación de datos de tipo evento para **los hábitos conductuales** (WebService: EventLogsAPIV2).

Esta petición permite fácilmente modificar las líneas de código para filtrar los datos cargados y así poder importarlos según los siguientes campos:

- Servicio
- Expediente
- Tipo de sensor o ID de sensor
- Rango de fecha de medición
- Otros campos más específicos

- **Transformación de los datos:** Se ha establecido una transformación genérica de los datos importados tras la petición http para dar lugar a los cálculos y visualizaciones pertinentes en el dashboard final. De esta manera:
 - **Para una visualización genérica de expedientes (Fundación TECOSOS):** Al modificar los filtros de datos solicitados en las tres peticiones lanzadas para importar datos de un expediente, automáticamente se pueden visualizar los datos en el dashboard. Es decir, no hay necesidad de volver a transformar los datos. Conviene duplicar todas las tablas creadas para cargar los datos de otro expediente y mantener los del anterior. En este punto hay que tener en cuenta que aún está en desarrollo el tratado de los datos de tipo evento en Thingworx, por lo que las consultas de este tipo se han importado directamente de archivos .CSV exportados de los sensores.
 - **Para la visualización de los datos del Hogar Digital Accesible:** Se ha instalado Power BI en el monitor del HDA, y se han podido importar los datos. Para cargar datos de otras fechas una vez funcione correctamente la petición de datos de tipo evento en la API, se deberá revisar su transformación para que quede igual que la presentada, y es imprescindible mantener la organización de un sensor por tabla de consulta.

- **Panel de visualización o dashboard final:**
 - Partiendo de que el estudiante desconocía totalmente la herramienta Power BI y en su titulación universitaria no ha estudiado en profundidad el tratamiento de grandes cantidades de datos, se considera que este software ha resultado ser una herramienta óptima puesto que ha permitido trabajar en paralelo tanto la visualización como la importación y transformación de los datos de manera flexible y versátil.
 - Se han conseguido implementar medidas que dan pie a una información relevante para poder relacionar los hábitos conductuales con la soledad no deseada. No ha resultado fácil codificar funciones en código DAX, este es distinto a los lenguajes de programación estudiados en el grado de sistemas de telecomunicación de la ETSIST de la UPM. El estudiante considera que ha podido llegar a los resultados debido a contar con un tiempo prolongado para la realización del PFG.
 - Se han diseñado gráficas que facilitan tanto un estudio genérico en un largo periodo de tiempo como un estudio en mayor profundidad por días u horas.
 - La organización de las páginas y la estructura coherente entre las mismas, así como las tipografías, contrastes y colores escogidos cumplen los

criterios universales de accesibilidad y usabilidad establecidos como base del diseño.

8.2 Trabajos futuros

Se han ido mencionado durante la memoria los cambios a futuro en su contexto. Estos, en resumen, son los siguientes:

- Estudiar cómo ampliar la base de datos del proyecto y las limitaciones de capacidad de las licencias de Power BI para posibilitar la carga de todo el proyecto en una base de datos sistemática, permitiendo una estructuración jerárquica de los datos por servicios y expedientes. Se establecerían niveles de seguridad (en un principio se investigó sobre este punto en Power BI, pero se descartó su implementación por los tiempos del proyecto y también debido a la amplia cantidad de datos que supondría cargar en la misma base de datos).
- Diseñar el campo “Nombre” en la estructuración de los datos desde la plataforma Thingworx (que en este proyecto se ha simulado) para asegurar la correcta visualización de los datos y mejorar la usabilidad del dashboard. Esto facilita a la persona usuaria la función o ubicación específica de los sensores, pues por ejemplo permite saber que un sensor es el del dormitorio.
- Respecto a los sensores, se podría contemplar la instalación de sensores que midan la medición y el estudio del ruido en el interior del hogar, así como su visualización en el dashboard final. Esto implicaría actualizar la implementación de la plataforma Thingworx, sumada a la problemática actual de la no visualización del campo de datos de los niveles de Co2 y los sensores de tipo evento al descargar o al realizar peticiones de datos externas a la plataforma.
- Verificar la configuración de los multisensores con respecto a las mediciones de los niveles de calidad del aire.
- Respecto a las medidas, se debería mejorar la implementación de las gráficas de estado de los sensores de tipo evento, consiguiendo una señal cuadrada y no triangular. También se debería revisar la medida de cálculo de tiempo total de presencia detectada, pues en alguna ocasión al segmentar los datos por mes con los filtros de fecha del dashboard, se obtienen valores erróneos que superan las horas de presencia total. Cuando se selecciona un día, mes y año concreto no se ha detectado este error, y tan solo ocurre en algunos meses.

9. Referencias

[1] Gobierno de España, Ministerio para la transición ecológica “Estrategia nacional contra la pobreza energética 2019-2024”. [En línea]. Disponible en:

https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/prensa/estrategianacionalcontralapobrezaenergetica2019-2024_tcm30-496282.pdf. [Último acceso: septiembre 2023]

[2] Carmen Sánchez-Guevara, “Propuesta metodológica de evaluación de la pobreza energética en España. Indicadores para la rehabilitación de viviendas”, Tesis doctoral, UPM, ETSAM, 2015. [En línea]. Disponible en:

https://oa.upm.es/39928/1/MARIA_DEL_CARMEN_SANCHEZ_GUEVARA_SANCHEZ.pdf. [Último acceso: septiembre 2023]

[3] ABD (Associació Benestar i Desenvolupament) “Informe soledad no deseada en personas mayores”, Informe de ONG, Subvención del Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar social, 2019-2020. [En línea] Disponible en:

https://abd.org/wp-content/uploads/2021/06/0.-Informe_general_IMP.pdf. [Último acceso: septiembre 2023]

[4] Observatorio de la Soledad no deseada “La soledad no deseada” y “Estudios”, 2021 [En línea] Disponible en:

<https://www.soledades.es/estudios>. [Último acceso: septiembre 2023]

[5] EFENTO “Wide range of wireless sensors and an IoT platform”, 2021. [En línea]. Disponible en:

<https://getefento.com/>. [Último acceso: octubre 2023]

[6] Microsoft, “Documentación para desarrolladores de Power BI”. [En línea] Disponible en:

<https://www.learn.microsoft.com/es-es/power-bi/developer/>. [Último acceso: abril 2024]

[7] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), "La Evaluación del impacto de la edad en la seguridad y salud en el trabajo," INSST, Madrid, España, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/327567/972w.pdf/ace5dda3-6aef-497a-a09a-d5938482ae6a> [Último acceso: Jun. 08, 2024]

- [8] PTC Community, “How to use ThingWorx REST API with Microsoft Power BI”. [En línea] Disponible en: <https://www.community.ptc.com/t5/loT-Tips/How-to-use-ThingWorx-REST-API-with-Microsoft-Power-BI/ta-p/819470>. [Último acceso: octubre 2023]
- [9] Microsoft, “Power Query: especificaciones y límites para Excel” [En línea] Disponible en: [Power Query especificaciones y límites en Excel - Soporte técnico de Microsoft](#) [Último acceso: abril 2024]¹
- [10] Microsoft, “Importar orígenes de datos (Power Query)” [En línea] Disponible en: [Web.Contents - PowerQuery M | Microsoft Learn](#) [Último acceso: abril 2024]
- [11] AulaTraining, “Curso Tratamiento de datos con Excel y Power BI” [En línea] Disponible en: [Curso: Tratamiento avanzado de datos con Excel y PowerBI | AulaTraining](#) [Último acceso: abril 2024]
- [12] El cierre digital, “El 83% de los trabajadores en remoto se queja del aislamiento laboral” [En línea] Disponible en: <https://elcierredigital.com/empresa-y-economia/651162158/teletrabajadores-quejan-aislamiento-laboral.html> [Último acceso: Enero 2024]
- [13] Fundación Tecnologías Sociales, “Quiénes somos”, [En línea] Disponible en: [Quiénes somos - Fundación Tecnologías Sociales - Tecsos \(fundaciontecsos.es\)](#) [Último acceso: abril 2024]
- [14] COCEMFE, “Manual de lenguaje inclusivo” [En línea] Disponible en: [20181010_COCEMFE_Lenguaje_inclusivo.pdf](#) [Último acceso: diciembre 2023]
- [15] Lucía Pérez-Castilla Álvarez, Isabel Vázquez Sánchez, “Tecnología y accesibilidad para la salud mental”, CEAPAT, IMSERSO, Gobierno de España, 2022 [En línea] Disponible en: [tecnologia_accesibilidad_sm 1.pdf \(sharepoint.com\)](#) [Último acceso: abril 2024]

[16] Norma EN 301 549 v3. 2.1 (2021-03) "Requisitos de accesibilidad para productos y servicios TIC" [En línea] Disponible en: [ETSI EN 301 549 - V3.2.1 - Accessibility requirements for ICT products and services](#) [Último acceso: abril 2024]

[17] Ron Mace, "7 principios del diseño universal", 1977. [En línea] Disponible en: [Guía Accesibilidad: Diseño universal \(mldm.es\)](#) [Último acceso: abril 2024]

[18] Ericsson Wide Papper, "Cellular Networks for Massive IoT", 2022 [En línea] Disponible en: [Cellular networks for Massive Internet of Things - Ericsson](#) [Último acceso: marzo2024]

[19] Qualcomm, Inc., "Narrowband IoT (NB-IoT)," RP-151621, 3GPP TSG RAN Meeting #69, Sept 2015, Disponible en: [Directory Listing /ftp/specs/archive/38_series/ \(3gpp.org\)](#) [Último acceso: marzo 2024]

[20] Vodafone, "Narrow Band IoT – A Low Wide Area Network", 2016, [En línea] Disponible en: [narrowband-iot.pdf \(vodafone.es\)](#) [Último acceso: marzo 2024]

[21] PTC, "*ThingWorx WebSocket-based Edge MicroServer Developer's Guide*", Guía, 2017, [En línea] Disponible en: https://community.ptc.com/sejnu66972/attachments/sejnu66972/twxdevs/26560/1/ThingWorx_WebSocket_based_Edge_MicroServer_Developers_Guide_v5.4.0.pdf [Último acceso: abril 2024]

[22] ISO/IEC, "ISO/IEC 30141:2018 - Information technology - Artificial intelligence - Assessing trustworthiness in AI," International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland, 2018.

[23] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), "Documento Técnico Prevención de la exposición a agentes químicos: Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) en ambientes laborales," [En línea]. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/327567/972w.pdf/ace5dda3-6aef-497a-a09a-d5938482ae6a>. [Último acceso: enero 2024]

[24] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), "NTP 549: Medida del nivel de iluminación en los lugares de trabajo," [En línea]. Disponible en:

https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_549.pdf/e9364a82-6f1b-4590-90e0-1d08b22e1074 [Último acceso: enero 2024]

[25] U.S. Environmental Protection Agency, "Guía para el control de la humedad en interiores," abril 2016. [En línea]. Disponible en: https://espanol.epa.gov/sites/default/files/2016-07/documents/moisture_control_guidance_spanish_april_2016_508_final.pdf?V [Último acceso: abril de 2024]

[26] Universidad Politécnica de Madrid, "Hogar Digital Accesible," UPM, [En línea]. Disponible en: <https://hogardigitalaccesible.etsist.upm.es/> [Último acceso: marzo 2024]

[27] P. Rodríguez y M. Gómez, "Estudio de atención a la soledad no deseada en personas mayores" Informe, Soledad No Deseada, Madrid, España, noviembre 2021. [En línea]. Disponible en: <https://soledadnodeseada.es/wp-content/uploads/2021/11/Estudio-atencion-soledad-no-deseada-personas-mayores.pdf> [Último acceso: enero de 2024]

[28] SUEZ, "Compuestos Orgánicos Volátiles (COV): Consecuencias para el Medio Ambiente," SUEZ España, [En línea]. Disponible: <https://www.suez.com/es/aire-espana/noticias/compuestos-organicos-volaticos-cov-consecuencias-ambiente>. [Último acceso: abril 2024]

[29] Efento, "Efento NB-IoT Wireless Logger User Manual," 26 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: [2024-02-26 - Efento NB-IoT wireless logger user manual \(getefento.com\)](https://www.getefento.com/2024-02-26-efento-nb-iot-wireless-logger-user-manual) [Último acceso: abril 2024]

[30] J. Holt-Lunstad, T. B. Smith, M. Baker, T. Harris, y D. Stephenson, "Loneliness and Social Isolation as Risk Factors for Mortality: A Meta-Analytic Review," **Perspectives on Psychological Science**, vol. 10, no. 2, pp. 227-237, Mar. 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3890922/> [Último acceso: abril 2024]

[31] Microsoft, "Descripción general de DAX," Microsoft Learn, 2023". [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/es-es/dax/dax-overview> [Último acceso: junio 2024]

- [32] World Health Organization, "Housing and Health Guidelines," 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK583392/> [Último acceso: abril 2024]
- [33] Fundación TECSOS, "Future Home IoT," [En línea]. Disponible en: <https://www.fundaciontecsos.es/proyectos/future-home-iot/> [Último acceso: abril 2024].
- [34] Fernández Aller, Celia; Miñano, Rafael. "Guía para trabajar la Responsabilidad Social y Ambiental (GRSA)". ETSI Sistemas Informáticos, UPM. (Versión 2.0 Mayo 2015). [En línea] Disponible en: https://oa.upm.es/35542/1/Guia_Responsabilidad_Social_y_Ambiental-V2-1.pdf [Último acceso: junio 2024].
- [35] "Objetivos de Desarrollo Sostenible," United Nations, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. [Último acceso: junio 2024].
- [36] " Smart Consumer Healthcare Technologies," IEEE Consumer Electronics Magazine, vol. 12, no. 4, pp. 56-67, Jul./Aug. 2023.
- [37] Microsoft, "Comparar planes y precio empresarial" Microsoft Learn, 2023. [En línea]. Disponible en: [Power BI: Plan de precios | Microsoft Power Platform](#) [Último acceso: junio 2024].
- [38] PTC, "ThingWorx Industrial IoT Solutions Platform," PTC. [Online]. Disponible en: <https://www.ptc.com/en/products/thingworx> . [Último acceso: Jun. 08, 2024].

Anexo

A.1 Estructura de la petición http Power Query - Thingworx

```
let
//Variables generales

appKey = "979d22a8-73b5-4009-b874-012cc159cfe1",
baseUrl = "https://vf0109.dev.vbinvent.iot.vodafone.com/",

header = [
    appKey = appKey,
    #"Content-Type" = "application/json",
    Accept = "application/json"
],

//Relativepath: GetAllDevices / GetMultisensorLogsAPIV2 / GetEventLogsAPIV2
relativepath="Thingworx/Things/AT.WebServices.HUB/services/GetMultisensorLogsAPIV2",

/*VARIABLE PARA FILTROS
    ""startDate"":""11-10-2023 09:00:00"", ""endDate"":""26-11-2023 13:00:00"",
    ""territorialScope"": , ""city"": , ""service"": , ""expediente"": , ""device"":
*/

body = {""body"":
    {
        ""startDate"":""23-10-2023 09:00:00"",
        ""endDate"":""09-12-2023 13:00:00"",
        ""expedient"":""Hogar-Digital-UPM""
    }
},
```

//PETICIÓN A THINGWORX

```
request = Web.Contents(baseUrl, [ Headers=header, RelativePath=relativepath, Content =  
Text.ToBinary(body)])
```

```
),
```

```
Source = Json.Document(request),
```

```
in
```

```
Source
```

A.2 Medidas implementadas en relación con multisensores

A.2.1. Máximos y mínimos de temperatura

Maximo de temperatura =

```
ROUND(MAXX(  
    KEEPFILTERS(VALUES('2 MultisensorLogs'[Timestamp])),  
    CALCULATE(SUM('2 MultisensorLogs'[temperature]))  
,1) & "°C"
```

Minimo de temperature =

```
ROUND(MINX(  
    KEEPFILTERS(VALUES('2 MultisensorLogs'[Timestamp])),  
    CALCULATE(SUM('2 MultisensorLogs'[temperature]))  
,1) & "°C"
```

A.2.2. Máximos y mínimos de humedad

Maximo de hum =

```
ROUND(MAXX(  
    KEEPFILTERS(VALUE('2 MultisensorLogs'[Timestamp])),  
    CALCULATE(SUM('2 MultisensorLogs'[humidity]))  
),1) & "%"
```

Minimo de hum =

```
ROUND(MINX(  
    KEEPFILTERS(VALUE('2 MultisensorLogs'[Timestamp])),  
    CALCULATE(SUM('2 MultisensorLogs'[humidity]))  
),1) & "%"
```

A.2.3. Máximos y mínimos de calidad del aire

Maximo de VOC =

```
ROUND(MAXX(  
    KEEPFILTERS(VALUE('2 MultisensorLogs'[Timestamp])),  
    CALCULATE(SUM('2 MultisensorLogs'[voc]))  
),1) & " IAQ"
```

Minimo de VOC =

```
ROUND(MINX(  
    KEEPFILTERS(VALUE('2 MultisensorLogs'[Timestamp])),  
    CALCULATE(SUM('2 MultisensorLogs'[voc]))  
),1) & "IAQ"
```

A.2.4. Promedios de temperatura, humedad, CAI y Co2

Promedio de temperature =

```
ROUND(AVERAGEX(  
    KEEPFILTERS(VALUES('2 MultisensorLogs'[Timestamp])),  
    CALCULATE(SUM('2 MultisensorLogs'[temperature]))  
,1) & "°C"
```

Promedio de humedad =

```
ROUND(AVERAGEX(  
    KEEPFILTERS(VALUES('2 MultisensorLogs'[Timestamp])),  
    CALCULATE(SUM('2 MultisensorLogs'[humidity]))  
,1) & " %"
```

Promedio de calidad del aire =

```
ROUND(AVERAGEX(  
    KEEPFILTERS(VALUES('2 MultisensorLogs'[Timestamp])),  
    CALCULATE(SUM('2 MultisensorLogs'[voc]))  
,1) & " IAQ"
```

Promedio de Co2 =

```
ROUND(AVERAGEX(  
    KEEPFILTERS(VALUES('2 MultisensorLogs'[Timestamp])),  
    CALCULATE(SUM('2 MultisensorLogs'[Co2 (simulado)]))  
,1) & " ppm"
```

A.2.5. Últimos valores registrados

Ultimo TEMP = CALCULATETABLE(

 LASTNONBLANK('2 MultisensorLogs'[Timestamp], [Timestamp]),
 '2 MultisensorLogs'[temperature]>0)

Último HUM = CALCULATETABLE(

 LASTNONBLANK('2 MultisensorLogs'[Timestamp], [Timestamp]),
 '2 MultisensorLogs'[humidity]>0)

Ultimo VOC = CALCULATETABLE(

 LASTNONBLANK('2 MultisensorLogs'[Timestamp], [Timestamp]),
 '2 MultisensorLogs'[voc]>0)

Ultimo Co2 = CALCULATETABLE(

 LASTNONBLANK('2 MultisensorLogs'[Timestamp], [Timestamp]),
 '2 MultisensorLogs'[Co2 (simulado)]>0)

A.3 Medidas implementadas en relación con sensores Open-Close

A.3.1. Aperturas totales en función del tiempo

Aperturas Total =

```
VAR Aperturas10min =
  ADDCOLUMNS(
    'Aperturas',
    "UltimaApertura",
    CALCULATE(
      MAX('Aperturas'[TimeStamp]),
      FILTER(
        'Aperturas',
        'Aperturas'[Estado] = 1 &&
        'Aperturas'[ID] = EARLIER('Aperturas'[ID]) &&
        'Aperturas'[TimeStamp] >= EARLIER('Aperturas'[TimeStamp]) - TIME(0, 10, 0)
      )
    )
  )
RETURN
  COALESCE(
    COUNTROWS(
      FILTER(
        Aperturas10min,
        [TimeStamp] = [UltimaApertura]
      )
    ),
    0
  )
```

A.3.2. Aperturas en el rango de la mañana

Aperturas Mañana (06:00-13:00) =

```
CALCULATE(
  [Aperturas Total],
  FILTER(
    'Aperturas',
    HOUR('Aperturas'[TimeStamp]) >= 6 &&
    HOUR('Aperturas'[TimeStamp]) < 13
  )
)
```

A.3.3. Aperturas en el rango de la tarde

Aperturas Tarde (13:00-19:00) =

```
CALCULATE(  
    [Aperturas Total],  
    FILTER(  
        'Aperturas',  
        HOUR('Aperturas'[TimeStamp]) >= 13 &&  
        HOUR('Aperturas'[TimeStamp]) < 19  
    )  
)
```

A.3.4. Aperturas en el rango de la noche

Aperturas Noche (19:00-00:00) =

```
CALCULATE(  
    [Aperturas Total],  
    FILTER(  
        'Aperturas',  
        HOUR('Aperturas'[TimeStamp]) >= 19 &&  
        HOUR('Aperturas'[TimeStamp]) < 24  
    )  
)
```

A.3.5. Aperturas en el rango de la madrugada

Aperturas Madrugada (00:00-06:00) =

```
CALCULATE(  
    [Aperturas Total],  
    FILTER(  
        'Aperturas',  
        HOUR('Aperturas'[TimeStamp]) >= 0 &&  
        HOUR('Aperturas'[TimeStamp]) < 6  
    )  
)
```

A.3.6. Último registro de aperturas en el tiempo

```
Última apertura = CALCULATETABLE (  
    LASTNONBLANK( 'Aperturas'[TimeStamp], [TimeStamp] ),  
    'Aperturas'[Estado]=1  
)
```

A.4 Medidas implementadas en relación con sensores PIR

A.4.1. Presencia total en función del tiempo

Presencia Total =

```
VAR ParesDeTiempo =
  ADDCOLUMNS (
    FILTER (
      Estancias,
      Estancias[Estado] = 1
    ),
    "TiempoTranscurrido",
    VAR CurrentID = Estancias[ID]
    VAR CurrentTime = Estancias[TimeStamp]
    VAR NextZeroTime =
      CALCULATE (
        MIN ( Estancias[TimeStamp] ),
        FILTER (
          Estancias,
          Estancias[ID] = CurrentID &&
          Estancias[TimeStamp] > CurrentTime &&
          Estancias[Estado] = 0
        )
      )
    RETURN
    IF (
      NOT ISBLANK (NextZeroTime),
      DATEDIFF (CurrentTime, NextZeroTime, SECOND),
      0
    )
  )
RETURN
COALESCE (
  ROUND(
    SUMX (
      ParesDeTiempo,
      [TiempoTranscurrido]
    ) / 3600, // Convertir segundos a horas
    2 // Redondear a dos decimales
  ),
  0
)
```

A.4.2. Presencia en el rango de la mañana

Presencia Manana (13:30-19:00) =

```
CALCULATE (  
    [Presencia Total],  
    FILTER (  
        Estancias,  
        HOUR ( Estancias[TimeStamp] ) >= 06 &&  
        HOUR ( Estancias[TimeStamp] ) < 13  
    )  
)
```

A.4.3. Presencia en el rango de la tarde

Presencia Tarde (13:30-19:00) =

```
CALCULATE (  
    [Presencia Total],  
    FILTER (  
        Estancias,  
        HOUR ( Estancias[TimeStamp] ) >= 13 &&  
        HOUR ( Estancias[TimeStamp] ) < 19  
    )  
)
```

A.4.4. Presencia en el rango de la noche

Presencia Noche (19:00-00:00) =

```
CALCULATE (  
    [Presencia Total],  
    FILTER (  
        Estancias,  
        HOUR ( Estancias[TimeStamp] ) >= 19 &&  
        HOUR ( Estancias[TimeStamp] ) < 24  
    )  
)
```

A.4.5. Presencia detectada por la madrugada

Presencia Madrugada (00:00-06:00) =

```
CALCULATE (
    [Presencia Total],
    FILTER (
        Estancias,
        HOUR ( Estancias[TimeStamp] ) >= 0 &&
        HOUR ( Estancias[TimeStamp] ) < 6
    )
)
```

A.5 Medidas implementadas en relación con indicadores

A.5.1. Indicador de nivel de temperatura

```
Indicador Temp. = VAR media = ROUND(AVERAGEX(
    KEEPFILTERS(VALUES('2 MultisensorLogs'[TimeStamp])),
    CALCULATE(SUM('2 MultisensorLogs'[temperature]))
),1)
RETURN SWITCH( TRUE, media < 16, "Nocivo", media < 18, "No comfortable" , media <
26, "Comfortable", media <= 30, "No comfortable", media > 30, "Nocivo")
```

A.5.2. Indicador de nivel de humedad

```
Indicador Hum. = VAR media = ROUND(AVERAGEX(
    KEEPFILTERS(VALUES('2 MultisensorLogs'[TimeStamp])),
    CALCULATE(SUM('2 MultisensorLogs'[humidity]))
),1)
RETURN SWITCH( TRUE, media < 30 , "Nocivo", media < 40, "No comfortable" , media < 60,
"Comfortable", media < 70, "No comfortable", media < 1000, "Nocivo" )
```

A.5.3. Indicador de nivel de CAI

```
Indicador IAQ. = VAR media = ROUND(AVERAGEX(
    KEEPFILTERS(VALUES('2 MultisensorLogs'[Timestamp])),
    CALCULATE(SUM('2 MultisensorLogs'[voc]))
),1)
    RETURN
SWITCH( TRUE, media < 50 , "Ideal", media < 100, "Confortable" , media < 151, "Mejorable",
media < 200, "No confortable", media >200, "Nocivo" )
```

A.5.4. Indicador de nivel de Co2

```
Indicador Co2 = VAR media = ROUND(AVERAGEX(
    KEEPFILTERS(VALUES('2 MultisensorLogs'[Timestamp])),
    CALCULATE(SUM('2 MultisensorLogs'[Co2 (simulado)]))
),1)
    RETURN
SWITCH( TRUE, media < 400, "Ideal", media < 600, "Confortable" , media < 1000, "Mejorable",
media < 5000, "No confortable", media > 5000, "Nocivo")
```

A.5.5. Informe sobre indicadores

INFORMACIÓN = "

CONDICIONES DEL HOGAR

- Temperatura no confortable

Una temperatura no confortable en el hogar puede deberse a factores como la tasa metabólica, el aislamiento, la temperatura o la velocidad del aire, la temperatura radiante o la humedad. El rango de temperatura recomendable establecido por la OMS está entre los 18 y los 24 °C, tendiendo a los 24 °C durante el día y a los 18 °C por la noche. Se consideran temperaturas nocivas las inferiores a 16 °C o las superiores a 30 °C.

- Humedad no confortable

Una humedad no confortable en el hogar puede deberse, entre otros, a poner la calefacción muy alta, al vapor generado al cocinar o al ducharse, o a tender la ropa dentro de casa. El rango de humedad recomendable en el hogar establecido por la OMS está entre el 30% y el 70%. Una humedad fuera de este rango puede provocar problemas respiratorios y de asma, y se considera nociva. Las humedades entre el 30% y 40%, y el 60% y 70% se consideran no confortables, pudiendo causar sequedad en el aire en el primer caso o sensación de calor o problemas de aparición de moho en el segundo caso.

- Calidad del aire no confortable

Una mala calidad del aire en el hogar puede deberse a un nivel inadecuado de compuestos orgánicos volátiles, microorganismos (bacterias o moho), alérgenos o contaminantes de aire exterior en el interior. Los productos de pintura o de limpieza son un caso común que perjudica la calidad del aire del hogar. El tabaquismo también puede influir negativamente en los VOC, y es este considerado un hábito de riesgo en las personas con sentimiento de soledad.

HABITOS CONDUCTUALES

- Detectar niveles de CO₂ no confortables:

El CO₂ en el hogar se produce por el ser humano al exhalar, fumar, o por los combustibles fósiles (gas natural, petróleo, propano o carbón) habituales en los sistemas de calefacción o cocina. Un nivel excesivo de CO₂ puede relacionarse con una mala ventilación.

- El movimiento nocturno y los horarios de sueño

El sentimiento de soledad puede llevar a problemas de sueño. La ubicación de un sensor PIR en el dormitorio del hogar o específicamente asegurando que el campo de detección de presencia abarque la zona de la cama, permite en este proyecto controlar los horarios en los que la persona se acuesta, se levanta, o se desvela durante la noche.

- La malnutrición

Las comidas de manera aislada pueden alterar o disminuir el número de ingestas durante el día, puesto que para algunas personas comer solo resulta menos placentero. Se trata de una situación que puede alentar al sentimiento de soledad o dar lugar a problemas de salud. Además, los trastornos de alimentación son considerados una consecuencia de la soledad. Una persona que se siente sola puede descuidar sus hábitos culinarios. De manera similar a lo ya mencionado, o conllevando a la desmotivación para cocinar. Cocinar para uno mismo puede ser infravalorado o resultar menos satisfactorio. Estas personas también cuentan con

más probabilidades de mala alimentación por consumo de alimentos procesados o menos nutritivos, de cara a conseguir un efecto placentero con inmediatez.

En la Estrategia nacional contra la pobreza energética 2019-2024 se concibe la malnutrición (desnutrición u obesidad) como un efecto indirecto de la pobreza energética.

- Falta de higiene personal

Cabe la posibilidad de que una persona que no interactúe con otras descuide sus hábitos de higiene personal o la indumentaria, puesto que no tiene motivación por cómo le va a ver el resto [30].

- Sedentarismo

Este es considerado también otro hábito de riesgo entre las personas con sentimiento de soledad. Un sensor PIR para detectar horas continuadas de presencia en lugares como el salón o el ordenador pueden tomar datos que permitan evaluar este ámbito. Por otro lado, con un sensor Open Close ubicado en la puerta principal puede contemplarse información relevante acerca de las entradas o salidas que realiza la persona al hogar