



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO**

SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
Departamento de Formación Integral e Institucional
Comisión Académica de Trabajos Terminales



CDMX, a 24 de agosto de 2021.
DFII/CATT/DICT/2021

C. Garcia Vega Javier David
C. Martinez Mauricio Flor Areli

P R E S E N T E S

Con base en los lineamientos establecidos en el Documento Rector de Trabajos Terminales, se comunica que la propuesta de Trabajo Terminal: ***"Sistema embebido para la geolocalización infantil usando IOT"***, con número de registro **2021-A069**, ha sido dictaminada **APROBADO**, para realizarse en el ciclo escolar **2022-1 / 2022-2**, en caso de existir observaciones al protocolo, favor de atenderlas y entrar en contacto con el docente que las ha emitido. Para consultar las evaluaciones de su protocolo podrá realizarlo el siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/1BFvA7wsKGuxnV2AswD4qwzfgNsXTp_7e?usp=sharing .

Por último, se le(s) informa que los profesores sinodales en este protocolo son:

Jaime Hugo Puebla Lomas

Víctor Hugo García Ortega

César Mújica Ascencio

Sin otro particular, se envía un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO
COMISIÓN ACADÉMICA DE TRABAJOS TERMINALES
C. A. T. T.

M. EN E. ELIA TZINDEJÉ RAMÍREZ MARTÍNEZ
Secretaria Ejecutiva de la Comisión Académica
de Trabajos Terminales

c.c.p. Cortez Duarte Nidia Asunción.- Director(a) del Trabajo Terminal.
Ortega Gonzalez Rubén. - Director(a) del Trabajo Terminal.

Sistema embebido para la geolocalización infantil usando IOT

Trabajo Terminal No. 2021-A069

Alumnos: *García Vega Javier David, Martínez Mauricio Flor Areli

Directores: Cortez Duarte Nidia Asunción, Ortega González Rubén

*e-mail: geoinfantil@outlook.com

Resumen– En México desaparecen en promedio 7 menores diario, es por ello que deseamos contribuir en la prevención de estos siniestros en la Ciudad de México. En este proyecto se propone utilizar diversos conocimientos adquiridos para la creación de un sistema embebido que permita la geolocalización infantil a través de IoT (Internet of Things). El prototipo obtendrá la ubicación del infante usando un módulo GPS, la cuál será enviada a una aplicación móvil mediante el sistema de comunicaciones móviles. Con este sistema no se pretende dar solución al problema de la desaparición de menores, sino apoyar a la localización del infante.

Palabras clave – Sistemas distribuidos, IoT, geolocalización, microcontroladores.

1. Introducción

De acuerdo con el Índice Global de Paz (IGP) 2020 desarrollado por el Instituto para la Economía y la Paz, México está en el lugar 137 de los 163 países contabilizados, esto nos ubica como el país número 27 con menor paz a nivel global. Además, somos el país menos pacífico de América central y el Caribe [1]. El Instituto para la Economía y la Paz (IEP) hace una medición integral de los niveles de paz y sus impactos económicos en México en el informe “Índice de Paz, México 2020”, donde se resalta que los homicidios se han multiplicado drásticamente en los últimos 5 años, aun así, de los 33 países que conforman la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) México es el país que menos invierte en seguridad interna y sistema judicial, esto nos deja con un promedio de 3.6 jueces y magistrados por cada 100,000 habitantes, lo cual, eleva las tasas de impunidad debido al poco número de casos que se pueden procesar [2].

Por cuarto año consecutivo el nivel de paz en México disminuyó en 2019; la principal preocupación de los mexicanos es la inseguridad que se vive día a día, en cualquier nivel socioeconómico, edad, sexo o ideología. De los 32 estados de la República Mexicana, la CDMX se encuentra en el lugar 23 menos pacífico; otro dato relevante es que la cuarta causa de muerte más frecuente en niños de 5 a 15 años es el homicidio [2].

De acuerdo con los Datos Abiertos de la Ciudad de México la sustracción de menores se ha incrementado en los últimos años yendo de 963 denuncias en el 2017 a 1129 en el 2018 [3]. En informes más recientes, del 1 de enero al 21 de julio de 2020 se reportaron 1970 niñas, niños y adolescentes desaparecidos en México, es decir, desaparecen 7 menores al día en promedio; las cinco entidades federativas con mayor número de casos presentados son: [4]

- EdoMex - 571
- Jalisco - 311
- CDMX - 308
- Morelos - 110
- Durango – 65

Hasta el 13 de noviembre de 2020 hubo 2,955 reportes en la Ciudad de México donde hasta la fecha citada uno de cada cinco personas reportadas continuaba desaparecidas. “Uno de cada seis casos reportados en Ciudad de México es registrados en Gustavo A. Madero (98 en total). El 13.2% ha sido registrado en Iztapalapa (77 casos). Y el 11.5% ha sido reportado en Cuauhtémoc (67 casos en total).” afirma la REDIM en su boletín titulado “Reclutamiento, desaparición y homicidio de adolescentes incrementará ante la negativa de desarrollar una estrategia nacional de prevención de la violencia armada contra la infancia” [5]. Creemos fielmente que ya habría indicios de la ubicación de muchas de estas desapariciones si se contara con un dispositivo de geolocalización que no sea el teléfono celular, es por eso que presentamos esta propuesta de trabajo terminal, el prototipo de un dispositivo que permita la geolocalización de un infante sin la necesidad de utilizar baterías, para lo que se utilizará la cosecha de energía, garantizando el funcionamiento continuo de este dispositivo, además se conectará a través de un servidor a una aplicación móvil donde se tendrá una interfaz sencilla y amigable.

Estado del arte

En el año 2017, en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en Colombia, se realizó un artículo llamado “Geolocalización para pacientes con alzhéimer: una propuesta”, el cual consta de la utilización de un sistema GPS vía WIFI con la plataforma LinkIt ONE, el cual está enfocado en la localización de personas que padecen alzhéimer, los cuales tienen una alta

probabilidad de extraviarse. En este artículo se utiliza LinkIt ONE ya que no necesita de otro dispositivo externo para realizar localización GPS [6].

Por otro lado, en 2019 en el artículo “Sistema de geolocalización de vehículos a través de la red GSM/GPRS y tecnología Arduino” se diseñó “un prototipo para el envío de coordenadas usando tecnología GPRS y un servidor web para la recepción y almacenamiento de la información recibida desde un GPS. Se utilizó el sistema embebido Raspberry Pi 3, configurado como servidor web HTTP bajo Apache 2.4, integrando PHP y MySQL” [7].

La tecnología de geolocalización se puede enfocar en los transportes públicos como podemos ver en el artículo “Sistema inteligente para el monitoreo automatizado del transporte público en tiempo real”, el cual es una propuesta funcional para el transporte público, en la cual con ayuda de una Raspberry pi y un módulo GPS NEO-6M Ublox se busca una conexión con una aplicación para Android, para conocer los tiempos de llegada de los transportes [8].

Asimismo, en 2016 en la India, un artículo llamado “GPS Based Bus Tracking System” se enfoca igualmente en el transporte público, monitorizando la ubicación en tiempo real con un dispositivo integrado GPS en los autobuses y enviando las coordenadas por el servicio de GPRS, se puede visualizar la información en las luces LED en las estaciones o por aplicación web, SMS o aplicación Android [9].

Dándole otro enfoque en el año 2015, en el artículo “Sistema de monitoreo para pacientes de alto riesgo integrando módulos GPS, GSM/GPRS y Zigbee”, se centra en los pacientes con alto riesgo, a los cuales se monitorea su ubicación con un GPS XM0110 y transmitirla por medio de un modem AirPrime SL6087 a un software diseñado en LabView™ [10].

Software	Procesador	Comunicación	GPS	Recepción de la información
Geolocalización para pacientes con Alzheimer: una propuesta. [6]	LinkIt One	WiFi / GSM	Módulo GPS incluido en kit LinkIt One	Ubidots y Google maps
Sistema de geolocalización de vehículos a través de la red GSM/GPRS y tecnología Arduino [7]	Arduino UNO	GPRS SIM900	GPS L80	Alojamiento de base de datos Raspberry Pi 3, Servidor Web Apache 2.4
Sistema Inteligente para el monitoreo automatizado del transporte público en tiempo real [8]	RASBERRY PI	GSM/GPRS	GPS UBLOX modelo NEO6M	Uso de base Postgre SQL, aplicación web desarrollada en PHP
GPS Based Bus Tracking System [9]	Transmisión mechanism (no specified)	GSM/GPRS, email	GPS (no especificado)	Unidad de control central (administrador), aplicación del cliente
Sistema de monitoreo para pacientes de alto riesgo integrando módulos GPS, GSM/GPRS y ZigBee [10]	MC68HC908AP16	GSM/GPRS, AIRPRIME SL6087, ZigBee (Inalámbricamente)	GPS XM0110	Software diseñado en LabView
Sistema embebido para la geolocalización infantil usando IOT (Propuesta)	DSPIC30F3013	GSM/GPRS	GPS Neo 6Mv2	Aplicación móvil para dispositivos Android

Tabla 1. Resumen de productos similares

2. Objetivo

Objetivo general

Implementar un prototipo de sistema embebido para determinar la ubicación de un niño extraviado en espacios abiertos mediante una aplicación móvil y el concepto de Internet de las Cosas.

Objetivos específicos

- Implementar un sistema embebido que estará conformado de una unidad de procesamiento, modulo IoT y GPS, que permitirá obtener la ubicación del infante y el envío usando tecnología de comunicaciones móviles 4G.
- Configurar un módulo IoT haciendo uso de la red móvil de comunicación para lograr la conectividad entre el sistema embebido y la aplicación móvil, la cual es esencial para el envío y recepción de la localización del infante.
- Implementar una aplicación móvil para dispositivos Android que permita la visualización de la ubicación del infante.

3. Justificación

Actualmente México presenta una gran inseguridad para las familias, donde se extravían y reportan aproximadamente 7 niños al día. Dos de los tres estados con más casos reportados son el Estado de México con 571 casos y la Ciudad de México con 308, por lo cual nuestra propuesta está destinada para los niños de la Ciudad de México, con el propósito de hacer que estos números se vean reducidos y así ayudar a las familias a encontrarse juntos nuevamente.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) funciona mediante tres segmentos, el segmento espacial, compuesto por los 31 satélites en órbita alrededor de la tierra; el segmento de control, que se compone de estaciones terrestres de seguimiento y control las cuales recogen los datos de los satélites y aplicar correcciones de posición orbital y temporal; y el segmento del usuario, es decir, receptores GPS en dispositivos de los usuarios [11].

Los receptores GPS requieren tener cobertura de al menos a cuatro satélites en órbita para poder calcular de manera correcta la posición, que se compone de latitud, longitud y altitud; y la hora local precisa (UTC), tres de los satélites calculan latitud y longitud, mientras que el cuarto determina la altitud [12]. Sin embargo, este tipo de sistemas dan lugar a fuentes de error al no tener cobertura con uno o más satélites de los requeridos, siendo las principales fuentes de error como, por ejemplo: edificios, instalaciones de alta tensión y lugares con abundantes árboles. Con base en la información mencionada anteriormente, se especifica que nuestro sistema de geolocalización funcionará únicamente en espacios abiertos, además de que se requiere que el GPS cuente con cobertura a los satélites, para lo cual se hace uso de la tecnología de comunicación móvil 4G.

En este sistema se propone que el envío de las coordenadas de ubicación se haga de manera periódica en intervalos de tiempo que serán determinados en la etapa de análisis del sistema. Esto nos permitirá tener un historial de ubicaciones del infante, este historial será visualizado a través de la aplicación móvil.

4. Productos o Resultados esperados

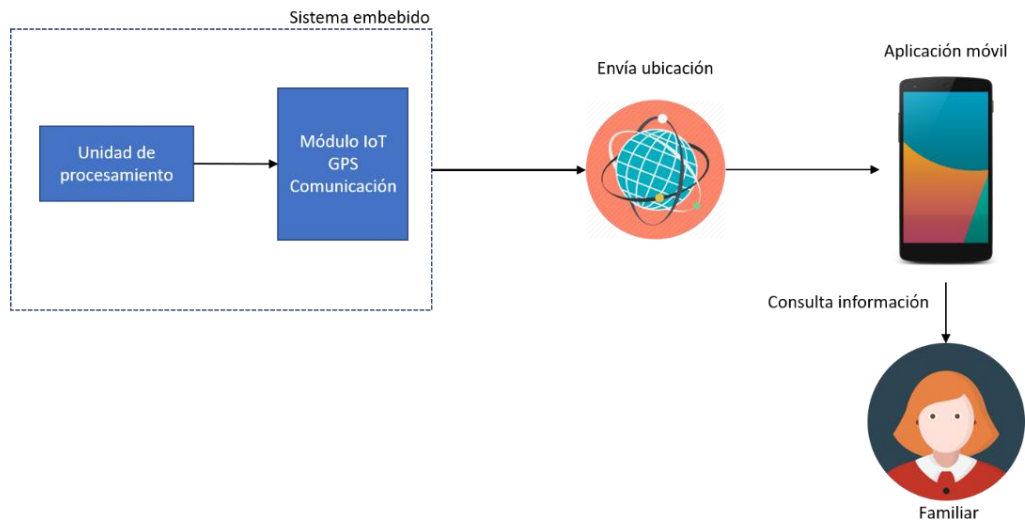


Ilustración 1. Diseño del sistema

1. Sistema embebido. Se compone por dos unidades:
 - a. La primera unidad es la del procesamiento, la cual se encargará de implementar la aplicación de geolocalización.
 - b. La segunda unidad es el módulo IoT que contiene los módulos GPS y de comunicación, los cuales son los encargados de enviar mediante internet la geolocalización del dispositivo y transmitirla a una aplicación móvil. El sistema va a funcionar siempre y cuando el módulo GPS consiga “información de al menos 4 satélites ya que cada uno proporciona una ecuación al sistema” [13], es decir, funcionará únicamente en **espacios abiertos**.
 2. Aplicación móvil. La aplicación sirve para consultar la última ubicación del dispositivo.
- Complemento. Estos son algunos de los siguientes productos o resultados que se busca entregar.
- a. Manual técnico y de usuario
 - b. Reporte técnico
 - c. Código de la aplicación móvil
 - d. Prototipo funcional.

5. Metodología

Para la implementación de este prototipo se tomó en cuenta una adaptación del modelo en V para el desarrollo de sistemas embebidos, la cual consta de 7 etapas, en las cuales se parte de un análisis y diseño, siguiendo una implementación y por último una depuración e integración final. Las etapas que tiene este modelo se muestran en la siguiente figura.

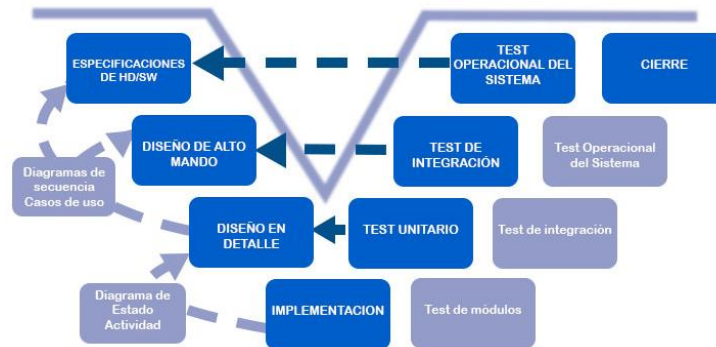


Ilustración 2. Modelo en V

Partiendo de la especificación de requisitos, se pretende definir y documentar los diferentes requerimientos del sistema a implementar siguiendo un diseño global el cual tiene como objetivo obtener una visión general del sistema. El diseño en detalle consiste en detallar cada bloque de la fase anterior, aquí se pretende especificar el diseño del sistema embebido, el receptor y la aplicación móvil, seguida de la implementación de cada uno de estos. El test unitario verifica cada módulo de HW y SW de manera individual, en donde se depurará cada uno de los módulos hasta obtener el resultado deseado. La fase de integración acopla los diferentes módulos del sistema siguiendo el test operacional, en donde se realizan las últimas pruebas sobre un escenario real [14].

6. Cronograma

Actividades para Javier David García Vega:

- Diseño de sistema embebido
- Configuración de Módulo de comunicaciones
- Configuración de GPS

Actividades para Flor Areli Martínez Mauricio:

- Desarrollo de Aplicación Móvil
- Desarrollo de middleware para comunicación con dispositivo físico

Cronograma para Javier David García Vega

Etapa	Actividad	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Especificaciones de requerimientos	Planeación											
	Diseño de diagrama de flujo											
	Diseño de diagrama de bloques											
Diseño Funcional	Diseño de arquitectura de sistema embebido											
Diseño técnico	Diseño de unidad de procesamiento											
	Diseño de módulo IoT											
Evaluación TTI												
Implementación	Implementación de unidad de procesamiento											
	Implementación de módulo de comunicaciones											
	Configuración de GPS											
Pruebas de integración	Prueba de unidad de procesamiento											
	Prueba de módulo de comunicaciones											
	Prueba de GPS											
Pruebas del sistema	Integración de sistema embebido											
	Prueba a sistema embebido											
Pruebas de aceptación	Acoplamiento con aplicación móvil											
	Prueba en escenario real											
	Generación del reporte técnico											
Evaluación TTII												

Cronograma para Flor Areli Martínez Mauricio

Etapa	Actividad	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Especificaciones de requerimientos	Planeación											
	Marco Teórico											
	Análisis de requerimientos											
	Diseño de diagramas de casos de uso											
	Diseño de diagramas de secuencia											
Diseño Funcional	Diseño de diagramas de clases											
	Diseño de arquitectura de aplicación móvil											
Diseño técnico	Diseño de wireframes											
	Diseño de mockups											
	Diseño de middleware											
Evaluación TTI												
Implementación	Implementación de aplicación móvil											
	Implementación de middleware											
Pruebas de integración	Prueba de aplicación móvil por módulos											
	Prueba de comunicación											
Pruebas del sistema	Prueba de aplicación móvil											
Pruebas de aceptación	Acoplamiento con Sistema embebido											
	Prueba en escenario real											
	Generación de manual de usuario											
	Generación del reporte técnico											
Evaluación TTII												

7. Referencias

- [1] Institute for Economics & Peace. Global Peace Index 2020: Measuring Peace in a Complex World, Sydney, June 2020. Available from: <https://www.economicsandpeace.org/reports/> (accessed: March 2021).
- [2] Institute for Economics & Peace. Mexico Peace Index 2020: Identifying and Measuring the Factors that Drive Peace, Sydney, April 2020. Available from: <http://visionofhumanity.org/reports> (accessed Date Month Year).
- [3] U. García Soto, “INICIATIVA CON PROYECTO DE DECRETO POR EL QUE SE DECLARA EL DÍA 29 DE ABRIL DE CADA AÑO COMO ‘DÍA NACIONAL CONTRA LA SUSTRACCIÓN DE MENORES Y LA ALIENACIÓN PARENTAL,’” <https://www.senado.gob.mx/>, Jul-2019. [Online]. Available: https://www.senado.gob.mx/64/gaceta_comision_permanente/documento/97575. [Accessed: Mar-2021].
- [4] Pérez 23 de julio de 2020, M., 2020. De enero a julio de 2020 se ha reportado la desaparición de 1,970 menores de edad: Redim. [online] El Economista. Disponible en: <<https://www.eleconomista.com.mx/politica/De-enero-a-julio-de-2020-se-ha-reportado-la-desaparicion-de-1970-menores-de-edad-Redim-20200723-0065.html>> [Consultado 17 March 2021].
- [5] J. M. Perez García, “REDIM - Boletín - Reclutamiento, desaparición y homicidio de adolescentes incrementará ante la negativa de desarrollar una estrategia Nacional de prevención de la violencia armada contra la infancia: REDIM,” Red por los Derechos de la Infancia en México, Nov-2020. [Online]. Available: https://m.facebook.com/story.php?story_fbid=10157277675097610&id=104010212609. [Accessed: Jun-2021].

Estado del arte

- [6]. J. D. Nieto Duran et al, "Geolocalización para pacientes con alzhéimer: una propuesta," Visión Electrónica, vol. 11, (1), pp. 40-44, 2017
- [7]. J. A Castro Correa, “Sistema de geolocalización de vehículos a través de la red GSM/GPRS y tecnología Arduino”, Revista EIA, vol.16, N°31, pp. 145 – 157, junio 2019.
- [8]. Y. Quiñones, C. Lizarraga, J. Peraza, O. Zatarain, “Sistema inteligente para el monitoreo automatizado del transporte público en tiempo real”, RISTI, N°31, marzo 2019.
- [9]. L. Singla, Dr. P. Bhatia, “GPS Based Bus Tracking System” in International Conference on Computer, Communication and Control, India, Septiembre 2015, pp. 1 - 9.
- [10]. O. S. Morales Valenzuela, J. R. Camargo López, y E. E. Gaona García, “Sistema de monitoreo para pacientes de alto riesgo integrando módulos GPS, GSM/GPRS y Zigbee”, Tecnura, vol. 19, pp. 98–111, Mayo 2016.

Justificación

- [11] Gps.gov. 2021. The Global Positioning System. [online] Available at: <https://www.gps.gov/systems/gps/> [Accessed: August 2021].
- [12] Interface Control Working Group. (2021). NAVSTAR GPS Space Segment/Navigation User Interfaces (IS-GPS-200). Available at: <https://www.gps.gov/technical/icwg/IS-GPS-200M.pdf>

Productos o Resultados esperados

- [13] F. Valencia Ospina, “GPS, Que es? funcionamiento y uso”, international oceanographic data and information Exchange, Colombia, Julio, 2019

Metodología

- [14]. PEREZ, A; et al. “Una metodología para el desarrollo de hardware y software embebidos en sistemas críticos de seguridad”. Systemics, Cybernetics and Informatics Journal, vol 3, Num. 2, 2006, pp. 70 – 75.

8. Alumnos y directores

García Vega Javier David. - Alumno de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en la Escuela Superior de Cómputo, sin especialidad, Boleta: 2016630142, Tel. 5549689756, email: jgarciaav1509@alumno.ipn.mx

Firma: _____

Martínez Mauricio Flor Areli. - Alumno de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en la Escuela Superior de Cómputo, sin especialidad, Boleta: 2016630238, Tel. 5560274003, email: fmartinezm1502@alumno.ipn.mx

Firma: _____

Cortez Duarte Nidia Asunción. - Maestra en Ciencias en Computación CINVESTAV-IPN 2009, Ing. en Sistemas Computacionales ESCOM-IPN 2006, Profesora en ESCOM Depto. de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Áreas de interés: criptografía, seguridad de información, hardware reconfigurable, aritmética computacional, diseño digital. Teléfono: 57-29-6000. ext. 52032. email: ncortezd@ipn.mx

Firma: _____

Ortega González Rubén. - Recibí el grado de licenciatura en ingeniería eléctrica por el Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México, 1999, el grado de M.Sc. en ingeniería de sistemas en el Instituto Politécnico Nacional, México, el de M.Sc. en ingeniería eléctrica, electrónica de computadores y sistemas de la Universidad de Oviedo, Oviedo, España, en 2009. El grado de Ph.D con mención honorífica en ingeniería electrónica por la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, en 2012. He sido profesor en la Escuela Superior de Computo, Instituto Politécnico Nacional desde 1995. Mis principales campos de investigación son en el modelado y control de convertidores de potencia aplicados en la generación de energía en el ámbito de las microrredes, smart grids y energías renovables, así como procesamiento digital de señales. e-mail: rortegag@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.