

Clasificación de Microservicios para un Sistema IoT de seguridad ocupacional en minas de la provincia de Sugamuxi del departamento de Boyacá.

William Fernando Salamanca Barrera

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Seminario de Trabajo de Grado 8108918

PhD. Marco Javier Suarez Baron

20 de mayo de 2024

**Clasificación de Microservicios para un Sistema IoT de seguridad ocupacional en minas de
la provincia de Sugamuxi del departamento de Boyacá.**

TABLA DE CONTENIDO

TEMA/TEMÁTICA	4
TITULO PROVISIONAL	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	4
Diagnostico	4
Pronostico	6
Control al pronostico	8
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	9
OBJETIVOS	9
OBJETIVO GENERAL	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
JUSTIFICACIÓN	10
DELIMITACIÓN Y ALCANCE	11
MARCO REFERENCIAL	13
MARCO TEÓRICO	13
MARCO CONCEPTUAL	13
MARCO LEGAL	13
MARCO HISTÓRICO	13
MARCO METODOLÓGICO	13
FUENTES DE INFORMACIÓN	13

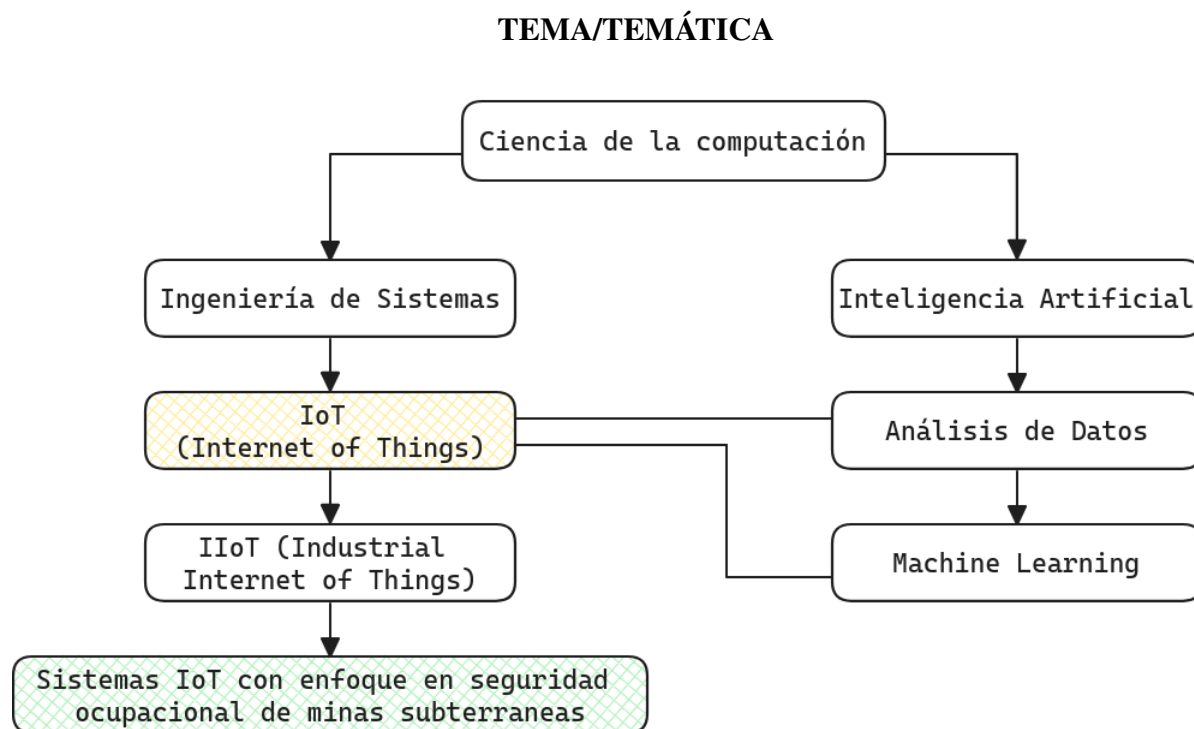
	3
TIPO DE INVESTIGACIÓN	13
CRONOGRAMA	13
RECURSOS	13
RECURSOS HUMANOS	13
RECURSOS FÍSICOS	13
RECURSOS TECNOLÓGICOS	13
PRESUPUESTO	13
BIBLIOGRAFÍA	13
CONCLUSIONES	14

TABLA DE FIGURAS

1. Mapa conceptual del tema y la temática	4
2. Árbol de causas y efectos	8

LISTA DE TABLAS

1. IoT platforms for the Mining Industry: An Overview	6
---	---

**Figura 1**

Mapa conceptual del tema y la temática

Fuente: Autor

TITULO PROVISIONAL

Clasificación de Microservicios para un Sistema IoT de seguridad ocupacional en minas de la provincia de Sugamuxi del departamento de Boyacá.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Diagnostico

Se entienden a los sistemas IIoT (Industrial Internet of Things) como una aplicación de IoT (Internet of Things) en la industria. Concretamente en la industria minera durante los últimos años se ha presenciado una gran acogida de IoT en sus diferentes procesos de negocio. En lo que respecta a seguridad ocupacional, como preocupación primordial en la mayoría de las empresas, los sistemas IoT han sido cruciales para el monitoreo de condiciones ambientales. Sensores para la calidad del aire, la detección de gases nocivos para la salud así como para la detección de

partículas de polvo producidos principalmente en el proceso de extracción de minerales, se encuentran entre las variables más comunes a monitorear por un sistema IoT con el fin de garantizar información en tiempo real que ayude a la toma de decisiones de prevención y gestión de emergencias[Tawanda Zvarivadza and Celik, 2024].

Ante la problemática de recolección de datos provenientes de estos diferentes sensores, se identifica que sistemas como los SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) que vienen siendo usados desde hace varios años, cubren la mayor parte de las necesidades que se presentan, pero surgen problemas asociados a esta alternativa, y es que los sistemas SCADA de tipo comercial tienen asociado un costo económico alto y problemas de compatibilidad. Además, incluyendo los sistemas SCADA de uso libre, la arquitectura en la que se concibieron (cliente/servidor) no es la más óptima para hacer frente a las demandas actuales de disponibilidad, fiabilidad, integridad, escalabilidad, rendimiento, seguridad, resiliencia, monitoreo y diagnóstico. Otro problema a resaltar es que estos sistemas operan a nivel de instalación, y el solo hecho de querer consumir los datos recogidos desde un cliente externo a la instalación, se presenta como un reto[Aghenta and Iqbal, 2019].

Los diferentes sistemas que se encuentran implementados, la mayoría desde hace un par de décadas atrás, tienen asociado una baja capacidad de interoperabilidad con demás sistemas y sensores de la actualidad, esto debido al uso de tecnologías y/o al uso de sensores de grado industrial con un alto costo económico asociado a estos. Además de que son pocas las empresas que comparten datos respecto a cómo implementan su tecnología en el caso concreto de seguridad ocupacional[Aziz et al., 2020].

Adicionalmente de algunas plataformas IoT que se encuentran en el mercado, se puede analizar en unos casos una sobrecarga de funcionalidades. La mayoría de estas cubren parcialmente de forma satisfactoria algunas de estas funciones pero, asociado a estas plataformas encontramos unas como ABB Ability 1 con la característica particular de no ser viables para su uso en medianas y pequeñas minas de la provincia de Sugamuxi en el departamento de Boyacá debido a sus altos costos, y es que esas plataformas están concebidas principalmente para

empresas mineras grandes, en algunos casos del grado de multinacionales [Gackowiec and Podobińska-Staniec, 2021].

Name of IoT platform	Predictive analytics	AI/ML	Mining oriented	Visualization	Interoperability	Real time data capture	Device management	Cloud-based	Support and service
ABB Ability	+	+	++	+	+	+	+	+	+
Buddy's IoT Data Graph	N/A	N/A	+	+	N/A	+	N/A	+	N/A
C3 IoT	+	+	N/A	+	+	+	N/A	+	+
Connected Mine	+	+	++	+	N/A	+	N/A	+	N/A
Cumulocity	+	+	N/A	+	+	+	+	+	o
DeviceHive IoT	+	+	N/A	+	+	+	N/A	+	N/A
Dingo Trakka	+	N/A	+	N/A	N/A	+	N/A	+	+
Hexagon Mining	N/A	N/A	+	N/A	N/A	+	N/A	+	+
IBM Watson	+	+	+	+	+	+	+	+	+
IntelliSense	+	+	+	N/A	N/A	+	N/A	+	N/A
IoT.next	+	N/A	+	N/A	+	+	N/A	N/A	N/A
Kaa IoT	+	+	N/A	+	N/A	N/A	+	+	N/A
Loop IoT Cloud	N/A	N/A	N/A	+	N/A	+	+	N/A	N/A
Losant	+	+	+	+	N/A	+	+	N/A	N/A
Hitachi's Lumad	+	+	o	+	+	+	N/A	+	+
Microsoft Azure+Power BI	+	+	N/A	+	+	+	+	+	+
Modular Mining	N/A	N/A	+	+	N/A	+	N/A	+	+
Predix GE	+	+	o	+	N/A	+	+	+	+
PTC Thingworx	+	+	N/A	+	N/A	+	N/A	+	+
SAP Leonardo	+	+	o	N/A	+	+	+	+	+
Siemens Mindsphere	+	+	o	+	N/A	+	N/A	+	+
Thingier.io	N/A	N/A	N/A	+	+	+	N/A	+	N/A
Uptake	+	+	+	N/A	+	+	N/A	+	+
Explanations of markings: ++advanced, + well-developed, o satisfactory, N/A - not available									

Tabla 1

IoT platforms for the Mining Industry: An Overview

Pronostico

Ante la probabilidad de optar por soluciones IoT costosas, las minas pueden empezar sufrir aumento en sus costos operativos, lo que trae una disminución de los márgenes de ganancias, implicando reducción en la capacidad de re-inversión, afectando al crecimiento económico de la región con efectos como el aumento de la tasa de desempleo de los trabajadores involucrados directa e indirectamente en la cadena de producción. Además de presentarse una baja adopción en el uso de tecnología, lo cual también puede implicar que la empresa se quede resugada o hasta obsoleta frente a aquellas que si adoptan soluciones tecnológicas.

Por otro lado, existe la posibilidad de que se opte por sistemas IoT desactualizados. La poca fiabilidad presente en estos sistemas es algo que no se puede ignorar en sistemas IoT enfocados en la seguridad ocupacional. Los estándares seguridad en los que fueron desarrollados estos sistemas puede que no sean los mismos que usamos en la actualidad. La baja interoperabilidad no nos permite que las partes interesadas en esta problemática puedan acceder a la información emitida por estos sistemas. Además cuando la demanda respecto a dispositivos conectados al sistema aumenta, nos podemos encontrar con problemas de escalabilidad que afectan la disponibilidad del sistema.

En el caso de no optar por un sistema IoT no se contaría con información valiosa, principalmente en tiempo real, para la toma de decisiones en cuestiones de seguridad ocupacional, por lo que la seguridad de los trabajadores se ve comprometida, llevándonos a no hacer frente hacia la problemática de altos índices de accidentalidad y mortalidad minera en el departamento de Boyacá.

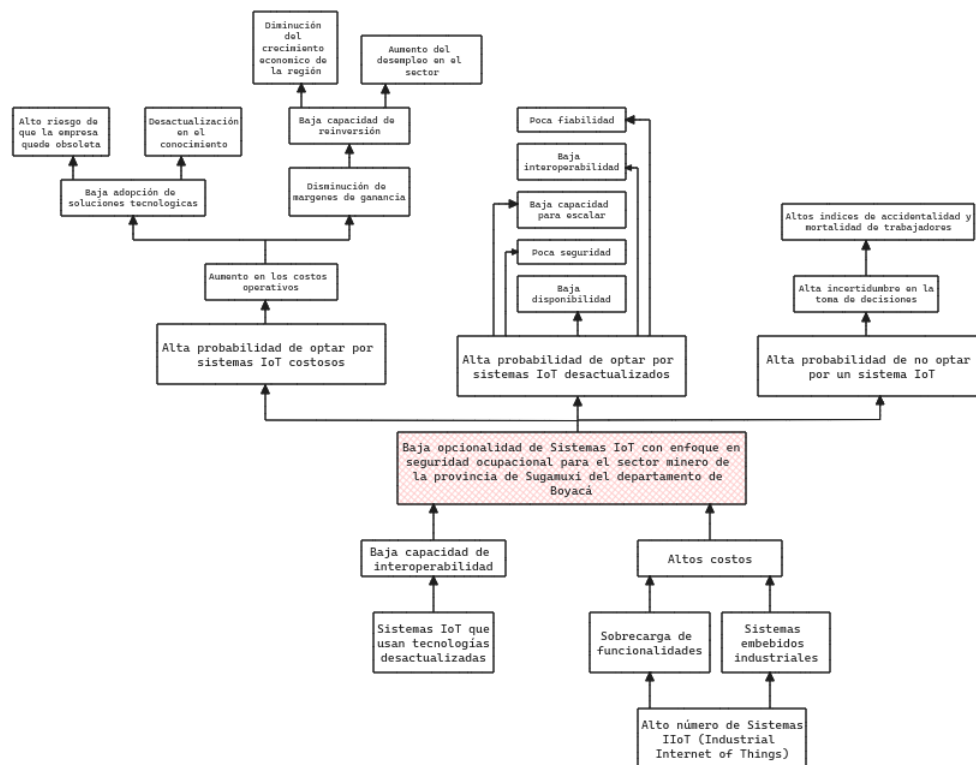


Figura 2

Árbol de causas y efectos

Fuente: Autor

Control al pronóstico

Ante esto se propone el diseño de un sistema IoT con un enfoque en seguridad ocupacional de minas en la provincia de Sugamuxi del departamento de Boyacá, asegurando principalmente un alto grado de cumplimiento en los siguientes atributos de calidad:

- Fiabilidad en la recolección de datos y emisión de alertas
- Disponibilidad 24/7
- Escalabilidad principalmente asociada a la cantidad de datos que se recolectan por sistemas embebidos que amplíen los existentes.
- Mantenibilidad

- Seguridad principalmente en aspectos como la integridad, confidencialidad y disponibilidad de los datos.
- Rendimiento a nivel de recolección de datos, emisión de alertas
- Resiliencia
- Monitoreo y diagnóstico

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Qué arquitecturas se encuentran consideradas en la industria minera para el desarrollo de sistemas IoT?
- ¿Cuáles son los estándares asociados a sistemas IoT en la industria minera?
- ¿En qué aspectos la arquitectura de microservicios se presenta como una mejor opción frente a las demás arquitecturas planteadas para este contexto?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema IoT enfocado en la seguridad ocupacional para minas de la provincia de Sugamuxi del departamento de Boyacá.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los diferentes modelos de transferencia de datos a nivel de capa de aplicación para sistemas embebidos.
- Identificar sensores y actuadores usados con enfoque de seguridad ocupacional en la industria minera.
- Revisar las limitaciones y necesidades de considerar una intranet en el sitio minero, y de qué forma el uso de servicios externos mitiga esas limitaciones.

- Determinar una clasificación de microservicios basada en las necesidades de seguridad ocupacional de minas en el departamento de Boyacá.
- Realizar pruebas de integración.

JUSTIFICACIÓN

En la industria minera se encuentran sistemas como los SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) con las características claves de interfaz de usuario, pantallas gráficas, alarmas, tendencias, interfaces RTU (Unidades Terminales Remotas) y PLC (Controladores Lógicos Programables), escalabilidad, acceso a datos, bases de datos, redes, tolerancia a fallos y redundancia, procesamiento distribuido siguiendo la arquitectura cliente/servidor. Que aunque por muchos años ha servido en el proceso de recolección y procesamiento de datos a nivel general en la industria por varias décadas. Pero se presenta como una solución parcial dada su baja capacidad de interoperabilidad con otras partes interesadas como lo son otros sistemas, dispositivos, aplicativos usados por stakeholders [Asiedu-Asante and Normanyo, 2020].

Para mitigar la carencia de sistemas desactualizados como el SCADA, muchas empresas en los últimos años han presentado al mercado soluciones basadas en IoT. Estas en su mayoría han probado ser opciones factibles debido a su implementación por parte de empresas mineras grandes. Pero estas diferentes soluciones convergen en pocos servicios por lo que se tienen soluciones diferentes que no están en la capacidad de cubrir con todas las necesidades requeridas, como el procesamiento de datos por parte de algoritmos de ML sin tener que sacrificar aspectos como el almacenamiento y el acceso a estos. Además de que, como estas soluciones son concebidas en el contexto de empresas mineras de países desarrollados, es poco viable que una mina en un país en vía de desarrollo puede llegar a costearla. También es importante mencionar que muchas de las soluciones implementadas son software de propietario, que fueron desarrollados por la empresa para la empresa [Gackowiec and Podobińska-Staniec, 2021].

A partir de esto, se identifica la necesidad de contar un sistema IoT con el enfoque de seguridad ocupacional, que cubra las necesidades específicas requeridas en el contexto de minas

de la provincia de Sugamuxi en el departamento de Boyacá. Entre las que se encuentra el involucrar directamente a partes interesadas como los trabajadores y gerentes de minas, centros de atención a la salud que puedan responder a emergencias minimizando tiempos de respuesta, entidades gubernamentales como la Agencia Nacional Minera y el Ministerio de Minas y Energías. Planteando el diseño de un sistema IoT con el enfoque de seguridad ocupacional se le permite a estas partes interesadas el adquirir conocimiento de los diferentes aspectos requeridos en un sistema IoT .

Con la solución planteada se quiere validar que la minería de la provincia de Sugamuxi puede tener a su disposición soluciones que no impliquen costos elevados, comprobando que el uso de software de uso libre es parte fundamental para lograr eso.

Mediante la revisión de la literatura relacionada a diseño e implementación de sistemas IIoT en la industria minera, se pretende identificar en características que otorgan interoperabilidad entre sistemas a nivel de capa de aplicación. Luego de la identificación de sensores y actuadores implementados en minas, se quiere plantear una clasificación de microservicios que ajuste a las necesidades mencionadas anteriormente.

DELIMITACIÓN Y ALCANCE

Siendo Boyacá uno de los departamentos con mayor tasa de accidentalidad y mortalidad en minas, se pretende considera inicialmente a las minas de la provincia de Sugamuxi, principalmente minas subterráneas para la extracción de carbón en municipios como Pesca, Paipa, Tota, Sogamoso, Tópaga, Mongua, Monguí, Gámeza. Además de que la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, tiene la mayor parte de su cobertura en el departamento de Boyacá. En cuanto a recursos se requieren sistemas embebidos y demás elementos como microcontroladores de bajo costo. Un equipo de computo para en el que se usará un entorno de desarrollo integrado (IDE), inicialmente Arduino IDE.

Se espera tener un impacto social mejorando las condiciones laborales de los trabajadores de minas, especialmente de los involucrados directamente en la extracción de carbón. Pudiendo prevenir y en consecuencia disminuir los índices asociados a accidentalidad y mortalidad minera

en el departamento de Boyacá. Al mejorar las condiciones laborales de los trabajadores se promueve el bienestar y la dignidad de los trabajadores reduciendo el riesgo asociado a sus actividades diarias dentro de las minas. Logrando un impacto social y humanístico es mucho más factible involucrar a diferentes instituciones educativas en el entendimiento de estas tecnologías, generando interés en las futuras generaciones, destacando la importancia de la minería para el departamento sin dejar de lado la seguridad de los involucrados en esta. Cuando la comunidad pueda evidenciar que la tecnología puede contribuir a la seguridad en el desarrollo de esta actividad, se puede cambiar la percepción de la minería como una actividad insegura, dando pie a más propuestas que encaminen a prácticas modernas e innovadoras en la minería del departamento de Boyacá. El planteamiento de esta propuesta representa en algunos casos el punto de partida para otras, o el punto de integración de propuestas ya desarrolladas.

MARCO REFERENCIAL

MARCO TEÓRICO

MARCO CONCEPTUAL

MARCO LEGAL

MARCO HISTÓRICO

MARCO METODOLÓGICO

FUENTES DE INFORMACIÓN

TIPO DE INVESTIGACIÓN

CRONOGRAMA

RECURSOS

RECURSOS HUMANOS

RECURSOS FÍSICOS

RECURSOS TECNOLÓGICOS

PRESUPUESTO

BIBLIOGRAFÍA

Referencias

[Aghenta and Iqbal, 2019] Aghenta, L. O. and Iqbal, M. T. (2019). Low-cost, open source
iot-based scada system design using thinger.io and esp32 thing. *Electronics*, 8(8):3 – 3.

[Asiedu-Asante and Normanyo, 2020] Asiedu-Asante, A. B. and Normanyo, E. (2020). *GHANA
JOURNAL OF TECHNOLOGY*.

[Aziz et al., 2020] Aziz, A., Schelén, O., and Bodin, U. (2020). A study on industrial iot for the
mining industry: Synthesized architecture and open research directions. *IoT*, 1(2):529–550.

[Gackowiec and Podobińska-Staniec, 2021] Gackowiec, P. and Podobińska-Staniec, M. (2021).
Iot platforms for the mining industry: An overview. *Inżynieria Mineralna*, 1.

[Tawanda Zvarivadza and Celik, 2024] Tawanda Zvarivadza, Moshood Onifade, O. D.-O. K. O. S. J. M. G. B. G. and Celik, T. (2024). On the impact of industrial internet of things (iiot) - mining sector perspectives. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 0(0):24.

CONCLUSIONES