

SmartPort: sistema para la visualización y gestión de información del Puerto de la Luz de las Palmas de G.C.

J.P. Suárez Rivero ⁽¹⁾, A. Trujillo Pino ⁽²⁾, C. Domínguez Trujillo ⁽³⁾, P. Fernandez Moniz ⁽¹⁾, J. Santana Almeida ⁽⁴⁾, A. Sánchez Medina ⁽⁴⁾, S. Ortega Trujillo ⁽⁴⁾, J.M. Santana Nuñez ⁽²⁾

⁽¹⁾ Division of Mathematics, Graphics and Computation (MAGiC). IUMA, Information and Communication Systems. Universidad de Las Palmas de G.C. josepablo.suarez@ulpgc.es; pablo.fernandez@ulpgc.es

⁽²⁾ Imaging Technology Center (CTIM). Universidad de Las Palmas de G.C. agustin.trujillo@ulpgc.es; josemiguel.santana@ulpgc.es

⁽³⁾ Gerencia de la Universidad de Las Palmas de G.C. gerente@ulpgc.es

⁽⁴⁾ Equipo de Fi-Ware de la Universidad de Las Palmas de G.C. fiware@ulpgc.es

RESUMEN

SmartPort se presenta como una herramienta para la gestión de datos provenientes de diferentes instrumentos conectados a internet o también conocido como Internet of Things (IoT). Dichos datos se capturan mediante sensores geolocalizados en el territorio que pueden ser fijos, tales como estaciones meteorológicas y boyas, o de ubicación variable, como pueden ser los barcos con su Sistema de Identificación Automática. El backend de la aplicación se ha desarrollado bajo FIWARE; un aglomerado de tecnologías modulares, denominadas Generic Enablers que usan, entre otras soluciones, MongoDB o Hadoop. Esto nos permite la gestión de información en vivo y de grandes volúmenes de datos (Big Data). Además, gracias a las librerías de visualización de datos geográficos en tres dimensiones, en este caso con Glob3Mobile, hemos sido capaces de mostrar elementos del puerto usando modelos tridimensionales que aportan un valor añadido a la hora de representar la información geográfica.

Con la suma de todo esto obtenemos una aplicación web enriquecida en la que podemos ver dónde están los sensores en el territorio, los últimos datos que nos han proporcionado y un histórico de los últimos años mediante gráficas exportables. No sólo nos da la posibilidad de observar la información; tiende a convertirse en un cuadro de mando gracias a funcionalidades como un sistema de alertas que nos avisa cuando un sensor toma un valor determinado, y de este modo, poder tomar decisiones a la hora de gestionar el puerto.

PALABRAS CLAVE: SIG, BIG DATA, SMART PORT, SMART CITY, FIWARE, GLOB3MOBILE, IOT, OPEN DATA, CUADRO DE MANDO GEOGRÁFICO.

ABSTRACT

SmartPort is a tool for the management of data from different sensors connected to the internet, also known as the Internet of Things (IoT). Data is captured by geolocated sensors in the territory that can be in a fixed location, such as weather stations and buoys, or with variable location, such as ships with Automatic Identification System (AIS). The backend of the application is developed under FIWARE (a cluster of modular technologies, called Generic Enablers) using, among other solutions, MongoDB and Hadoop. This allows us to manage live information and large volumes of data (Big Data). Thanks to 3D geovisualization libraries, in this case Glob3Mobile, we were able to show elements of the port using three-dimensional models that add value in representing geographic information.

Summing of all this, we get a rich web application in which we can see where the sensors are in the territory, recent data taken by them and historical data through exportables graphs. It does not only give us the opportunity to observe the information, its goal is to become a scorecard thanks to features such as an alert system that warns you when a sensor takes a certain value and, thus, allowing us to manage the port.

KEYWORDS: GIS, BIG DATA, SMART PORT, SMART CITY, FIWARE, GLOB3MOBILE, IOT, OPEN DATA, SCORECARD.

1.- INTRODUCCIÓN

Un puerto se presenta como una frontera dual entre las comunicaciones del medio marino y terrestre, así como una fusión del mundo antrópico y natural.

Dentro del entorno natural, uno de los objetivos principales de un puerto es controlar el estado del medio, para ello, es necesario disponer de una red de sensores conectados a internet o internet de las cosas, también conocido como Internet of Things (IoT). Esto nos permite monitorizar y reaccionar frente a situaciones adversas, tales como la aproximación de una serie de olas con una altura elevada o fuertes rachas de viento, por lo que tener un buen refresco de datos es un elemento fundamental en cualquier aplicación de este tipo.

Además, la zona de influencia del Puerto de la Luz de las Palmas de G.C. interactúa con elementos de la ciudad de Las Palmas de G.C., como sucede con los emisarios de aguas residuales. Por lo que tener un seguimiento y un pronóstico marino/costero puede ser de interés para los departamentos de alcantarillado y municipales de protección del medio ambiente [1].

Así mismo, es importante obtener información fiable y frecuente sobre uno de los principales elementos de un puerto: los barcos. Es crítico controlar la entrada y salida de los mismos, así como su tipo, carga, procedencia y, especialmente, su localización geográfica.

Todos estos sensores, insertando nuevos registros en periodos muy cortos de tiempo generan grandes volúmenes de información (Big Data) [2], cuyo principal objetivo, no es sólo el almacenaje de la información, además busca cruzar la información para

obtener posibles modelos predictivos que permitan la previsión de fenómenos no deseables en la zona portuaria.

En un puerto encontramos múltiples variables susceptibles de ser monitorizadas, tales como:

Medio antrópico:

- Infraestructuras portuarias; construcciones terrestres y marítimas.
- Posiciones del barco, tipo de barcos, rutas y horarios.
- Muelles disponibles.
- Mercancías y pasajeros transportados.
- Lugares de interés cercanos: Transportes, hospitales, otros servicios ...
- Posibles fugas de petróleo.
- Activos de gestión de emergencias.

Medio natural:

- Orografía y modelos digitales del terreno.
- Batimetría.
- Niveles de altura de agua y mareas.
- Movimientos de las olas. Dirección, frecuencia y altura.
- Salinidad del agua.
- Análisis químico del agua
- Biosfera marina. Presencia de peces, cetáceos, algas....
- Espacios naturales protegidos

De todas estas necesidades nace SmartPort; una aplicación web enriquecida que aporta un sistema de visualización y gestión de los datos del Puerto de la Luz de Las Palmas de Gran Canaria. La idea principal de SmartPort es mostrar los datos que generan los sensores disponibles en el entorno del puerto, así como su histórico [3]. Además, el sistema mostrará la ubicación geográfica de todos los recursos disponibles para la autoridad portuaria así como otros actores que están en el puerto y en sus alrededores.

El proyecto SmartPort nace mediante un acuerdo de colaboración entre la Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) y la Autoridad Portuaria de las Palmas, todo bajo el paraguas del proyecto que es la plataforma Internet del futuro de la arquitectura de la Comunidad Europea (FIWARE) [4], en el que la ULPGC es socio en diversos paquetes de trabajo del proyecto.

FIWARE viene a determinar el primer pilar tecnológico del proyecto. Es una plataforma que permite la validación de nuevos conceptos, tecnologías, modelos de negocio, aplicaciones y servicios a gran escala. Otra de las principales características de FIWARE es la existencia de módulos o Generic enablers (GE) [7], que dan respuesta a cada necesidad específica de forma atomizada y modular.

El otro pilar tecnológico de SmartPort es el globo virtual Glob3mobile [5], desarrollado por la compañía de software IGO y la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria [6]. Esta librería nos proporciona las funcionalidades de visualización en 3D.

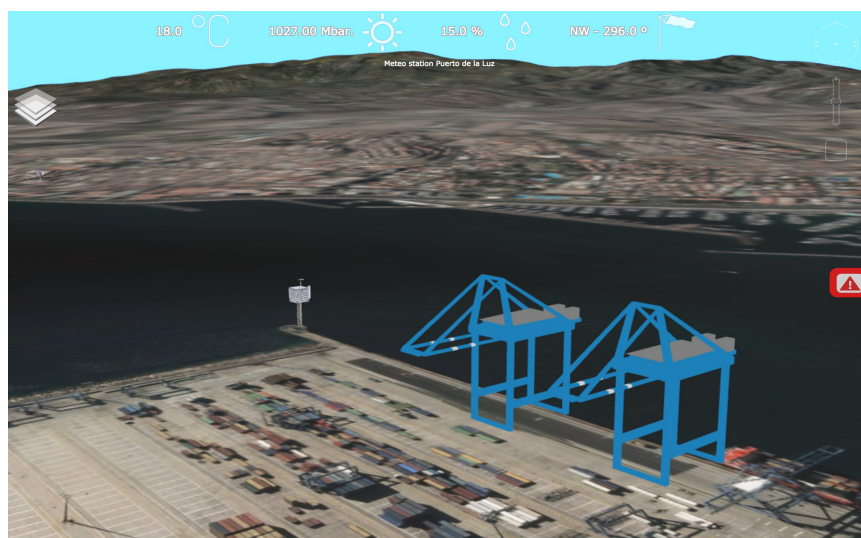


Figura 1: Vista general de la aplicación en 3D.

En el presente artículo se explica la arquitectura y los componentes individuales de la aplicación SmartPort. En la primera sección veremos los objetivos, seguido por el manejo de los datos, para terminar con funcionalidades específicas como la gestión de alertas y la visualización en 3D.

Finalmente, en las conclusiones, aparecen los logros y las observaciones finales del proyecto, así como algunos enfoques de trabajo futuro.

A la hora de comenzar a determinar las funcionalidades y arquitectura de la aplicación, uno de los primeros pasos que determinamos fue definir los objetivos de la aplicación, que los resumimos en los puntos que aparecen a continuación:

1. Manejar y gestionar los datos del puerto
2. Mostrar la información geolocalizada
3. Tener un módulo analítico de datos
4. Posibilitar la creación de alertas

2 Contexto de los datos:

Sin duda uno de los elementos más importantes de una aplicación son los datos; las interfaces van y vienen en el tiempo y las tendencias de diseño son muy volátiles en su recorrido. Pero un modelado y estructura de datos permanecen cuasi inalterables en el tiempo. Por lo que organizar, estructurar y aportar escalabilidad a los datos es

crítico a la hora de definir una aplicación informática. En SmartPort tenemos varias fuentes de información, las cuales las hemos diferenciado en datos dinámicos y estáticos. (Véase figura 2).

Los datos estáticos son aquellos que tienen una actualización baja en el tiempo ya que depende, por ejemplo, de la apertura de nuevos hoteles. En el caso del puerto tenemos datos estáticos como:

1. Infraestructuras
2. Hoteles
3. Restaurantes
4. Cajeros automáticos
5. Paradas de guaguas
6. Farmacias

Por el contrario, los datos dinámicos son aquellos que tienen un refresco muy alto como pueden ser los datos que vienen de las boyas, con un refresco cada 3 minutos, y son, a su vez, una de las fuentes principales de generar grandes volúmenes de datos. Es el caso de los sensores.

Cuando hablamos de la naturaleza de los datos dinámicos, podemos determinar varias fuentes de los mismos:

a. Sensores meteorológicos.

Provenientes de los sensores:

- Geonica 41001
- Geonica 05106
- Geonica 52203

b. Sensores corrientímetros.

Provenientes de los sensores:

- Aandela Instruments series 3791-3798
- Geonica Datamar 2000C

c. Barcos

Provenientes del AIS (Automatic Identification System)

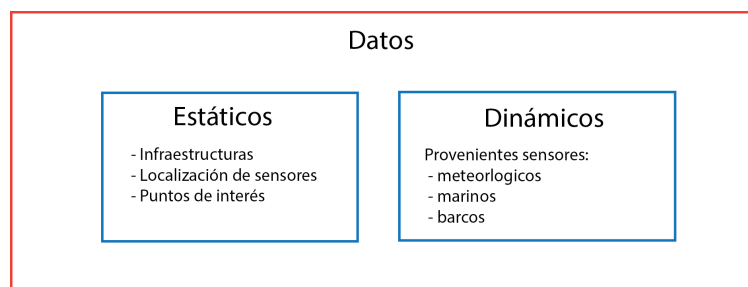


Figura 2: Fuentes de datos en SmarPort

Además esta separación implica una diferenciación en la arquitectura, se deducen dos grandes módulos de gestión de datos, y por ende, con diferentes tecnologías como se puede ver a continuación.

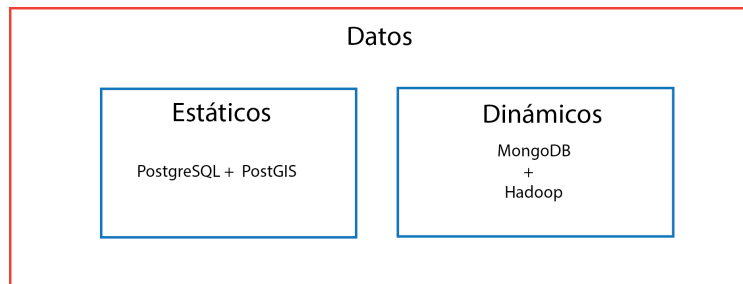


Figura 3: *Tecnologías según naturaleza de datos*

2.1. Datos Estáticos

Los datos estáticos, debido a su relativa sencillez, no requieren de una arquitectura compleja; sólo necesitan un medio de almacenaje tradicional. Es el caso de los sistemas gestores de bases de datos relacionales (SGBDR).

Los datos son digitalizados por un operario y se almacenan en un SGBDR, en este caso usamos PostgreSQL con su extensión para manejo de datos geográficos PostGIS, para posteriormente convertir los datos a GeoJSON y que la aplicación web sea capaz de mostrar dicha información. En la figura 4 podemos observar un resumen de esta arquitectura.

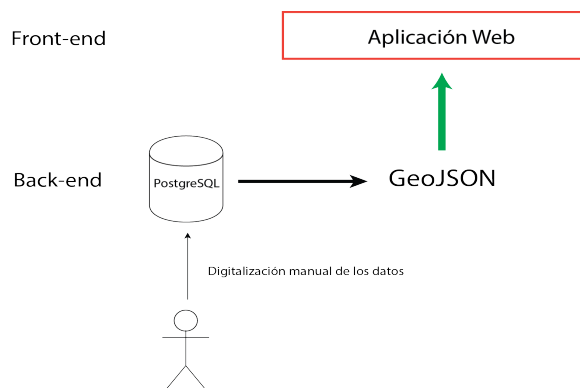


Figura 4: *Arquitectura de los datos estáticos*

2.2 Datos Dinámicos

Los datos provenientes de los distintos sensores en el Puerto de la Luz son uno de los elementos sobre los cuales gira la aplicación que hemos desarrollado. Actualmente capturamos los siguientes datos:

Datos de corrientímetros:

Tabla 1: *Datos de corrientímetros*

1	Altura significativa espectral
2	Altura de ola significativa
3	Altura media del 10% de olas máximas
4	Altura de la ola máxima
5	Período medio de todas las olas
6	Periodo de Pico del oleaje
7	Periodo medio de paso por el cero ascendente
8	Dirección media en el pico=dirección de olas de mayor energía
9	Dispersión de la dirección del oleaje en el pico de energía
10	Dirección media de procedencia del oleaje
11	Índice de unidireccionalidad
12	Presión de la columna de agua sobre el sensor AWAC
13	Velocidad orbital en superficie sobre el sensor AWAC
14	Dirección de la corriente en superficie
15	Periodo de pico (olas dominantes) del oleaje.
16	Velocidad de la corriente
17	Temperatura del agua
18	Salinidad del agua

Datos meteorológicos:

Tabla 2: *Datos meteorológicos*

1	Temperatura
2	Presión
3	Humedad relativa
4	Lluvia
5	Visibilidad media
6	Visibilidad mínima
7	Radiación solar

Sistema de posicionamiento automático:

Tabla 3: *Datos del AIS*

1	Fecha
2	Nombre
3	Eslora
4	Nacionalidad
5	Tipo de Operación
6	Muelle de atraque
7	Compañía
8	Fecha de llegada
9	Puerto de Origen
10	Código de puerto
11	Tipo de buque
12	Crucero tránsito
13	Código Lloyd
14	Fecha de salida
15	Bolardos del muelle de atraque
16	Puerto de Destino

Una de las principales características de estos datos es la frecuencia de refresco, estando establecido en una media de cada 3 minutos. Esto implica un rápido crecimiento de la información almacenada en la base de datos, por lo que hemos

determinado que un sistema tradicional de base de datos no da respuesta a nuestras necesidades.

Aquí es donde entra en juego FIWARE, gracias a su arquitectura modular con los Generic Enablers, ha resultado muy sencillo la implementación de nuevas arquitecturas, siendo una de sus grandes virtudes la eliminación de tiempo dedicado a instalación y configuración del sistema.

Si recordamos los objetivos de la aplicación, tenemos dos grandes elementos que deberían estar separados en la arquitectura: La obtención del último valor del sensor, y de los históricos.

2.2.1 Obtención de los valores recientes

Para obtener los últimos valores que nos da cada sensor, lo hacemos mediante el GE Orion [8]. Orion tiene un sistema de subscripciones al sensor que nos permite almacenar y consultar los últimos datos disponibles. Se basa en MongoDB [9]; un sistema de bases de datos tipo clave-valor que almacena la información en formato JSON [10].

Orion nos provee de interfaces que aportan la posibilidad de interactuar mediante dos API REST [11]: NGSi9 [12] y NGSi10 [13]. Gracias a ellas, somos capaces de realizar operaciones tales como:

NGSI 9

- Registrar contenido
- Descubrir la disponibilidad del contexto
- Suscribirse a la disponibilidad del contexto
- Actualizar disponibilidad del contexto
- Desinscribirse de la disponibilidad del contexto

NGSI 10

- Actualizar contenido
- Consultar contenido
- Suscribirse al contenido
- Actualizar subscripción
- Desinscribirse del contenido

Una vez obtenido esto, para una interacción ágil con la aplicación web, y para simplificar las transacciones HTTP, se generó una capa de abstracción encima de Orion, y, de este modo poder realizar consultas a los datos de forma más amigable mediante peticiones AJAX [14]. (Véase figura 5).

Gracias a esto, mediante una consulta sencilla podemos obtener los datos de los sensores. Un ejemplo para obtener los datos de los barcos sería:

`http://<<IP>>:<<Port>>/orion/query.html sensorType=ship&sensorID=.&pattern=true`

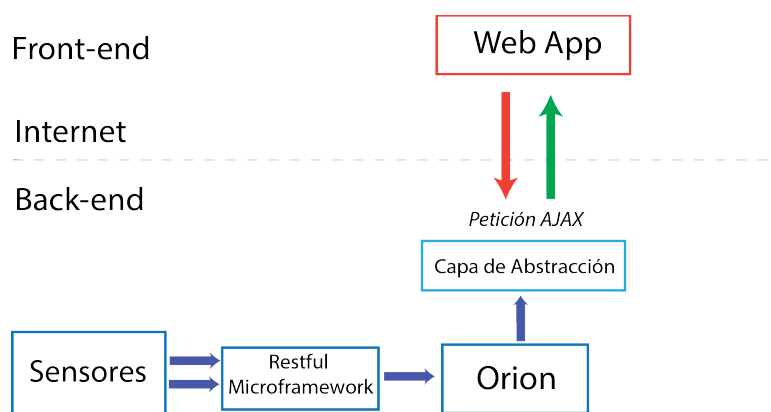


Figura 5: *Arquitectura de obtención de datos dinámicos*

A la hora de la implementación de la aplicación, mediante una funcionalidad explícita de la tabla de contenidos (TOC) del frontend, podemos seleccionar que se muestren datos de diferente naturaleza en el visor.

Además, para cada instrumento, hemos dispuesto un modelo en 3D geolocalizado en el lugar real en el que se encuentra cada sensor. Modelo con el que se puede interactuar, y, al hacer click en él, se obtiene el último dato disponible como muestra la figura 6.

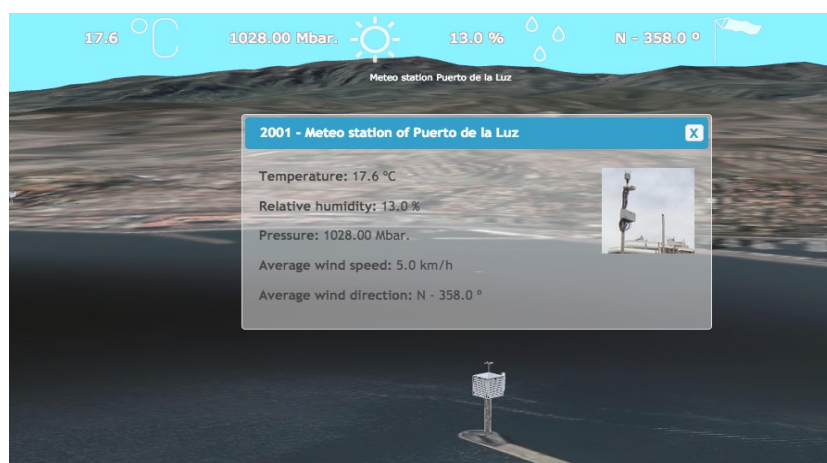


Figura 6: *Información relativa a un sensor meteorológico*

2.2.2 Obtención de datos históricos de los sensores.

Como se planteó en los objetivos, uno de los hitos es obtener los datos históricos de los sensores, para ello usamos el GE Cosmos [15]. Cosmos es una implementación para el trabajo con Big Data, permitiendo el despliegue de clústers computacionales privados basados en el ecosistema de Hadoop [16].

Cosmos permite a los usuarios:

- Operaciones de E/S. Un sistema de clústers de persistencia basados en HDFS
- Creación, uso, y borrado de clústers, basados en MapReduce y consultas similares a SQL mediante Hive [17] o Pig [18].
- Gestionar la plataforma, en muchos casos como servicios, usuarios, clusters, etc, desde la API y la línea de comandos de Cosmos.

En nuestra aplicación, como se muestra en la figura 7, usamos los datos existentes en Orion para darles persistencia y almacenarlos en Cosmos, para ello usamos Cygnus [19], otro GE basado en Flume [20], que es un canal de flujo de datos distribuido, fiable, y que proporciona un servicio disponible para la recoger, agregar, y mover grandes cantidades de datos de manera eficiente.

Cygnus tiene una arquitectura simple y flexible basada en el streaming de flujo de datos. Se utiliza un modelo de datos extensible simple que permite una aplicación analítica que se encarga de procesar esa información y almacenarla en HDFS, mediante el uso de la API WebHDFS.

Todos estos GE's se encuentran localizados en la infraestructura física de FIWARE, que recibe las peticiones desde un servidor de la ULPGC, donde está ubicada la aplicación web.

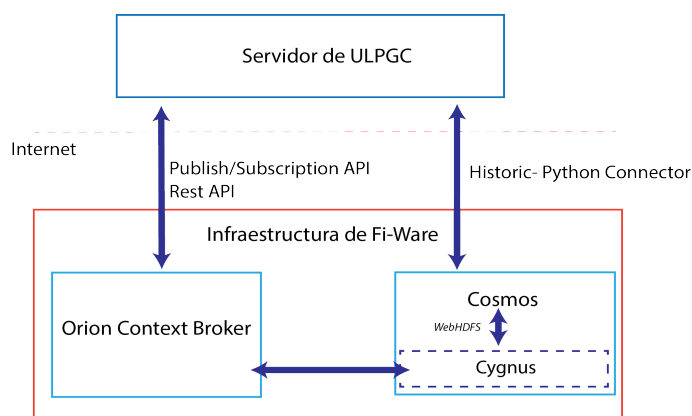


Figura 7: Arquitectura de trabajo con BigData

Una de las decisiones de adoptar los módulos de Big Data es la escalabilidad en el tiempo. Actualmente se generan una cantidad de datos de aproximadamente 140

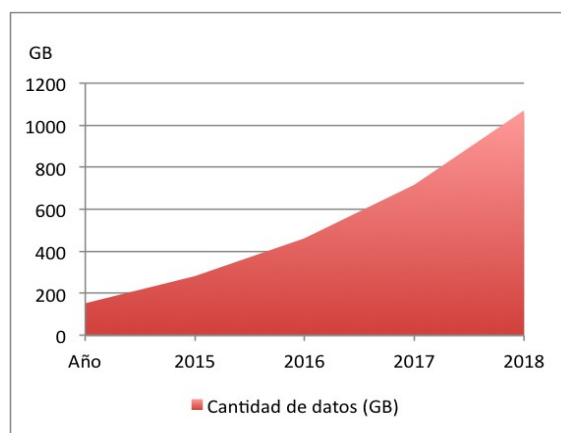
Mb/día, lo que implicaría, un aumento exponencial de datos a lo largo del tiempo, incluyendo la previsión de incorporar nuevos sensores.

Por lo tanto, para la correcta previsión de futuro es indispensable contar con un ecosistema de gestión de grandes volúmenes de datos. En la tabla 4 y en la gráfica 1 se muestra la previsión de crecimiento en 5 años.

Tabla 4: *Previsión de cantidad de datos en 5 años*

Año	Cantidad de datos (GB)
2015	150
2016	280
2017	462
2018	716
2020	1072

Gráfica 1: *Previsión de cantidad de datos en 5 años. Datos provenientes de la tabla 1.*



Tener, relativamente pocos datos actualmente, produce una serie de problemas a la hora de operar con la información. Uno de los handicaps de Hadoop es que cuanto mayor sea el volumen de datos, más rápido hace las consultas.

Por lo que en comparación a un sistema gestor de bases de datos relacional, la petición de datos es lenta, como figura en la tabla que aparece a continuación en la tabla 5:

Tabla 5: Velocidad de consulta en diferentes SGBD.

Tiempo (ms)	MySQL	PostgreSQL	Hadoop
Todos los datos meteorológicos	3,03	4,99	59,51
Un atributo ordenado por fecha	1,55	2,53	74,83

Para solucionar este problema hemos procedido a generar una arquitectura específica de gestión de datos, en la cual, diferenciamos en tres capas diferentes:

- Capa Batch: Donde se almacenan todos los datos mediante Hadoop. Esta capa precalcula las vistas conforme los datos se puedan ir procesando. El postprocesado de todos los datos van a la capa de servicio.
- Capa de Servicio: El rol principal de esta capa es dar respuesta a las consultas de manera eficiente; mediante un SGBDR se almacenan los resultados de las consultas y son almacenadas en esta capa.
- Capa de velocidad: Uno de los mayores inconvenientes que hay que solucionar es el procesamiento del streaming de los datos. Gracias a esta capa, los datos más recientes pueden ser incluidos en los resultados de los análisis mientras se propagan en el sistema distribuido de Hadoop.

La arquitectura anteriormente citada, puede verse a continuación (figura 8).

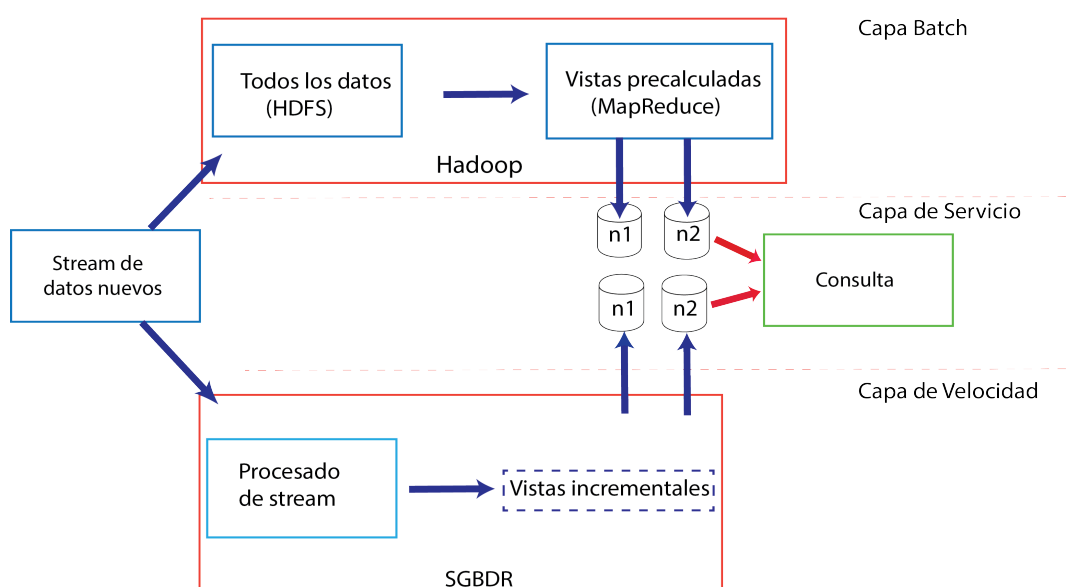


Figura 8: *Arquitectura de datos dinámicos*

Una vez implementada la arquitectura los resultados obtenidos son los que muestran en la tabla 6:

Tabla 6: *Velocidad de consulta en diferentes SGBD con arquitectura en capas*

Tiempo (ms)	MySQL	PostgreSQL	Hadoop optimizado
Todos los datos meteorológicos	3,03	4,99	4,76
Un atributo ordenado por fecha	1,55	2,53	5,98

A nivel de aplicativo, estos resultados se muestran en gráficas exportables en diversos formatos (pdf, png..), lo que permiten mostrar un histórico de los datos que ofrecen los sensores el puerto. Esto lo hacemos usando la librería Highcharts [21].

En la figura 9 podemos ver un ejemplo de consulta de datos de los sensores desde Julio de 2011 hasta Febrero de 2015.

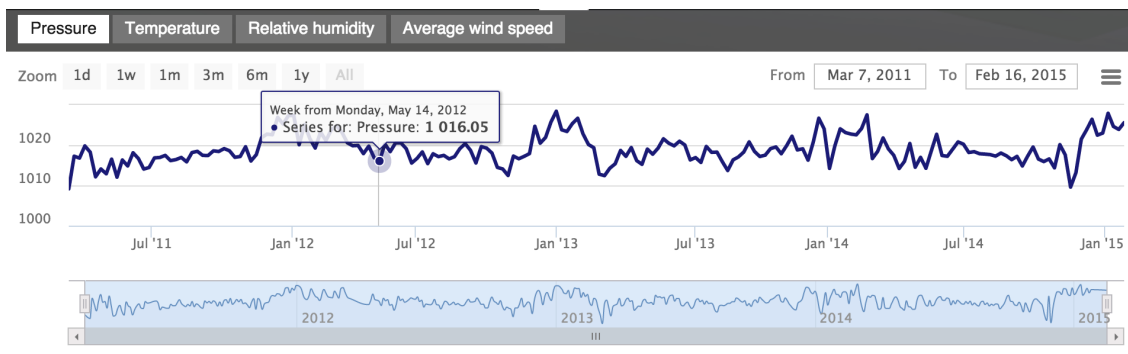


Figura 9: *Vista de las gráficas*

3 Sistema de Alertas.

Debido a la naturaleza de los datos que se manejan en SmartPort, y pensando en las líneas futuras de trabajo hemos creado un sistema de alertas. Se pretende llegar a funcionalidades tipo cuadro de mando y/o sistema SCADA (Supervisory Control And Data Adquisition). Modelo que busca controlar y supervisar procesos a distancia así como facilitar la retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores), aportando así toda la información que se genera en el proceso productivo y permitiendo su gestión e intervención.

Esto implica que cuando un sensor tome un valor determinado, salte una alerta que nos avise de una situación que requiera de algún tipo de gestión. De este modo se puede usar la herramienta no sólo para visualizar información, sino además, para la toma de decisiones.

Gracias a la API Pub/Sub de Orion, hemos sido capaces de implementar las funcionalidades requeridas del sistema. El primer paso es generar una suscripción para cada sensor que se desee monitorizar. En segundo lugar, las notificaciones de las alertas se almacenan en una base de datos para que se puedan consultar las alertas según estén activas o no, como se puede ver en la figura 10:

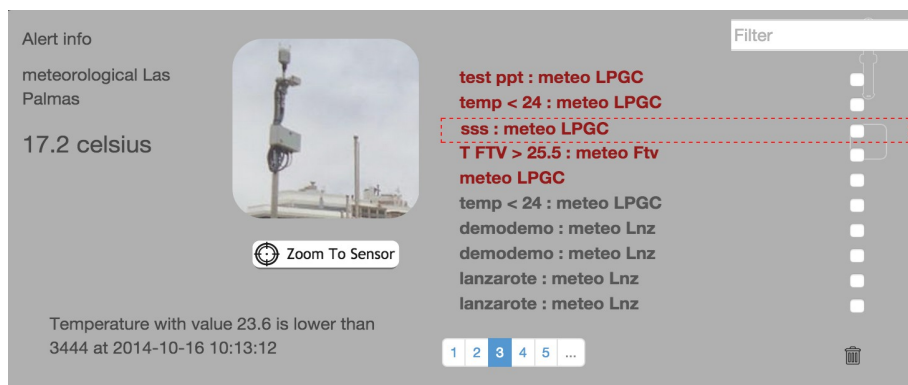


Figura 10: Vista general del notificador de alertas

4 Visualización de la información georreferenciada en 3D

Uno de los elementos que caracterizan a SmartPort es su visualización en tres dimensiones; gracias a la librería Glob3Mobile, somos capaces de mostrar capas en dos dimensiones elevadas con un modelo digital del terreno (MDT). (Véase figura 11).

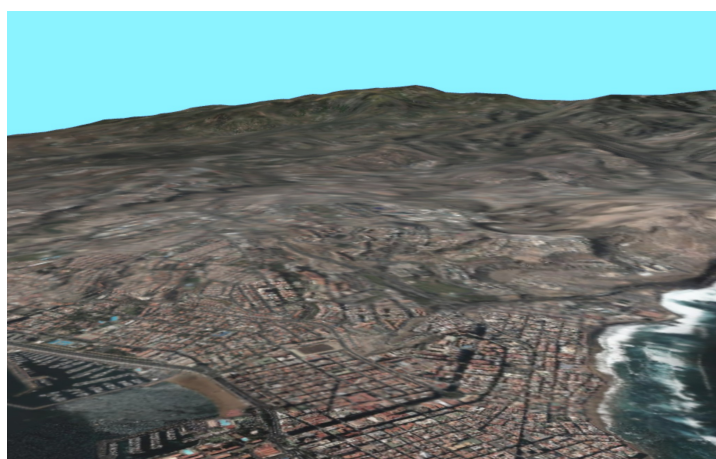


Figura 11: Vista general del terreno elevado.

Además, dentro de su visualización, podemos visualizar capas de información precargadas en el visor, así como cualquier servicio interoperable Web Map Service (WMS) [22].

Además podemos ubicar elementos discretos en el territorio. Es el caso de las grúas de contenedores, o de los barcos, como aparece en la figura 12.

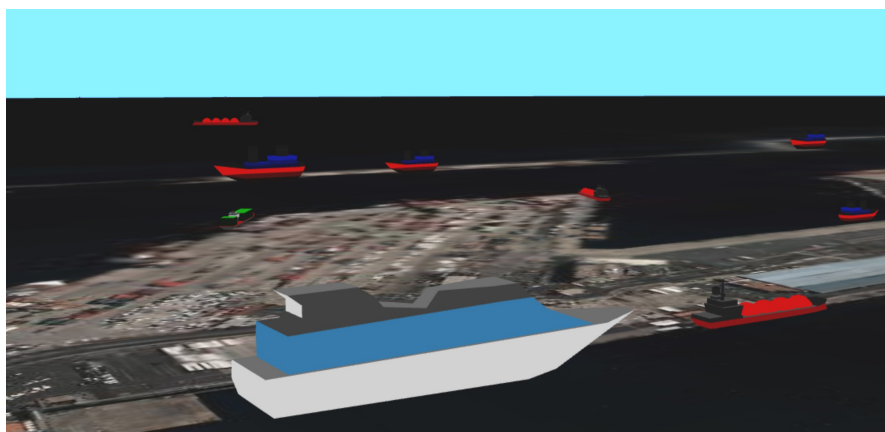


Figura 12: Vista de algunos modelos en 3D.

CONCLUSIONES

En SmartPort hemos conseguido un sistema capaz de manejar, gestionar y visualizar los datos del puerto, tanto los elementos que están geolocalizados en el territorio como los que no.

Del mismo modo, gracias a la funcionalidad de generar gráficas, conseguimos obtener un histórico de los datos provenientes de los sensores del Puerto de la Luz de las Palmas de G.C. Esto es de vital utilidad, ya que el acceso rápido a toda la información que generan los sensores nos permite analizar, buscar patrones, y, en un futuro, prever posibles situaciones que requieran algún tipo de medida por parte del puerto.

Así mismo, gracias al gestor de alertas se ha conseguido acercarnos a un cuadro de mando geográfico; un sistema que permita, además de monitorizar y mostrar información, poder controlar puntos críticos y tomar decisiones en vivo cuando un sensor tome un valor determinado, el sistema avise al usuario para que se tomen las medidas necesarias a la hora de gestionar el puerto.

Para llevar a cabo todo esto, ha sido fundamental apoyarse en diversas tecnologías y, sobre todo, mediante combinación de las mismas hemos buscado que se de una respuesta lo más eficiente posible. Así lo hemos hecho para poder tomar datos estáticos o dinámicos, en este último caso con soluciones de Big Data, tales como Hadoop integradas en el GE Cosmos e implementando una arquitectura específica. Del mismo modo ha sucedido para poder visualizar la información en 3D, que mediante Glob3Mobile, se ha podido desarrollar la parte frontal de la aplicación.

Uno de los próximos pasos de la aplicación, es tener un módulo analítico de datos. Consideramos fundamental darle inteligencia a la aplicación y poder continuar los pasos hacia un cuadro de mando geográfico para que de un salto más allá de los visores comunes de información geográfica y que SmartPort siga evolucionando en el tiempo.

AGRADECIMIENTOS

Al la autoridad portuaria de las Palmas de G.C., en especial a su director Salvador Capella.

Al proyecto FP7 “FIWARE: Future Internet Core Platform”. Grant Agreement number 285248.

REFERENCIAS

[1] Nickitas Georgas, Alan F. Blumberg, Michael S. Bruno, David S. Runnels (2009), Marine Forecasting For The New York Urban Waters And Harbor Approaches: The Design And Automation Of NYHOPS, *3rd International Conference on Experiments/Process/System Modeling/Simulation & Optimization*.

[2] Daniel E. O’leary (2013) ‘Big Data’, The ‘Internet of Things’ and the ‘Internet of Signs’, *intelligent systems in accounting, finance and management* .

[3] Stamatis Karnouskos, Thiago Nass de Holanda (2009) Simulation of a Smart Grid City with Software Agents , *third UK Sim European Symposium on Computer Modeling and Simulation*.

[4] Proyecto FIWARE. <http://fiware.org>

[5] Glob3Mobile: <https://github.com/glob3mobile/g3m>

[6] Trujillo, J.P. Suárez, M. de la Calle, D. Gómez, A. Pedriza, J.M. Santana (2013) Glob3 Mobile: An Open Source Framework for Designing Virtual Globes on iOS and Android Mobile Devices, *Progress and New Trends in 3D Geoinformation Sciences, Springer*.

[7] Generic Enabler. https://forge.fiware.org/plugins/mediawiki/wiki/fiware/index.php/FIWARE_Architecture

[8] Orion.
https://forge.fiware.org/plugins/mediawiki/wiki/fiware/index.php/Publish/Subscribe_Broker_-_Orion_Context_Broker_-_User_and_Programmers_Guide

[9] MongoDB. www.mongodb.org/

[10] JSON. json.org/

[11] API REST. <http://www.w3.org/2001/sw/wiki/REST>

- [12] NGSi 9. https://forge.fiware.org/plugins/mediawiki/wiki/fiware/index.php/NGSI-9/NGSI-10_information_model
- [13] NGSi 10. https://forge.fiware.org/plugins/mediawiki/wiki/fiware/index.php/NGSI-9/NGSI-10_information_model
- [14] AJAX. <http://www.w3.org/standards/webdesign/script.html>
- [15] Cosmos. <http://catalogue.fiware.org/enablers/bigdata-analysis-cosmos>
- [16] Hadoop. <http://hadoop.apache.org/>
- [17] Hive. <http://hive.apache.org>
- [18] Pig. <http://pig.apache.org/>
- [19] Cygnus. <http://catalogue.fiware.org/enablers/bigdata-analysis-cosmos>
- [20] Flume. <http://flume.apache.org/>
- [21] Highcharts. <http://www.highcharts.com/>
- [22] WMS. <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>
- [23] Makoto YUI, Isao KOJIMA, (2013). A Database-Hadoop Hybrid Approach to Scalable Machine Learning, *2013 IEEE International Congress on Big Data*.
- [24] McCann, M. P. (2004). Using geovml for 3d oceanographic data visualizations. *Proceedings of the ninth international conference on 3D Web technology*, pages 15–21.
- [25] Villaseñor, E. and Estrada, H. (2014). Informetric mapping of big data in fi-ware. *Proceedings of the 15th Annual International Conference on Digital Government Research*, pages 348–349.
- [26] Leishi Zhang, Andreas Stoffel Michael Behrisch (2012). Visual analytics for the big data era a comparative review of state-of-the-art commercial systems. *Visual Analytics Science and Technology (2012) IEEE Conference on*, pages 173–182. IEEE.
- [27] Aviv Segev, Chihoon Jung, Sukhwan Jung (2013). Analysis of Technology Trends Based on Big Data, *IEEE International Congress on Big Data*.
- [28] K. Shvachko, H. Kuang, S. Radia (2010). The hadoop distributed file system. *26th Symposium on Mass Storage Systems and Technologies*, pages 1–10. IEEE.
- [29] B. Yao and et al. Multi-approximation-keyword routing in gis data. (2011). *19th ACM SIGSPATIAL. Int. Conf. on Advances in Geographic Information Systems*, pages 201–210.
- [30] Claramunt, C., Devogele, T., Fournier, S., Noyon, V., Petit, M., and Ray, C. (2007). Maritime GIS: from monitoring to simulation systems. *Information Fusion and Geographic Information Systems*, Springer. Pages 34–44.
- [31] Ramparany F., Orange Labs, Galan F, Soriano J, Elsaleh T, (2014) Handling smart environment devices, data and services at the semantic level with the FI-WARE core platform, Big Data IEEE International Conference.