



## **E4.1 Informe de validación de la infraestructura de sensorización y gestión segura de datos**

### Contenido

1	Resumen.....	2
2	Validación de infraestructura para almacenes.....	2
2.1	Vista general.....	2
2.2	Cámaras.....	3
2.3	Sala de máquinas.....	4
2.4	Cobertura inalámbrica en almacenes.....	9
2.5	Precisión de medición de los sensores para almacenes .....	10
2.6	Muelle .....	11
3	Validación de infraestructura para vehículos.....	17
3.1	Cobertura NB-IoT y LTE para vehículos.....	20
3.2	Precisión de medición de los sensores para vehículos .....	21
4	Plataforma software de gestión de datos segura en la nube .....	22
4.1	Arquitectura .....	22
4.2	Suscripción al Context Broker.....	22
4.3	Agregación de consumos de las cámaras.....	23
4.4	Gestión segura de los datos .....	24
4.4.1	Recepción y almacenamiento de datos.....	25
4.4.2	Consultas.....	26
4.4.3	Hyperledger explorer.....	28
5	Conclusiones.....	30



## **1 Resumen**

Este documento es el encargado de detallar cómo se ha realizado el despliegue de los dispositivos tanto en las instalaciones en los almacenes como en los vehículos usando como punto de partida el plan elaborado en el entregable E2.2.

En concreto se detallan los cambios realizados respecto al plan inicial y se describen los problemas detectados durante la fase de despliegue, así como las soluciones que se han adoptado en cada caso o en función de las posibilidades existentes, ya fuera por limitaciones de costes, por condicionantes de la propia instalación o por prioridades que se hayan establecido en las reuniones que se han mantenido con la empresa.

Por otro lado, se detalla toda la arquitectura desarrollada a nivel de plataforma para recoger, procesar y almacenar los datos de forma segura utilizando en este último caso la tecnología Blockchain.

## **2 Validación de infraestructura para almacenes**

### **2.1 Vista general**

A nivel general, los cambios que se han realizado en cuanto a los tipos de elementos que finalmente se han controlado respecto a lo que se había planificado inicialmente tal y como se describe en el entregable E2.2 le afectan a los elementos que se monitorizan en la sala de máquinas (se detallan en la sección asociada a la sala de máquinas) y, en el lado del muelle, a la instalación de más dispositivos con los que obtener cierta información complementaria en puntos concretos.

Concretamente en este último caso se han instalado 3 dispositivos que no estaban previstos y que miden los valores de temperatura, humedad y CO<sub>2</sub>. Para ser más exactos, esos valores se miden en los 2 puntos del muelle que dan acceso a las cámaras interiores y en el exterior del mismo (en este caso no se incluye el valor del CO<sub>2</sub>).

Un dato que no se ha podido obtener al no ser ofrecido por el fabricante es el margen de error en la medida de los analizadores de red instalados.

A continuación, se muestra la representación gráfica actualizada sobre plano de la ubicación de los dispositivos y de los distintos emplazamientos importantes (cámaras, muelle, etc.).

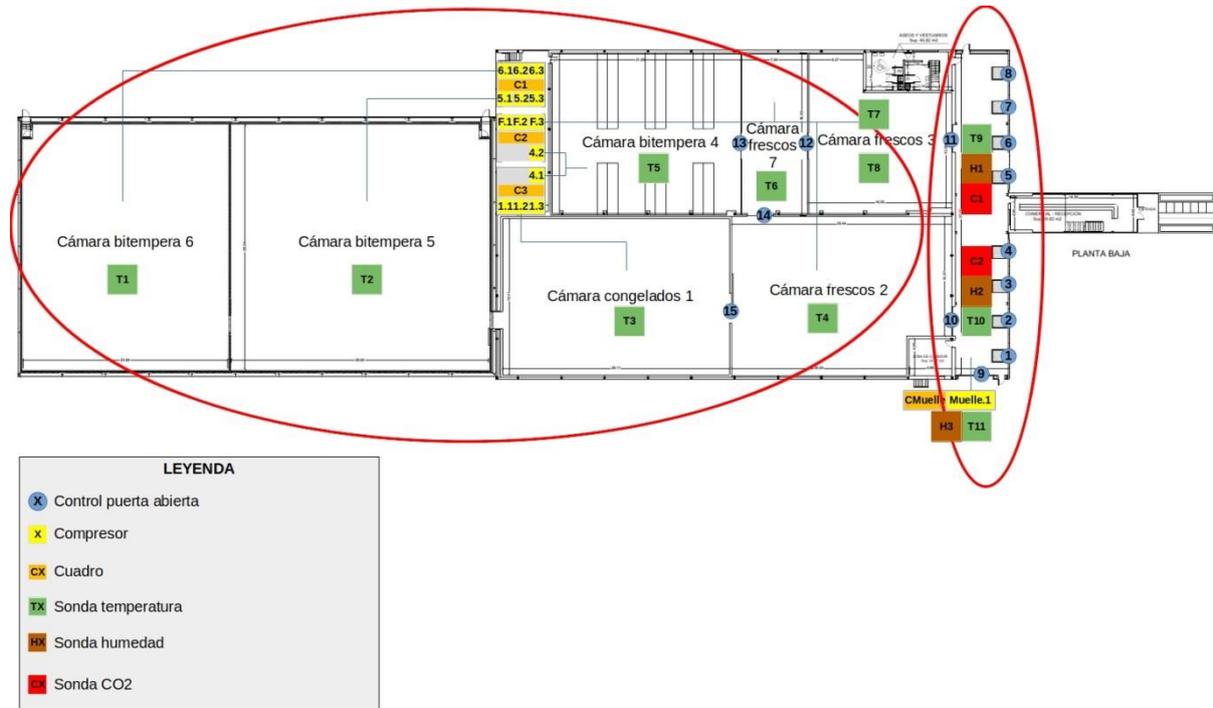


Figura 1: Instalaciones de la empresa

Gráficamente se agrupan mediante dos elipses de color rojo los elementos que cuelgan de los nodos IoT instalados en la sala de máquinas y en el muelle. Más adelante se entrará en detalle en qué dispositivos hay en cada sección.

## 2.2 Cámaras

En el caso concreto de las cámaras frigoríficas, todos los elementos que se han instalado están conectados a su nodo IoT respectivo de forma cableada. Concretamente se trata de sensores de temperatura y de dispositivos para la detección de estado de apertura y cierre de puertas.

Los primeros son sondas PT100 conectadas a conversores que generan una salida de 4-20mA.

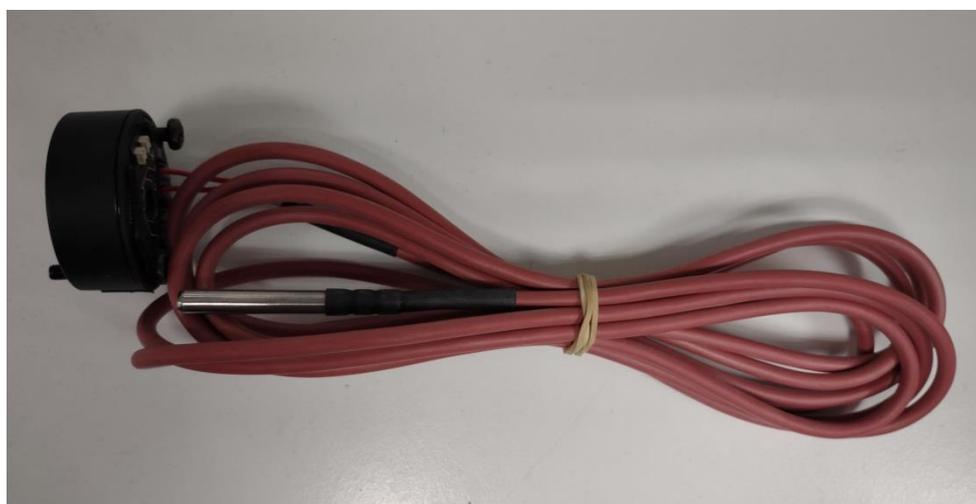


Figura 2: Sonda de temperatura



Figura 3: Fotocélula de control de apertura/cierre de puerta

### 2.3 Sala de máquinas

En la sala de máquinas se ha realizado un cambio sustancial en cuanto al número de elementos que se tenía previsto monitorizar.

El plan inicial, teniendo en cuenta a nivel eléctrico cómo están agrupados los circuitos dentro de los 3 cuadros existentes, era medir consumos de circuitos directamente cuando fuese posible y, cuando no fuese posible, intentar inferir el origen del consumo restante (el global de cada cuadro menos el que se está midiendo de forma individual) en base al estado de diversos evaporadores.

Este enfoque, que debería dar un buen resultado en teoría, en la práctica tenía dos problemas:

- ▶ La cantidad de entradas necesarias para tener un control del estado de encendido/apagado de los evaporadores era muy superior a la prevista inicialmente. Este punto se detectó tras una visita posterior a las instalaciones con los electricistas para ver el estado de los cuadros eléctricos.
- ▶ Tanto para controlar el estado de los evaporadores como para monitorizar el consumo de los subcircuitos que sí estaban accesibles, se debía realizar una modificación importante en los

THD GUARDIAN - TSI-100110-2019-20

cuadros existentes, que a su vez estaban bastante cargados y habría resultado imposible instalar todo lo necesario por falta de espacio.

Al final, de mutuo acuerdo con la empresa, se optó por una solución de compromiso en la parte de monitorización de consumos:

- ▶ Se ha instalado un medidor global para cada uno de los 3 cuadros. Concretamente se han reemplazado los existentes, que estaban en desuso y que no ofrecían ningún tipo de conectividad, por unos nuevos que han sido integrados en el sistema.
- ▶ Se están monitorizando de forma individual los circuitos asociados a los compresores, ya que son los elementos que mayor consumo tienen. Dicho de otra forma, se registra de forma individual el consumo por cada compresor.

Concretamente se han instalado los siguientes analizadores:

- ▶ Circutor CVM-Net4 (4 circuitos) en el cuadro interior (*Cuadro Nuevo 3*) para medir los consumos de los 3 compresores de la cámara de Congelados así como uno de los compresores de la cámara Bitempera 4.
- ▶ Circutor CVM-Net4 (4 circuitos) en el cuadro central (*Cuadro Nuevo 2*) para medir los consumos de los 3 compresores que dan servicio a las cámaras de Frescos y el otro compresor de la cámara Bitempera 4.
- ▶ Circutor CVM-Net4 (4 circuitos, aunque se usan solo 3) en el cuadro exterior (*Cuadro Nuevo 1*) para medir los consumos de los 3 compresores de la cámara Bitempera 5.
- ▶ Circutor CVM-Net4 (4 circuitos, aunque se usan solo 3) en el cuadro exterior para medir los consumos de los 3 compresores de la cámara Bitempera 6.
- ▶ 3 Circutor CVM-Mini (1 circuito), uno por cada cuadro para medir su consumo global.



Figura 4: Fotografía mostrando el cuadro interior (*Cuadro Nuevo 3*)



Figura 5: Fotografía mostrando el cuadro central (*Cuadro Nuevo 2*)



Figura 6: Fotografía mostrando el cuadro exterior (*Cuadro Nuevo 3*)

A continuación se muestra el esquema de los elementos instalados dentro de la sala de máquinas.

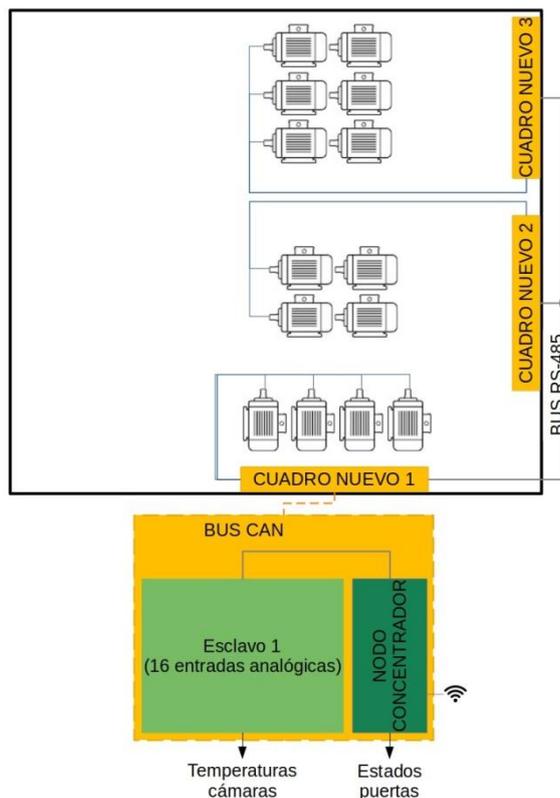


Figura 7: Diagrama instalación en sala de máquinas

Una vez que se ha reducido el número de entradas digitales necesarias conforme a lo explicado anteriormente, se ha pasado a necesitar un único esclavo con la plantilla de 16 entradas analógicas, pese a que en la instalación actual solo se están usando 8. Por lo tanto el sistema está preparado para añadir una segunda sonda de temperatura por cada cámara sin tener que incrementar el número de esclavos que cuelgan del nodo IoT maestro, aunque esto también es posible.

A continuación se muestra el listado actualizado con las señales que se están controlando desde el nodo IoT de la sala de máquinas.



Dispositivo	Equipo	Elemento	Descripción	ID ( P&ID )	Tipo de Señal	Borna / Dirección	Observaciones		
<b>Sala de máquinas</b>									
IoT-Connector (01)	Estados puertas	C.Frescos 3 a C.Frescos 7	Estado puerta abierta	M1.01.01	Entrada Digital	01.01.01	Normalmente Cerrada		
		C.Frescos 7 a C.Bitemper 4	Estado puerta abierta	M1.01.02	Entrada Digital	01.01.02	Normalmente Cerrada		
		C.Frescos 7 a C.Frescos 2	Estado puerta abierta	M1.01.03	Entrada Digital	01.01.03	Normalmente Cerrada		
		C.Frescos 2 a C.Congelados 1	Estado puerta abierta	M1.01.04	Entrada Digital	01.01.04	Normalmente Cerrada		
Esclavo 1 (16 EA)	Temperaturas cámaras	Cámara congelados 1	Temperatura	M1.01.05	Entrada Analógica	01.02.01	T1 (PT100 a 4-20mA) (-50 a 150)		
		Cámara frescos 2	Temperatura	M1.01.06	Entrada Analógica	01.02.02	T1 (PT100 a 4-20mA) (-50 a 150)		
		Cámara frescos 3	Temperatura	M1.01.07	Entrada Analógica	01.02.03	T1 (PT100 a 4-20mA) (-50 a 150)		
		Cámara frescos 7	Temperatura	M1.01.08	Entrada Analógica	01.02.04	T1 (PT100 a 4-20mA) (-50 a 150)		
		Cámara bitemper 4	Temperatura	M1.01.09	Entrada Analógica	01.02.05	T1 (PT100 a 4-20mA) (-50 a 150)		
		Cámara bitemper 5	Temperatura	M1.01.10	Entrada Analógica	01.02.06	T1 (PT100 a 4-20mA) (-50 a 150)		
		Cámara bitemper 6	Temperatura	M1.01.11	Entrada Analógica	01.02.07	T1 (PT100 a 4-20mA) (-50 a 150)		
		Cámara frescos 3.2	Temperatura	M1.01.12	Entrada Analógica	01.02.08	T1 (PT100 a 4-20mA) (-50 a 150)		
						M1.01.13	Entrada Analógica	01.02.09	
						M1.01.14	Entrada Analógica	01.02.10	
						M1.01.15	Entrada Analógica	01.02.11	
						M1.01.16	Entrada Analógica	01.02.12	
						M1.01.17	Entrada Analógica	01.02.13	
						M1.01.18	Entrada Analógica	01.02.14	
						M1.01.19	Entrada Analógica	01.02.15	
						M1.01.20	Entrada Analógica	01.02.16	
CVM-Net4 1 (Cuadro 3)	Circuito 1	Compresor 1 cámara congelados		M1.02.01	Modbus RS-485	1	9600@8N1		
	Circuito 2	Compresor 2 cámara congelados		M1.02.02					
	Circuito 3	Compresor 3 cámara congelados		M1.02.03					
	Circuito 4	Compresor 1 cámara bitemper 4		M1.02.04					
CVM-Mini 1 (Cuadro 3)		Global cuadro interior		M1.02.05	Modbus RS-485	2			
CVM-Net4 2 (Cuadro 2)	Circuito 1	Compresor 1 cámara frescos 2		M1.02.06	Modbus RS-485	3			
	Circuito 2	Compresor 2 cámara frescos 2		M1.02.07					
	Circuito 3	Compresor 3 cámara frescos 2		M1.02.08					
	Circuito 4	Compresor 2 cámara bitemper 4		M1.02.09					
CVM-Mini 2 (Cuadro 2)		Global cuadro centro		M1.02.10	Modbus RS-485	4			
CVM-Net4 3 (Cuadro 1)	Circuito 1	Compresor 1 cámara bitemper 5		M1.02.11	Modbus RS-485	5			
	Circuito 2	Compresor 2 cámara bitemper 5		M1.02.12					
	Circuito 3	Compresor 3 cámara bitemper 5		M1.02.13					
	Circuito 4			M1.02.14					
CVM-Net4 4 (Cuadro 1)	Circuito 1	Compresor 1 cámara bitemper 6		M1.02.15	Modbus RS-485	6			
	Circuito 2	Compresor 2 cámara bitemper 6		M1.02.16					
	Circuito 3	Compresor 3 cámara bitemper 6		M1.02.17					
	Circuito 4			M1.02.18					
CVM-Mini 3 (Cuadro 1)		Global cuadro exterior		M1.02.19	Modbus RS-485	7			

Figura 8: Listado de señales del cuadro de la sala de máquinas

## 2.4 Cobertura inalámbrica en almacenes

En la parte de comunicaciones, la posibilidad de utilizar el interfaz Ethernet se descartó tras la primera visita a la vista de la gran distancia existente entre el nodo IoT y el punto de red (o switch) más cercano. Una vez confirmado que se iba a utilizar el interfaz WiFi, el equipo estuvo funcionando temporalmente conectado directamente a la red existente.

Pasado cierto tiempo se detectaron pérdidas de comunicación aleatorias y de duración variable, aparentemente relacionadas con problemas de cobertura que se veían acrecentados en los momentos de mayor actividad de los compresores, lo que apuntaba a que éstos estaban generando un ruido que le estaba afectando a las comunicaciones.

El nivel de cobertura medido en la sala de máquinas se muestra en el siguiente diagrama:

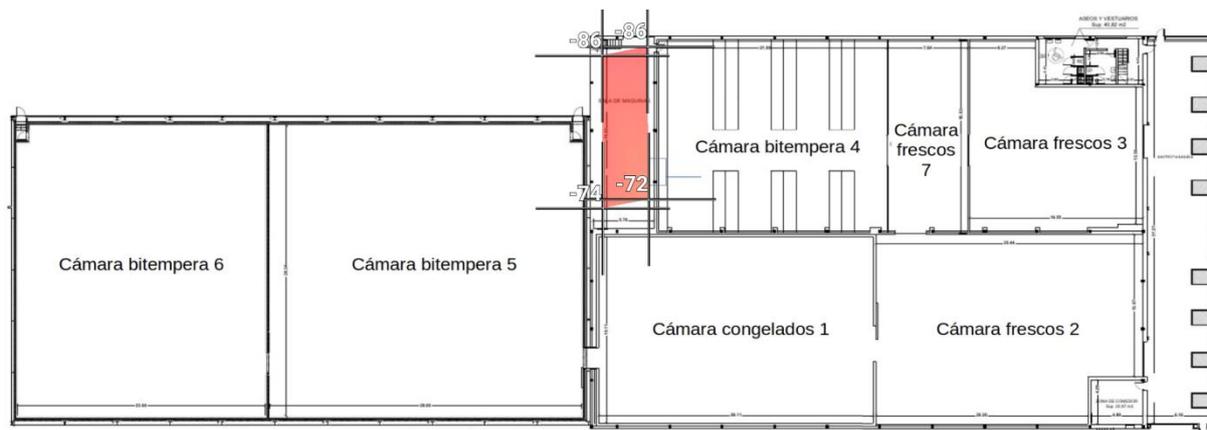


Figura 9: Nivel de cobertura de la sala de máquinas con la WiFi existente

La forma de solucionar este problema fue mediante la instalación de un extensor de WiFi. Para encontrar un punto de la instalación en el que el extensor funcionase correctamente y ofreciera los resultados esperados, y dado que se descartó directamente la opción de instalarlo dentro de las propias cámaras por las condiciones de funcionamiento (temperatura y humedad), las únicas soluciones viables eran:

- ▶ Instalarlo en el falso techo de las cámaras, en la zona de mantenimiento de las mismas.
- ▶ Crear una red de repetidores enlazados entre ellos por el exterior de las instalaciones.

A la vista de las restricciones anteriormente descritas, se optó por instalar el extensor en una parte de la instalación que se encuentra justo encima del cuadro donde está instalado el nodo IoT, en la zona de mantenimiento. En horizontal tiene visión casi directa con los puntos de acceso de la red existente, que están instalados en los techos de las cámaras, y en la vertical está justo encima del nodo IoT, por lo que la distancia entre ambos es de apenas 5 o 6 metros. Una vez hecho esto, los problemas de comunicación desaparecieron.



Figura 10: Caja de pared donde está instalado el extensor WiFi

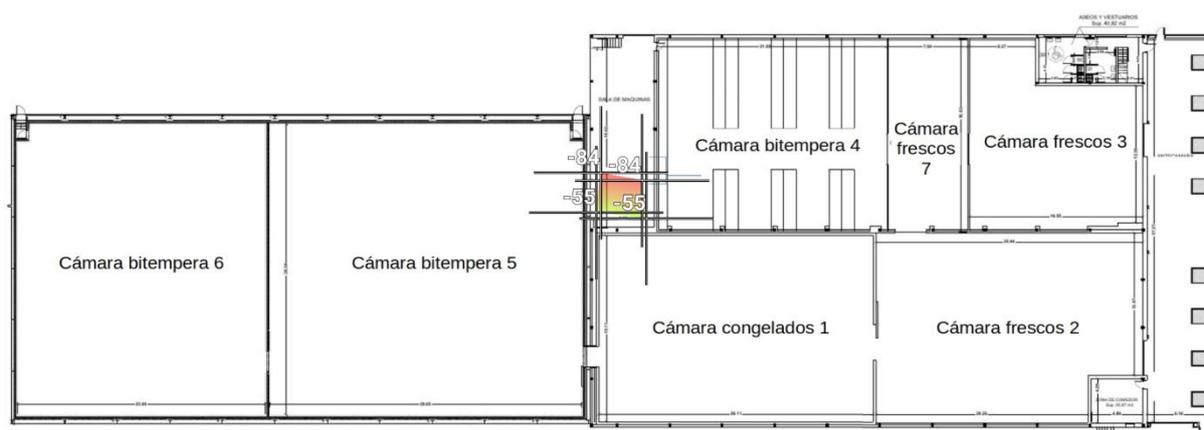


Figura 11: Nivel de cobertura de la sala de máquinas tras instalar el extensor WiFi.

### 2.5 Precisión de medición de los sensores para almacenes

Dichas sondas son de tipo clase A tienen un margen de error del 0,1% dentro del rango de salida, que va de  $-25^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$ , por lo que el margen de error es de  $0,125^{\circ}\text{C}$ . Al tratarse además de conversores que generan una salida de 4-20mA, se considera que el error causado por la longitud de los cables es despreciable, algo que sí influiría si la salida fuese de 0-10V ya que podría haber variaciones en las lecturas en función de la longitud del cable. En la siguiente tabla, se muestra los rangos de precisión de las sondas PT100 según el rango de medida de la temperatura y el tipo de sonda.



THD GUARDIAN - TSI-100110-2019-20

Tolerance for Pt100's ( $\pm$ °C)				
Temp (°C)	Class B	Class A	1/3DIN	1/10DIN
-200	1.30	—	—	—
-100	0.80	—	—	—
-50	0.55	0.25	0.18	—
0	0.30	0.15	0.10	0.03
100	0.80	0.35	0.27	0.08
200	1.30	0.55	0.43	—
250	1.55	0.65	0.52	—
300	1.80	0.75	—	—
350	2.05	0.85	—	—
400	2.30	0.95	—	—
450	2.55	1.05	—	—
500	2.80	—	—	—
600	3.30	—	—	—

Para la detección del estado de las puertas se han instalado dispositivos que utilizan fotocélulas de rayos infrarrojos. El problema en este caso ha surgido a la hora de buscar un único dispositivo que fuese compatible por un lado con las puertas que comunican las cámaras, que se deslizan sobre un cajón principalmente en vertical y tienen cierta holgura, y por otro las puertas de los muelles, que tienen raíles metálicos.

Para las primeras lo más importante era que la fotocélula tuviese el menor tamaño posible, teniendo en cuenta el poco espacio disponible dentro del cajón y la velocidad a la que puede bajar la puerta, ya que la fotocélula podría recibir un golpe y romperse.

Para las segundas lo más importante era que fuera regulable en alcance. En ese sentido se ha valorado una solución que fuese lo menos intrusiva posible y que, al igual que en el caso anterior, estuviese situada lejos del área de influencia (y posible contacto) de las carretillas que se emplean durante la carga y descarga de la mercancía.

La regulación se ha hecho in situ en un intento por reducir la detección de falsos positivos en el supuesto de que un operario estuviera trabajando cerca de la zona donde están instaladas. Además se ha añadido un filtro temporal de forma que se debe mantener abierta la apertura durante 2 segundos para filtrar los falsos positivos (están configuradas como NC, o sea, por defecto están detectando que la puerta está cerrada y a partir de ahí el cambio de estado va ligado a la apertura de la puerta, o sea, cuando el haz infrarrojo deja de ser cortado por la puerta).

## **2.6 Muelle**

En el caso concreto del muelle, conforme se ha comentado en secciones anteriores, también se han producido varios cambios.

En primer lugar, a la monitorización de la temperatura se han añadido también las de la humedad y del CO<sub>2</sub>.

En segundo lugar, por características de la instalación, la medición de consumo del muelle solo se realiza sobre el circuito que da servicio al aparato de control de clima y no al resto de subsistemas (iluminación, etc.).



Figura 12: Cuadro de control del muelle



Figura 13: Sensor de temperatura, humedad y CO<sub>2</sub> interiores

En lo referente a la precisión de las 3 sondas, se tiene lo siguiente:

- ▶ Para temperatura la precisión es de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  (resolución  $0,1^{\circ}\text{C}$ ).
- ▶ Para humedad la precisión es de  $\pm 5\%$  (resolución  $0,1\%$ ).
- ▶ Para CO<sub>2</sub> la precisión es de  $\pm 70\text{ppm}$  (resolución  $3\%$ ).



Figura 14: Sensor de temperatura y humedad exteriores

En lo referente a la precisión de las 2 sondas, se tiene lo siguiente:

- ▶ Para temperatura la precisión es de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  (resolución  $0,1^{\circ}\text{C}$ ).
- ▶ Para humedad la precisión es de  $\pm 5\%$  (resolución  $0,1\%$ ).

A continuación se muestra el esquema de los elementos instalados en torno al muelle.

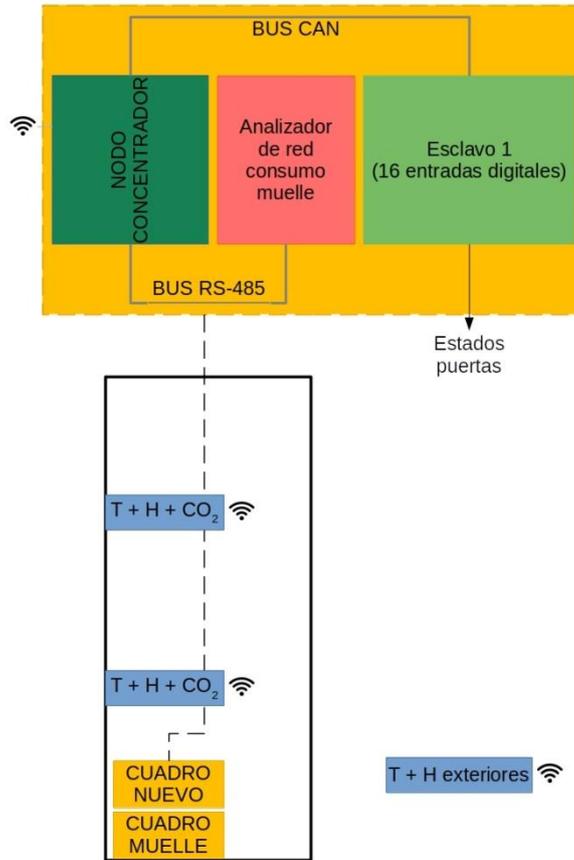


Figura 15: Diagrama instalación en muelle

A continuación se muestra el listado actualizado con las señales que se están controlando desde el nodo IoT del muelle, así como los dispositivos de monitorización de temperatura, humedad y CO<sub>2</sub>.



Dispositivo	Equipo	Elemento	Descripción	ID ( P&ID)	Tipo de Señal	Borna / Dirección	Observaciones	
<b>Muelle</b>								
IoT-Connector (02)				M2.01.01		02.01.01		
				M2.01.02		02.01.02		
				M2.01.03		02.01.03		
				M2.01.04		02.01.04		
Esclavo 1 (16 ED)	Estados puertas	Muelle 1	Estado puerta abierta	M2.01.05	Entrada Digital	02.02.01	Normalmente Cerrada	
		Muelle 2	Estado puerta abierta	M2.01.06	Entrada Digital	02.02.02	Normalmente Cerrada	
		Muelle 3	Estado puerta abierta	M2.01.07	Entrada Digital	02.02.03	Normalmente Cerrada	
		Muelle 4	Estado puerta abierta	M2.01.08	Entrada Digital	02.02.04	Normalmente Cerrada	
		Muelle 5	Estado puerta abierta	M2.01.09	Entrada Digital	02.02.05	Normalmente Cerrada	
		Muelle 6	Estado puerta abierta	M2.01.10	Entrada Digital	02.02.06	Normalmente Cerrada	
		Muelle 7	Estado puerta abierta	M2.01.11	Entrada Digital	02.02.07	Normalmente Cerrada	
		Muelle 8	Estado puerta abierta	M2.01.12	Entrada Digital	02.02.08	Normalmente Cerrada	
		Salida lateral muelle	Estado puerta abierta	M2.01.13	Entrada Digital	02.02.09	Normalmente Cerrada	
		Muelles a C.Frescos 2	Estado puerta abierta	M2.01.14	Entrada Digital	02.02.10	Normalmente Cerrada	
	Muelles a C.Frescos 3	Estado puerta abierta	M2.01.15	Entrada Digital	02.02.11	Normalmente Cerrada		
					M2.01.16	Entrada Digital	02.02.12	
					M2.01.17	Entrada Digital	02.02.13	
					M2.01.18	Entrada Digital	02.02.14	
				M2.01.19	Entrada Digital	02.02.15		
				M2.01.20	Entrada Digital	02.02.16		
CVM-Mini 4 (Cuadro Muelle)		A.A. Muelle		M2.02.01	Modbus RS-485	1	9600@8N1	
IpexTICA (03)	Temperatura puerta Muelle → Cámara frescos 2			M3.01.01				
	Humedad puerta Muelle → Cámara frescos 2			M3.01.02				
	CO2 puerta Muelle → Cámara frescos 2			M3.01.03				
IpexTICA (04)	Temperatura puerta Muelle → Cámara frescos 3			M4.01.01				
	Humedad puerta Muelle → Cámara frescos 3			M4.01.02				
	CO2 puerta Muelle → Cámara frescos 3			M4.01.03				
IpexTICA (05)	Temperatura exterior			M5.01.01				
	Humedad exterior			M5.01.02				

Figura 16: Listado de señales de los equipos instalados en torno al muelle

THD GUARDIAN - TSI-100110-2019-20

En lo referente a comunicaciones, y al estar suficientemente alejado de los compresores, el muelle no sufre problemas relacionados con falta de cobertura de la red WiFi y la red existente es utilizada directamente tanto por el nodo IoT como por los 3 dispositivos nuevos.

Aun así la siguiente figura muestra el nivel de cobertura medido en el muelle:

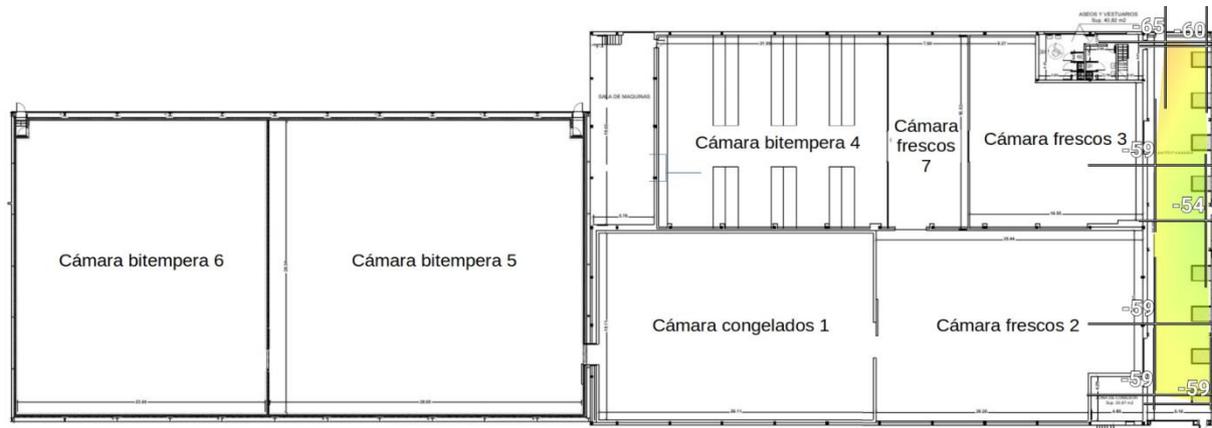


Figura 17: Nivel de cobertura con la WiFi existente

Además, pese a no mostrarse en el diagrama de elementos instalados, tal y como se ha mencionado en el ámbito de las cámaras en relación con el control de estado de apertura/cierre de las puertas, aquí se están controlando los estados tanto de las puertas de los 8 muelles como de la puerta de salida lateral, que da paso a una zona abierta donde, entre otras cosas, está el dispositivo que mide la temperatura y la humedad exteriores.

### 3 Validación de infraestructura para vehículos

La instalación de dispositivos en los vehículos se ha realizado instalando el dispositivo que obtiene la información de posicionamiento, temperatura del interior del remolque y estado de apertura de puerta, dentro del propio remolque.

En la siguiente fotografía se muestra uno de los vehículos que se han usado para la toma de datos.



Figura 18: Uno de los camiones que ha participado en la recolección de datos

La siguiente fotografía muestra el interior de un remolque donde se ofrece una vista del fondo del mismo, que es donde está la salida del dispositivo de control de frío, junto al que se instaló el dispositivo de recolección de datos.



Figura 19: Interior de un remolque

La siguiente fotografía muestra la ubicación concreta en la que se instaló la caja donde está el dispositivo de recogida de datos en uno de los remolques. A través de un cable que va empotrado en una canaleta existente, se conectó con la batería del remolque para recibir alimentación, con el sensor de temperatura que está instalado en la parte superior (en torno al retorno de aire del dispositivo de control de clima) y con el contacto magnético de control de estado de apertura de puerta (ver más adelante).



Figura 20: Dispositivo de recogida de datos

En la siguiente fotografía se muestra el contacto magnético que se instaló en la puerta del remolque y que se conectó al dispositivo de recogida de datos de forma de datos a través de un cable que está dentro de una canaleta que se instaló en la parte inferior del remolque.



Figura 21: Contacto magnético para detección de apertura de puerta

### 3.1 Cobertura NB-IoT y LTE para vehículos

En lo referente a cobertura de los dispositivos de toma de datos para vehículos que soportan comunicaciones NB-IoT y LTE-M, la información de cobertura de la que se dispone es a nivel global proveniente de la GSMA (asociación de operadores móviles a nivel internacional).

Long Term Evolution (LTE), también conocido como 4G, es un estándar del 3GPP. LTE Cat M1, que se conoce como LTE-M, se deriva del estándar LTE y se especifica en la versión 13 de 3GPP. Está diseñado para comunicaciones máquina a máquina (M2M) (en particular, IoT). LTE-M es una versión simplificada de LTE que tiene como objetivo consumir menos energía de la batería y ampliar su alcance. A diferencia del LTE clásico, LTE-M reduce la tasa de datos a una décima parte de LTE (hasta 1 Mbps) y reduce el ancho de banda de 20 MHz a 1,4 MHz. LTE-M admite comunicaciones de dúplex completo, así como operaciones de dúplex medio opcionales para reducir el consumo de energía. Las actualizaciones de FotA son posibles usando LTE-M. Vale la pena señalar que Voice over LTE (VoLTE) también se puede usar en comunicaciones LTE-M. Se habilitan dos nuevas funciones en LTE-M, a saber, la recepción discontinua extendida (eDRX) y el modo de ahorro de energía (PSM). El primero permite ciclos de paginación más largos, mientras que el segundo permite que los dispositivos IoT estén inactivos por un período de tiempo indefinido. Ambos tienen como objetivo reducir el consumo de energía. LTE-M también es compatible con el traspaso, lo que lo hace utilizable cuando se consideran aplicaciones móviles de IoT.

LTE-M ya está implementado en numerosos países en todo el mundo, como podemos ver en la Figura 22. Es bastante fácil para los operadores de redes móviles implementar LTE-M, ya que la infraestructura solo necesita una actualización de software, sin modificaciones físicas de hardware.

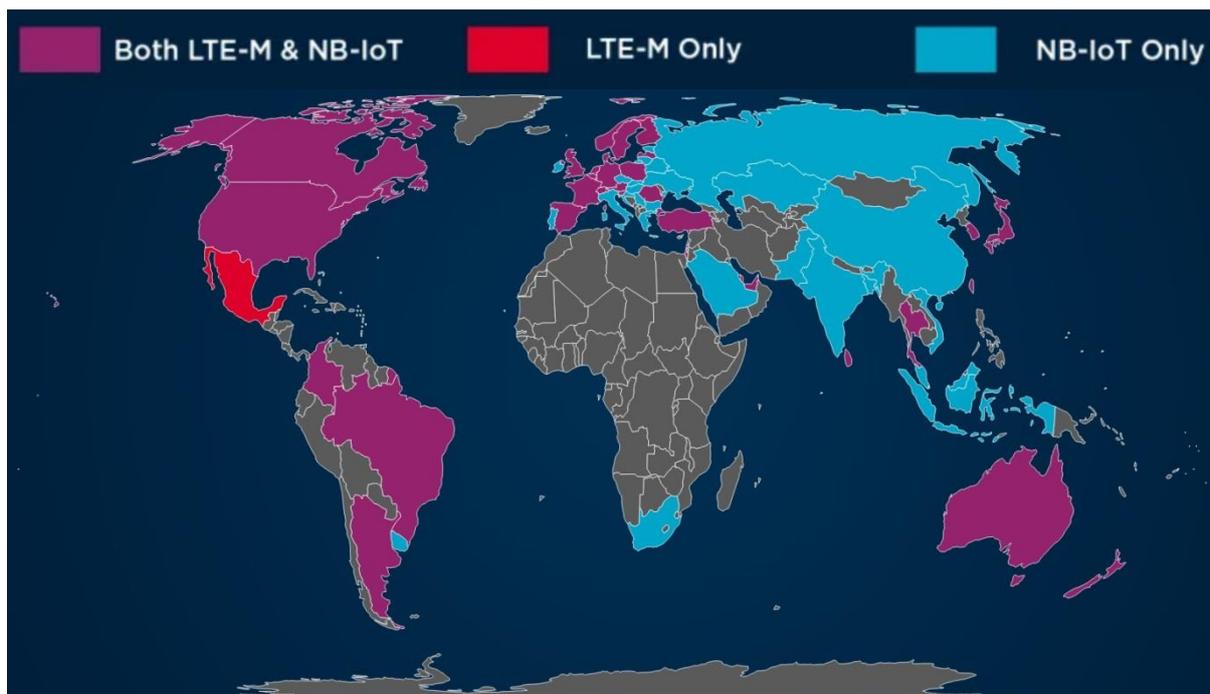


Figura 22: Mapa de cobertura de comunicaciones NB-IoT y LET-M para vehículos

El IoT de banda estrecha (NarrowBand-IoT), también conocido como LTE Cat NB1, es otra derivación del estándar LTE que también se especifica en la versión 13 de 3GPP. Está diseñado para aplicaciones



THD GUARDIAN - TSI-100110-2019-20

de IoT que están incluso más restringidas que las que usan LTE-M. Se basa en comunicaciones de banda estrecha y utiliza un ancho de banda de 180 kHz. Como resultado, la tasa de datos se reduce considerablemente (alrededor de 250 kbps de enlace descendente y 20 kbps de enlace ascendente), lo que hace que las actualizaciones de FotA sean difíciles de lograr con NB-IoT. En el lado positivo, NB-IoT consume menos energía y se beneficia de un rango mayor que LTE-M. NB-IoT se puede utilizar con tres modos diferentes: en banda, LTE de banda de protección e independiente. El modo en banda usa la banda LTE, la banda de protección usa la parte no utilizada de la banda LTE y el modo independiente usa un espectro dedicado (por ejemplo, bandas GSM). NB-IoT no admite la transferencia, por lo que no vale la pena considerarlo para las aplicaciones móviles de IoT.

NB-IoT ya está disponible en múltiples países europeos como España por diferentes operadoras internacionales (ej. Telefonica, Orange, Vodafone), como se ve en la Figura 22. Su implementación solo requiere una actualización de hardware de la infraestructura LTE existente.

### 3.2 Precisión de medición de los sensores para vehículos

Finalmente, y respecto al sensor de temperatura instalado con tipo 1/3DIN, se trata del mismo tipo de sensor que el instalado en las cámaras, o sea, una PT100 cuyo rango de salida va de -25°C a 100°C y con un 0,1% de error, por lo que el margen de error global es de 0,125°C. En la siguiente tabla, se muestra los rangos de precisión de las sondas PT100 según el rango de medida de la temperatura y el tipo de sonda.

Tolerance for Pt100's ( $\pm$ °C)				
Temp (°C)	Class B	Class A	1/3DIN	1/10DIN
-200	1.30	—	—	—
-100	0.80	—	—	—
-50	0.55	0.25	0.18	—
0	0.30	0.15	0.10	0.03
100	0.80	0.35	0.27	0.08
200	1.30	0.55	0.43	—
250	1.55	0.65	0.52	—
300	1.80	0.75	—	—
350	2.05	0.85	—	—
400	2.30	0.95	—	—
450	2.55	1.05	—	—
500	2.80	—	—	—
600	3.30	—	—	—

## 4 Plataforma software de gestión de datos segura en la nube

### 4.1 Arquitectura

A nivel global, pero especialmente dentro de la plataforma, la arquitectura del sistema se descompone en una serie de bloques que se interconectan entre ellos para, entre otras, realizar tareas de recolección de datos, agregación de consumos, almacenamiento seguro, etc.

A continuación se muestra un diagrama de bloques con todos los módulos implicados.

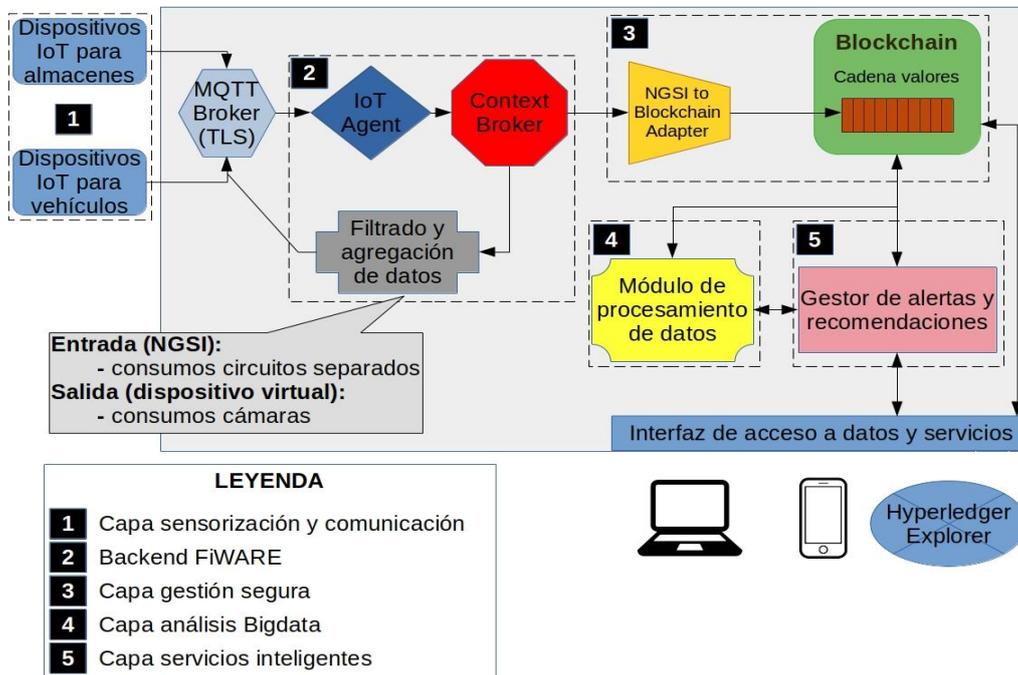


Figura 23: Arquitectura del sistema de recogida y procesamiento de datos

### 4.2 Suscripción al Context Broker

El Context Broker ofrece el sistema de suscripción/notificación conforme al estándar NGSI, según el cual un módulo externo puede suscribirse para recibir notificaciones cuando se reciba la actualización de un atributo de una entidad siempre que esté dentro de los registrados en la suscripción.

La notificación se envía usando como base el endpoint registrado en la suscripción, al que se le añade como sufijo toda la información necesaria para identificar la entidad y la propiedad implicadas, así como el valor se recibe.

A continuación se muestra un ejemplo de solicitud de suscripción para recibir una notificación cada vez que se actualice algún atributo del nodo IoT de la sala de máquinas.

```
POST /v2/subscriptions
Content-Type: application/json

{
  "description": "IoT-Connector sala de máquinas",
  "subject": {
    "entities": [
      {
        "id": "IoTConnector:00027",
```



## THD GUARDIAN - TSI-100110-2019-20

```
        "type": "Device"
      }
    ]
  },
  "notification": {
    "http": {
      "url": "http://127.0.0.1:5000/notifications"
    }
  },
  "expires": "2040-12-13T22:59:50.00Z"
}
```

Y un ejemplo de notificación podría ser el siguiente.

```
POST http://127.0.0.1:5000/notifications
Host: 127.0.0.1:5000
Accept: application/json
Content-Type: application/json; charset=utf-8

{
  "data": [
    {
      "id": " IoTConnector:00027",
      "analogInput_124312343124": {
        "metadata": {},
        "type": "Float",
        "value": 28.5
      },
      "type": "Device"
    }
  ],
  "subscriptionId": "ac345fcca1243"
}
```

### 4.3 Agregación de consumos de las cámaras

El módulo de agregación de consumos es un añadido a la recolección de datos de sensores (temperatura, consumos de cada circuito, etc.) tal que, teniendo en cuenta las características de la instalación a nivel eléctrico, combina las lecturas a nivel unitario de consumos de compresores para poder así calcular los consumos de cada cámara.

A continuación se muestra el diagrama de configuración de módulo de agregación de consumos que se está ejecutando en la plataforma y que está haciendo uso de la herramienta *node-RED*.

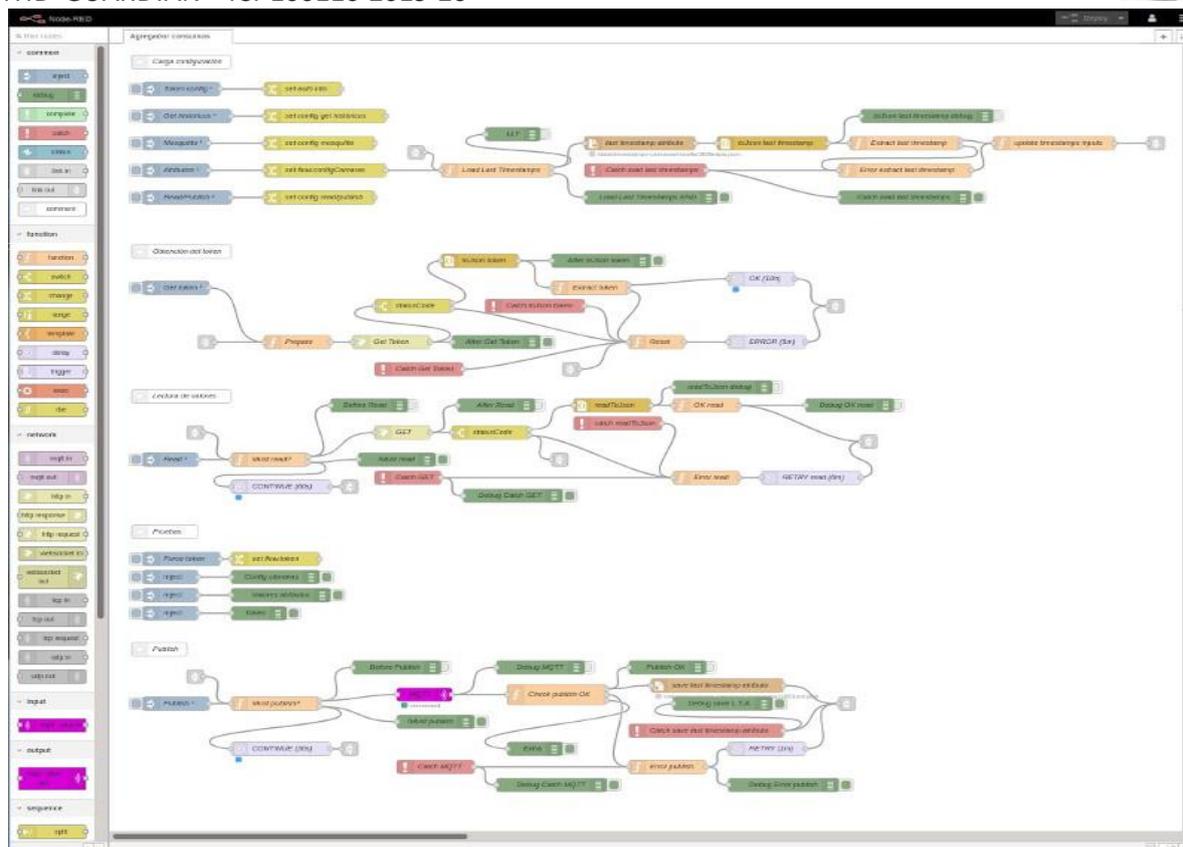


Figura 24: Módulo de agregación de consumos

Tal y como se muestra en el diagrama de descripción de la arquitectura, este módulo obtiene los datos de lecturas provenientes de los analizadores de red del Context Broker y vuelve a reinyectar las lecturas combinadas, una vez agregados los valores, a través de MQTT, haciendo uso de una serie de entidades virtuales definidas explícitamente para almacenar esos valores.

#### 4.4 Gestión segura de los datos

En la parte de gestión segura de los datos (una vez que éstos han llegado al Context Broker a través del Broker MQTT, que a su vez utiliza TLS como protocolo de seguridad), se ha diseñado un módulo que se encarga de consumir los valores recibidos, tanto los que llegan de forma directa de los sensores como los que llegan a las entidades virtuales de agregación de consumos de cámaras. Esos datos son almacenados en un sistema Blockchain *Hyperledger*.

A continuación se muestra un esquema de los elementos que intervienen en el despliegue de componentes dentro del sistema Blockchain.

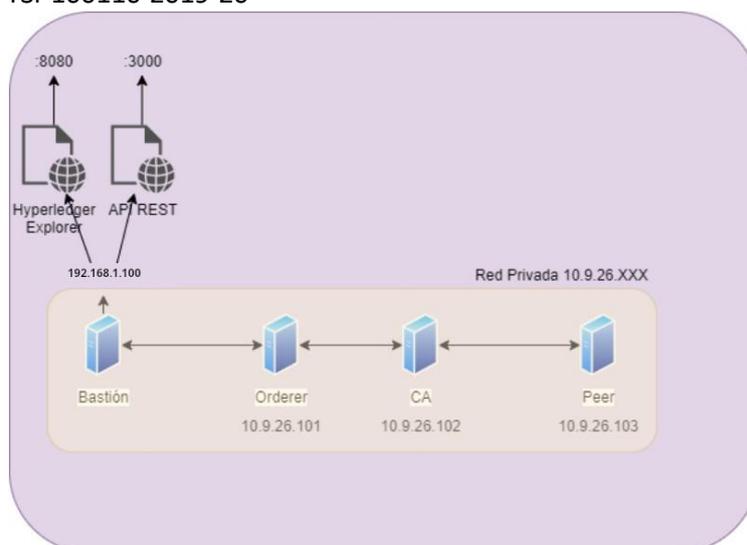


Figura 25: Elementos del sistema Blockchain

#### 4.4.1 Recepción y almacenamiento de datos

El módulo que está conectado al Context Broker, el adaptador de NGSI a Blockchain, recibe la información a través del sistema de suscripción ofrecido mediante NGSI por éste y, por cada publicación recibida, genera a su vez las publicaciones que sean necesarias para añadir las nuevas lecturas a la cadena que corresponda.

Este módulo tiene una BD interna que almacena los datos recibidos a modo de caché temporal, de forma que previene la pérdida de información en caso de que la Blockchain no esté operativa por cualquier motivo. Esta funcionalidad se añadió a posteriori tras haber estado utilizando una versión que funcionaba al 100% en modo suscripción durante un tiempo y detectar caídas puntuales de la Blockchain que al final se traducían en pérdidas de datos. Es por ello que se optó por esta solución que ha demostrado ser más robusta.

La inserción de valores en la cadena hace uso de uno de los endpoints del API REST que ofrece Hyperledger, concretamente *pushdata*. La ruta completa del endpoint es la siguiente:

***http://IP:3000/chain/pushdata***

Dicho endpoint permite enviar información en formato json tal y como se muestra en la siguiente figura a modo de ejemplo.

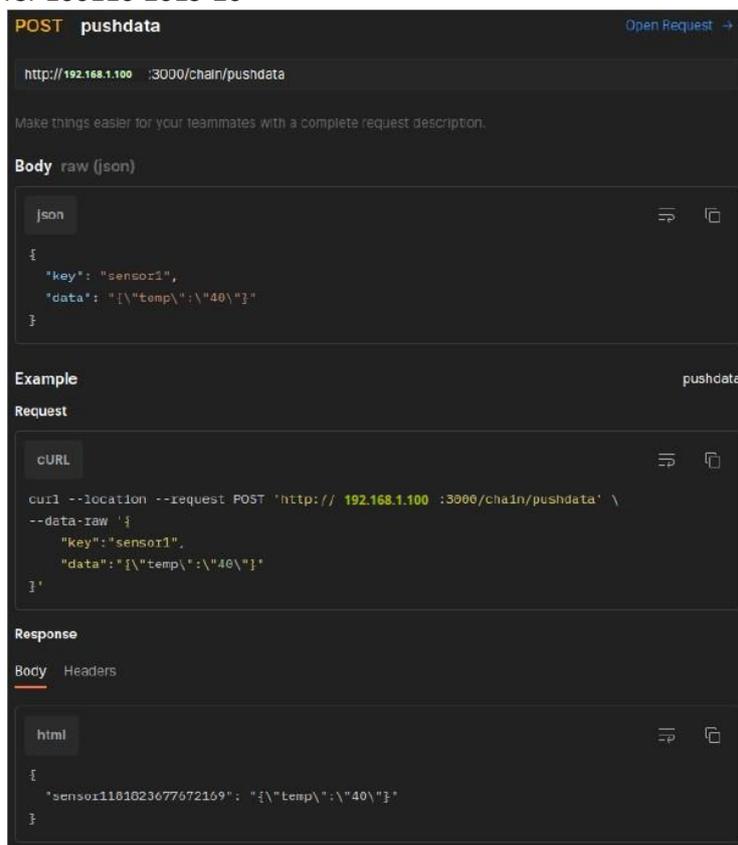


Figura 26: Ejemplo inserción de datos en una cadena

En la respuesta se muestra cómo internamente se ha generado una inserción en la que a la key indicada en la petición se le añade la marca de tiempo obtenida desde la base de datos interna de Hyperledger (couchDB).

#### 4.4.2 Consultas

Para el caso de las consultas, Hyperledger ofrece el endpoint `pulldata`. La ruta completa del endpoint es la siguiente:

**`http://IP:3000/chain/pulldata`**

En la figura siguiente se muestra a modo de ejemplo una consulta usando el API de Hyperledger (dentro del payload de la consulta se muestran los parámetros que se necesitan para realizar la búsqueda en base a un criterio concreto).

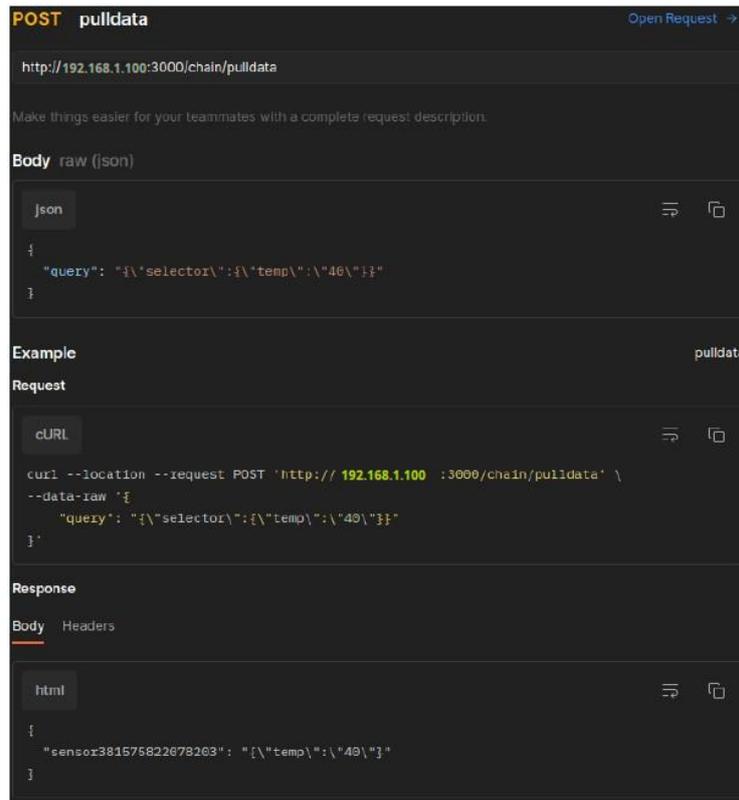


Figura 27: Ejemplo lectura de datos de una cadena

Por su parte para el acceso en modo lectura a los datos se ha diseñado sobre la capa anterior otro endpoint de más alto nivel con el que simplificar las consultas llamado *gethistoricos*, más orientado a la forma en que se están almacenando en este caso concreto. La ruta completa del endpoint es la siguiente:

***http://IP:3000/chain/gethistoricos***

En la figura siguiente se muestra a modo de ejemplo una consulta usando este endpoint.

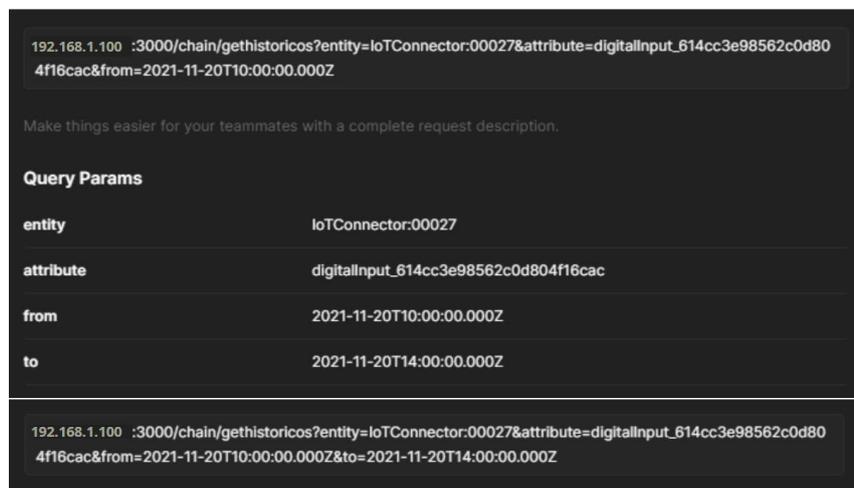


Figura 28: Ejemplo de lectura de históricos a alto nivel



## THD GUARDIAN - TSI-100110-2019-20

En este caso se deben indicar 4 parámetros en la URL al realizar cada consulta:

- ▶ Identificador de la entidad.
- ▶ Atributo.
- ▶ Marca de tiempo inicial.
- ▶ Marca de tiempo final.

A continuación se muestra un ejemplo de respuesta a una petición utilizando ese endpoint.

```
{
  "IoTConnector:00027digitalInput_614cc3e98562c0d804f16cac2021-11-20T10:00:00.000Z":
    "{\attrName\": \"digitalInput_614cc3e98562c0d804f16cac\",
    attrvalue\": \"0\", entityid\": \"IoTConnector:00027\",
    recvTime\": \"2021-11-20T10:00:00.000Z\"}",
  "IoTConnector:00027digitalInput_614cc3e98562c0d804f16cac2021-11-20T14:00:00.000Z":
    "{\attrName\": \"digitalInput_614cc3e98562c0d804f16cac\",
    attrvalue\": \"0\", entityid\": \"IoTConnector:00027\",
    recvTime\": \"2021-11-20T14:00:00.000Z\"}",
  "IoTConnector:00027digitalInput_614cc3e98562c0d804f16cac2021-11-20T11:00:00.000Z":
    "{\attrName\": \"digitalInput_614cc3e98562c0d804f16cac\",
    attrvalue\": \"0\", entityid\": \"IoTConnector:00027\",
    recvTime\": \"2021-11-20T11:00:00.000Z\"}",
  "IoTConnector:00027digitalInput_614cc3e98562c0d804f16cac2021-11-20T13:00:00.000Z":
    "{\attrName\": \"digitalInput_614cc3e98562c0d804f16cac\",
    attrvalue\": \"0\", entityid\": \"IoTConnector:00027\",
    recvTime\": \"2021-11-20T13:00:00.000Z\"}",
  "IoTConnector:00027digitalInput_614cc3e98562c0d804f16cac2021-11-20T12:00:00.000Z":
    "{\attrName\": \"digitalInput_614cc3e98562c0d804f16cac\",
    attrvalue\": \"0\", entityid\": \"IoTConnector:00027\",
    recvTime\": \"2021-11-20T12:00:00.000Z\"}"
}
```

Figura 29: Ejemplo de respuesta a una petición de lectura de históricos de alto nivel

En la respuesta llegan 0 o más pares “key”:”valor” dentro del object json, de forma que la key está compuesta por la concatenación del identificador de la entidad, el nombre del atributo y la marca de tiempo de la lectura.

El valor es un object json escapeado en formato String donde se guardan los mismos valores que en la key, pero que son accesibles por nombre una vez que se desescapea el String al tratarse de un object json.

### 4.4.3 Hyperledger explorer

Hyperledger incluye la herramienta Explorer que ofrece un interfaz web con el que acceder a los datos almacenados en la blockchain de forma visual.

La URL con la que acceder es la siguiente:

<http://guardian-blockchain.odins.es:8080/#/login>

Y los datos de acceso son los siguientes:

Usuario: **bexplorer**

Contraseña: **bexplorerpw**

A continuación se muestra la ventana que ofrece Hyperledger Explorer una vez introducidos los datos de autenticación.

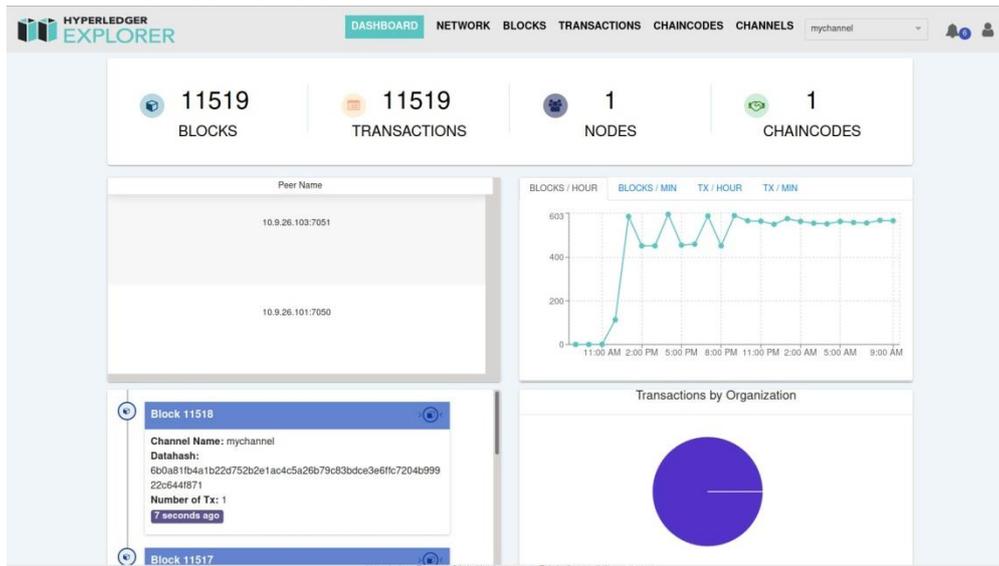


Figura 30: Pantalla inicial de Hyperledger Explorer

En la sección de *TRANSACTIONS* podemos ver el listado de transacciones que se han ejecutado dentro de un rango de fechas.

Block Number	Channel Name	Number of Tx	Data Hash	Block Hash	Previous Hash	Transactions	Size(KB)
11581	mychannel	1	5afbb1 ...	065453 ...	802bb6 ...	beaa49 ...	28
11580	mychannel	1	ba71f8 ...	802bb6 ...	5fb411 ...	e32835 ...	28
11579	mychannel	1	c15797 ...	5fb411 ...	5961c8 ...	4b0c5 ...	28
11578	mychannel	1	172a76 ...	5961c8 ...	489728 ...	1a5db ...	28
11577	mychannel	1	090f3 ...	489728 ...	0678ff ...	8245a ...	28
11576	mychannel	1	02f519 ...	0678ff ...	83d13c ...	0e4371 ...	28
11575	mychannel	1	2ef52a ...	83d13c ...	9ee8ef ...	608431 ...	28
11574	mychannel	1	c61071 ...	9ee8ef ...	613b0f ...	e8edab ...	28

Figura 31: Listado de transacciones

A continuación se muestran los detalles de una de las transacciones a los que se accede pulsando sobre la celda asociada a una transacción concreta dentro de la columna *Transactions* (la segunda empezando por la derecha).



Transaction Details
✕

<b>Transaction ID:</b>	cde2a8d6d60c739d43eb1dd5010675fc17dcb523a82619a10e740b0646a50adb	<a href="#">🔗</a>
<b>Validation Code:</b>	VALID	
<b>Payload</b>	d097e9ff270b421ace92e9643cc20e7e644ac1ba5bbb63cb18e4c589fa636a1e	
<b>Proposal Hash:</b>		
<b>Creator MSP:</b>	Org1MSP	
<b>Endorser:</b>	{"Org1MSP"}	
<b>Chaincode Name:</b>	GuardianSC	
<b>Type:</b>	ENDORSER_TRANSACTION	
<b>Time:</b>	2022-01-14T09:03:41.685Z	
<b>Direct Link:</b>	<a href="http://guardian-blockchain.odins.es:8080/?tab=transactions&amp;transId=cde2a8d6d60c739d43eb1dd5010675fc17dcb523a82619a10e740b0646a50adb">http://guardian-blockchain.odins.es:8080/?tab=transactions&amp;transId=cde2a8d6d60c739d43eb1dd5010675fc17dcb523a82619a10e740b0646a50adb</a>	<a href="#">🔗</a>

**Reads:**

- ▼ root: [] 2 items
- ▶ 0: {} 2 keys
- ▶ 1: {} 2 keys

**Writes:**

- ▼ root: [] 2 items
- ▼ 0: {} 2 keys
  - chaincode: "GuardianSC"
  - ▼ set: [] 71 items
    - ▼ 0: {} 3 keys
      - key: "IoTConnector:00027analogInput\_614c6767bc1aef0f086217b32022-01-06T10:00:00.000Z"
      - is\_delete: false
      - value: "[{"recvTime": "2022-01-06T10:00:00.000Z", "entityid": "IoTConnector:00027", "attrName": "analogInput\_614c6767bc1aef0f086217b3", "attrvalue": "0"}]"
    - ▶ 1: {} 3 keys
    - ▶ 2: {} 3 keys
    - ▶ 3: {} 3 keys
    - ▶ 4: {} 3 keys
    - ▶ 5: {} 3 keys
    - ▶ 6: {} 3 keys
    - ▶ 7: {} 3 keys

Figura 32: Detalles de una transacción

Hay que tener en cuenta que las búsquedas de transacciones se basan en rangos de fechas en los que se producen las inserciones como tal, no en los rangos de fechas de las lecturas de los sensores, por lo que pueden no coincidir dependiendo de la periodicidad con la que el adaptador de NGSI a Blockchain propague la información teniendo en cuenta la disponibilidad de la Blockchain, su caché temporal interna, etc.

## 5 Conclusiones

Llegados a este punto, y tras finalizar la instalación de los elementos de sensorización que se ha detallado en este documento, el sistema desarrollado está recogiendo información de sensores de varios tipos tanto en el almacén como en los vehículos.

Este último caso, el de los vehículos, ha sufrido un cambio significativo respecto a lo que estaba previsto incluir al inicio del proyecto e incluso respecto a lo que estaba previsto en el momento de desarrollar el plan de despliegue. Dado que para la empresa los datos de seguimiento de vehículos eran menos relevantes, y en un intento de evitar que el consumo de los dispositivos pudiera suponer un problema para las baterías de los remolques, solo se han podido recoger datos reales durante aproximadamente 3 meses y con una periodicidad de muestreo de entre 15 y 20 minutos entre lecturas, lo que ha reducido la cantidad y calidad de servicios de análisis de datos en este ámbito, especialmente en relación con control de flotas y optimización de rutas. Es por eso que los algoritmos empleados por estos servicios hacen uso en parte de datos históricos.



#### THD GUARDIAN - TSI-100110-2019-20

En la siguiente etapa entran en juego los servicios de análisis de datos destinados a detectar situaciones de alerta y comportamientos anómalos, focalizados en optimizar el consumo energético en la medida de lo posible teniendo en cuenta la información de la que se dispone. Por consiguiente este es el punto de partida para el entregable E4.2 en el que se describirán tanto dichos servicios como el interfaz a través del que se ofrecerá la información al usuario, ya no solo con datos básicos de monitorización, sino sirviendo también de apoyo a la toma de decisiones.