



Anexo 1. Formato de protocolo de investigación

1. Datos generales de la propuesta

- **Nombre de la persona proponente:** Daniel Alejandro Cervantes Cabrera
- **Título de la propuesta:** Sistema Inteligente de Generación de Mensajes de Alerta de Internet de las Cosas (SiGMA-IoT).
- **Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC) de INFOTEC en la que incide la propuesta:** Inteligencia computacional en la Ciencia de Datos e IoT.
- **Periodo de ejecución:** Del 01/06/2022 al 30/06/2023

2. Descripción de la propuesta:

- **Resumen** (ejecutivo): Esta propuesta tiene el objetivo de realizar investigación aplicada en el área de Aprendizaje de Máquina e Internet de las Cosas, para la generación de un desarrollo tecnológico denominado Sistema de Generación de Mensajes Alerta de Internet de las Cosas (SiGMA-IoT) que contribuya en la prevención de posibles eventualidades en los Centros de Datos del Centro de Investigación e Innovación en TICs INFOTEC sedes CDMX y Aguascalientes. Realizando un sensado de información crítica de temperatura y humedad, de los servidores ubicados en los racks del centro y un monitoreo automático que permita la detección y generación de mensajes de alerta en la presencia de información atípica, i.e. fuera de los rangos, por ejemplo valores de temperatura con tendencia o que rebasen los umbrales normales establecidos. Lo anterior, se abordarán a través de algoritmos de Aprendizaje de Máquina para identificación de anomalías en series de tiempo de los valores reportados, lo cual además, permitirá dar seguimiento del buen estado de los dispositivos electrónicos y la identificación oportuna de aquellos que requieran reparación y/o reemplazo, contribuyendo así al buen funcionamiento del sistema general. Se plantea SiGMA-IoT como un caso de uso, que contribuya a establecer un nuevo modelo de desarrollo de proyectos de IoT para INFOTEC que permitan el monitoreo y





Dirección Adjunta de Innovación y Conocimiento
Gerencia de Innovación
Subgerencia de Innovación Gubernamental

control remoto automático, en diferentes escenarios e instituciones que cuenten con equipo crítico, como por ejemplo en CFE, etc.

- **Antecedentes:** El Aprendizaje de Máquina es una área de la Inteligencia Artificial que en los últimos años ha atraído la atención por su amplio rango de aplicaciones en múltiples área del conocimiento, en particular, gracias al avance de la tecnología de microcontroladores, los sistemas embebidos de IoT, están evolucionando de ser sólo sistemas de monitoreo y control remoto, a sistemas que además puedan tomar decisiones automáticas “inteligentes” y en tiempo real en función de la información recibida a través de sus sensores. El INFOTEC, ha sido pionero en el desarrollo de tecnologías de IoT en México con desarrollos como *Cloudino*, y actualmente realiza investigación y desarrollo proyectos que permitan incorporar metodologías de IA para sistemas de IoT.
- **Justificación:** Desarrollo de investigación en el área de Aprendizaje de Máquina e IoT para su aplicación en la solución de problemas de monitoreo y generación de alertas “inteligentes” para el resguardo de instalaciones críticas del INFOTEC y otros centros tecnológicos con equipo e instalaciones que así lo requieran.
- **Objetivo general:** Investigación para desarrollo tecnológico de sistemas de IoT dotados de algoritmos de Inteligencia Artificial que permitan monitoreo y control remoto automático “inteligente”, para su aplicación en diferentes escenarios.
- **Objetivos específicos:**
 - Implantación electrónica del sistema SiGMA-IoT.
 - Módulos “esclavo” de censado y envío de información a módulo maestro.
 - Módulo “maestro” de recepción de información de módulos “esclavo”, envío de ésta a servidor de monitoreo y generación de mensajes de alerta de texto SMS en caso de detección de temperaturas superiores del umbral establecido.



Dirección Adjunta de Innovación y Conocimiento
Gerencia de Innovación
Subgerencia de Innovación Gubernamental

- o Implantación computacional del sistema SiGMA-IoT.
 - Implementación de *Dashboard* de monitoreo para seguimiento de series de tiempo de valores de temperatura y niveles de humedad, utilizando la biblioteca Dash Plotly.
 - Implementación de algoritmos de aprendizaje no supervisado para la detección de anomalías en series de tiempo de valores de temperatura y humedad.
 - Implementación de métodos de generación y envío de mensajes de alerta, por medio de correos electrónicos, Whatsapp, Telegram etc..
 - o Instalación de sistema electrónico y software en centros de datos de las sedes CDMX y Aguascalientes del INFOTEC.
 - o Generación de reportes técnicos y manuales de usuario.
- **Metas:**
 - a. Uso de SiGMA-IoT tanto en los centros de datos de INFOTEC como en otras instituciones con equipos tecnológicos críticos similares.
 - b. Establecimiento de metodología robusta para el desarrollo de aplicaciones de IoT con elementos de IA.

- **Metodología:**

Como se ha mencionado anteriormente, uno de los principales objetivos de SiGMA-IoT, consiste en la detección automática de anomalías de componentes de censado que permita identificar valores atípicos de rangos normales conocidos. Para lo anterior se utilizan estrategias de detección de anomalías en series de tiempo de los valores obtenidos, a través de métodos de aprendizaje no supervisado como son los de Aislamiento[2,3], de Vecindad[4,5], o los basados en Dominio[6,7]. Para la implementación electrónica se utilizan diferentes componentes de *hardware* libre, en donde los principales son el microcontrolador denominado NodeMCU [8], el sensor BME280 [9] y el módulo GMS SIM800L [10], todos de precio accesible y de fácil acceso.





Dirección Adjunta de Innovación y Conocimiento
Gerencia de Innovación
Subgerencia de Innovación Gubernamental

- **Beneficios esperados:**

- a. Contribuir en el mejoramiento del monitoreo y buen estado de los equipos críticos y de alto impacto para el funcionamiento de centros de datos y de las instituciones usuarias.
- b. Establecimiento de una metodología para el desarrollo de aplicaciones de IoT con elementos de Inteligencia Artificial para su uso y aplicación en múltiples escenarios.

- **Resultados esperados:**

- a. Uso de SiGMA-IoT tanto en los centros de datos de INFOTEC como en otras instituciones con equipos tecnológicos críticos similares.
- b. Aceptación como producto válido de Desarrollo Tecnológico ante la Comisión Transversal de Tecnología SNI-Conacyt.
- c. Registro SiGMA-IoT ante INDAUTOR e IMPI.

3. Plan de actividades

- **Descripción de las actividades**

Etapa núm.:		
#	Actividad	Descripción de la actividad
1	Análisis y Diseño	Análisis de necesidad específica de la solicitud de desarrollo de sistema de monitoreo y generación de mensajes de alerta para los centros de datos de INFOTEC. Diseño computacional a nivel de arquitectura y diagramas UML del sistema.
2	Prospección de Metodologías de Detección de Anomalías	Revisión del estado del arte de metodologías para la detección de anomalías de Aprendizaje de Máquina en sistemas de IoT.
3	Implantación Física (<i>hardware</i>)	Implantación física de módulos “maestro” y “esclavo” de <i>hardware</i> para el censado, generación de alertas GSM y comunicación con servidor de monitoreo.





**Dirección Adjunta de Innovación y Conocimiento
Gerencia de Innovación
Subgerencia de Innovación Gubernamental**

4	Implantación Computacional (<i>software</i>)	Implantación computacional, de <i>firmware</i> para módulos “maestro” y “esclavo”.
5	Desarrollo de Dashboard de Monitoreo y Control.	Implantación computacional de Dashboard de monitoreo, control del sistema y envío de alertas a través de internet (correo electrónico, whatsapp, Telegram etc.).
6	Armado e instalación del sistema en Centros de Datos CDMX y Aguascalientes.	Armado de los módulos físicos, instalación de <i>firmware</i> y montaje en los <i>racks</i> de los Centros de Datos.

• **Descripción de las metas**

Etapa núm.:		
#	Actividad	Meta
1	Análisis y Diseño	Generación de arquitectura y diagramas básicos UML del sistema.
2	Prospección de Metodologías de Detección de Anomalías	Implantación de los algoritmos del estado del arte, en la detección de anomalías para su ejecución en el servidor de monitoreo y generación de alertas “inteligentes”.
3	Implantación Física (<i>hardware</i>)	Armado físico de componentes de los módulos “maestro” y “esclavo”.
4	Implantación Computacional (<i>software</i>)	Implantación de <i>firmware</i> de módulos “maestro” y “esclavo” para censado, comunicación y generación de alertas.
5	Desarrollo de Dashboard de Monitoreo y Control.	Implantación de Dashboard de monitoreo y control, en donde se desplegará la información y estado de todos los componentes del sistema.
6	Armado e instalación del sistema en Centros de Datos CDMX y Aguascalientes.	Armado de todos los módulos de “maestro” y “esclavo” (uno por <i>rack</i>) de los Centros de Datos sedes CDMX y Aguascalientes.





Dirección Adjunta de Innovación y Conocimiento
Gerencia de Innovación
Subgerencia de Innovación Gubernamental

• Productos (entregables)

Etapa núm.:		
#	Actividad	Producto
1	Análisis y Diseño	Documentación técnica.
2	Prospección de Metodologías de Detección de Anomalías	Reporte Técnico.
3	Implantación Física (<i>hardware</i>)	Módulo físico de implantación de “maestro” y “esclavo”.
4	Implantación Computacional (<i>software</i>)	Módulos computacionales de <i>firmware</i> para “maestro” y “esclavo”.
5	Desarrollo de Dashboard de Monitoreo y Control.	Aplicación computacional de Dashboard de monitoreo y control de SIGMA-IoT.
6	Armado e instalación del sistema en Centros de Datos CDMX y Aguascalientes.	Módulos “esclavo” instalados en cada <i>rack</i> y módulo “maestro” en los Centro de Datos.

• Especificaciones de los productos

Etapa núm.:		
#	Actividad	Especificación del producto (entregable)
1	Análisis y Diseño	Documentación técnica.
2	Prospección de Metodologías de Detección de Anomalías	Reporte Técnico.
3	Implantación Física (<i>hardware</i>)	Módulo físico de implantación de “maestro” y “esclavo”.
4	Implantación Computacional (<i>software</i>)	Módulos computacionales de <i>firmware</i> para “maestro” y “esclavo”.
5	Desarrollo de Dashboard de Monitoreo y Control.	Aplicación computacional de Dashboard de monitoreo y control de SIGMA-IoT en servidor INFOTEC.
6	Armado e instalación del sistema en Centros de Datos CDMX y Aguascalientes.	Módulos físicos “esclavo” instalados en cada <i>rack</i> y módulo “maestro” en los Centro de Datos.





- Mecanismos de transferencia**

Etapa núm.:		
#	Actividad	Mecanismo de transferencia
1	Análisis y Diseño	Reporte Técnico y manuales de uso.
2	Prospección de Metodologías de Detección de Anomalías	Reporte Técnico y manuales de uso.
3	Implantación Física (<i>hardware</i>)	Módulo físico de implantación de "maestro" y "esclavo".
4	Implantación Computacional (<i>software</i>)	Módulos computacionales de <i>firmware</i> para "maestro" y "esclavo".
5	Desarrollo de Dashboard de Monitoreo y Control.	Aplicación computacional de Dashboard de monitoreo y control de SIGMA-IoT.
6	Armado e instalación del sistema en Centros de Datos CDMX y Aguascalientes.	Módulos físicos "esclavo" instalados en cada <i>rack</i> y módulo "maestro" en los Centro de Datos.

4. Cronograma de actividades

Etapa núm.:				
#	Actividad	Productos (entregables)	Fecha de inicio	Duración (núm. de semanas)
1	Análisis y Diseño	Reporte Técnico y manuales de uso.	1 Enero 2022	12
2	Prospección de Metodologías de Detección de Anomalías	Reporte Técnico y manuales de uso.	1 Abril 2022	12
3	Implantación Física (<i>hardware</i>)	Módulo físico de implantación de "maestro" y "esclavo".	1 de Julio 2022	12





Dirección Adjunta de Innovación y Conocimiento
Gerencia de Innovación
Subgerencia de Innovación Gubernamental

4	Implantación Computacional (software)	Módulos computacionales de <i>firmware</i> para “maestro” y “esclavo”.	1 de Octubre 2022	12
5	Desarrollo de Dashboard de Monitoreo y Control.	Aplicación computacional de Dashboard de monitoreo y control de SIGMA-IoT en servidor INFOTEC.	1 de Enero 2023	12
6	Armado e instalación del sistema en Centros de Datos CDMX y Aguascalientes.	Módulos físicos “esclavo” instalados en cada <i>rack</i> y módulo “maestro” en los Centro de Datos.	1 Abril 2023	12

5. Referencias

1. Rémi Domingues, Maurizio Filippone, Pietro Michiardi, and Jihane Zouaoui. A comparative evaluation of outlier detection algorithms: Experiments and analyses. *Pattern Recognition*, 74:406–421, 2018.
2. Fei Tony Liu, Kai Ming Ting, and Zhi-Hua Zhou. Isolation Forest. In *Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Data Mining (ICDM 2008)*, December 15-19, 2008, pages 413–422, Pisa, Italy, 2008.
3. Y. Qin and Y. Lou. Hydrological Time Series Anomaly Pattern Detection based on Isolation Forest. In *2019 IEEE 3rd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC)*, pages 1706–1710, 2019.
4. Markus Breunig, Hans-Peter Kriegel, Raymond Ng, and Joerg Sander. LOF: Identifying Density-Based Local Outliers. 29, pages 93–104, 06 2000.
5. Sridhar Ramaswamy, Rajeev Rastogi, and Kyuseok Shim. Efficient Algorithms for Mining Outliers from Large Data Sets. 29, pages 427–438, 06 2000.





**GOBIERNO DE
MÉXICO**



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



**Dirección Adjunta de Innovación y Conocimiento
Gerencia de Innovación
Subgerencia de Innovación Gubernamental**

6. Bernhard Schölkopf, John Platt, John Shawe-Taylor, Alexan der Smola, and Robert Williamson. Estimating Support of a High Dimensional Distribution. Neural Computation, 13:1443–1471, 07 2001.
7. Junshui Ma and S. Perkins. Time-series novelty detection using one-class support vector machines. 3, pages 1741 – 1745 vol.3, 08 2003.
8. NodeMCU plataforma IoT de código abierto,
<https://es.wikipedia.org/wiki/NodeMCU>.
9. Sensor de Temperatura,
https://www.waveshare.com/wiki/BME280_Environmental_Sensor
10. Mini GSM/GPRS module, sim800l-gsm-grps-module.
<https://hettigo.eu/products/>

ATENTAMENTE

Dr. Daniel Alejandro Cervantes Cabrera
Profesor Investigador Ingeniero Tecnólogo Titular "A" ITA

C.c.p. **Mtro. Carlos Josué Lavandeira Portillo**, Director Adjunto de Innovación y Conocimiento. Presente.
Dr. Juan Antonio Vega Garfias, Subgerente de Innovación Gubernamental. Presente.

