



Sistema distribuido y sensible al contexto para el monitoreo de pacientes con mal de Alzheimer

A context-aware and distributed system for patients with Alzheimer disease

Mauricio Serna Flórez ^a & Jorge Eliécer Giraldo Plaza ^b

^a Ingeniero Informático, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín-Colombia, mauricio_serna82122@elpoli.edu.co

^b Doctor en Ingeniería de Sistemas. Profesor asociado, Facultad de Ingenierías, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín-Colombia, jegiraldo@elpoli.edu.co

Recibido: mayo 27, 2019. Aceptado: diciembre 10, 2020

Resumen

En este artículo se presenta el desarrollo de un sistema distribuido y sensible al contexto para el monitoreo de pacientes con diagnóstico de Alzheimer. Se plantea un diseño arquitectónico alternativo a las soluciones de monitoreo existentes, tomando las principales ventajas de la sensibilidad al contexto y los sistemas distribuidos y con la ayuda de éstos, soportar el sistema de monitoreo propuesto. Como resultado se tiene un diseño guiado por herramientas, técnicas y tecnologías como microservicios, logs distribuidos y diseño guiado por dominio, entre otros, además de presentar un prototipo simple con las funcionalidades que se pueden implementar siguiendo este diseño.

Palabras clave: Arquitecturas distribuidas, microservicios, computación sensible al contexto, monitoreo de pacientes.

Abstract

This article aims to present the design of a context-aware distributed system for monitoring patients diagnosed with Alzheimer's disease. This work intends to propose an architectural design as an alternative to the existing monitoring solutions, taking the main advantages of context-aware software and distributed systems to support the proposed monitoring system. As a result, we have a guided design by tools, techniques, and technologies like microservices, distributed logs and domain-driven design, among others. Also, the article describes a simple prototype with the functionalities that could be implemented by this design.

Keywords: Distributed architecture, microservices, context-aware systems, patient monitoring.

1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas distribuidos son los promotores de las grandes aplicaciones a nivel mundial, aplicaciones construidas para solucionar problemas con más de un sistema de computación; es decir, un conjunto de computadores conectados entre sí por una red de comunicaciones y, en casos como estos, repartidos alrededor del mundo. Estos sistemas están fuertemente ligados con el software sensible al contexto y el monitoreo porque son estos mismos, el puente para obtener los datos del entorno por medio de sensores para así posteriormente procesarlos [1].

La motivación para el desarrollo del sistema de monitoreo es la presente dificultad de uso de nuevas tecnologías no dependientes para pacientes con diagnóstico de Alzheimer, debido a la característica invasiva que pueden poseer dichos sistemas. Así mismo, estos sistemas deben estar conectados siempre al cuerpo, lo que ocasiona dependencia a la tecnología. Por lo anterior, se piensa en un diseño distribuido en el cual se pueda tomar ventaja de las soluciones informáticas y así poder liberar de algunas responsabilidades a los cuidadores.

A lo anterior se suma, que en esta investigación se pretende aplicar los conceptos de los sistemas distribuidos combinados con técnicas como micro-servicios, aprovechando los patrones de arquitectura orientada a eventos, ya que de esta manera se puede realizar un monitoreo de manera adecuada sobre pacientes con diagnóstico de Alzheimer [2].

El presente documento está dividido en las siguientes secciones: La sección 2 contiene el marco referencial. La sección 3 se enfoca en presentar las fases de monitoreo y la sección 4 complementa la anterior con el modelo de contexto. En la sección 5 se presenta el diseño de la arquitectura distribuida para el sistema de monitoreo y su respectiva validación. Por último, se presentan las conclusiones y bibliografía.

Citar como:

M. Serna, J. Giraldo. "Sistema distribuido y sensible al contexto para el monitoreo de pacientes con mal de Alzheimer" Revista CINTEX, Vol. 24(1), pp. 21-31. 2020.

2 CONCEPTOS RELACIONADOS

Para el desarrollo de la vigilancia tecnológica se tuvo en cuenta la metodología InnoViTech (Innovaciones a partir de la Vigilancia tecnológica). Ésta es una metodología flexible que consiste en el diseño y ejecución compartida de vigilancias tecnológicas para reforzar la toma de decisiones estratégicas a empresas, emprendedores y grupos de investigación. El proceso se desarrolla en función de la toma de decisiones, apoyado con el desarrollo de unas fases cíclicas: identificación de las necesidades, diagnóstico, definición del factor crítico, búsqueda y recolección de información, análisis, elaboración de informes y difusión del modelo. Tales fases permiten la retroalimentación en cualquier momento, de acuerdo con los resultados obtenidos en cada etapa [8].

2.1 Enfermedad de Alzheimer

La enfermedad del Alzheimer es *“la forma más común de demencia, se presenta típicamente con una pérdida progresiva de las funciones cognitivas y la memoria. Es un desorden complejo con un fuerte componente genético”* [3]. La enfermedad de Alzheimer tiene una gran relación con el departamento de Antioquia en Colombia, debido a que se ha detectado el grupo poblacional más grande del mundo con característica susceptibles a la enfermedad [4].

Los pacientes con diagnóstico de Alzheimer necesitan un constante monitoreo, actualmente las soluciones están orientadas a un riguroso control médico en el cual el paciente debe movilizarse hasta un centro especializado para verificar su estado en plenitud, es decir, signos vitales, reacciones, muestras de sangre, ejercicios de memoria, entre otras características.

Existen cuatro tipos de monitoreo de pacientes, estos son: (1) HMS – Sistema de monitoreo de la salud, (2) RHMS – Sistema de monitoreo de la salud remoto, (3) MHMS – Sistema de monitoreo de la salud móvil y (4) WHMS – Sistema de monitoreo de la salud con dispositivos usables.

2.2 Sistemas distribuidos y microservicios

Un sistema distribuido es *“aquel sistema donde los componentes hardware y software ubicados en las computadoras en red se comunican y coordinan sus acciones solamente por el envío de mensajes. Las computadoras que están conectadas por una red pueden estar espacialmente separadas por cualquier distancia”* [5].

Los sistemas distribuidos tomaron de nuevo fuerza gracias a un estilo arquitectónico para el desarrollo de aplicaciones empresariales conocido como microservicios. Estos son se pueden ver como un *“un acercamiento a los sistemas distribuidos que promueven el uso servicios muy finos y cada uno con su propio ciclo de vida. Microservicios también integran nuevas tecnologías y técnicas que han surgido en la última década”* [6].

En la Figura 1, se realiza una comparación entre una arquitectura monolítica (aquel donde todos sus componentes están combinados en un solo proceso) y una arquitectura de microservicios en la cual sus componentes son completamente independientes, se comunican entre sí a través del protocolo HTTP y un *log* distribuido.

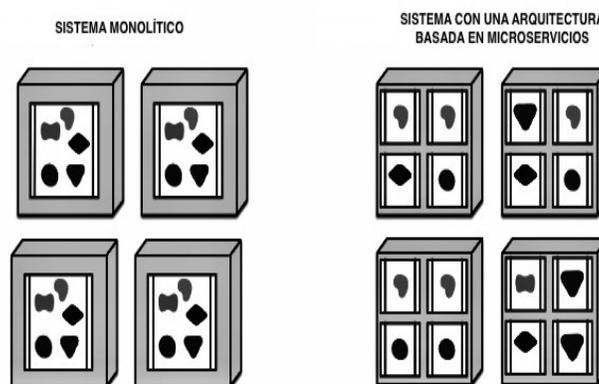


Fig. 1. Monolíticos y microservicios. Tomado de: [7]

Un sistema monolítico tiene toda su funcionalidad en un solo proceso. Por su parte, una arquitectura basada en microservicios orienta su solución a pequeños componentes que realizan una sola tarea además de escalar distribuyendo servicios a través de servidores. En este artículo se emplea microservicios como la base principal

de los sistemas distribuidos, debido a las grandes ventajas que brinda en cuanto a la organización y la separación modular de sus componentes.

Los microservicios están basados principalmente en dos elementos, un contexto delimitado y un lenguaje ubicuo, además cada contexto delimitado se comunica compartiendo eventos o reaccionando a ellos. En la Figura 2, se presenta un flujo básico de la representación de los contextos delimitados.

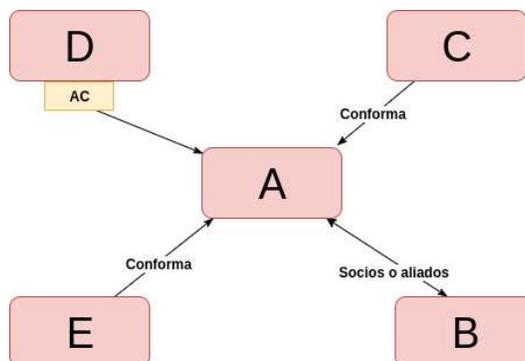


Fig. 2. Representación de contextos delimitados Tomado de [8]

Estos contextos delimitados representan las condiciones sobre las cuales un determinado modelo es definido y aplicado, además, es todo lo que se necesita para construir un sistema o un subsistema.

2.3 Computación sensible al contexto

La computación sensible al contexto se puede definir como “la capacidad de los dispositivos móviles que complementa la sensibilidad a la ubicación, en la cual un dispositivo móvil puede responder a cambios en su entorno en función no solo de la ubicación de este, sino de una buena idea del proceso o tarea que el usuario se encuentra llevando a cabo” [9].

Para el modelado del contexto se toman en cuenta diversas variables tales como [10]: espacio, tiempo, historia del contexto, sujeto y perfil de usuario. además de requerir características de representación, administración del contexto y su uso.

Otros autores como Lee et al., [11] plantean un proceso general para el modelado del contexto, el cual se compone de cuatro fases a seguir: (1) la adquisición de la información contextual, por ejemplo, ubicación, temperatura, atributos físicos; (2) el almacenamiento de la información contextual, algunas estructuras utilizadas son: modelo clave-valor, modelo orientado a objetos, modelo gráfico y posteriormente almacenamiento en bases de datos; (3) nivel de abstracción, es decir, qué componentes se obtienen a partir de la información, por ejemplo, señales de temperatura (calor, frío, moderado) y (4) el uso de esta información para ser finalmente aplicada en un proceso.

3 TRABAJOS RELACIONADOS

En esta sección se realizó una revisión de la literatura que abarca temas relacionados con el monitoreo y el software sensible al contexto, así como los sistemas distribuidos y su aplicación en la enfermedad del Alzheimer.

En [12] plantean una predicción mediante técnicas de inteligencia artificial y variables médicas (presión arterial, presión sanguínea) para dar recomendación para el profesional en la salud, dan a conocer un sistema de monitoreo bastante interesante sin embargo tienen múltiples “sensores” lo cual comienza a ser invasivo para el paciente. En [13] plantean un sistema inteligente de monitoreo de pacientes de manera remota usando dispositivos móviles y usables. Trabajo similar se propone en [14] ya que se simulan los posibles escenarios para la enfermedad de Alzheimer, detallando algunos casos muy generales que pueden ocurrir en el monitoreo.

En [15] se presenta un modelo por capas, en donde el paciente está conectado a múltiples sensores que interactúan con el contexto, además que tienen la posibilidad de obtener variables como ritmo cardiaco y temperatura del cuerpo, entre otras. Así mismo, en [16] plantean un sistema de monitoreo remoto para pacientes de edad avanzada con fallas en el sistema cardiaco.

En [17] plantean un sistema robusto para el monitoreo de la salud basado en sensores de red, permitiendo así la recolección continua de información; este sistema también cuenta con análisis básico de datos y posibilidad de emitir alertas. Proyecto similar se presenta en [18], donde se propone un sistema basado en internet de las cosas para el monitoreo de la salud, mostrando todas las tendencias que se tienen en cuanto a tecnología. También en

[19] plantean un sistema de monitoreo en casa con señales Bluetooth y Wireless para pacientes con Alzheimer, en la Figura 3 se observa el sistema propuesto.

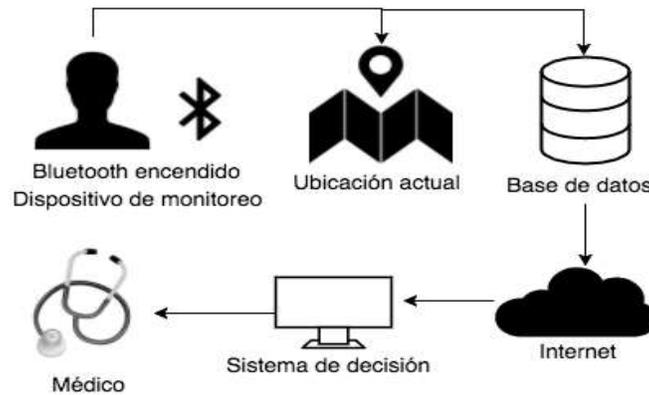


Fig. 3. Sistema Bluetooth propuesto en [19]

En [9] plantean una solución basada en Software sensible al contexto para un dispositivo usable como Google Glass; los autores plantean cinco acciones fundamentales para la sensibilidad al contexto: Monitorear, recolectar, participar, localizar, capturar. Por su parte, en [20] plantean un sistema de monitoreo para pacientes usando dispositivos inteligentes y sensores inalámbricos. En [21] analizan la forma de construir ciudades inteligentes con base en los beneficios del contexto a la salud y la computación ubicua, y muestran los diferentes tipos de monitoreo en la salud, como: el monitoreo clásico, e-Health (usando dispositivos electrónicos para almacenar la información médica) y m-Health (es una especie de e-Health pero usando dispositivos móviles).

En [22] plantean un sistema sensible al contexto para el monitoreo de la salud basado en lógica difusa para tomar decisiones que son almacenadas en una base de datos del contexto la cual muestra métricas que dan valor al proceso. En [23] se analiza los sistemas sensibles al contexto desde cada uno de los puntos de vista de la ingeniería en sistemas, como la escalabilidad, resolución de conflictos, técnicas implicadas, todo esto con el fin de utilizar las mejores herramientas para entender el contexto.

Por último, en [24] plantean un sistema para el cuidado de la salud de manera remota, este sistema tiene la capacidad de soportar una gran cantidad de datos, analizar y posteriormente tomar decisiones inteligentes que beneficien la salud del paciente que está siendo monitoreado, interactuando con el contexto por medio de sensores, además tienen en cuenta variables como, sonido, temperatura y humedad, entre otras. También agregan una capa de datos separada, donde existen múltiples bases de datos que procesan diferentes situaciones (datos médicos, datos contextuales, historia del contexto, procesamiento de datos a gran escala).

4 PROPUESTA DE PROCESO DE MONITOREO SENSIBLE AL CONTEXTO

Las personas que presentan la enfermedad de Alzheimer deben ser constantemente monitoreadas, para verificar su estado mental y físico. Todo este proceso puede variar dependiendo del grado de degeneración en el que se encuentren los pacientes, el cual también puede ser directamente proporcional a su edad. Con base en [25], las fases para tener en cuenta en el monitoreo de pacientes se observan en la Figura 4, y son las siguientes:

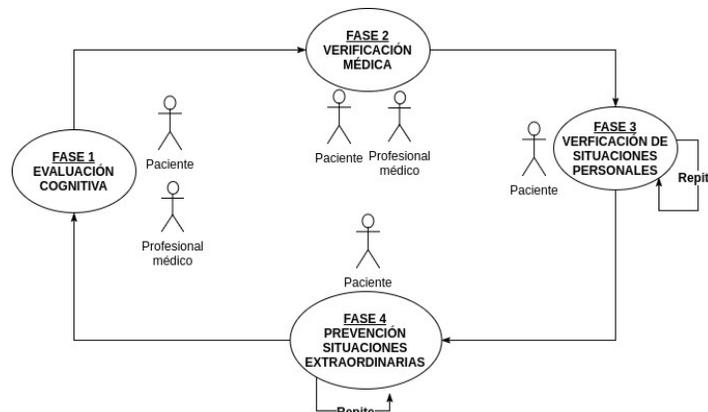


Fig. 4. Fases del proceso monitoreo para un paciente con diagnóstico de Alzheimer

- Fase 1 - Evaluación cognitiva: En esta se realizan una serie de cuestionarios y exámenes, entre otros, para evaluar los cambios que producen el paciente a lo largo del tiempo; para analizar el estado del paciente, según los resultados que arrojen estas evaluaciones cognitivas se pueden tomar decisiones sobre el deterioro mental y/o físico del mismo, también se pueden realizar otras evaluaciones como la evaluación conductual y la emocional.
- Fase 2 - Verificación médica: En esta fase se recomienda que, según los resultados obtenidos en la fase anterior, se realice un plan de tratamiento individual en el cual se recomendarán medicamentos y cuidados a tener presentes. En esta fase se define el plan integral del paciente, en el cual se plasman las actividades y deberes que debe realizar.
- Fase 3 - Verificación de situaciones personales: Durante las etapas no terminales los pacientes tienen un cierto grado de autonomía, por lo que se recomienda al máximo tratar de seguir con sus actividades diarias, pero con un cierto grado de supervisión. Estas actividades pueden ser aseo personal y recordatorios de fechas importantes, entre otras.
- Fase 4 - Prevención de las situaciones extraordinarias: cuando se presenten situaciones fuera de lo normal, el paciente deberá tener a la mano algún dispositivo que le permita alertar en caso de que el cuidador no se encuentre cerca.

Teniendo en cuenta lo anterior, en este proyecto se seleccionaron las variables contextuales tiempo y ubicación debido a que son las que más influencia tienen dentro de las fases anteriormente planteadas. El tiempo afecta la evaluación cognitiva, la verificación médica y actúa sobre la verificación de las situaciones personales, mientras que la ubicación afecta a la evaluación cognitiva, la verificación de situaciones personales y la prevención de situaciones extraordinarias. (Ver Tabla 1)

TABLA 1
Variables contextuales por fase

Fases	Variables contextuales	
	Tiempo	Ubicación
Evaluación cognitiva	X	X
Verificación médica	X	No aplica
Verificación de situaciones personales	X	No aplica

Finalmente, en la Figura 5 se plasman las fases de un proceso de monitoreo sensible al contexto con sus respectivas variables; además, se obtuvieron los actores que participan en el proceso: paciente, profesional médico, y el cuidador (que también a su vez puede ser un profesional médico).

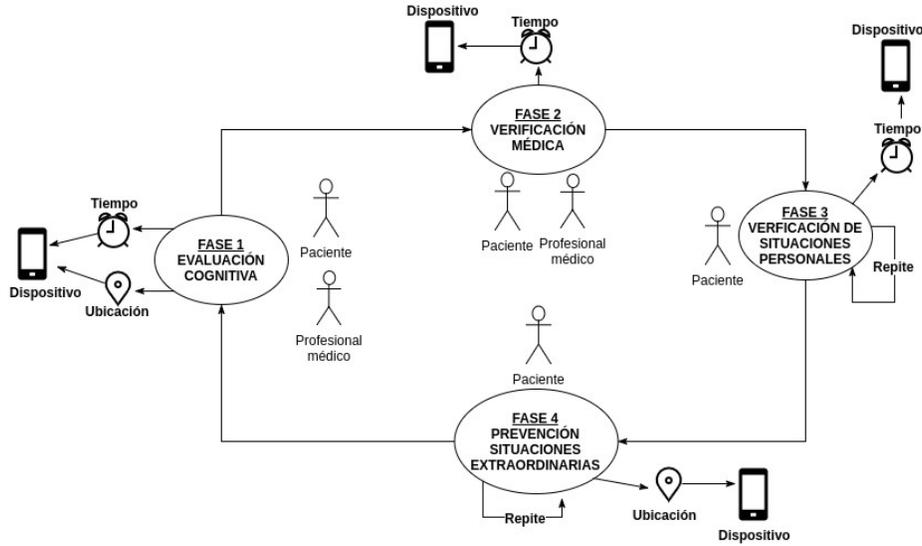


Fig. 5. Fases de un proceso de monitoreo sensible al contexto

Como se recolectó la información necesaria para la definición de unas fases de monitoreo sensible al contexto, se tomaron variables contextuales que son de vital importancia para cada una de estas fases. Con la definición de estas fases se da lugar a la definición de situaciones contextuales, para así crear un modelo de contexto válido.

Basado en [19], se definen las situaciones relacionadas con las variables de la ubicación, el tiempo y la temperatura. Dichas situaciones son definidas y razonadas por medio de múltiples mecanismos como lógica de predicados, lógica difusa, redes neuronales, entre otras. En este caso, se toma como base la lógica de predicados, para modelar el contexto basado en las principales variables que son, la ubicación y el tiempo.

A continuación, se describen las situaciones contextuales que se pueden presentar de acuerdo con las variables contextuales, para las diferentes fases obtenidas anteriormente.

Definición de variables y símbolos a usar

- f_i = Fase en la que se encuentra
- i_e = Inferencia según la expresión
- S = Situación
- V = variable

Con base en [26] se plantea que una situación contextual tiene la siguiente forma: $S = (V, i_e, f_i)$

Por ejemplo, las situaciones contextuales genéricas para cada fase, tomando como base las variables contextuales definidas para cada una de ellas, son:

$$S_1 = (?T, I_e, f_1) \quad (1)$$

$$S_2 = (?U, I_e, f_1) \quad (2)$$

$$S_3 = (?T, I_e, f_2) \quad (3)$$

$$S_4 = (?T, I_e, f_3) \quad (4)$$

$$S_5 = (?U, I_e, f_4) \quad (5)$$

donde:

$f_{1..4}$ = Denota la fase del proceso de monitoreo
 i_e = Inferencia que se va a representar en la situación actual
 T = Variable tiempo
 U = Variable ubicación

5 MODELO DE CONTEXTO PROPUESTO

Los modelos de contexto tienen un ciclo de vida que está compuesto por 4 fases: adquisición, modelamiento, razonamiento, y esparcimiento. En la Figura 6, se observa un modelo de contexto básico, en el cual intervienen dos actores, el paciente y el cuidador o profesional médico.

Adicionalmente, se refleja el proceso de distribución de datos, con la intervención del sistema de monitoreo que bien podría ser un dispositivo móvil.

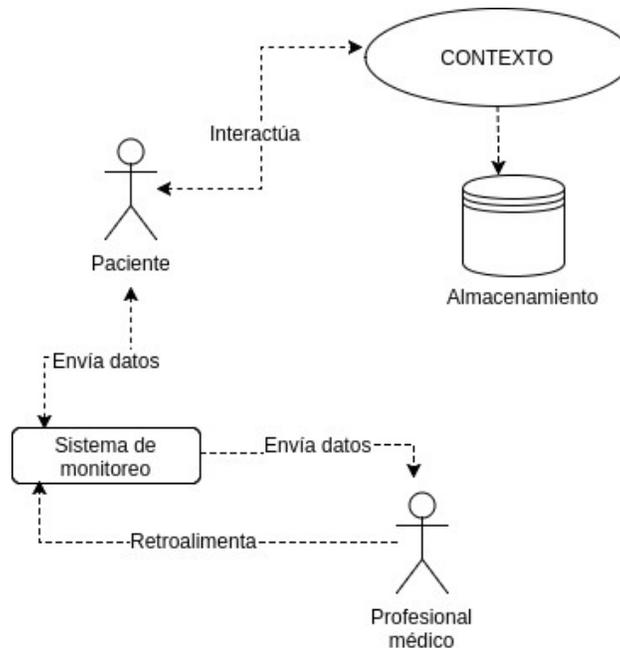


Fig. 6. Flujo básico para el sistema de monitoreo de pacientes con diagnóstico de Alzheimer

El contexto contiene elementos que lo definen y diferencian, de los cuales puede obtener una gran cantidad de datos para posteriormente procesarlos. En la Figura 7, se muestra el modelo de contexto planteado con los elementos que intervienen en el proceso de monitoreo de paciente con diagnóstico de Alzheimer.

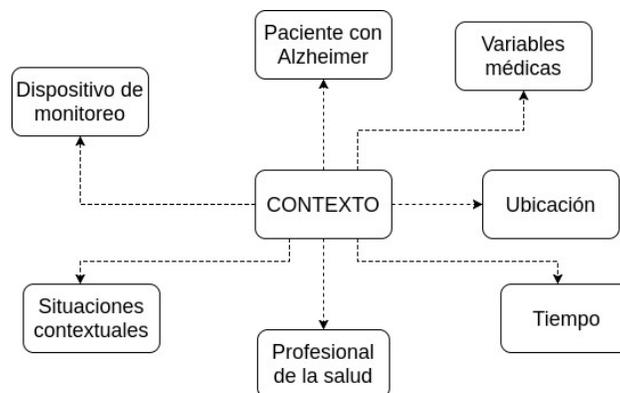


Fig. 7. Modelo de contexto para el sistema de monitoreo propuesto Basado en [27].

Este modelo de contexto permite observar cada uno de los participantes dentro del sistema, además un flujo básico el cual permite observar cómo se debe relacionar los elementos, para dar paso al objetivo principal de este artículo, que es diseñar la arquitectura con base en el modelo anterior.

6 DISEÑO Y VALIDACIÓN DE LA ARQUITECTURA PROPUESTA

En esta sección se presenta el diseño y validación de la arquitectura para el sistema de monitoreo planteado basado en microservicios; estos últimos base fundamental en el diseño de la arquitectura, y se plantean cinco microservicios, así: el primero es el de usuarios, el cual está encargado de toda la gestión de los usuarios (registro, inicio, entre otras); el segundo y tercer microservicio corresponde a la verificación médica y la ubicación, esta última se encarga de todo el razonamiento contextual, el cuarto corresponde a los mensajes y el quinto corresponde a los contactos, donde se realiza todo el razonamiento del tiempo y ubicación, para alertar cuando se esté fuera de una zona segura.

En la Figura 8 se observa la arquitectura final que se plantea para el sistema de monitoreo, tomando como base el estilo arquitectónico de *publicación – suscripción* perteneciente al grupo de las aplicaciones tipo mensaje, combinado con un sistema de servicios perteneciente a las arquitecturas distribuidas [28].

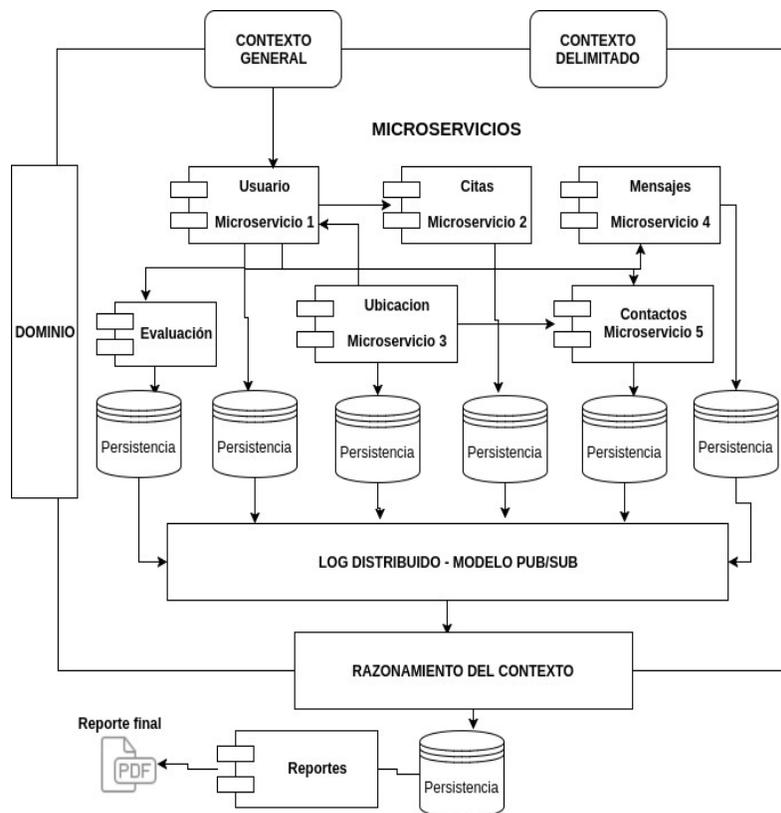


Fig. 8. Arquitectura distribuida basada en microservicios para el sistema de monitoreo propuesto.

Para la validación se realiza un prototipo en el cual se muestra las diferentes funcionalidades del sistema de monitoreo y los microservicios. Para la realización del prototipo se usaron las siguientes herramientas: Proto.io para la primera fase del prototipo, Ruby, Rails, PostgreSQL, Google Maps, SHA256 para el cifrado de las contraseñas, Puma como servidor para soportar la aplicación, Amazon Web Services para el almacenamiento distribuido de datos y servicios y Heroku para desplegar todos los servicios en producción.

Para la validación de los atributos de calidad de la arquitectura, se diseñaron en total 6 escenarios posibles, con el fin de determinar la capacidad de soporte que tiene la arquitectura. De un total de 6 escenarios, la propuesta cumple satisfactoriamente con todos ellos y presenta una respuesta apropiada. En la Figura 9, se observa un pantallazo de la aplicación final. En el menú principal se gestionan las actividades del monitoreo, como por ejemplo la fase de evaluación cognitiva.



Fig. 9. Pantallazo principal de la aplicación.

La Figura 10, presenta el formulario de captura de información para la fase de evaluación cognitiva. La activación del formulario depende de una configuración previa.

The image shows a form titled 'Evaluación cognitiva'. Below the title, it says 'A continuación se realizarán una serie de preguntas, con el fin de evaluar tu estado cognitivo.' The form contains several input fields: '¿Dónde te encuentras actualmente?', '¿Cuál es o era el nombre de tu padre?', '¿Cuál es o era el nombre de tu madre?', and 'Escribe tu fecha y lugar de nacimiento'. Below these is a larger text area with the prompt 'Ingresa un texto corto hablando de su infancia'. At the bottom of the form is a blue button labeled 'Enviar'.

Fig. 10. Captura de información para la evaluación cognitiva.

7 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este artículo se presentó el diseño de un proceso de monitoreo de pacientes con Alzheimer con capacidad de sensibilidad al contexto. Su implementación se realizó mediante una arquitectura distribuida basada en microservicios. Su principal impacto radica en el mejoramiento de la calidad de vida tanto para los pacientes como para sus cuidadores y familias.

Como conclusión principal se determinó que las fases de monitoreo son indispensables para la correcta definición de las situaciones contextuales y sus variables; además, estas fases están directamente relacionadas con las situaciones a establecer.

La lógica de predicados es una base fundamental para la definición de situaciones contextuales, debido a que permite definir en un lenguaje claro y conciso lo que se quiere, y el uso de técnicas como el diseño guiado por el

dominio ayuda en gran medida a la definición de contextos delimitados y al proceso construcción de una arquitectura distribuida. Una arquitectura distribuida es fundamental que cuente con un flujo de datos bien definido, ya que dejarle la responsabilidad del sistema entero a una base de datos no solamente constituye una mala práctica, sino una irresponsabilidad. Se debe construir una serie de base de datos, que interactúen entre sí por medio de diversos mecanismos, en este caso se elige un modelo de publicación – suscripción que brinda mucha sencillez para recibir y enviar mensajes.

Como trabajos futuros se espera mejorar los servicios en cuanto a la implementación de inteligencia y a la toma de decisiones con base en el contexto, realizar la implementación completa del sistema con todos sus componentes y microservicios desplegados en plataformas que permitan el uso en producción de estos servicios creados.

REFERENCIAS

- [1] Raento, M., Oulasvirta, A., Petit, R., y Toivonen, H. (2005). ContextPhone: A prototyping platform for context-aware mobile applications. *IEEE pervasive computing*, 4(2), 51-59.
- [2] García, A., Restrepo, F. L., Madrigal, L., y Londoño, J. E. O. (2003). Hacia el enunciado de dilemas éticos sobre la enfermedad de Alzheimer precoz, en Antioquia, Colombia. *Iatreia*, 16(2), 174-182.
- [3] Guerreiro, R., Wojtas, A., Bras, J., Carrasquillo, M., Rogaevea, E., Majounie, E., ... y Hazrati, L. (2013). TREM2 variants in Alzheimer's disease. *New England Journal of Medicine*, 368(2), 117-127.
- [4] Herrera, Z., del Carmen, M., López Alzate, M. E., Valencia Marín, C. M., Soto Gómez, J. A., Lopera Restrepo, F., ... y Rupperecht, R. (2008). Autovaloración de calidad de vida y envejecimiento en adultos con riesgo de Alzheimer. *Investigación y Educación en Enfermería*, 26(1), 24-35.
- [5] Coulouris, G. F., Dollimore, J., y Kindberg, T. (2005). *Distributed systems: concepts and design*. Pearson education.
- [6] Newman, S. (2015). *Building microservices*. " O'Reilly Media, Inc."
- Prince, M. (2015). World Alzheimer Report 2015: the global impact of dementia: an analysis of prevalence, incidence, cost and trends.
- [7] Lewis, J., y Fowler, M. (2014). Microservices: a definition of this new architectural term. *Mars*. Disponible en <https://martinfowler.com/articles/microservices.html> accedido en mayo de 2017
- [8] Evans, E. (2004). *Domain-driven design: tackling complexity in the heart of software*. Addison-Wesley Professional.
- [9] Galico, D., Natanzon, K., Vega, C., Matalonga, S., y Solari, M. (2015). Software Sensible al Contexto: definiciones y desarrollo de un estudio de caso en Google Glass.
- [10] Bolchini, C., Curino, C. A., Quintarelli, E., Schreiber, F. A., y Tanca, L. (2007). A data-oriented survey of context models. *ACM Sigmod Record*, 36(4), 19-26.
- [11] Lee, S., Chang, J., y Lee, S. G. (2011). Survey and trend analysis of context-aware systems. *Information-An International Interdisciplinary Journal*, 14(2), 527-548.
- [12] Forkan, A. R. M., y Khalil, I. (2017). A clinical decision-making mechanism for context-aware and patient-specific remote monitoring systems using the correlations of multiple vital signs. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 139, 1-16.
- [13] Baig, M. M., y Gholamhosseini, H. (2013). Smart health monitoring systems: an overview of design and modeling. *Journal of medical systems*, 37(2), 9898.
- [14] Campillo-Sánchez, P., y Gómez-Sanz, J. (2016). Modelling and Simulation of Alzheimer's Disease Scenarios. *Procedia Computer Science*, 83, 353-360.
- [15] Anzanpour, A., Azimi, I., Götzinger, M., Rahmani, A. M., TaheriNejad, N., Liljeberg, P., ... y Dutt, N. (2017, March). Self-awareness in remote health monitoring systems using wearable electronics. In *2017 Design, Automation y Test in Europe Conference y Exhibition (DATE)* (pp. 1056-1061). IEEE.
- [16] Restrepo, S. E., Pérez, M. M., & Salazar, R. D. V. (2014). Sistema de monitoreo remoto vía internet con generación de indicadores de producción para procesos automatizados. *Revista Politécnica*, 10(19), 35-45..
- [17] Hernandez, C., Velez, D., & Isaza, J. A. (2018). Diseño de una plataforma de prueba de sensores virtuales para el sistema glucosa-insulina de pacientes UCI usando la técnica HIL . *Revista CINTEX*, 23(2), 61-75. <https://doi.org/10.33131/24222208.318>.
- [18] Islam, S. R., Kwak, D., Kabir, M. H., Hossain, M., y Kwak, K. S. (2015). The internet of things for health care: a comprehensive survey. *IEEE Access*, 3, 678-708.
- [19] Cheng, H. T., y Zhuang, W. (2010). Bluetooth-enabled in-home patient monitoring system: Early detection of Alzheimer's disease. *IEEE Wireless Communications*, 17(1).

- [20] Mukherjee, S., Dolui, K., y Datta, S. K. (2014, February). Patient health management system using e-health monitoring architecture. In *Advance Computing Conference (IACC), 2014 IEEE International* (pp. 400-405). IEEE.
- [21] Solanas, A., Patsakis, C., Conti, M., Vlachos, I. S., Ramos, V., Falcone, F., ... y Martinez-Balleste, A. (2014). Smart health: a context-aware health paradigm within smart cities. *IEEE Communications Magazine*, 52(8), 74-81.
- [22] Lee, B. K., Jeong, E. H., y Lee, S. S. (2016). Context-Awareness Healthcare for Disease Reasoning Based on Fuzzy Logic. *Journal of Electrical Engineering and Technology*, 11(1), 247-256.
- [23] Alegre, U., Augusto, J. C., & Clark, T. (2016). Engineering context-aware systems and applications: A survey. *Journal of Systems and Software*, 117, 55-83.
- [24] Vijiyakumar, K., Reddy, V. S., Manikandan, M., y Santhanam, S. (2016). Analyzing Patient Health Care Using BDCaM via Remote Sensing Using Context-Aware Monitoring.
- [25] Montañés, P., y Quintero, E. (2007). La anosognosia en la enfermedad de Alzheimer: una aproximación clínica para el estudio de la conciencia. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 39(1).
- [26] Forkan, A., Khalil, I., y Tari, Z. (2014). CoCaMAAL: A cloud-oriented context-aware middleware in ambient assisted living. *Future Generation Computer Systems*, 35, 114-127.
- [27] Mcheick, H. (2014). Modeling Context Aware Features for Pervasive Computing. *Procedia Computer Science*, 37, 135-142.
- [28] Sharma, A., Kumar, M., y Agarwal, S. (2015). A Complete Survey on Software Architectural Styles and Patterns. *Procedia Computer Science*, 70, 16-28.