

“Global Predictive Maintenance: Aplicación de Tecnologías de I4.0. para el desarrollo de soluciones de mantenimiento predictivo a nivel global de maquinaria de construcción y obra pública”

**ANMOPYC**  
**ITAINNOVA**  
**2018**

- Objetivo del proyecto
- Antecedentes
- Breve Estado del Arte: tecnologías, referencias.
- Captura de necesidades.
- Realización de un caso de uso.
- Diseño conceptual de una plataforma global.
- Cartera de Proyectos.

El objetivo de este proyecto es **la definición de una cartera de proyectos de desarrollo experimental e innovación relacionada con la creación de una plataforma tecnológica** orientada a generar servicios innovadores de mantenimiento predictivo de maquinaria de construcción y obra pública a nivel global.

- Captura de necesidades y problemática a resolver.
- Diseño conceptual de una plataforma tecnológica de mantenimiento predictivo.
- Clasificación y valoración de las tecnologías.
- Desarrollo de modelos de negocio.
- Generación de proyectos de desarrollo e implantación de soluciones de mantenimiento predictivo que puedan ser provistas a través de servicios post-venta por parte de los fabricantes.

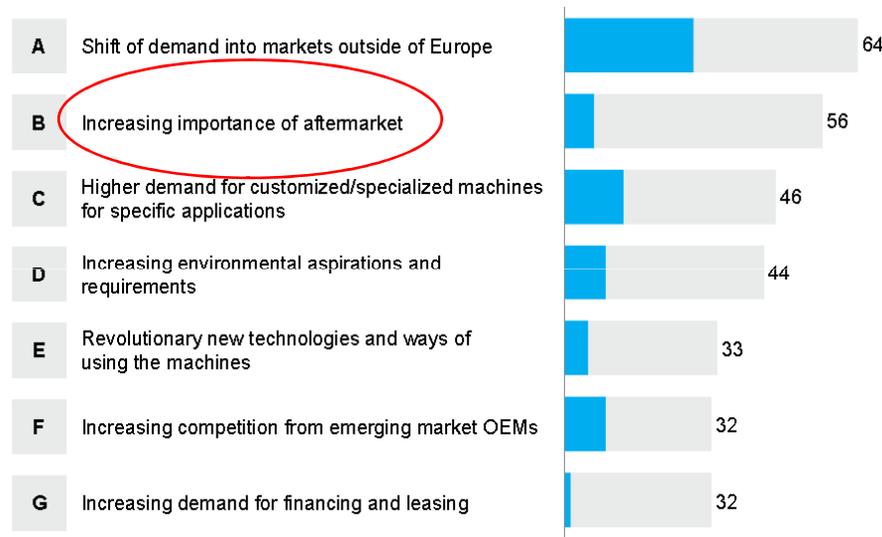
- **Congreso CECE 2014:** “La competitividad de los fabricantes en el medio plazo pasa por posicionar al sector en el nuevo escenario global:
  - Nuevas máquinas que den respuesta a los nuevos desafíos de la construcción y la minería.
  - Adecuación de los procesos de fabricación y exportación a la nueva realidad global.
- Este proyecto está centrado en el punto 2, especialmente en “los procesos de post-venta de las máquinas a nivel global”.
- **“Reengineering construction equipment: from operations focused to customer centric”**, McKinsey&Company, 2016
  - “generación de servicios aftermarket para usuarios finales y distribuidores”.
  - Una de las operativas de mayor impacto es el mantenimiento del parque de maquinaria en las obras.

OEMs consider "shift of demand into markets outside of Europe" and "increasing importance of aftermarket" the 2 most important trends

**Trend** Importance of trend  
Share of OEMs ranking trend among the 5 most important, percent

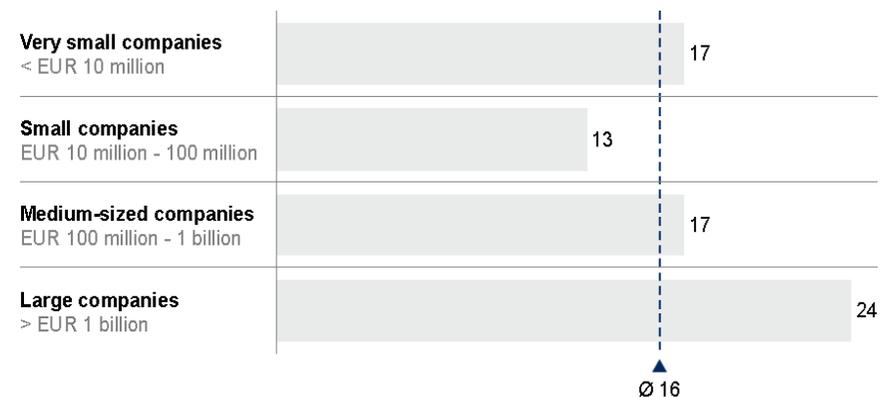
Importance for those who selected answer:

■ Most important trend  
■ Top 2 - 5 trend



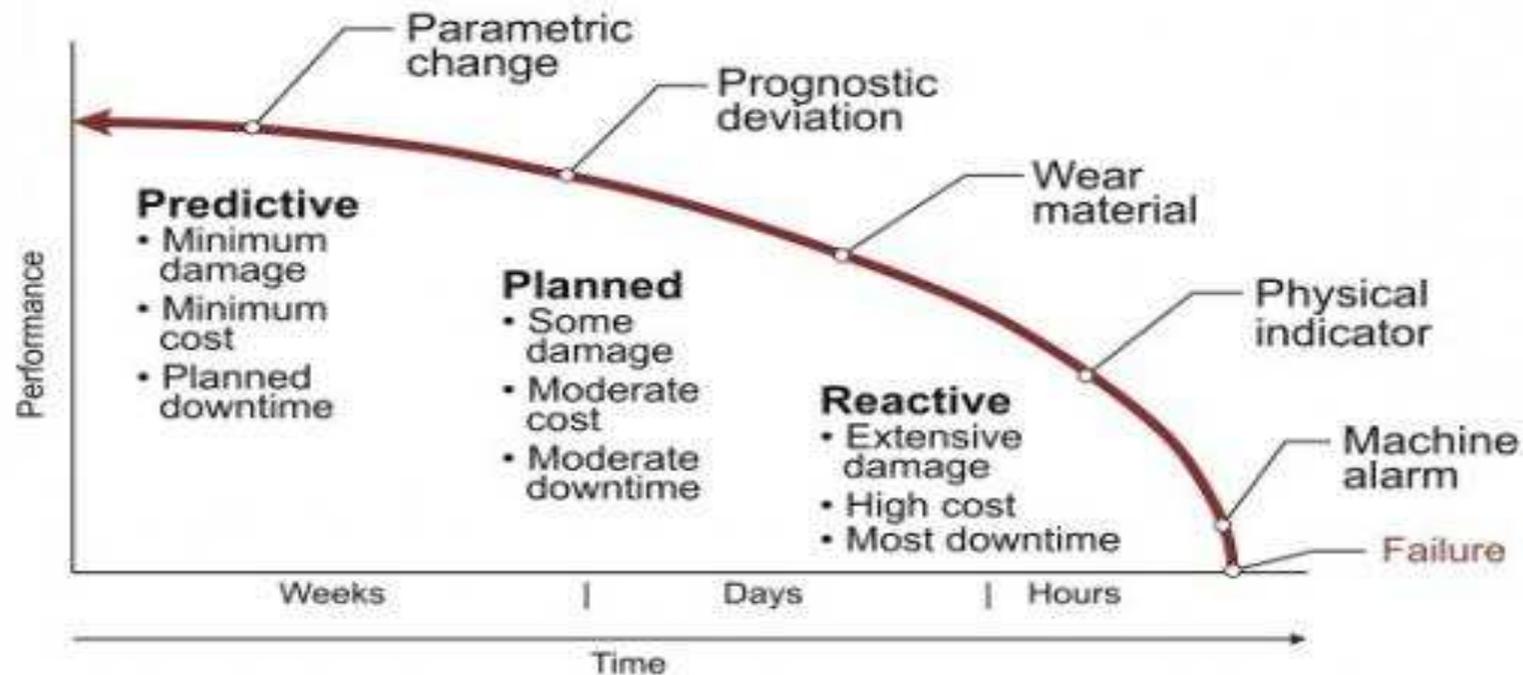
“Reengineering construction equipment: from operations focused to customer centric”, McKinsey&Company, 2016

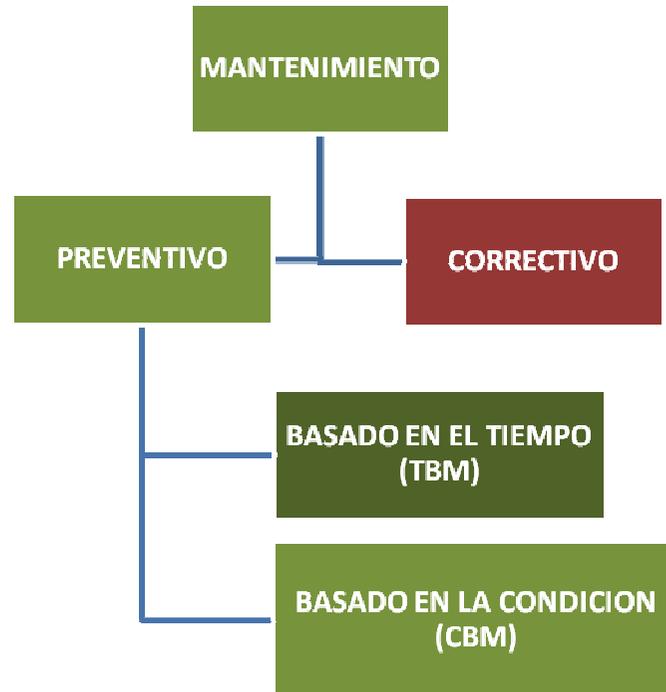
Share of revenue from aftersales by OEM size  
Percent, n = 76



Necesidad de reducir operaciones de mantenimiento correctivo sobrevenidas durante la realización de operaciones en obra.

## The P-F Curve





Según John Deere el MBC se basa la toma de datos que predice con precisión el rendimiento y desgaste de la máquina de manera que se puedan tomar las medidas correctivas para optimizar la disponibilidad de máquina. El MBC ahorra dinero al relacionar los intervalos de servicio con el entorno de trabajo o con las condiciones reales del uso de la máquina. El MBC mantiene las máquinas operando y alejadas del taller

UPTAKE

PRODUCTS

INDUSTRIES

ABOUT

EXPERTISE

NEWS & INSIGHTS



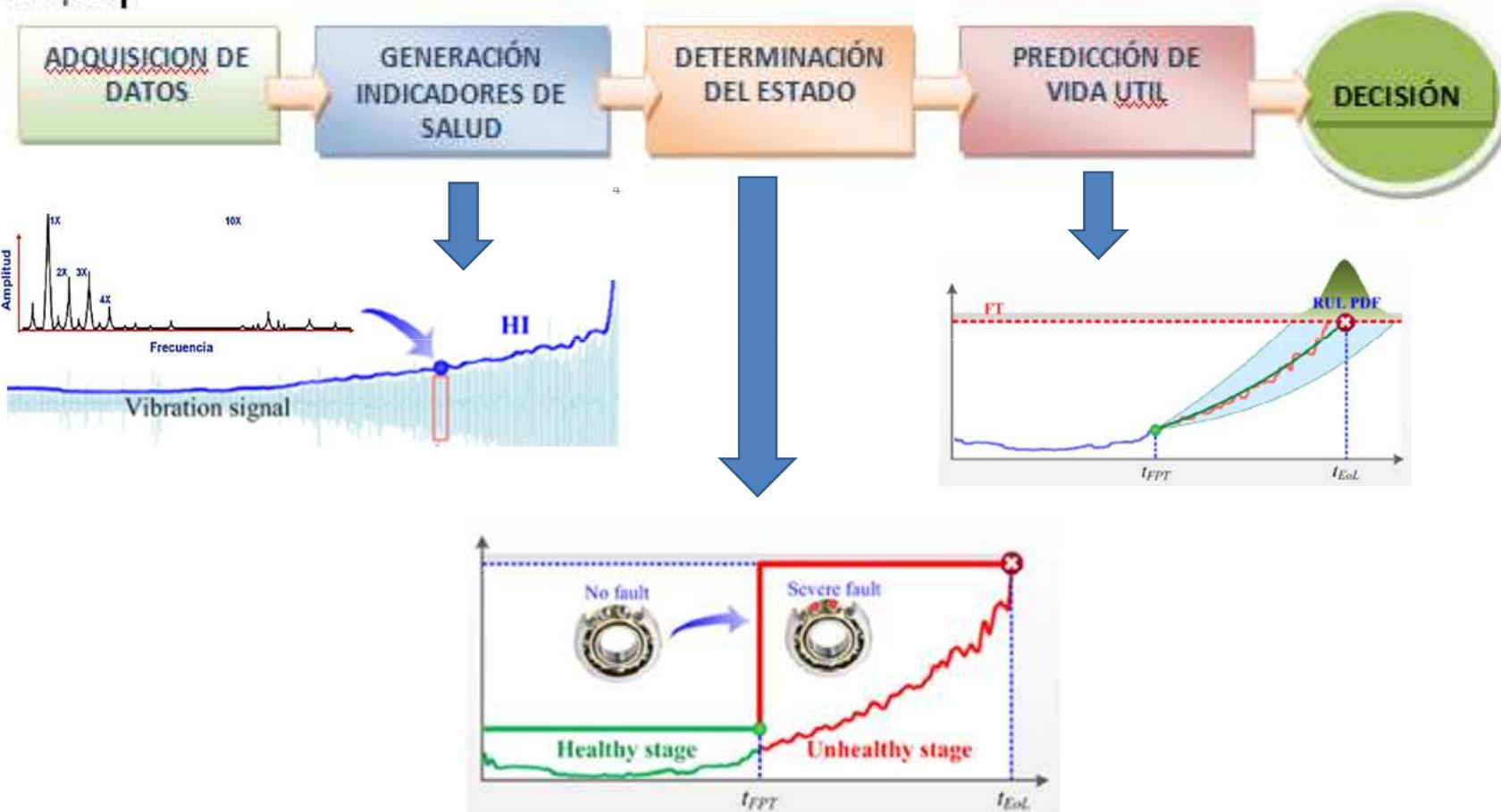
— INSIGHTS

## HOW BIG DATA MAKES PREDICTIVE EQUIPMENT MAINTENANCE POSSIBLE

POSTED ON

# Breve Estado del Arte

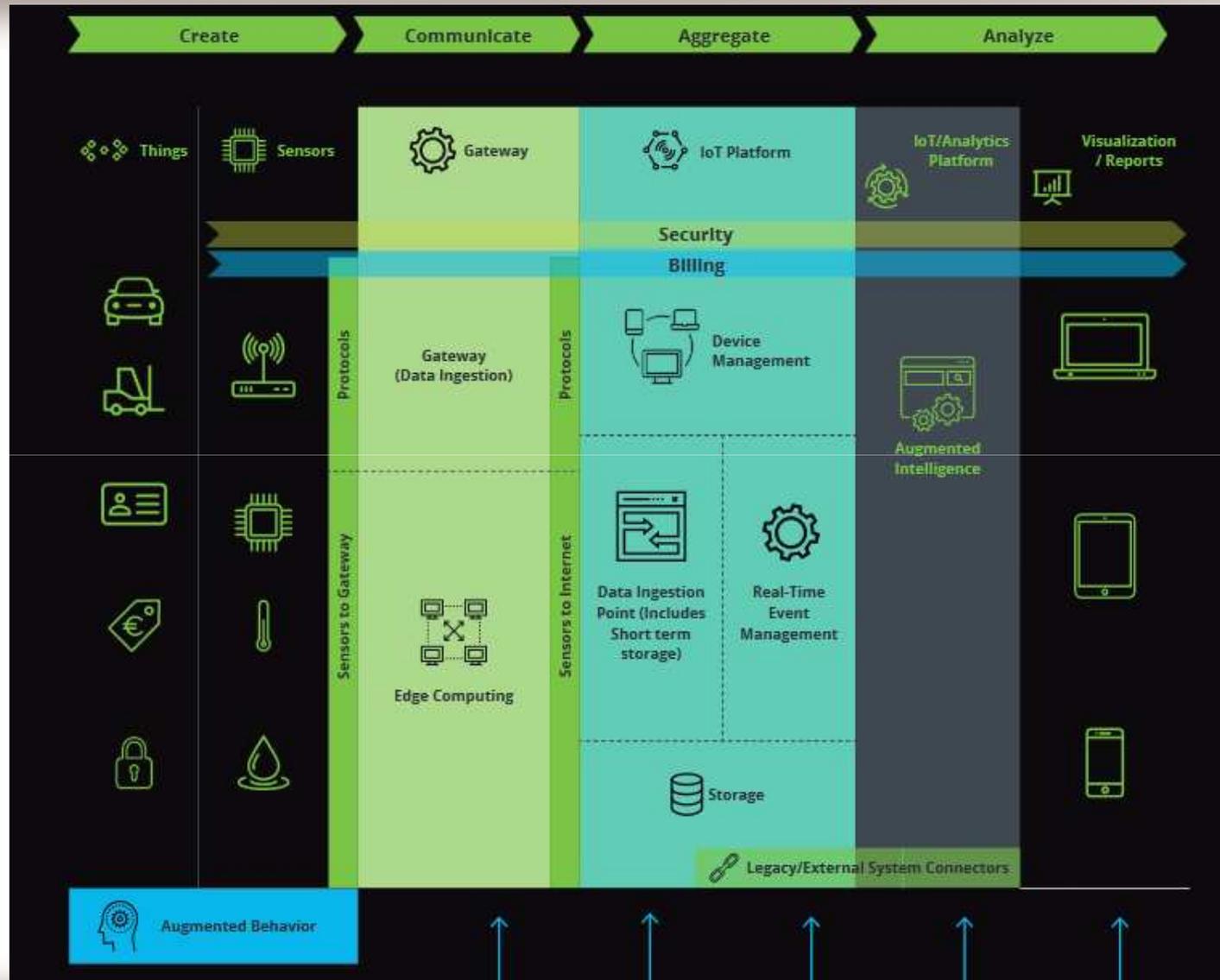
El flujo de trabajo de un sistema de mantenimiento basado en la condición sigue las siguientes etapas:



Phase	Techniques
Data processing	<ul style="list-style-type: none"><li>- Kalman filtering</li><li>- Time-frequency/time-frequency moments</li><li>- Wavelet analysis</li><li>- Autoregressive (AR) model</li><li>- Fourier analysis</li><li>- Wigner-Ville analysis</li><li>- Fuzzy logic</li><li>- Artificial Neural network</li><li>- Genetic algorithms</li><li>- Statistical pattern recognition</li><li>- Hidden Markov model</li><li>- Support Vector Machine</li><li>- Decision tree induction</li></ul>
Diagnostics	<ul style="list-style-type: none"><li>- Logistic regression</li><li>- Artificial Neural network</li><li>- Reliability theory</li><li>- Statistical analysis (e.g. Regression)</li><li>- Time series data analysis</li></ul>
Prognostics	<ul style="list-style-type: none"><li>- Case Based Reasoning (CBR)</li><li>- Renewal theory</li><li>- Math programming</li><li>- Simulation</li></ul>
Maintenance operation	<ul style="list-style-type: none"><li>- Multi-Criteria Decision Making (MCDM)</li></ul>

# Breve Estado del Arte

## IIOT



- 5 empresas de ANMOPYC
- Temas de mantenimiento: tiempos de funcionamiento, localización de la máquina, km recorridos, sensorización de elementos especiales, ...
- Otros usos de los datos.
- Tecnología: Sensores para necesidades especiales, alimentación de los sensores, Comunicaciones en lugares remotos, Algoritmos de cálculo específicos.

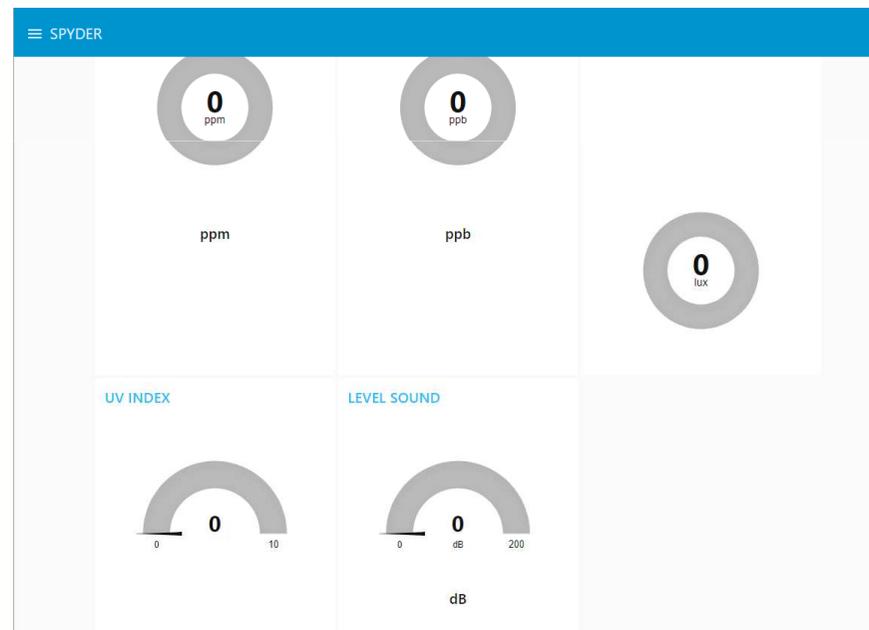
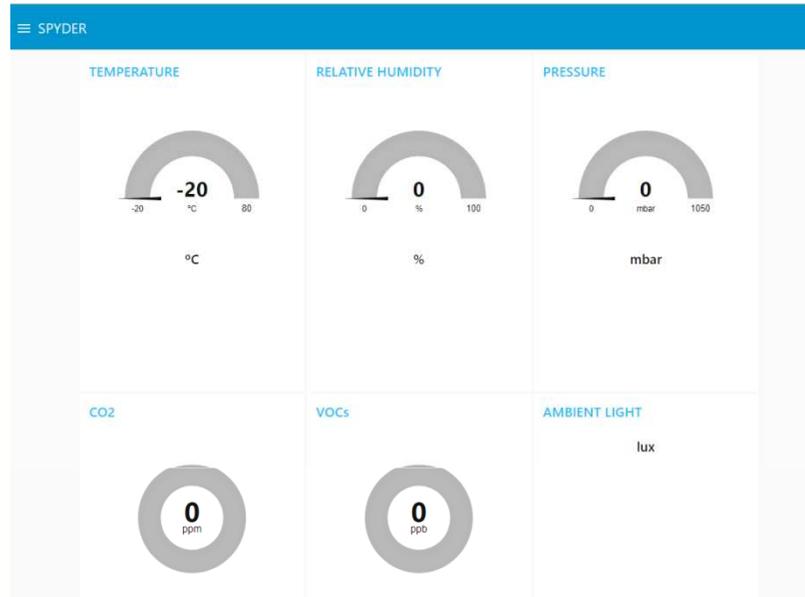


# Realización de un caso de uso

Funcionalidad	Parámetro	Elementos necesarios
Conocimiento sobre funcionamiento del motor	Vibración mecánica en la botella del vibrador	Acelerómetro digital de 3 ejes
	Intensidad eléctrica del motor	Sensor de corriente
	Horas de funcionamiento	RTC
	Eventos de funcionamiento (arranques, paradas)	Sensor de temperatura/humedad
	Registro de eventos en tiempo real (dd/mm/yyyy hh:mm:ss)	Tarjeta uSD/Memoria
	Temperatura del Spyder	
	Grado de humedad del Spyder	
Conocimiento sobre entorno de trabajo	Variables meteorológicas del entorno (temperatura, humedad, presión)	Sensor de temperatura/humedad
	Localización del equipo (coordenadas GPS)	Sensor de presión barométrica Receptor GPS
Identificación de la máquina	Código identificativo a incluir en los envíos de datos a la nube	Firmware/Tarjeta uSD/Memoria/Switches
Alimentación de la electrónica mediante Energy Harvesting	Vibraciones del equipo	Transductor Piezoeléctrico
	Temperatura del equipo	Transductor Térmico

REQUISITOS DE LA ELECTRÓNICA IoT	
Comunicaciones con la nube	Módulo 4G/3G/2G + GPS Protocolo TCP/IP, UDP, MQTT
Microcontrolador	Arduino UNO GHI Lemur SiLabs STK3700
Sensores	RTC Tarjeta uSD Sensores T+H+P ambientales Acelerómetro digital 3 ejes
Alimentación eléctrica	Batería
En el interior de la máquina	Detección ON/OFF Sensor de corriente Sensor T+H

# Realización de un caso de uso



CAPA	FUNCIONALIDAD	USO MBC	TECNOLOGÍAS
GLOBAL	arquitectura desde el Sensor al uso de los datos	Columna vertebral del proyecto	todas las indicadas aquí
SENSORIZACIÓN	Captura de variables físicas	Sensorización componentes de máquinas	Sensores SIMPLES, COMPLEJOS, SOFISTICADOS
		Integración electrónica	Electrónica flexible
			Energy Harvesting
ACONDICIONADOR SEÑAL	Adaptación sensor a electrónica	Adaptación a los nuevos sensores SENSING TEXT	
PLACA CONTROL	Realización adquisición y control de comunicaciones.	Corazon de los nodos	RASP, ARDUINO, THUNDER BOARD, GHI, NETDUINO, otros

## Sensores simples, pero útiles:

- ✓ Sensores de horas de uso, contadores de arranques y paradas.
- ✓ GPS para conocer posición, rutas y relacionarlo con condiciones ambientales.
- ✓ Sensores ambientales (temperatura, humedad, partículas...) y condiciones de trabajo que pueden afectar al envejecimiento, por ejemplo por corrosiones.

## Sensores más complejos que necesitan procesado y tratamiento de datos:

- ✓ Acelerómetros para la valoración de vibraciones.
- ✓ Células de carga para la medida de esfuerzos y sobreesfuerzos.
- ✓ Sensores de fuga de líquidos o gases,
- ✓ Sensores de presión y/o caudal que nos indiquen pérdidas por debajo de los estados óptimos de trabajo

## Sensores sofisticados y novedosos:

- ✓ Sensores generadores de mapas térmicos (Termopilas) para conocer las condiciones de trabajo, los esfuerzos térmicos y la distribución de los puntos calientes.
- ✓ Sensores de imagen, para la determinar estado piezas: corrosión, golpes de piedras, vibraciones fuera de rango...
- ✓ Sensores acústicos para análisis del ruido generado por los mecanismos
- ✓ Fibras óptica de Bragg, determinación distribuida de esfuerzos y otros parámetros

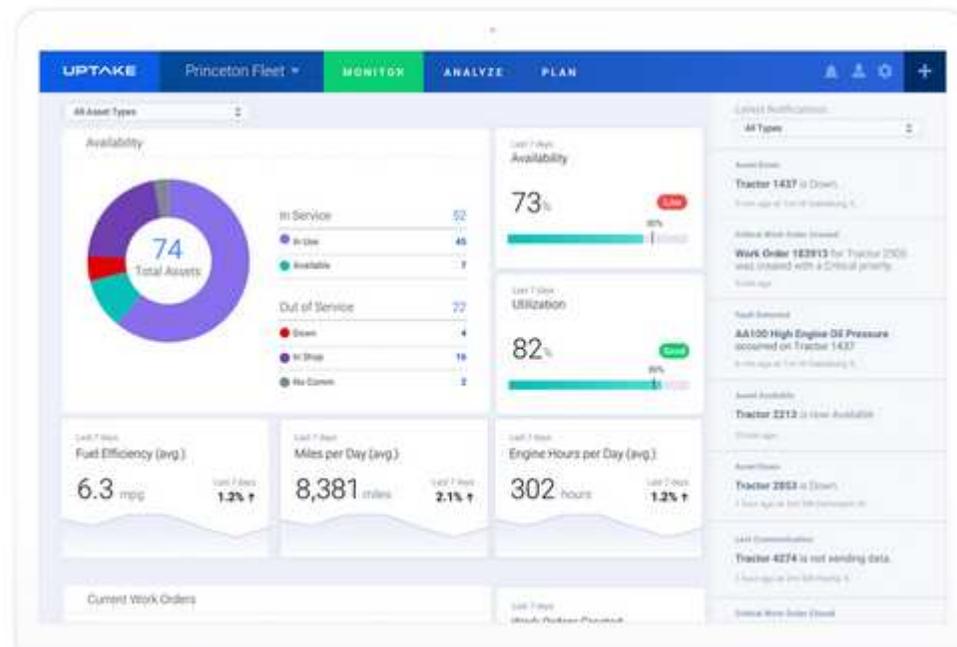
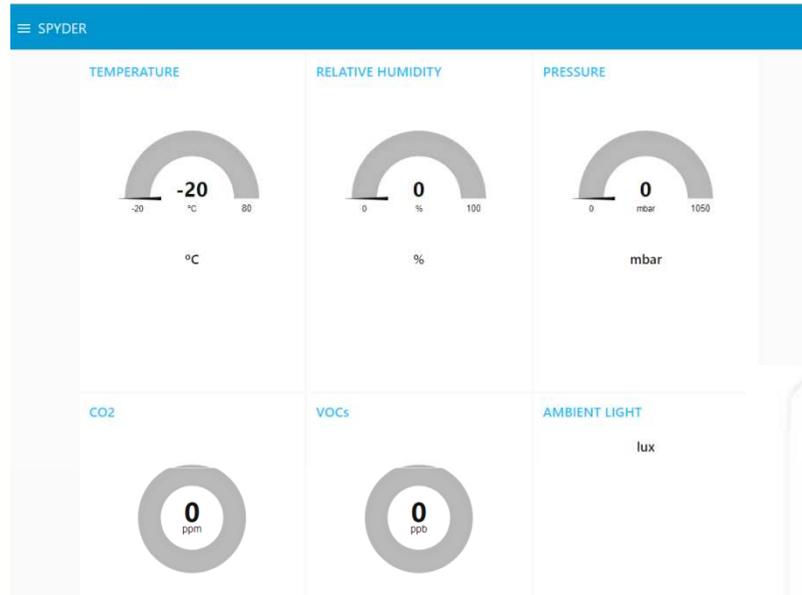
# Plataforma Conceptual

CAPA	FUNCIONALIDAD	USO MBC	TECNOLOGÍAS
GLOBAL	arquitectura desde el Sensor al uso de los datos	Columna vertebral del proyecto	todas las indicadas aquí
SISTEMA OPERATIVO Y EDGE ANALYTICS	Procesado in-situ de señales y datos	Procesamiento de datos en tiempo real in-situ, disminuyendo flujo de datos	FreeRTOS
			RIOT
			PROCESADO DIGITAL DE SEÑAL
RED LOCAL	Comunicación entre nodos	Enlace de los nodos en una habitación o	THREAD
			BLE-5 MESH
RED GLOBAL	Comunicación con la nube	Uso de GATEWAY multitecnologico para conexión con la nube	WIFI, NB-IOT, LORA, SIGFOX, CAT-M
PROTOCOLO CON NUBE	Protocolo intercambio de datos	transmisión de datos	MQTT
		transmisión de datos	COAP
FORMATO DATOS	Estructura de datos	Formato de intercambio de datos	JSON
			XML

CAPA	FUNCIONALIDAD	USO MBC	TECNOLOGÍAS
GLOBAL	arquitectura desde el Sensor al uso de los datos	Columna vertebral del proyecto	todas las indicadas aquí
PLATAFORMA NUBE	Recolección de datos	Repositorio de datos	Gratuitas Pago: AWS, Propietaria
BASES DE DATOS	Mantenimiento de datos para procesado	Organización de datos en la nube	Estructuradas: SQL No estructuradas: Mongo
SEGURIDAD	Registro de datos feaciente	registro de datos	BLOCKCHAIN: Ethereum, IOTA
	Confidencialidad datos	Confidencialidad datos	Algoritmos de Encriptación/Desencriptación (AES, DES, ..)
VISUALIZACIÓN	Mostrar datos en multiples plataformas	Pantallas usuario y controlador sistema	NODE_RED

# Plataforma Conceptual

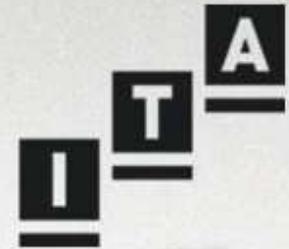
## OEEs UMEC



- 1) Plataformas específicas de mantenimiento preventivo/predictivo para diferentes tipologías de máquinas MOPYC
- 2) Desarrollo y experimentación de servicios post-venta basados en el uso de los datos para diferentes tipologías de máquinas MOPYC.
- 3) Desarrollo de sensores/algoritmos específicos de predicción para prevenir las roturas de piezas del alto valor o de gran compromiso: grandes rodamientos, estructuras, ...
- 4) Captura de datos de uso de la máquina para otras aplicaciones: mejora de diseño, mejoras de prestaciones, seguros/garantías, conexión de las máquinas con sistemas BIM, ...



**ITAINNOVA**  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ARAGÓN



**Solo aquel que ha llegado muy lejos, sabe de la importancia de no viajar solo.**

**Viajemos juntos**