

Prototipo de sistema de envío y seguimiento de alertas ante la detección de anomalías en la frecuencia cardiaca o saturación de oxígeno en la sangre Trabajo Terminal No. 2020-B065

*Alumnos: Barriga Vargas Martín Eduardo, *Ramírez Vives Jose Manuel, Salinas Nuñez Jaime Alejandro*

Directores: Rivera de la Rosa Mónica, Rueda Meléndez José Marco Antonio

**jmr_v_1098@hotmail.com*

Resumen - En el presente documento se propone un prototipo de sistema, el cual tiene como objetivo alertar y dar seguimiento en tiempo real cuando un usuario presente anomalías en su frecuencia cardiaca o niveles bajos de saturación de oxígeno en la sangre, para de este modo aumentar las probabilidades de que sea atendido prontamente evitando la muerte o daño cerebral.

Palabras clave – Aplicación móvil, aplicación web, frecuencia cardiaca, alerta

1. Introducción

En México, la principal causa de muerte se debe a problemas relacionados con el corazón, ocupando, según los últimos datos del INEGI, un 20.85% [1] del total de causas de muerte registradas en México. Es de esperarse que estas muertes se den debido a paros cardiacos o infartos que sufre el individuo. Aproximadamente un 80% de los ataques cardiacos ocurren en el hogar y alrededor de 10% llegan a sobrevivir, y más de la mitad de estos quedan con daño cerebral permanente[2]. Es por esto que el paro cardiaco representa un gran problema tanto económico como de salud pública.

El daño cerebral, o en algún otro órgano, es derivado de una hipoxia, que es la falta de oxígeno suficiente para el órgano en cuestión. Esto puede ser causado por un paro cardiaco, así como por asfixia, ahogamiento, inhalar humo (en un incendio), o incluso por alguna enfermedad respiratoria[3], como el COVID-19 actualmente.

La atención médica o reanimación cardiopulmonar (RCP) debe ser realizada lo más pronto posible, pues puede ser crucial para reducir daños. En conclusión, la supervivencia a uno de estos eventos dependerá principalmente de si hay un reconocimiento inmediato del suceso.

Como solución a lo anterior se propone un sistema de envío de alertas al detectar anomalías en la frecuencia cardíaca o niveles bajos de saturación de oxígeno en la sangre teniendo como principales funcionalidades:

1. Detección y envío constante de la frecuencia cardiaca y nivel de saturación de oxígeno en la sangre a un teléfono móvil android.
2. Uso de teléfono android para edición de información de usuario y envío/recepción de mensajes de alerta a contactos y usuarios cercanos por medio de la aplicación al detectar una anomalía en la frecuencia cardiaca, niveles bajos de saturación de oxígeno en la sangre o petición de envío de alerta manual.
3. Registro y visualización de gráfica de frecuencia cardiaca y nivel de saturación de saturación de oxígeno.
4. Seguimiento en tiempo real del estado de la emergencia mostrando tanto en la aplicación android como en la aplicación web:
 - a. Nombre, ubicación, frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno actual de la persona que mandó la alerta.
 - b. Chat grupal entre usuarios que aceptaron atender la emergencia.
 - c. Nombre de los usuarios que se encuentren atendiendo la emergencia y sus ubicaciones en tiempo real.
 - d. Si la emergencia ya fue atendida e información sobre el estado de la persona al momento de finalizar la emergencia.
5. Almacenamiento en la nube como respaldo para información de usuario y datos medidos.

Sistemas similares que se han desarrollado son.

1. Prototipo De Sistema De Alerta Y Monitoreo De Signos Vitales De Participantes En Carreras Deportivas
2. Sistema Evaluador De Ecg Para La Detección Y Localización De Emergencias Médicas De Manera Remota
3. Ted Care
4. Aed Alert

	1	2	3	4	Solución Propuesta
Monitoreo de frecuencia cardiaca	✓	✓	✓	✗	✓
Monitoreo de saturación de oxígeno en la sangre	✗	✗	✓	✗	✓
Aplicación Móvil	✓	✗	✓	✓	✓
Aplicación Web	✗	✗	✗	✓	✓
Registro de usuarios	✓	✓	✗	✓	✓
Almacenamiento en la nube de la información de usuario	✗	✗	✗	✓	✓
Almacenamiento en la nube de datos medidos	✗	✗	✗	✓	✓
Envío Automático de alertas* a contactos	✓	✓	✓	✗	✓
Envío Automático de alertas* a usuarios cercanos	✗	✗	✗	✗	✓
Envío manual de alertas a contactos	✓	✓	✗	✓	✓
Envío manual de alertas a usuarios cercanos	✗	✗	✗	✓	✓
Visualización en tiempo real de la ubicación del afectado	✓	✓	✗	✓	✓
Visualización en tiempo real de las ubicaciones de los usuarios atendiendo la emergencia	✗	✗	✗	✗	✓
Chat grupal entre usuarios atendiendo una emergencia	✗	✗	✗	✗	✓
Historial de alertas recibidas	✓	✗	✗	✓	✓
Registrar y mostrar gráfica de frecuencia cardiaca	✗	✓	✓	✗	✓

Tabla 1. Resumen de productos similares.

*Cuando se detectan anomalías en la frecuencia cardiaca o niveles bajos de saturación de oxígeno en la sangre.

2. Objetivo

Desarrollar un sistema de envío y seguimiento de alertas que aumente las probabilidades de un pronto auxilio ante una emergencia cardiaca o niveles anormales de oxígeno en la sangre, el cual se encargue de:

- Hacer la detección y el envío constante de la frecuencia cardiaca y nivel de saturación de oxígeno en la sangre a un teléfono móvil android.

- Permitir la edición de información de usuario y envío/recepción de mensajes de alerta a contactos y usuarios cercanos al detectar una anomalía en la frecuencia cardíaca, niveles bajos de saturación de oxígeno en la sangre o petición de envío de alerta manual.
- Guardar y mostrar gráfica de frecuencia cardíaca del usuario.
- Llevar un seguimiento en tiempo real del estado de la emergencia con información acerca de:
 - Nombre, ubicación, frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno actual de la persona que mandó la alerta.
 - Chat grupal entre usuarios que aceptaron atender la emergencia.
 - Nombre de los usuarios que se encuentren atendiendo la emergencia y sus ubicaciones en tiempo real.
 - Si la emergencia ya fue atendida e información sobre el estado de la persona al momento de finalizar la emergencia.
- Almacenar en la nube la información de usuario y los datos medidos.

3. Justificación

Como se mencionó en la introducción, en México las enfermedades relacionadas con problemas del corazón son la principal causa de muerte, siendo el desenlace de estos problemas un infarto o paro cardíaco que lleva a la muerte o daño cerebral. Otra situación en la que las personas no pueden dar aviso de que se encuentran en una emergencia es al perder el conocimiento por falta de oxígeno, ya sea por enfermedades respiratorias o un accidente que provoque asfixia. Cuando estos sucesos ocurren, las acciones que se tomen en los primeros minutos serán las que dicten el desenlace de la situación. Se ha mencionado también la importancia de que un intento de RCP, en ausencia de atención médica, sea llevado a cabo en el menor tiempo posible después del evento para reducir las probabilidades de muerte o daño cerebral, es por esto que se necesita tener una forma de notificar a otras personas cuando alguien sufre un infarto, paro cardíaco o sus niveles de oxígeno se encuentran bajos, para aumentar la probabilidades de que sea atendida prontamente.

Actualmente en la playstore y appstore existen aplicaciones cuyo objetivo también es avisar ante una emergencia cardíaca haciendo uso de envío de alertas a sus usuarios, sin embargo, carecen de un dispositivo de monitoreo de frecuencia cardíaca que permita que estas sean enviadas de manera automática al detectar alguna anomalía, sino que dependen de que otra persona alerte primero a los servicios de emergencia para que después se pueda tomar esa alerta y plasmarla en la aplicación.

Se decidió aparte llevar a cabo el monitoreo de la saturación de oxígeno en la sangre, lo cual pocas aplicaciones que se encuentran en el mercado toman en cuenta. Esto permitirá tener un indicador más de alerta al detectar niveles bajos de oxígeno, sin necesidad de verse reflejado en un cambio considerable en su frecuencia cardíaca.

Si bien, el monitoreo de la frecuencia cardíaca y oxigenación en la sangre se puede llevar a cabo por medio de algunos “smartwatch” o “fitband”, estos dispositivos tienden a ser bastantes costosos o restrictivos en cuanto a su integración con aplicaciones de terceros respectivamente. Por lo cual, se decide diseñar un dispositivo encargado del monitoreo y envío de los valores de la frecuencia y el nivel de oxígeno a un dispositivo android, esto debido a que android cubre el 72.92% mundial del mercado [4]. Aún así, no se descarta la posibilidad de la recepción de las alertas en dispositivos móviles con sistemas operativos diferentes ya que estos podrán recibirlas por medio de SMS y ver el seguimiento de estas por medio de la aplicación web, lo cual ningún sistema lo considera.

Para ampliar los casos en los que el sistema podría ser de ayuda, las alertas también podrán ser enviadas manualmente por el usuario en el momento que este lo crea necesario, a través de un botón físico en el dispositivo de sensado, sin necesidad de que la frecuencia cardíaca o saturación del oxígeno del usuario presente anomalías. Esto no es posible de realizar en aplicaciones comerciales actuales debido a que carecen de un dispositivo de monitoreo propio.

En el contenido de la alerta siempre se encontrará la información clínica relevante para tomar mejores decisiones al auxiliarlo, además de su ubicación en tiempo real, pues es posible que este se encuentre dentro de un vehículo en movimiento.

También se pretende incrementar la probabilidad de ser auxiliado de forma temprana alertando a los usuarios de la aplicación que se encuentren dentro de un rango de distancia del usuario que dispara la alerta. Para brindar

mayor información a las personas que están dando seguimiento a la emergencia, se les proporciona un mapa con la posición geográfica de todos los involucrados y un chat grupal con el que puedan comunicarse entre ellos, esto no está considerado en las aplicaciones existentes y puede ser de gran ayuda para agilizar la respuesta de los usuarios al tener disponible una comunicación directa entre ellos.

El monitoreo constante de la frecuencia cardíaca servirá además para generar una gráfica donde se visualicen las anomalías registradas, sirviendo de apoyo para un diagnóstico médico. De igual manera, se guardarán los niveles de saturación de oxígeno registrados.

Para evitar la pérdida de información al eliminar la aplicación o cambiar de dispositivo móvil, se guardará un respaldo de la información del usuario y sus datos medidos en la nube.

4. Productos o Resultados esperados

En el diagrama 1 podemos visualizar el diagrama de arquitectura para el sistema.

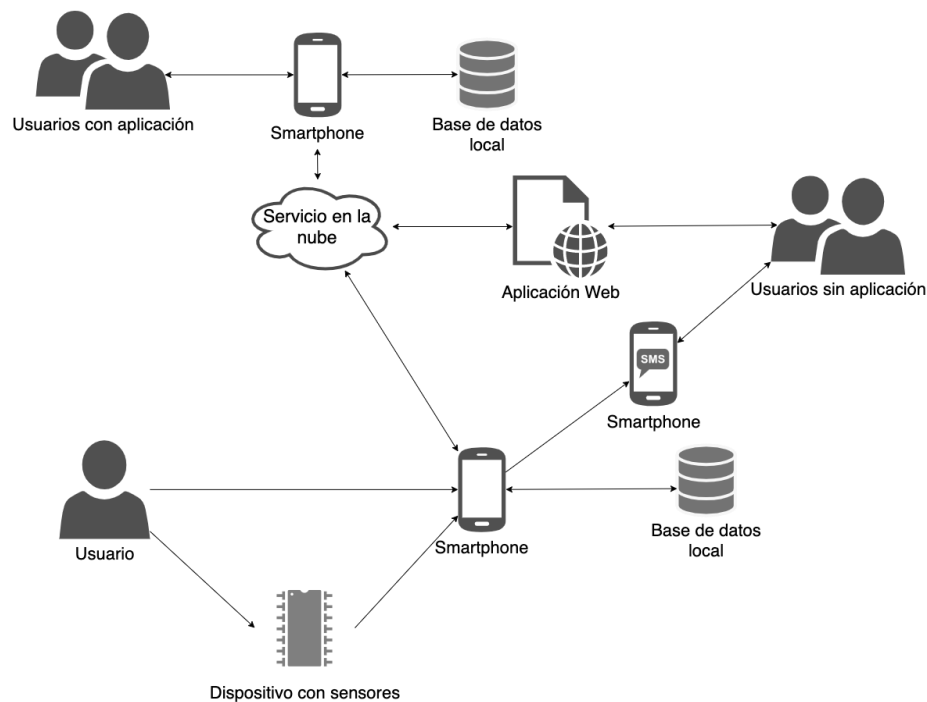


Diagrama 1. Arquitectura del sistema.

Los productos esperados para este trabajo terminal son:

1. Aplicación móvil para Android con las funcionalidades mencionadas en la introducción.
2. Aplicación web para el seguimiento de la emergencia.
3. Prototipo de dispositivo detector de frecuencia cardíaca y nivel de saturación de oxígeno en la sangre que transmite los datos a la aplicación móvil.
4. Código.
5. Documentación técnica del sistema.
6. Manual de usuario.

5. Metodología

Se ha tomado la decisión de llevar a cabo la implementación de la metodología basada en ensamblaje por componentes, ya que esta se encuentra basada en la integración de componentes elaborados por desarrolladores externos o el propio desarrollador del sistema, construyendo la solución final a partir de estos componentes.

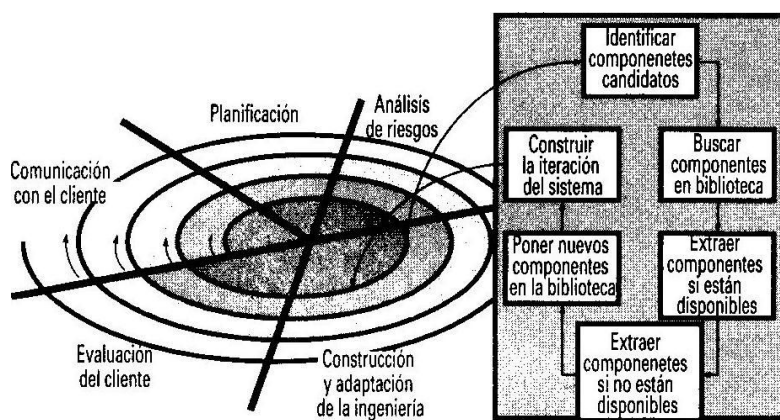


Diagrama 2: Metodología de ensamblaje por componentes [5]

La planificación en esta metodología considera la integración de componentes que pueden ser externos y que son diseñados teniendo independencia respecto a las aplicaciones en las que van a ser utilizados. Gracias a lo anterior se puede lograr reducir la etapa de construcción al momento de que los componentes externos se vayan integrando.

Para este proyecto se destinará 40% del tiempo a planificación e investigación, 40% del tiempo a la codificación y un 20% a las pruebas.

6. Cronograma

Nombre del alumno: Barriga Vargas Martín Eduardo

TT No.:

Título del TT: Prototipo de sistema de envío y seguimiento de alertas ante la detección de anomalías en la frecuencia cardíaca o saturación de oxígeno en la sangre.

Etapas	Actividades	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Comunicación con el cliente	Análisis de requerimientos funcionales										
	Recopilación de fundamentos médicos										
	Estudio de mercado										
Planificación	Diseño de circuito										
	Diseño de interfaz de usuario										
	Diseño de la página web										
	Diseño de la base de datos en la nube										
	Investigación de frameworks										
Análisis de riesgos	Elaboración de tabla de riesgos										
Evaluación de TT1											
Construcción y adaptación de la ingeniería	Programación del microcontrolador										
	Envío de medición de frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno en la sangre										
	Sincronización con la base de datos en la nube										
	Interfaz para visualización de gráfica de frecuencia cardíaca										
	Implementación de interfaces para administración de datos										
	Código de detección de distancia entre usuarios										
	Integración del mapa (web)										
Evaluación del cliente	Reporte técnico										
	Manual de usuario										
Presentar los resultados en el congreso											
Evaluación de TT2											

Nombre del alumno: Ramirez Vives Jose Manuel

TT No.:

Título del TT: Prototipo de sistema de envío y seguimiento de alertas ante la detección de anomalías en la frecuencia cardiaca o saturación de oxígeno en la sangre.

Etapas	Actividades	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Comunicación con el cliente	Análisis de requerimientos funcionales										
	Recopilación de fundamentos médicos										
	Análisis de factibilidad										
Planificación	Diseño de circuito										
	Diseño de la base de datos local										
	Diseño de la página web										
	Investigación de componentes										
Análisis de riesgos	Elaboración de tabla de riesgos										
Evaluación de TT1											
Construcción y adaptación de la ingeniería	Programación del microcontrolador										
	Creación de base de datos en la nube										
	Desarrollo del chat grupal										
	Función de envío de alertas										
	Implementación de base de datos local										
	Función para detección de anomalías										
	Función para gestionar la base de datos en la nube										
Evaluación del cliente	Reporte técnico										
	Manual de usuario										
	Facilidad del usuario para entender la interfaz										
Presentar los resultados en el congreso											
Evaluación de TT2											

Nombre del alumno: Salinas Nuñez Jaime Alejandro

TT No.:

Título del TT: Prototipo de sistema de envío y seguimiento de alertas ante la detección de anomalías en la frecuencia cardiaca o saturación de oxígeno en la sangre.

Etapas	Actividades	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Comunicación con el cliente	Recopilación de fundamentos médicos										
	Análisis de factibilidad										
	Estudio de mercado										
Planificación	Diseño de interfaz de usuario										
	Diseño de la base de datos local										
	Diseño de la base de datos en la nube										
	Investigación de APIs										
	Elección de modelo de desarrollo web										
Análisis de riesgos	Elaboración de tabla de riesgos										
Evaluación de TT1											
Construcción y adaptación de la ingeniería	Creación base de datos local										
	Ensamblado del circuito										
	Integración del mapa										
	Implementación de interfaces para administración de datos										
	Función para gestionar la base de datos en la nube										
Evaluación del cliente	Desarrollo del chat grupal (web)										
	Reporte técnico										
	Manual de usuario										
	Efectividad de envío de alertas y seguimiento de ellas										
Presentar los resultados en el congreso											
Evaluación de TT2											

7. Referencias

- [1] Sistema de Información de la Secretaría de Salud. “Principales causas de defunción por año”. [Último acceso: Noviembre 2020] Disponible en: <http://sinaiscap.salud.gob.mx:8080/DGIS/>
- [2] Reanimación cardiopulmonar en adultos. Guía de Evidencias y Recomendaciones: Guía de Práctica Clínica. México, CENETEC; 2017. [Último acceso: Noviembre 2020] Disponible en: <http://www.imss.gob.mx/profesionales-salud/gpch><http://www.cenetec.salud.gob.mx/contenidos/gpc/catalogo/MaestroGPC.html>
- [3] National Library of Medicine. “Cerebral Hypoxia”. 2018. [Último acceso: Noviembre 2020] Disponible en: <https://medlineplus.gov/ency/article/001435.htm>
- [4] Statcounter “Mobile Operating System Market Share Worldwide”. [Último acceso: Noviembre 2020] Disponible en: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide>
- [5] Diagrama “Metodología de ensamblaje por componentes”. [Último acceso: Noviembre 2020] Disponible en: <https://matriarm.files.wordpress.com/2009/12/untitled2.jpg>

8. Alumnos y Directores

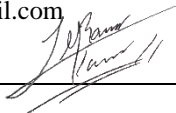
Martin Eduardo Barriga Vargas.- Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Boleta:2017630121, Tel.5562008651, email: martin.barriga.vargas@gmail.com

Firma: _____



Jose Manuel Ramirez Vives.- Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Boleta:2017631301, Tel.7531012041, email: jmr_v_1098@hotmail.com

Firma: _____



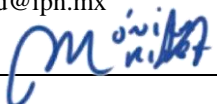
Jaime Alejandro Salinas Núñez.- Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Boleta:2017631441, Tel.7535347392, email: jaime.skmipn@gmail.com

Firma: _____



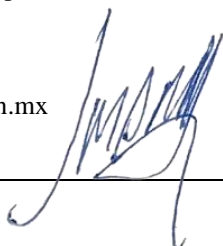
M. en C. Mónica Rivera de la Rosa.- Profesora Titular C en el Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales de la Escuela Superior de Cómputo.
Tel. 5729600
ext.52039
correo: mriverad@ipn.mx

Firma: _____



Dr. José Marco Antonio Rueda Meléndez.- Profesor Titular C en el Departamento de Ciencias e Ingeniería en Computación de la Escuela Superior de Cómputo.
Tel. 5729600
ext.52039
correo: jrueda@ipn.mx

Firma: _____



CARÁCTER: Confidencial
FUNDAMENTO LEGAL: Artículo 11 Fracc. V y Artículos 108, 113 y 117 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.
PARTES CONFIDENCIALES: Número de boleta y teléfono.