

Medición de remanente y temperatura, en banda de rodamiento de neumáticos OTR, mediante sensores con IOT y analítica avanzada

(Minería 4.0)

Arturo Mauricci Ortega¹, Angel Alvarez Solis²

¹ Autor: Minera Las Bambas, av. Larco 706-A, distrito de Victor Larco, Trujillo, Perú, (arturo.mauricci@mmg.com, 965735152).

² Coautor 1: Quantum Mining, Urb. Juan Pablo Viscardo y Guzmán, E22A. Distrito: José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa. Peru, (angel@quantum3d.pe, 994 610 867).

RESUMEN

Actualmente la medición de los remanentes de goma de los neumáticos OTR a nivel global, lo realiza un técnico en forma manual, el que introduce un profundímetro, hasta la base del dibujo de la banda de rodamiento, en ambos hombros, izquierda y derecha, repitiéndolo en forma diametralmente opuesta, a la altura que le permite su estatura.

No puede medir abajo del neumático, porque la llanta está sobre su huella y tampoco en la parte alta, porque la llanta mide cuatro metros de diámetro. Es decir, normalmente realiza cuatro mediciones, en todas las llantas de la flota, una vez por semana.

Esta información, el inspector de neumáticos la transcribe al sistema de gestión de neumáticos de la mina, con la cual, el Planner de neumáticos, puede calcular los ratios de desgaste de los neumáticos en las posiciones delanteras, para proyectar su rotación a posiciones posteriores y los ratios posteriores, para proyectar las inversiones y rotaciones a posiciones 5 y 6, o posiciones 3 y 4.

Además, este sensor, también mide la temperatura en la banda de rodamiento, que es más efectivo que la medición indirecta por convección, de los sensores de todos los sistemas TPMS que existen actualmente, los que miden la temperatura del aire o del nitrógeno dentro del neumático y con ello, infieren la temperatura en la banda de rodamiento.

Así mismo, de la experiencia obtenida, monitoreando el desgaste de la goma de los neumáticos, se está probando su uso además, para medir los desgastes de las planchas protectoras de las tolvas de los camiones de acarreo, de los dippers de palas, cucharones de cargadores, gets, cuchillas, soleras y cualquier otro componente de desgaste, esperando que este proceso se pueda replicar en otras operaciones mineras.

Oportunidad

Procedimientos manuales en la gestión de neumáticos - Medición de goma remanente



Procesos estándar a nivel global

- Detención del equipo
- Errores de medición
- Baja frecuencia

Fig 1. Elaboración propia

Solución

Plataforma de monitoreo automatizado y en tiempo real del desgaste de neumáticos



Fig 2. Elaboración propia

1. Introducción

El proceso de medición de remanentes de los neumáticos OTR, especialmente de los de acarreo en una mina, es de suma importancia en el proceso de Gestión de Neumáticos, ya que nos permite medir el desgaste actual y a través de esta información, proyectar el consumo de neumáticos real para la semana, mes o año inclusive, con lo que se elabora el presupuesto de los años siguientes.

Esta labor, se realiza generalmente en el grifo, aprovechando la parada para rellenar combustible, donde los inspectores de llantas, luego de bloquear el equipo, se acercan a las seis posiciones del camión de acarreo, para realizar cuatro mediciones por neumático con un profundímetro, exponiéndose a la línea de fuego, si el neumático rodara, hacia adelante o hacia atrás, por alguna eventualidad.

También tenemos el riesgo de caída de material de la tolva, sobre todo en épocas de lluvias, donde se queda apelmazado el barro y que, al ingresar al grifo, se desprende, pudiendo caer sobre el personal de inspección.

Por otro lado, la medición en muchos casos no es confiable, porque hay piedras o barro adherido en el fondo de la escultura del neumático, lo que induce a error, en la toma de datos.

Luego, esta información de campo, el Planner lo digita manualmente, para ingresarlo a la base de datos del Total Tire Control, constituyendo esta parte del proceso, en otra oportunidad para generar errores en la transcripción.

El presente trabajo de innovación, está orientado a minimizar la exposición al riesgo, de los técnicos inspectores en los grifos y eliminar los errores en la toma de datos, e ingreso de estos, al Sistema de Gestión de Neumáticos.

2. Objetivos

Los objetivos propuestos en el presente trabajo son:

- 1.- Eliminar la medición manual de los remanentes en los neumáticos OTR.
- 2.- Minimizar el riesgo de exposición de los inspectores de neumáticos en grifo.
- 3.- Eliminar errores en la toma de datos manual, así como, su transcripción al Sistema de Gestión de Neumáticos.
- 4.- Enviar alertas para la oportuna rotación e inversión de los neumáticos.

3. Desarrollo electrónico de la placa de desgaste, sensor de temperatura y comunicación.

3.1 Identificación del problema

Se desea obtener valores de monitoreo de estado de los neumáticos en diferentes vehículos de carga pesada, con enfoque en los camiones mineros para diagnosticar e identificar las condiciones de los mismos. Por lo que el dispositivo se enfoca en los siguientes valores:

- Temperatura interna del neumático.
- Resistencia a la torsión y elongación en la banda del neumático.

3.2 Requerimientos

3.2.1 Requerimientos generales del dispositivo

Las especificaciones previstas del dispositivo se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 1. Especificaciones generales de monitoreo del dispositivo

Descripción	Valor	Unidades
Tamaño del dispositivo	2.5 x 3	cm
Autonomía de la batería	12	meses
Distancia máxima de transmisión	30	m
Topología de comunicación	Estrella (LORAWAN)	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Requerimientos del monitoreo de temperatura

Descripción	Valor	Unidades
Lectura	Temperatura	°C
Frecuencia de lectura	12	1/min
Frecuencia de transmisión	1	1/min
Rango de medición	-20 a 300	°C

Fuente: Elaboración propia



Fig 3. Elaboración propia

3.3 Implementación de la plataforma para reportes web en TagIO y conexión desde el servidor LORIIOT.

3.3.1 Identificación del problema

Se desea enviar los valores de monitoreo de temperatura y desgaste de dispositivos colocados en neumáticos de diferentes vehículos de carga pesada, que puedan ser acumulados en un punto de recolección de datos, para luego ser enviados a un servidor que procese la información para luego ser mostrada por medio de aplicativo web o para que se puedan generar alertas.

3.3.2 Requerimientos

3.3.3 Requerimientos generales de la arquitectura de comunicación

Las especificaciones previstas de la arquitectura de comunicación son las siguientes:

Tabla 1. Requerimientos de la arquitectura de comunicación

Requerimientos	Característica
Comunicación entre nodo de monitoreo y acumulador de datos	LoRa
Comunicación entre acumulador de datos y servidor	LTE
Medio de comunicación entre nodo de monitoreo y acumulador de datos	Industrial / semi-industrial
Distancia de transmisión entre nodo de monitoreo y acumulador de datos	30m (sin línea de vista)
Topología de comunicación entre nodo de monitoreo y acumulador de datos	Estrella (LORAWAN)

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Montaje

Para el montaje se consideran los siguientes puntos:

- Perforación de la sección de caucho para alojar el dispositivo de monitoreo.
- El dispositivo no debe alcanzar la parte metálica del neumático.
- La sección vacía del orificio de alojamiento debe ser rellenado con caucho similar al neumático original.

La propuesta de montaje se muestra en la siguiente figura, pero más ampliamente en el punto 8 referente a imágenes.

3.3.4 Requerimientos generales del servidor
 Las especificaciones previstas para el servidor en cuanto al tratamiento de datos y decodificación de datos son las siguientes:

Tabla 2. Requerimientos del servidor

Requerimientos	Característica
Servidor orientado a sistema IoT	Permita registro de dispositivos y gateways
Servicio de configuración de dispositivos	Permita configuración de llaves para dispositivos
Servicio de codificación de payload a Aplicación Web	Permita integración con servicios de decodificación e integración datos

Fuente: Elaboración propia

3.4 Arquitectura

Entre el nodo o dispositivo de monitoreo, y el Gateway que cumple las funciones de acumulador de datos se tiene la siguiente arquitectura.

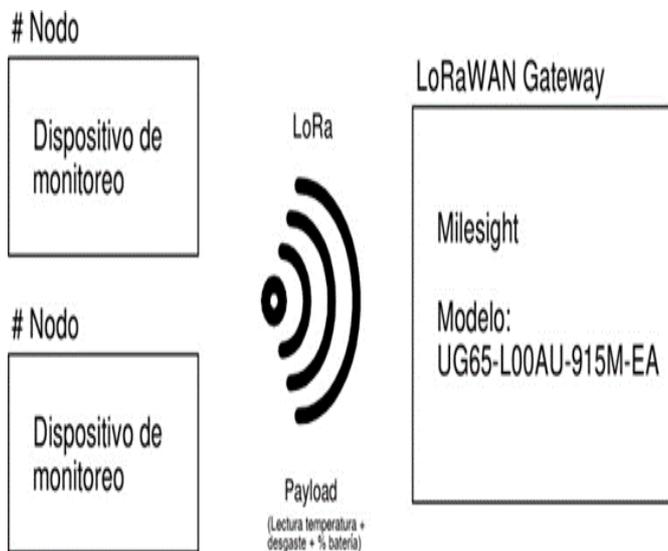


Fig 4. Arquitectura propuesta del nodo a Gateway
 Fuente: Elaboración propia

Cuyas características son las siguientes:

- El nodo o dispositivo de monitoreo envía la información obtenida por medio de LoRa al acumulador de datos, esta información es denominada Payload.
- El Gateway permite obtener datos usando LoRaWAN de varios nodos, esta información puede

ser acumulada e enviada de manera planificada o por método pasarela.
 Entre el Gateway y el servidor se tiene la siguiente arquitectura:

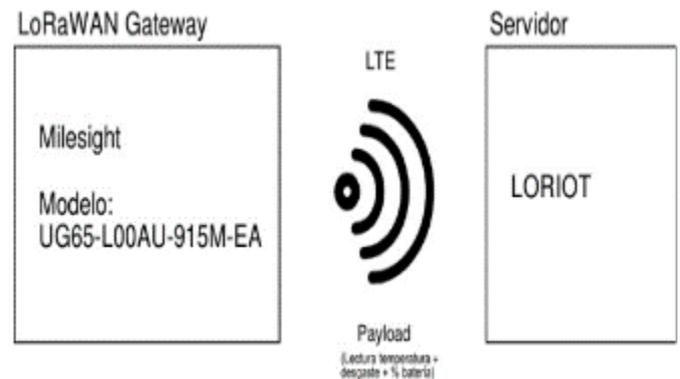


Fig 5. Arquitectura propuesta del Gateway a servidor
 Fuente: Elaboración propia

Cuyas características son las siguientes:

- El Gateway usa comunicación LTE para enviar el payload a un servidor.
 - La información en el servidor será codificada para ser usada por un servicio Web para ser mostrados por un dashboard.
- Entre el servidor y el dashboard / usuario final se tiene la siguiente arquitectura.

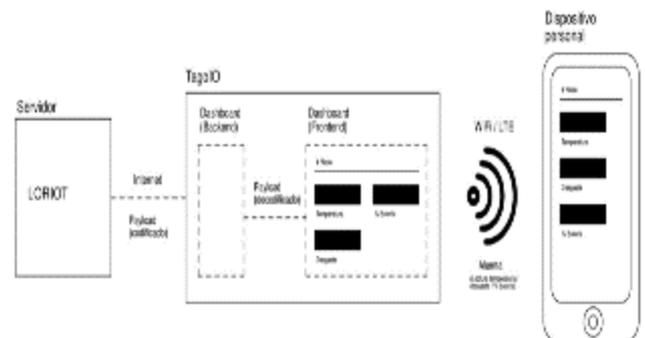


Fig 6. Arquitectura propuesta del servidor al dashboard
 Fuente: Elaboración propia

Cuyas características son las siguientes:

- El servidor codifica el payload para ser enviado a un servicio web al que se integra.
- La información es decodificada en el servicio para ser tratada y mostrada en la UI del servicio.
- Toda la información es mostrada en el dashboard del servicio.
- Adicionalmente se pueden generar alertas que pueden ser enviadas por correo electrónico o a otro servicio adicional.

3.5 Implementación

3.5.1 Gateway

El dispositivo implementado para el Gateway tiene las siguientes características.

- Tipo: LoRaWAN gateway
- Marca: Milesight
- Modelo: UG65-L00AU-915M-EA
- Voltaje de alimentación: 9 a 24VDC
- Potencia de consumo: 2.9 a 4.2W
- Temperatura de operación: -40°C a 70°C

El dispositivo tiene las siguientes especificaciones para la comunicación LoRaWAN.

- Antena: Interna x2 / externa opcional (50 ohm)
- Uso: Indoor / outdoor
- CPU: Quad-core / 1.5 GHz / 64bit / ARM Cortex-A53
- Memoria: 512 MB DDR4 RAM
- Frecuencia de banda: EU868 / US915 / AS923-1&2&3&4
- Sensibilidad: -140dBm a 292bps
- Poder de comunicación: 27 dBm máx.

El dispositivo tiene las siguientes especificaciones para la comunicación celular.

- Antena: Interna
- SIM: Mini SIM-2FF



Fig 7. Gateway Milesight UG65 LoRaWAN
Fuente: Milesight

3.5.2 Servidor

En caso del servidor se está usando el servicio de LORIIOT, en el cual se ha realizado las siguientes configuraciones:

- Crear una conexión entre el Gateway de Milesight y LORIIOT por medio de packet forwarder.

- Registrar el servidor LORIIOT y la dirección.
- Configuración de la MAC.

- Creación de un network en LORIIOT con un nombre específico.
- Registro del Gateway en la network con la MAC configurada.
- Configuración de la frecuencia de comunicación y plan.

3.5.3 Dashboard

En caso del aplicativo web se está implementando en el entorno de TagoIO, Para integrar el servicio al servidor se realizó lo siguiente:

- Creación de un device.
- Búsqueda del servidor creado en LORIIOT.
- Registro de un nombre y clave.
- Crear un código de decodificación del payload.

En cuanto al dashboard, se han realizado pruebas de comunicación para la obtención de datos de temperatura del dispositivo de monitoreo. Para esta parte se ha desarrollado un UI para adquirir los datos de un nodo, como se muestra en la siguiente figura.



Fig 8. Dashboard implementado en TagoIO
Fuente: Elaboración propia

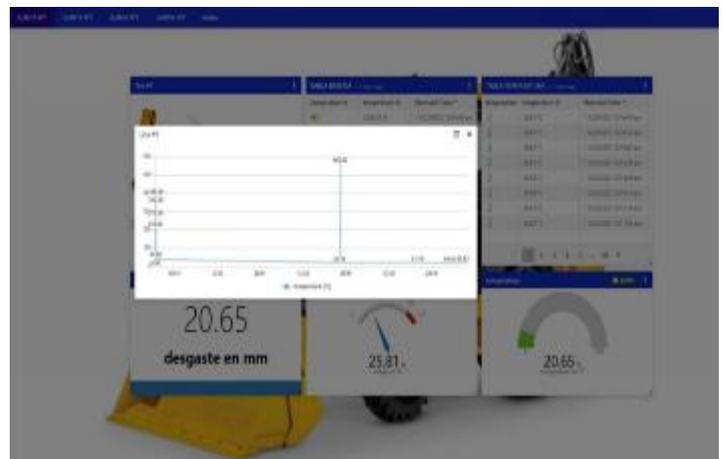


Fig 9. Histograma de temperatura de monitoreo
Fuente: Elaboración propia

Mejora la toma de decisiones e incrementa la productividad de los equipos

En cuanto al dashboard tiene las siguientes partes:

- Monitoreo de batería: Porcentaje de energía de la batería del nodo.
- Temperatura: Temperatura de monitoreo del nodo
- Desgaste: Desgaste monitoreado del nodo.

4. Presentación y discusión de resultados

Esta propuesta de innovación, busca eliminar la medición manual, a través de sensores introducidos, en la base de la banda de rodamiento, los cuales tienen una zona de sacrificio, que es la que se desgasta junto con la banda de rodamiento, enviando la información del desgaste a un receptor en la cabina del camión y luego mediante IoT y analítica avanzada, se procesa la información para enviar alertas para la rotación o inversión oportuna de los neumáticos, antes de que el desgaste irregular en las posiciones posteriores arruine el neumático, así como, alertar los remanentes máximos para enviar a reencauche.

Los sensores están recubiertos con un polímero, que van insertados en la banda de rodamiento del neumático y permiten capturar los datos del nivel de desgaste en tiempo real.

Los datos se capturan en forma automatizada y se transmiten on line.

Los puntos de toma de datos son los recomendados por el fabricante para medir el desgaste del neumático.

La plataforma desarrollada permite centralizar los datos, aplicar Machine Learning y entregar insights de valor, para optimizar los neumáticos y la producción.



Plataforma web

Fig 10. Elaboración propia

Beneficios:

- Reducción del 20% tiempo inspección en grifo
- Estrategias de rotación de neumáticos
- Desgaste planeado vs Real
- Incremento de neumáticos para reencauche
- Correlacionar con data de sistemas TPMS

Fig 11. Elaboración propia

5. Conclusiones

- Se elimina la exposición del personal a riesgos de atropello, aplastamiento, así como a la lluvia, tormentas eléctricas, rayos, barro, frío, granizo, etc., para la toma manual de los remanentes de las llantas gigantes.

- Confiabilidad en la medición de remanentes, ya que se promedian tres mediciones en el hombro izquierdo y tres mediciones en el hombro derecho, distribuidos a 120 grados, indistintamente de la posición en que se encuentre el neumático.



- Los sensores van ubicados en al menos 3 puntos (120°)
- Se ubican en ambos hombros del neumático

Fig.12 Elaboración propia

- Mayor disponibilidad del equipo, ya que no es necesario pararlo para medir el desgaste de los neumáticos.

- El sensor envía la información directamente al sistema, por lo que se elimina los errores manuales en la transcripción de los datos, por parte de los inspectores de neumáticos.

- Detección oportuna, de los remanentes adecuados para enviar a reencauche y no perder el neumático.

- Mayor vida útil de los neumáticos, al realizar las rotaciones e inversiones oportunamente, reduciendo significativamente el presupuesto anual de neumáticos.

- Medición efectiva y real de la temperatura en la banda de rodamiento, alertando oportunamente, para evitar las separaciones por calor y amagos de incendio en los neumáticos.

6. Anexos

Para realizar la instalación de los sensores, se perforaron diferentes bandas de rodamiento, de diferente nivel de dureza, con un taladro y diferentes tipos de brocas.



Fig 13. Perforación en banda de rodamiento. Elaboración propia



Fig 14. Perforación con taladro en banda de rodado. Elaboración propia

7. Referencias bibliográficas

Zavaleta, M. 2016, "Actividades de mantenimiento dirigidas a los neumáticos de la flota de camiones Komatsu 730E en la empresa minera Barrick Misquichilca S.A. – Lagunas Norte"

Cahuana, C. 2019, Plan de monitoreo para reducir costos de consumo de neumáticos en operación de camiones komatsu 930e – 4se. caso: Minera Las Bambas.

Blanco, J. 2016, Incremento de la vida útil de neumáticos, para reducir costos de operación en camiones caterpillar 797F, en Toromocho - Chinalco Perú.

8. Ilustraciones / Imágenes / Tablas

Instalación: El sensor se inserta en la banda de rodamiento y la parte de control de aloja en la goma base del neumático

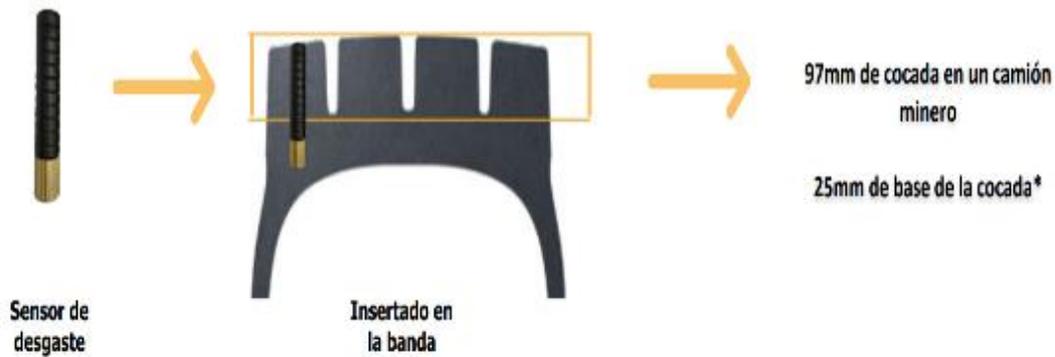


Fig.15 Instalación del sensor. Elaboración propia

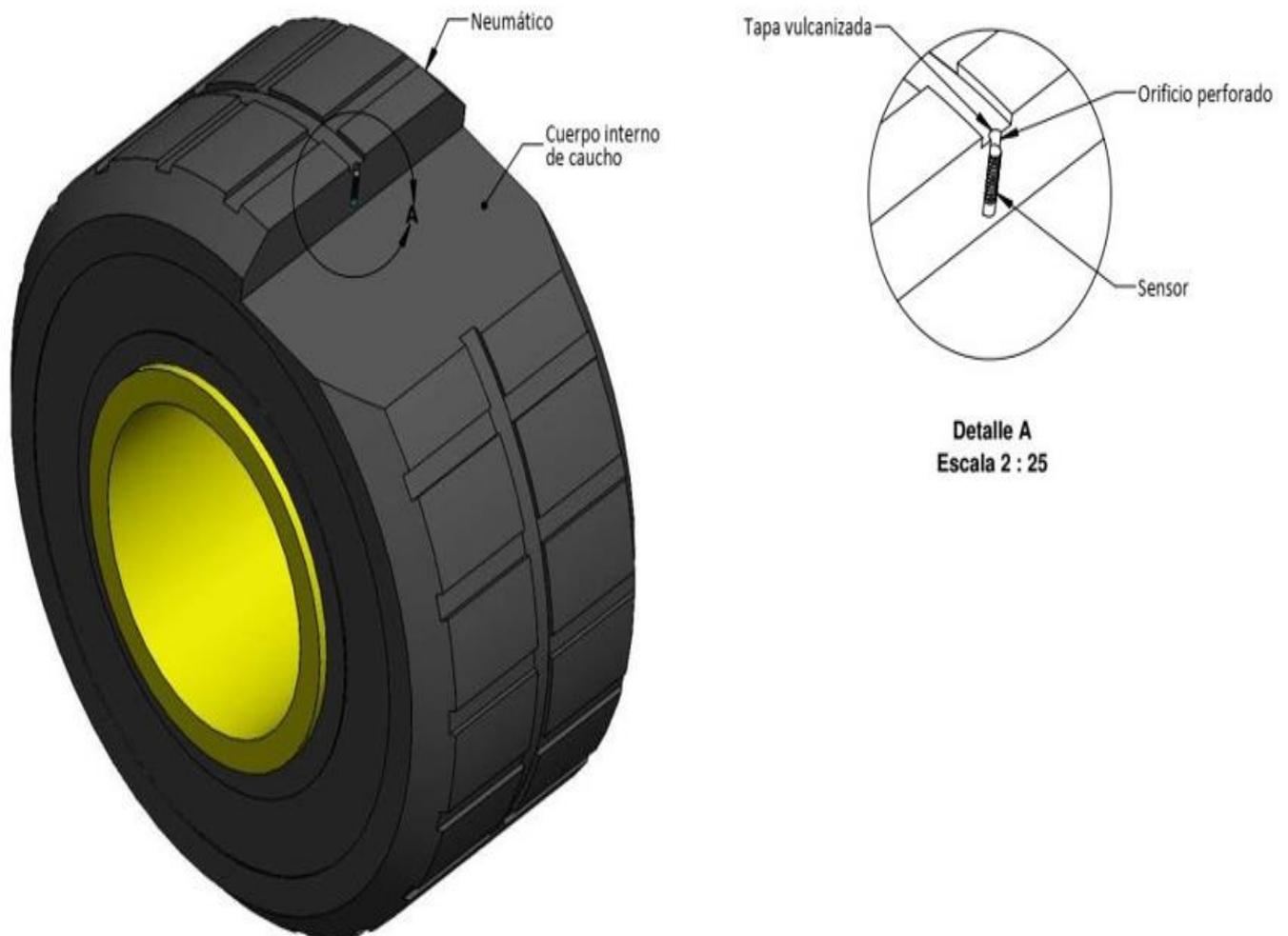


Fig 16. Montaje del sensor en el neumático. Elaboración propia

Arquitectura de la solución, kit para medición automatizada de la banda de la banda de rodamiento



Fig 17. Arquitectura de la solución. Elaboración propia

Indistinto a la marca del neumático y sistemas de presión y temperatura (TPMS)



Fig 18. Implementación ágil en equipos de acarreo

Autor:

Arturo Mauricci Ortega

Ing. Mecánico, egresado de la Universidad Nacional de Trujillo. Magister en Administración, por universidad ESAN. Diplomado en la Escuela de Negocios de Arizona State University, EEUU. Supervisor de Mantenimiento en Zublin Chile, Minera Yanacocha y Minera Las Bambas en la actualidad. Premio en concursos de proyectos, como Ideas Transformadoras, de Medio Ambiente y de Seguridad.

Coautor:

Angel Alvarez Solis

Ingeniero Mecánico por la Universidad Nacional de San Agustín y Magíster en Diseño de Producto por la Universidad Internacional de La Rioja (España). Con amplia experiencia en el diseño, análisis estructural (CAD-CAM-CAE), fabricación y reparación de componentes críticos para equipos de alto tonelaje, como palas eléctricas y camiones mineros, así como en el análisis de desgaste y la implementación de mejoras para optimizar el rendimiento. Además, ha liderado el desarrollo de proyectos de innovación tecnológica, aplicando escáner 3D, impresión 3D e IoT en el sector minero.