



# INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A MANTENIMIENTO

David López Maganto

Presidente del Comité de Tecnologías Futuras de AEM

Director de Innovación de Sisteplant

Miembro del Consejo de Administración de Sisteplant



ASOCIACIÓN ESPAÑOLA  
DE MANTENIMIENTO  
DESDE 1977 PARA FOMENTO  
DEL MANTENIMIENTO



Sisteplant  
smart solutions





## Contenidos

1. **INTRODUCCIÓN**
2. **INTELIGENCIA ARTIFICIAL: QUÉ ES**
3. **TECNOLOGÍAS QUE ENGLOBA LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL**
4. **BENEFICIOS, COSTES Y RIESGOS**
5. **ÉTICA E IA**
6. **APLICACIONES EN MANTENIMIENTO Y FIABILIDAD**



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE  
MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

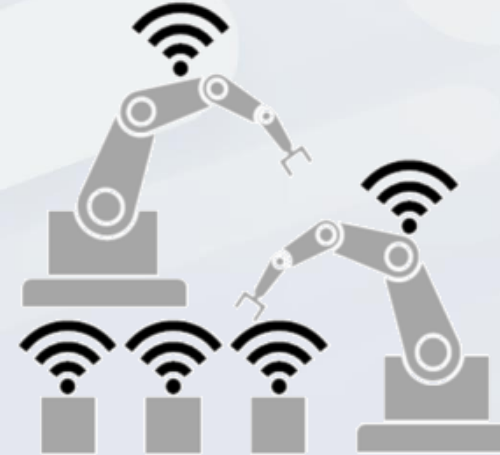
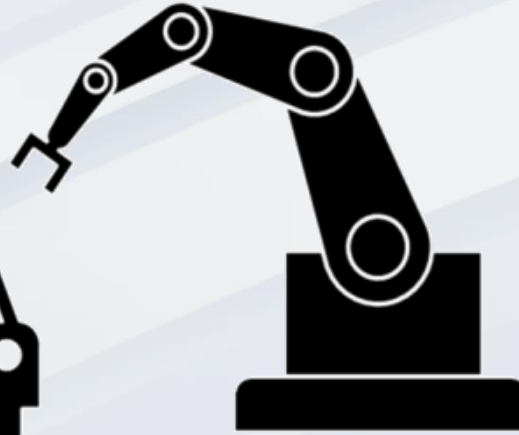
24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



Asociación  
Colombiana  
de Ingenieros

# 1. INTRODUCCIÓN





**1- Revolución Industrial.  
Industria Ligera**

**2- Revolución Industrial.  
Industria Pesada y  
Química**

**3- Revolución Industrial.  
Ordenadores  
Internet**

**4- Revolución Industrial.  
Transformación Digital (IIoT, IA,  
BD, GD, BK)**

**5- Revolución Industrial.  
Centrado Humano,  
Resiliencia  
&  
Sostenibilidad**



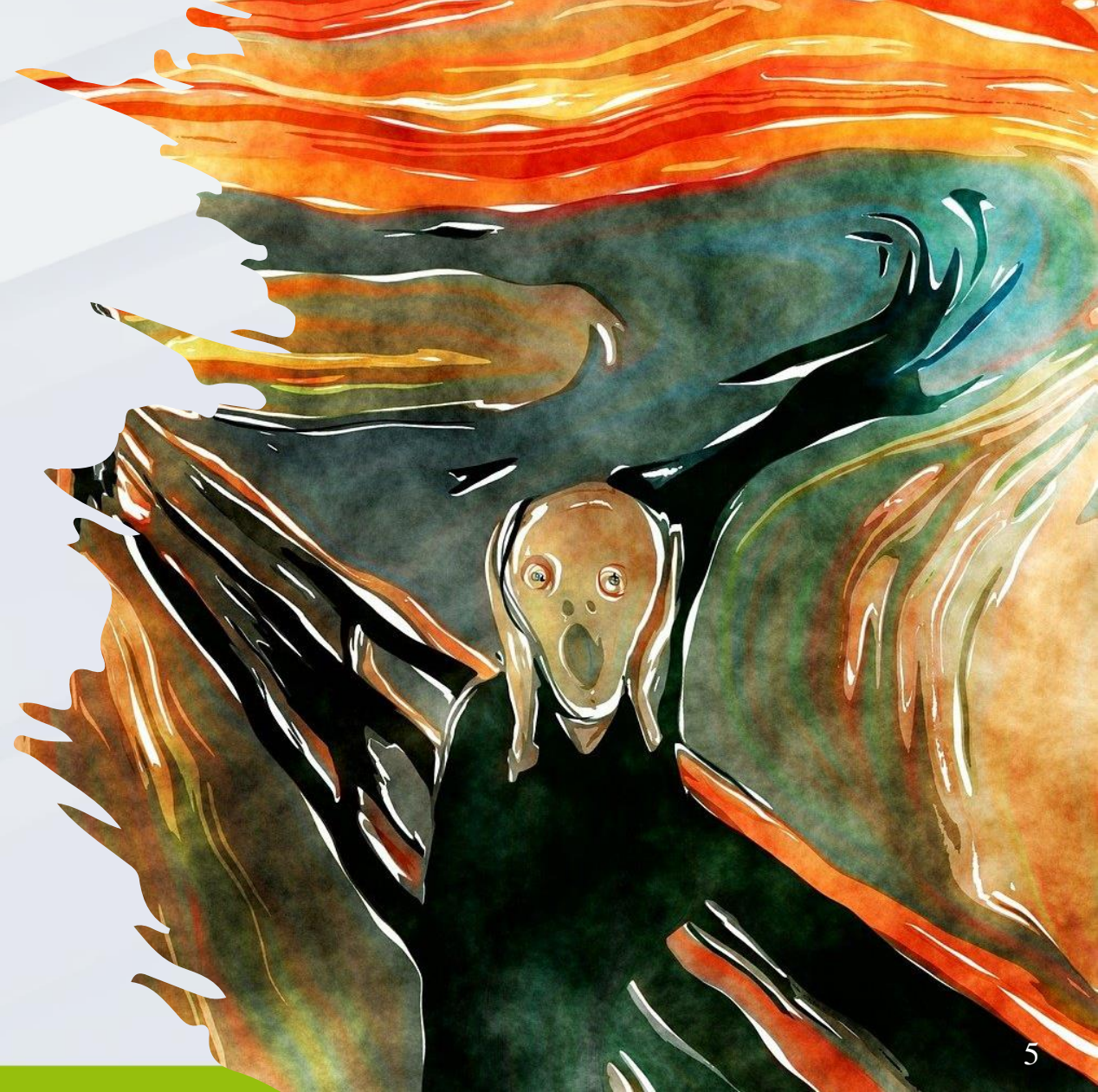


INDUSTRIA 4.0  
INDUSTRIA 5.0  
SMART FACTORY  
MANUFACTURA AVANZADA  
CIBERPLANTA  
INDUSTRIA 4.0  
TRANSFORMACIÓN  
DIGITAL

## Bla, bla, bla...

*Saturación de palabras, acrónimos, siglas...  
para describir lo mismo:*

**El impacto de la tecnología**





# IA Generativa







# EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO







XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE  
MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



Asociación  
Colombiana  
de Ingenieros



# De manos manchadas

# a materia gris





## Mantenimiento predominantemente manual

1



Facilitado por las funciones de autodiagnóstico de las máquinas, la aportación de datos relevantes del proceso y la incorporación de dispositivos IoT

## Automatización parcial del mantenimiento

2



Por medio de la utilización de robots móviles autónomos con capacidad de inspección y realización de operaciones físicas sencillas (apriete de una válvula, por ejemplo)

## Mantenimiento altamente automatizado con robots

3



Dos condiciones:

1. El propio diseño de las máquinas se conciba para ser mantenidas por robots
2. Evolución tecnológica de los robots autónomos permita realizar operaciones de fuerza y precisión.





AGVS/AMRs

Robots autónomos

Posicionamiento indoor

RFID

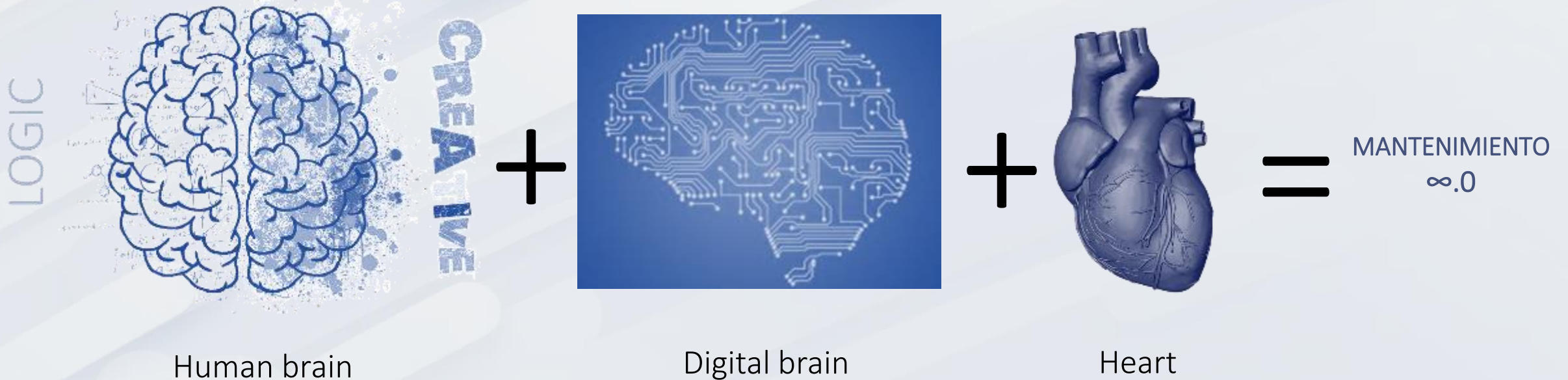
Almacenes  
descentralizados







## INTELIGENCIA EQUILIBRADA = HUMANA + ARTIFICIAL + EMOCIONAL



*La tecnología incrementa las capacidades físicas, sensitivas y cognitivas de las personas...*

**FIABILIDAD = INTELIGENCIA HUMANA x (TECNOLOGÍA + TÉCNICA)**



**Transformación  
Digital**



**Automatización**



**Perfecta  
hibridación  
sincronizada**



**Personas**



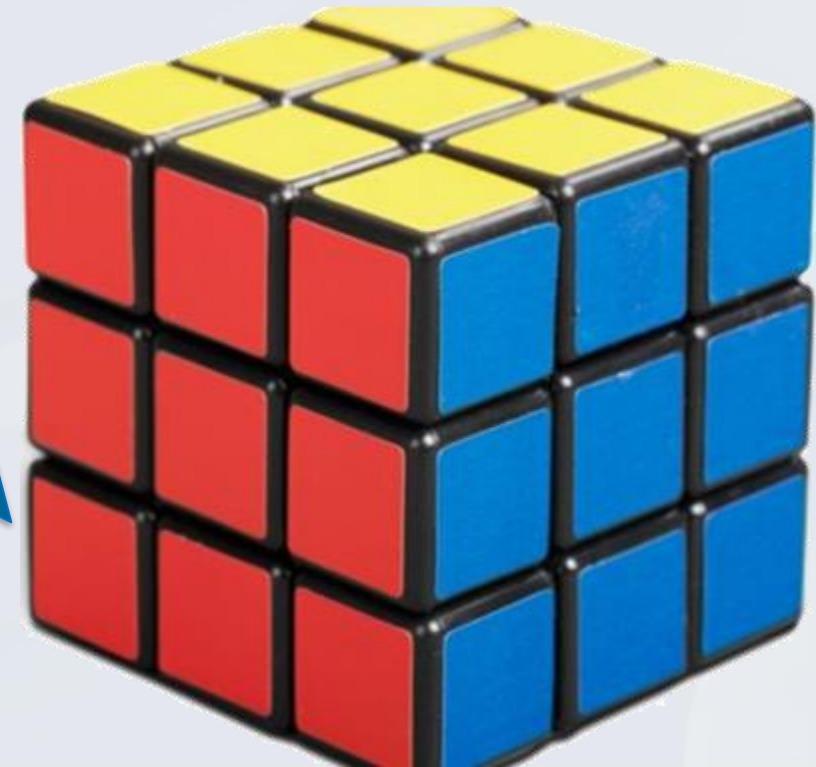
**TRANSFORMACIÓN INTEGRAL**





Ejemplo: “Si automatizo, ¿cómo afecta esto al flujo global de materiales?, ¿cómo afecta a los perfiles de las personas que necesito y a mi modelo organizativo?, ¿cómo afecta a los requerimientos de mantenimiento?, ¿cómo afecta esto a la recopilación de datos y los requisitos de software para tener el dominio del proceso y del contexto?”

La hibridación del mundo físico (materiales, máquinas, procesos) con el mundo digital (datos, tecnologías) implica relaciones no evidentes entre ellos que deben ser resueltas teniendo un punto de vista integrador de todo el sistema



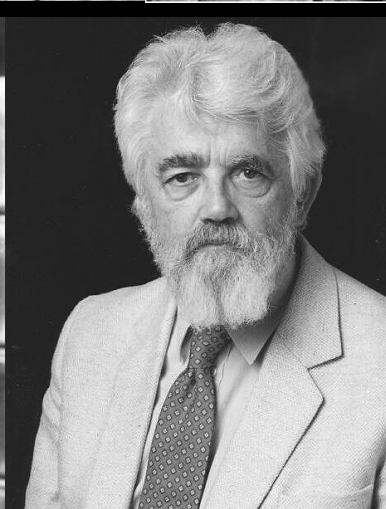
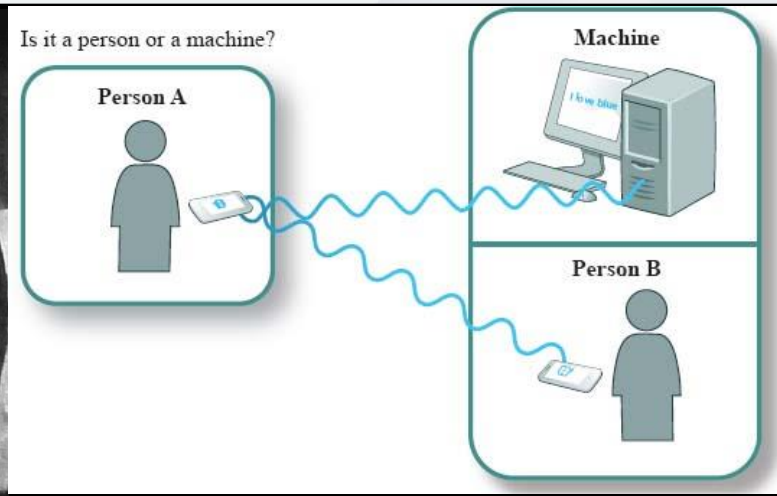
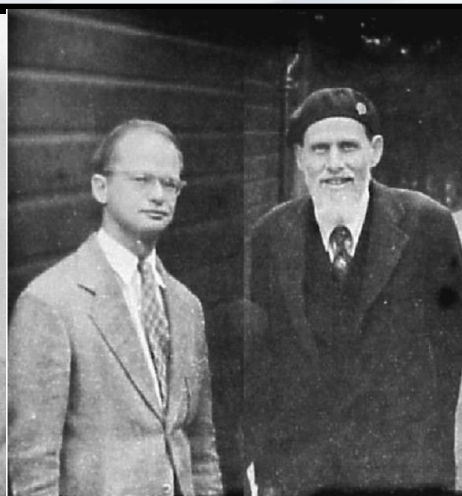




## 2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL: QUÉ ES



## Un poco de historia...



Welcome to

```

EEEEEE LL      IIII  ZZZZZZZ  AAAAA
EE      LL      II     ZZ  AA  AA
EEEEEE LL      II     ZZZ  AAAAAA
EE      LL      II     ZZ  AA  AA
EEEEEE LLLLLL IIII  ZZZZZZZ  AA  AA

```

Eliza is a mock Rogerian psychotherapist.  
The original program was described by Joseph Weizenbaum in 1966.  
This implementation by Norbert Landsteiner 2005.

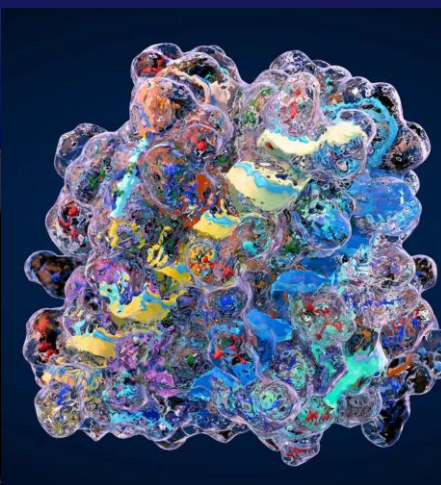
ELIZA: Is something troubling you ?  
YOU: Men are all alike.  
ELIZA: What is the connection, do you suppose ?  
YOU: They're always bugging us about something or other.  
ELIZA: Can you think of a specific example ?







## Un poco de historia...

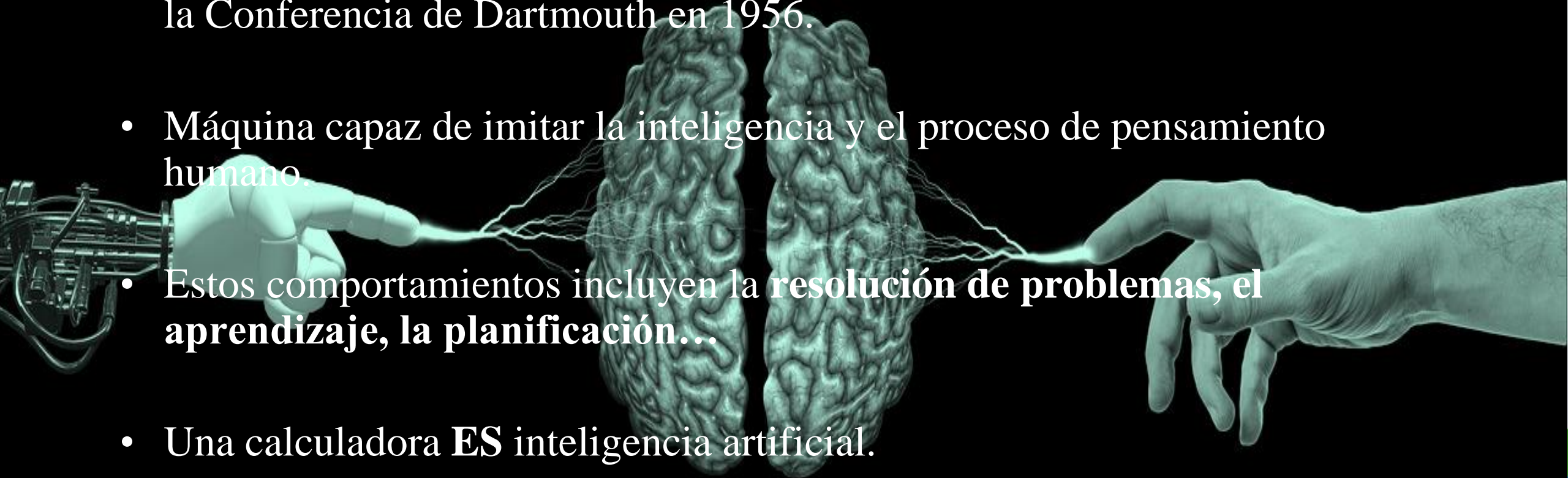






## Inteligencia Artificial

- Término acuñado por John McCarthy, Marvin Minsky y Claude Shannon en la Conferencia de Dartmouth en 1956.
- Máquina capaz de imitar la inteligencia y el proceso de pensamiento humano.
- Estos comportamientos incluyen la **resolución de problemas, el aprendizaje, la planificación...**
- Una calculadora **ES** inteligencia artificial.





# Pero... ¿qué es la Inteligencia?

inteligencia<sup>1</sup> + SIN. / ANT.

comprender Conjugar SIN. / ANT.

Del lat. *intelligentia*.

De *comprehender*.

1. f. Capacidad de entender o comprender.

1. tr. Abrazar, ceñir o rodear por todas partes algo.

SIN.: entendimiento, inteligencia, perspicacia, minería.  
ANT.: torpeza.

SIN.: abrazar, ceñir, rodear.

## inteligencia artificial

1. f. *Inform.* Disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico.

2. f. Capacidad de resolver.

ANT.: torpeza.

3. f. Conocimiento, comprensión.

4. f. Sentido en que se puede tomar una proposición, un dicho o una expresión.

5. f. Habilidad, destreza y experiencia.

ANT.: torpeza.

6. f. Trato y correspondencia secreta de dos o más personas o naciones entre sí.

SIN.: avenencia, armonía, acuerdo, pacto, unión.  
ANT.: desacuerdo, desavenencia.

7. f. Sustancia puramente espiritual.

8. f. **servicio de inteligencia.**

4. tr. Encontrar justificados o naturales los actos o sentimientos de otro. *Comprendo sus temores. Comprendo tu protesta.*

SIN.: justificar, excusar, disculpar.





# Pero... ¿qué es la Inteligencia?

## pensar Conjugar SIN. / ANT.

Del lat. *pensāre* 'pesar', 'calcular', 'pensar'.

Conjug. c. *acertar*.

1. tr. Formar o combinar ideas o juicios en la mente. *Me asusta lo que pienso.*
2. tr. Examinar mentalmente algo con atención para formar un juicio. *Piensa bien la respuesta.*  
*SIN.:* razonar, discurrir, cavilar, meditar, estudiar, reflexionar, recapacitar.
3. tr. Opinar algo acerca de una persona o cosa. *¿Qué piensas DE él?*  
*SIN.:* opinar, creer, entender, considerar, juzgar, estimar.
4. tr. Tener la intención de hacer algo. *Pienso ir mañana.*  
*SIN.:* proyectar, planear.
5. tr. Echar pienso a los animales.
6. intr. Formar en la mente un juicio u opinión sobre algo. *No pienses más EN este asunto.*
7. intr. Recordar o traer a la mente algo o a alguien. *Me esforzaba en no pensar EN ella.*
8. intr. Tener en consideración algo o a alguien al actuar. *A ver si piensas EN los demás.*

## computar Conjugar SIN. / ANT.

Del lat. *computāre*.

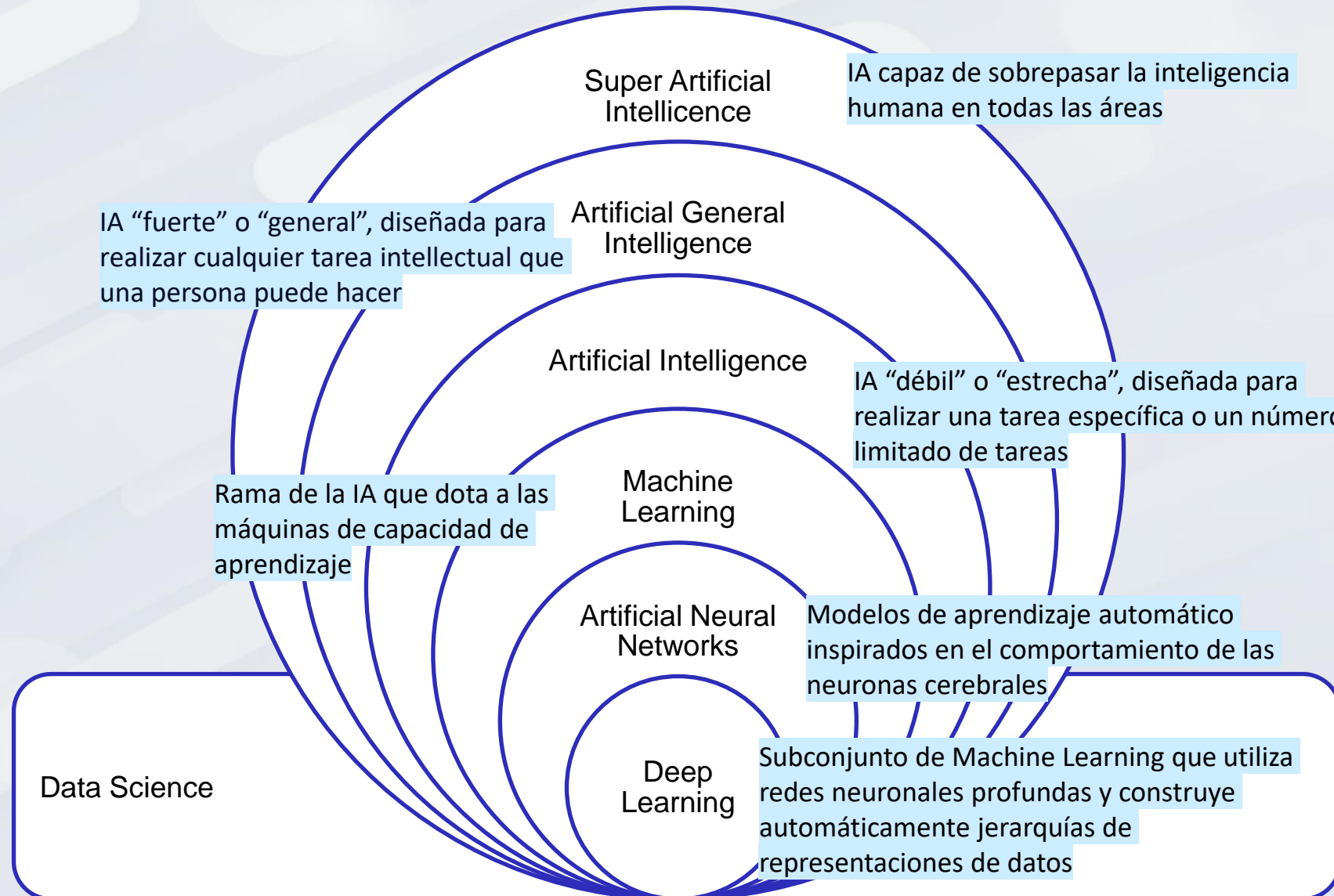
1. tr. Contar o calcular algo numéricamente, p. ej., los años, el tiempo o la edad.  
*SIN.:* contar, calcular, contabilizar, tasar, valorar, medir, evaluar, tantear.
2. tr. Tomar en cuenta algo, ya sea en general, ya de manera determinada. U. t. c. prnl. *Se computan los años de servicio en otros cuerpos. Los partidos ganados se computan con dos puntos.*

## aprender Conjugar SIN. / ANT.

Del lat. *apprehendēre*.

1. tr. Adquirir el conocimiento de algo por medio del estudio o de la experiencia. U. t. c. intr. *Hay que aprender DE los propios errores.*  
*SIN.:* formarse, instruirse, ilustrarse, aplicarse, prepararse, ejercitarse, aprehender, cultivar.  
*ANT.:* desaprender, ignorar, enseñar.
2. tr. Concebir algo por meras apariencias, o con poco fundamento.
3. tr. Fijar algo en la memoria. *No consigo aprender su teléfono.*  
*SIN.:* memorizar, estudiar, empollar, asimilar.  
*ANT.:* olvidar, desaprender.
4. tr. desus. prender.
5. tr. desus. Enseñar, transmitir unos conocimientos.

Entender implica pensar  
Aprender no implica entender  
Computar no es pensar







## DATA SCIENCE

Procesos colectivos, teorías, conceptos, herramientas y tecnologías que permiten registrar, almacenar, revisar, analizar y extraer conocimiento e información valiosa a partir de datos sin procesar, con el fin de ayudar a las personas y organizaciones a tomar mejores decisiones a partir de los datos almacenados, consumidos y administrados.





## INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA

Tipo de inteligencia artificial con capacidad para crear nuevos contenidos como música, vídeos, texto, audio o imágenes, utilizando modelos que aprenden los patrones y la estructura de sus datos de entrenamiento de entrada y luego generan nuevos datos que tienen características similares.

### CAPACIDADES COGNITIVAS

- RECONOCIMIENTO
- ANÁLISIS
- CLASIFICACIÓN
- COMPUTACIÓN



### CAPACIDADES CREATIVAS

- PRODUCCIÓN
- CREACIÓN





## INTELIGENCIA ARTIFICIAL ESTRECHA

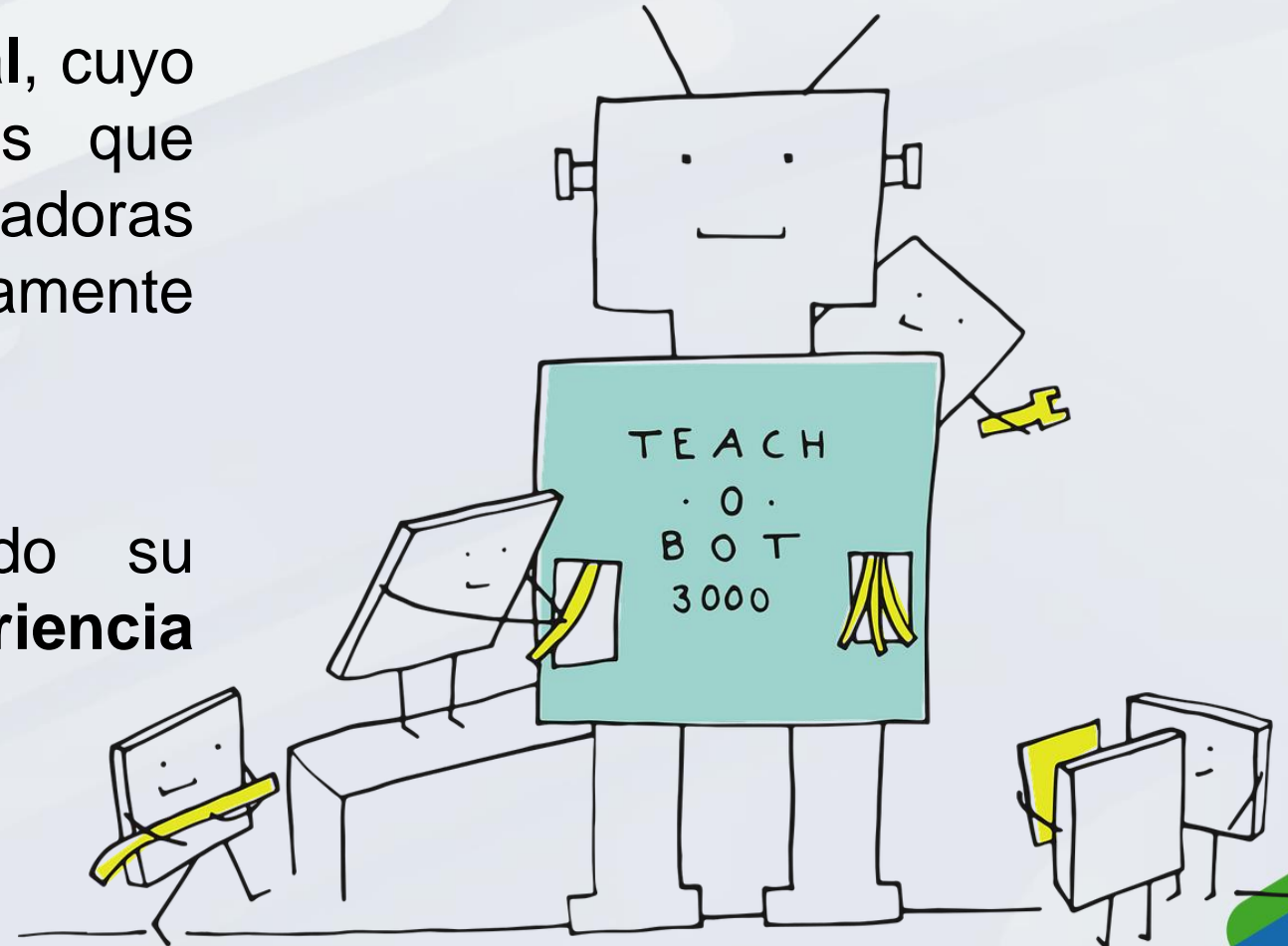
Campo de la informática que aplica técnicas avanzadas de análisis y basadas en la lógica para transformar los datos en información de forma automática que permite interpretar eventos, apoyar y automatizar decisiones, y tomar acciones basadas en la interfaz hombre-máquina y en la decisión y acción autónoma de máquina a máquina, para una tarea concreta o un número limitado de tareas.



## MACHINE LEARNING

Rama de la **inteligencia artificial**, cuyo objetivo es desarrollar técnicas que permitan que las computadoras **aprendan**, sin ser explícitamente programadas.

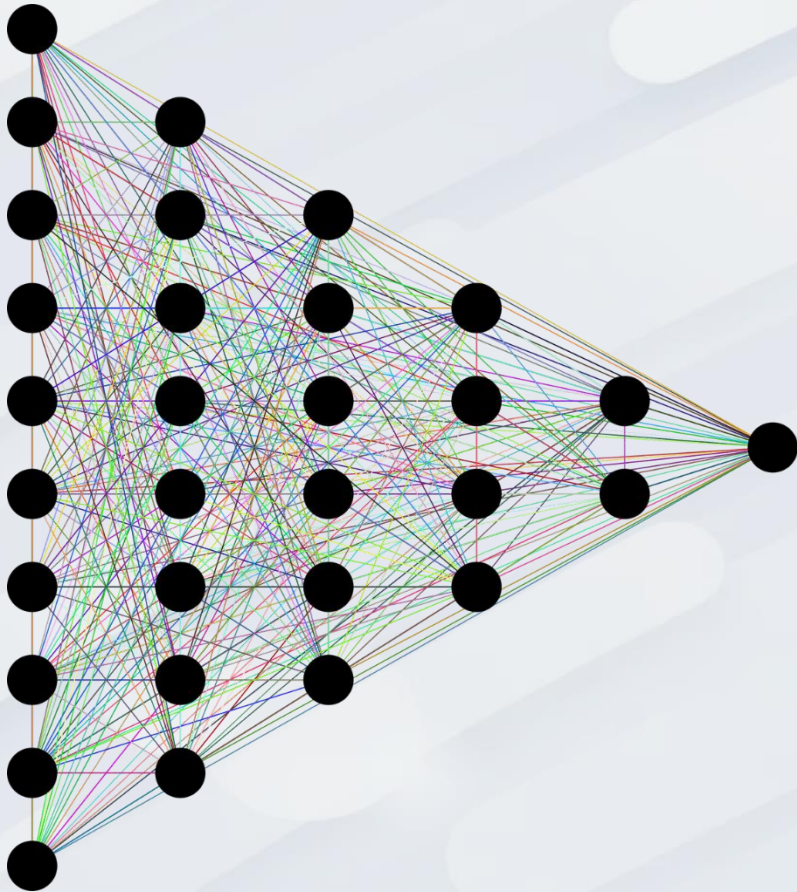
Una máquina aprende cuando su desempeño mejora con la **experiencia** y mediante el uso de **datos**.







## REDES NEURONALES ARTIFICIALES



Subconjunto de machine learning y base de los algoritmos de deep learning.

Modelo de computación con una configuración de capas análoga a la estructura interconectada de las neuronas del cerebro, con **capas de nodos conectados**, puede aprender de los datos para reconocer patrones, clasificar datos y pronosticar eventos futuros.



## DEEP LEARNING

Subconjunto de machine learning, formado por una **red neuronal con tres o más capas, que emulan el comportamiento del cerebro humano** —aunque lejos de igualar su capacidad— y permiten "aprender" a partir de grandes cantidades de datos, para clasificar o predecir una variable de respuesta, datos o imágenes en función de etiquetas de conjuntos de datos anteriores.

Deep learning se distingue del machine learning por el tipo de datos con los que trabaja y los métodos mediante los cuales aprende.

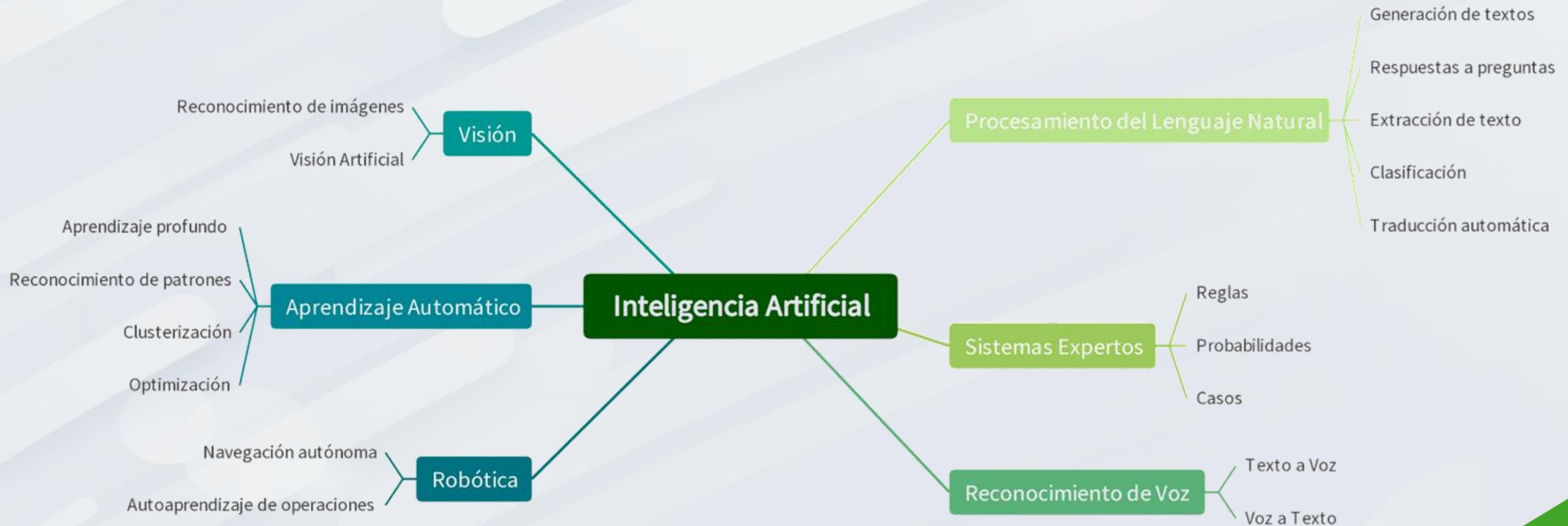




# 3. TECNOLOGÍAS QUE ENGLoba LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL



## MAPA DE LA IA







## EQUILIBRIO PARA EL ÉXITO

**Datos**  
Disponibles,  
completos, sanos,  
realistas,  
significativos, sin  
sesgos



**Conocimiento**  
Fenómenos,  
procesos,  
contextos, sesgos



**Hardware**  
Servidores,  
computadoras

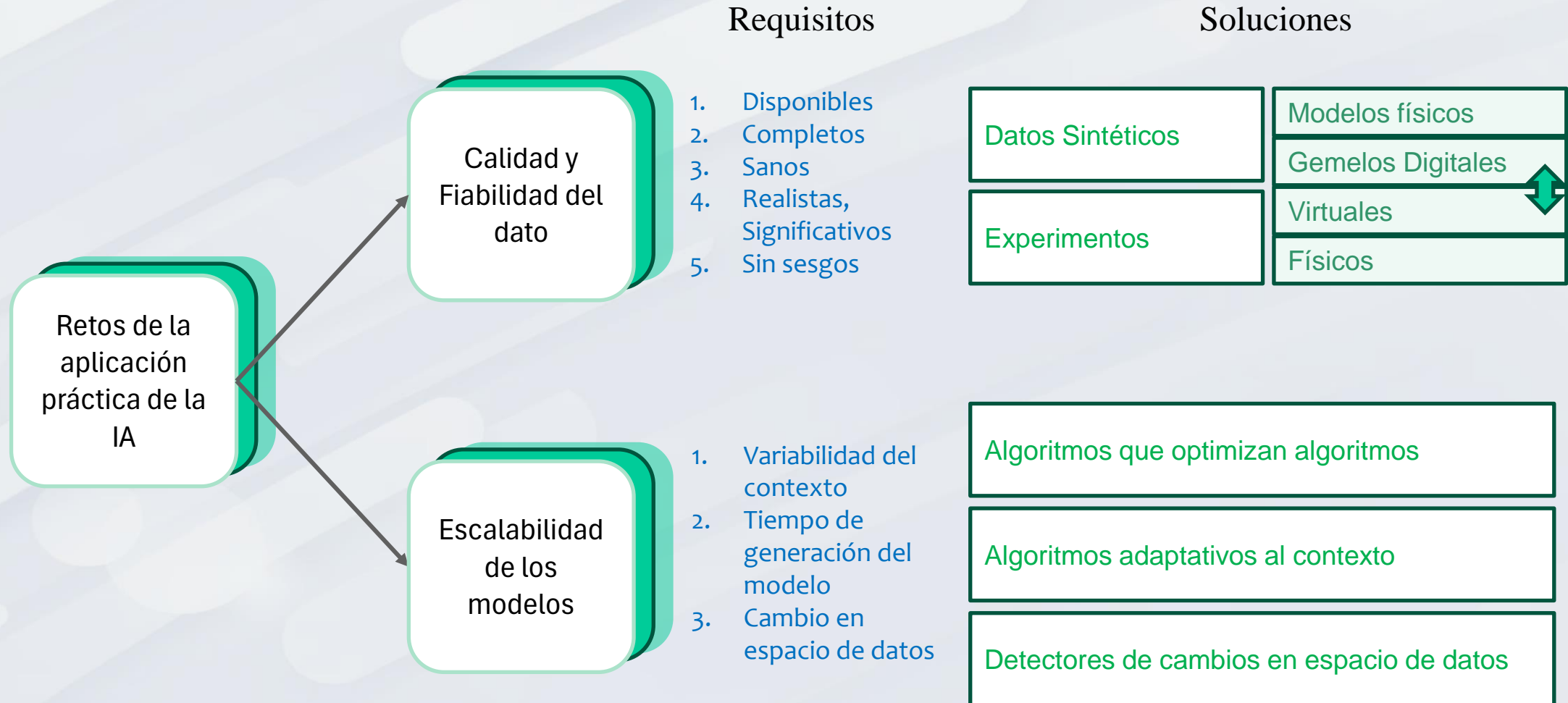


**Software**  
Generales (Python, R...)  
Específicos

**Algoritmos**  
Selección en base a  
precisión y  
eficiencia  
requeridos



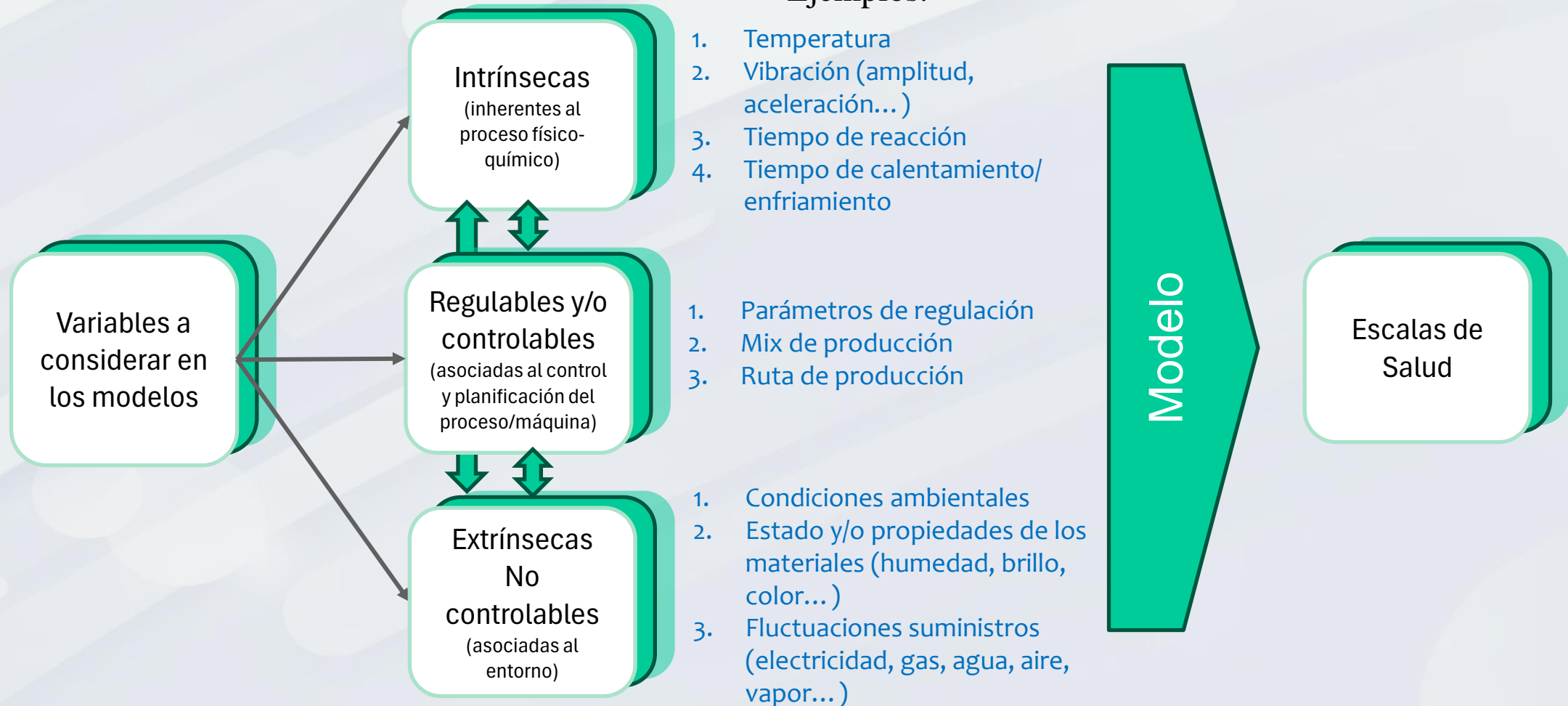
# CONDICIONES PARA LA APLICACIÓN PRÁCTICA DE IA EN INDUSTRIA





# LA IMPORTANCIA DE LOS DATOS Y EL CONTEXTO OPERACIONAL

Ejemplos:





## LA IMPORTANCIA DE LOS DATOS Y EL CONTEXTO OPERACIONAL

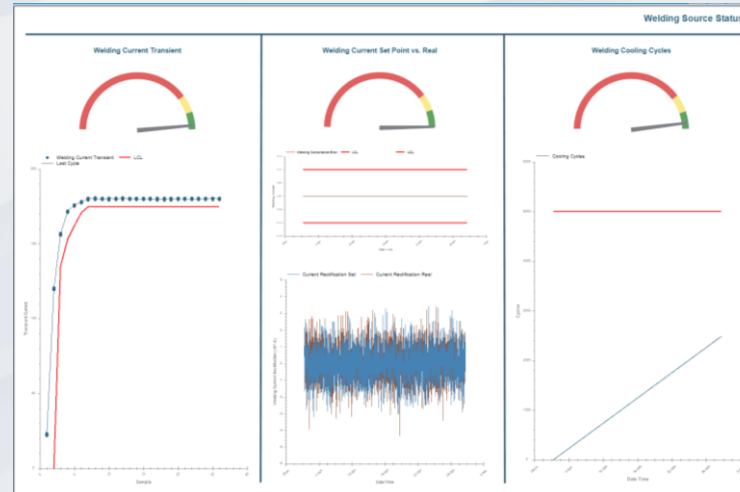




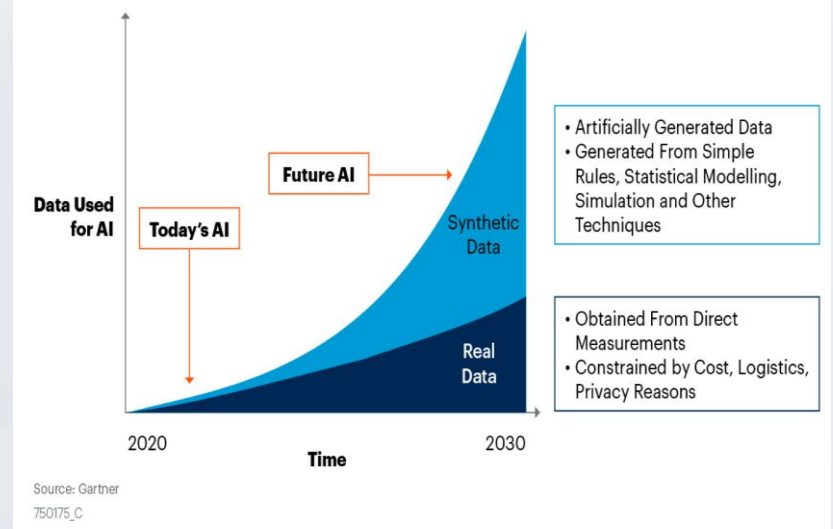


# LA IMPORTANCIA DE LOS DATOS Y EL CONTEXTO OPERACIONAL

Defecto	Denominación Defecto	Causa	Denominación Causa	Acción	Denominación Acción
D00001	Colisión y paro de Robot 36	C00001	Tornillo cabezal y Zeta esta flojo	A1	COMPROBAR / VERIFICAR
D00002	Boquilla doblada, puede provocar colisión	C00002	Fatiga de elementos de unión	A2	AJUSTAR / REPROGRAMAR / REARMAR / ETC
D1		C00003	Golpe de ca	A3	LIMPIAR / ENGRASAS / DESBLOQUEAR
D2		C00004	Apriete man	A4	REPARAR (PIEZA EQUIPO)
D3		C00005	Apertura/cie	A5	CAMBIAR / SUSTITUIR (PIEZAS EQUIPOS)
D4		C00006	Golpe del ca	R	REPARACIÓN
D5		C00007	Detectores c	S	SUSTITUCIÓN
D6		C00008	Detectores p		
D7		C00009	Vida útil de c		



By 2030, Synthetic Data Will Completely Overshadow Real Data in AI Models



Históricos de órdenes de trabajo DCAs (CMMS)

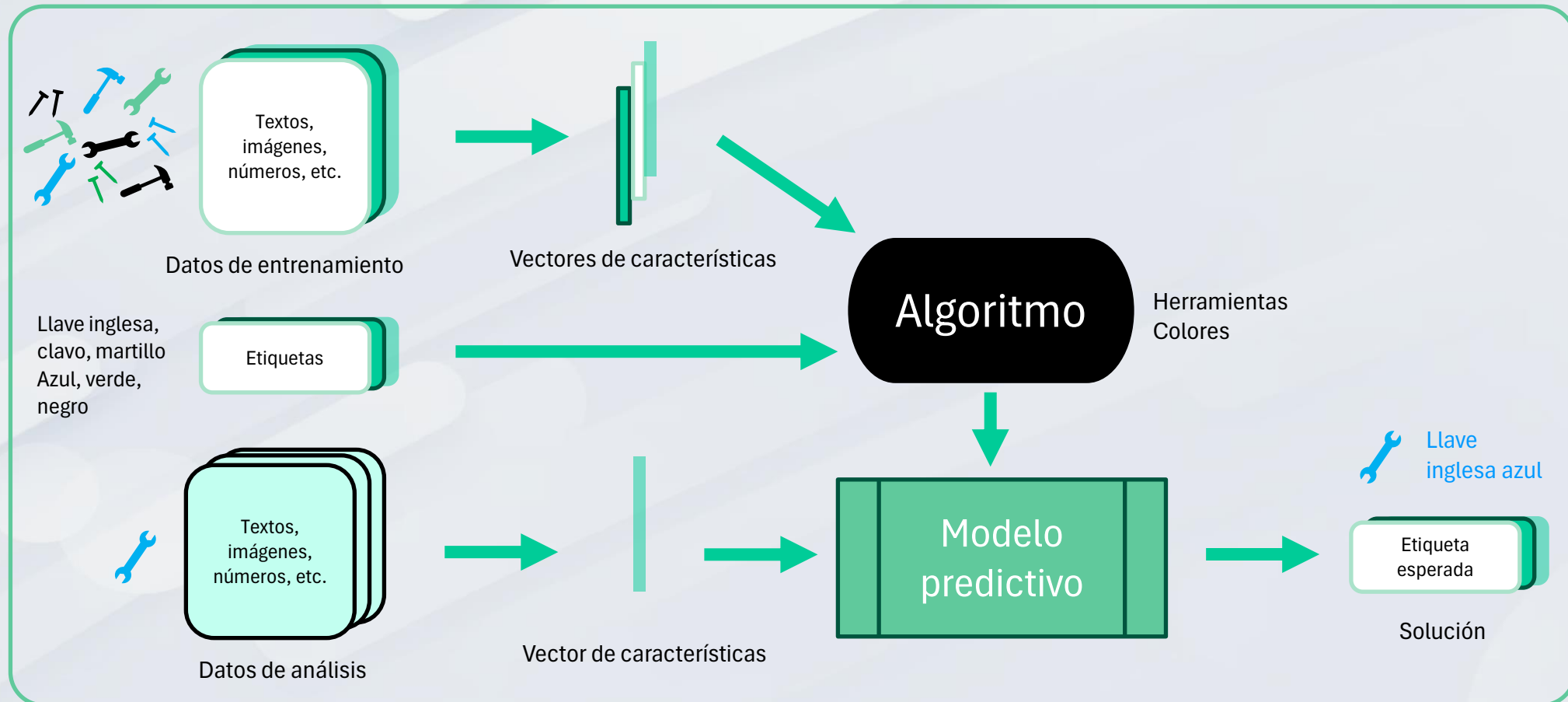
Variables de proceso, producto y contexto en tiempo real (PLC, SCADA, IoT, MES)

Datos sintéticos



# TÉCNICAS DE APRENDIZAJE

## Aprendizaje Supervisado

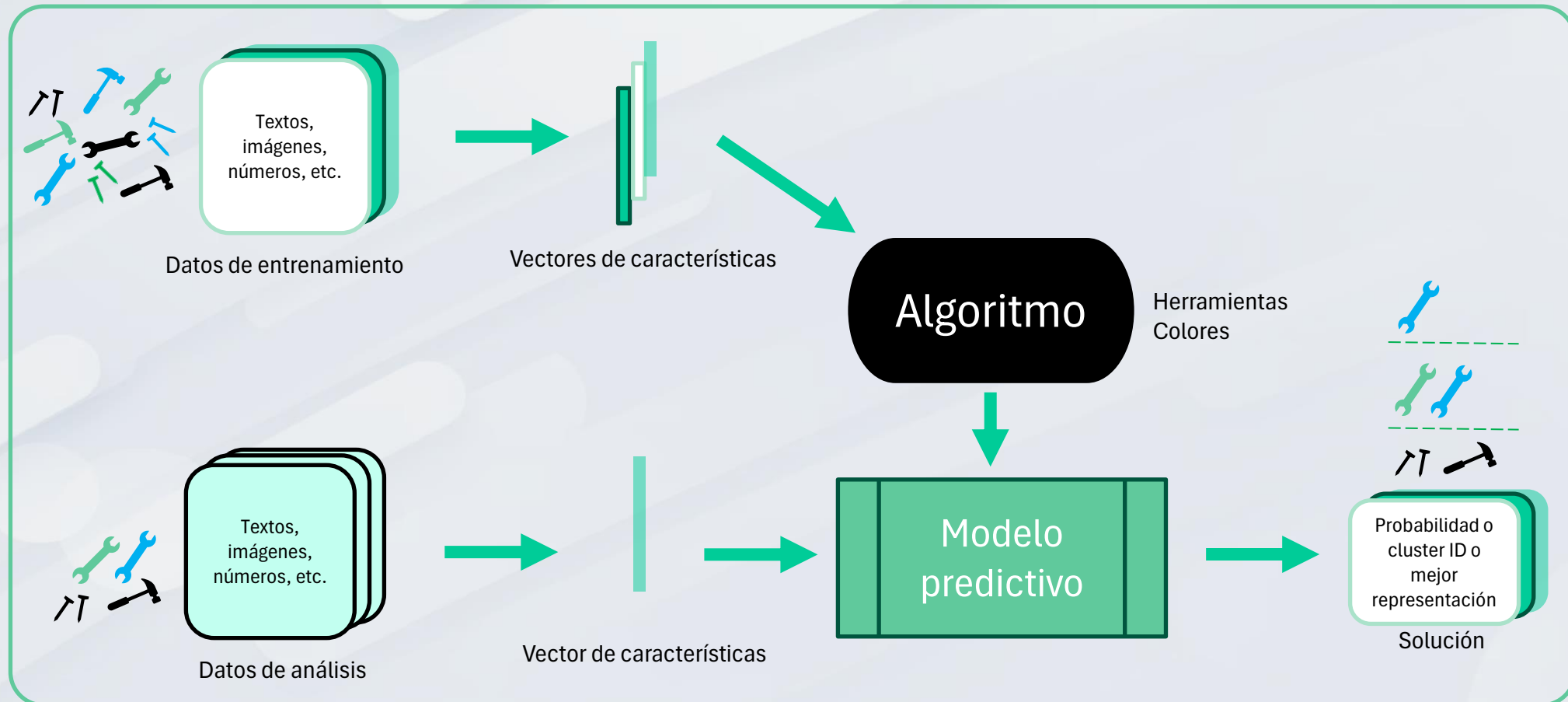






# TÉCNICAS DE APRENDIZAJE

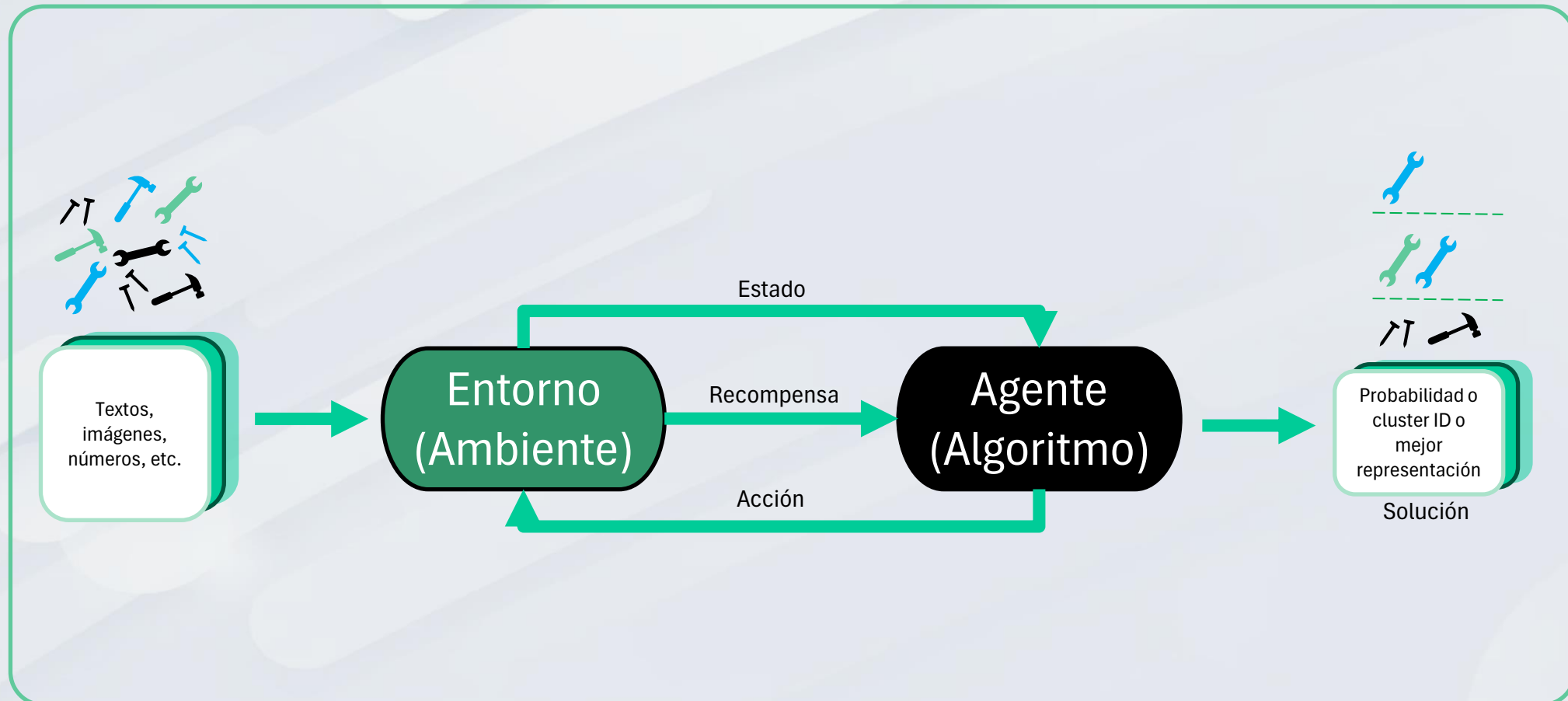
## Aprendizaje No Supervisado





# TÉCNICAS DE APRENDIZAJE

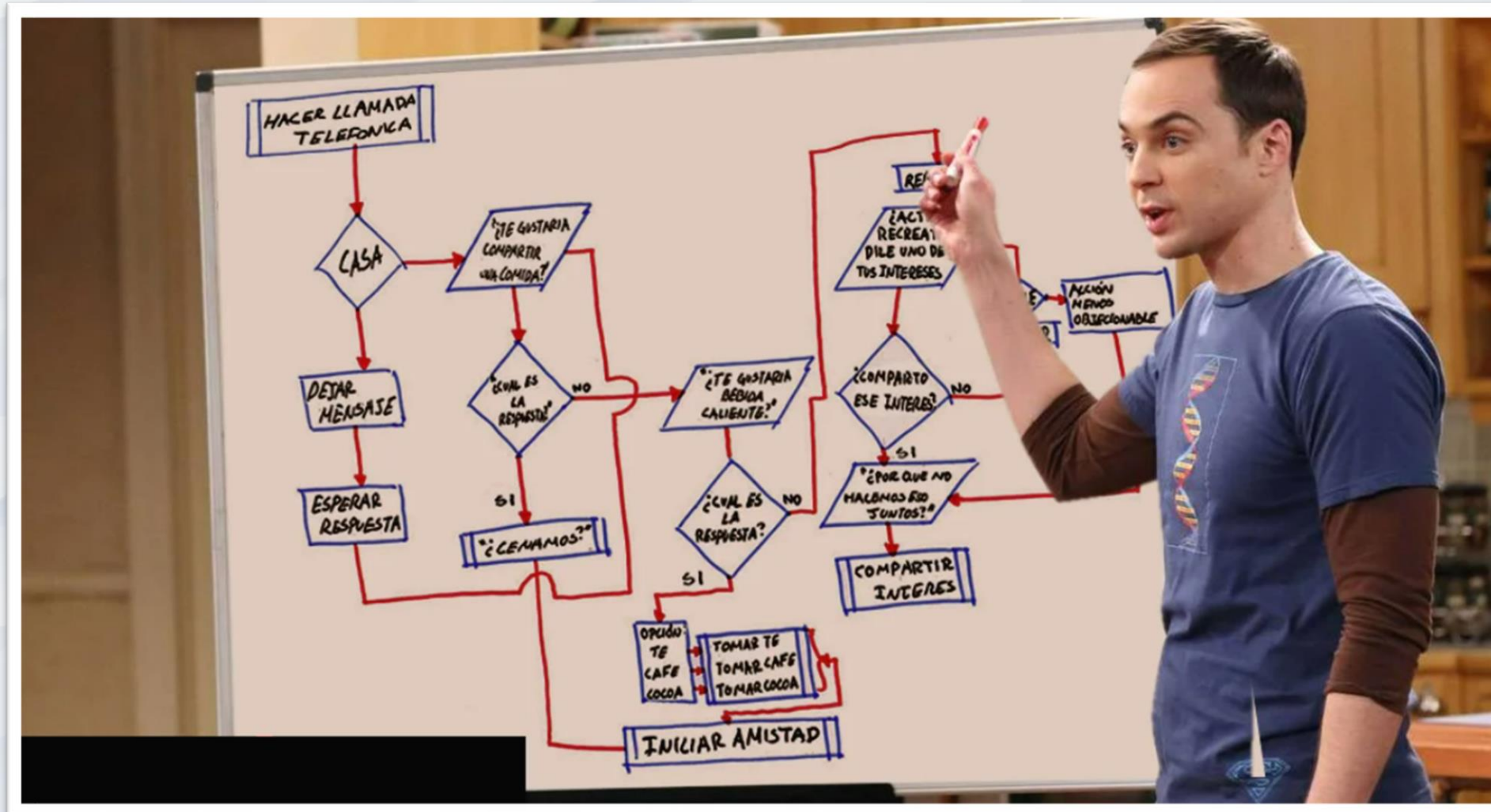
## Aprendizaje por Refuerzo







# ALGORITMOS

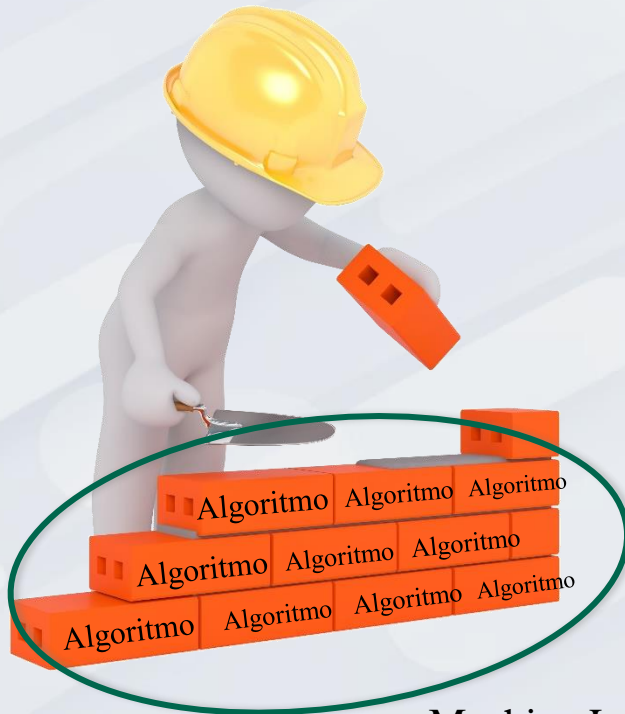




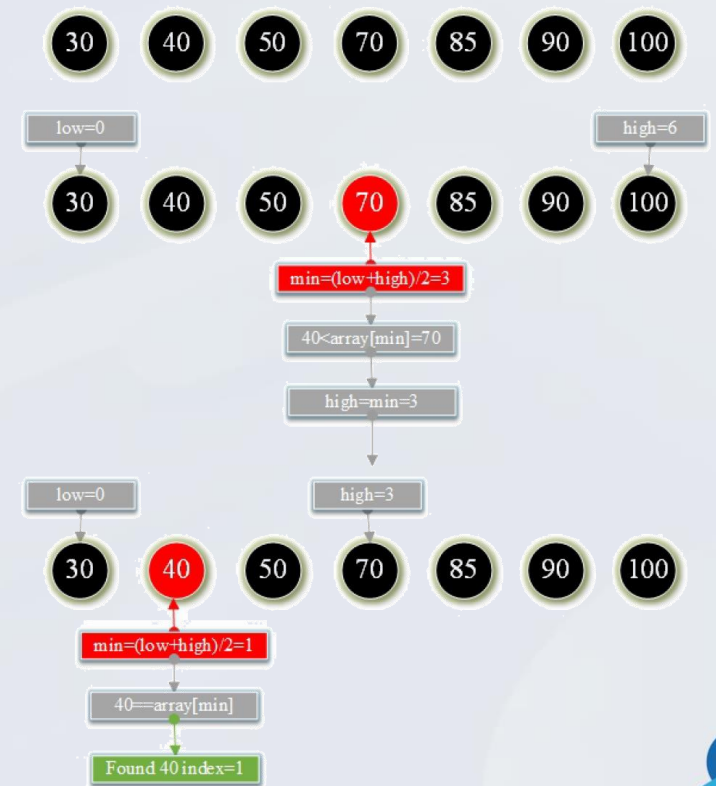
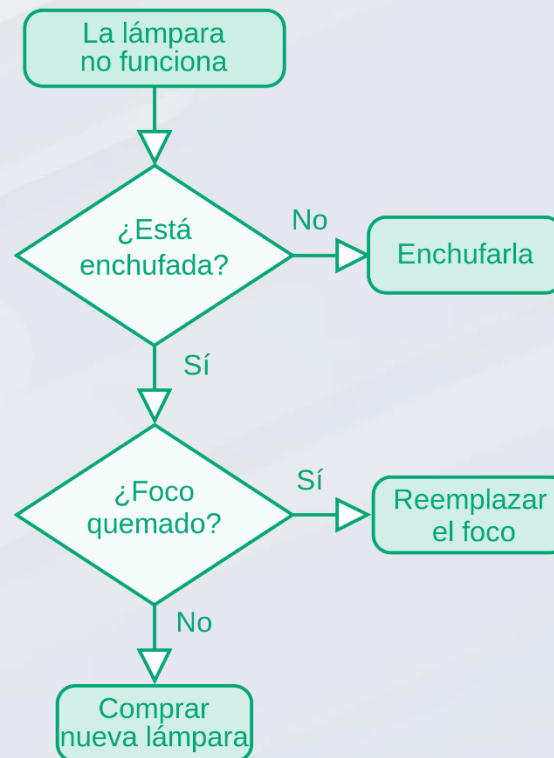
# ALGORITMOS

**Algoritmo:** Conjunto de instrucciones definidas, ordenadas y finitas que permite solucionar un problema, realizar un cómputo, procesar datos o llevar a cabo otras tareas o actividades.

Científico de datos



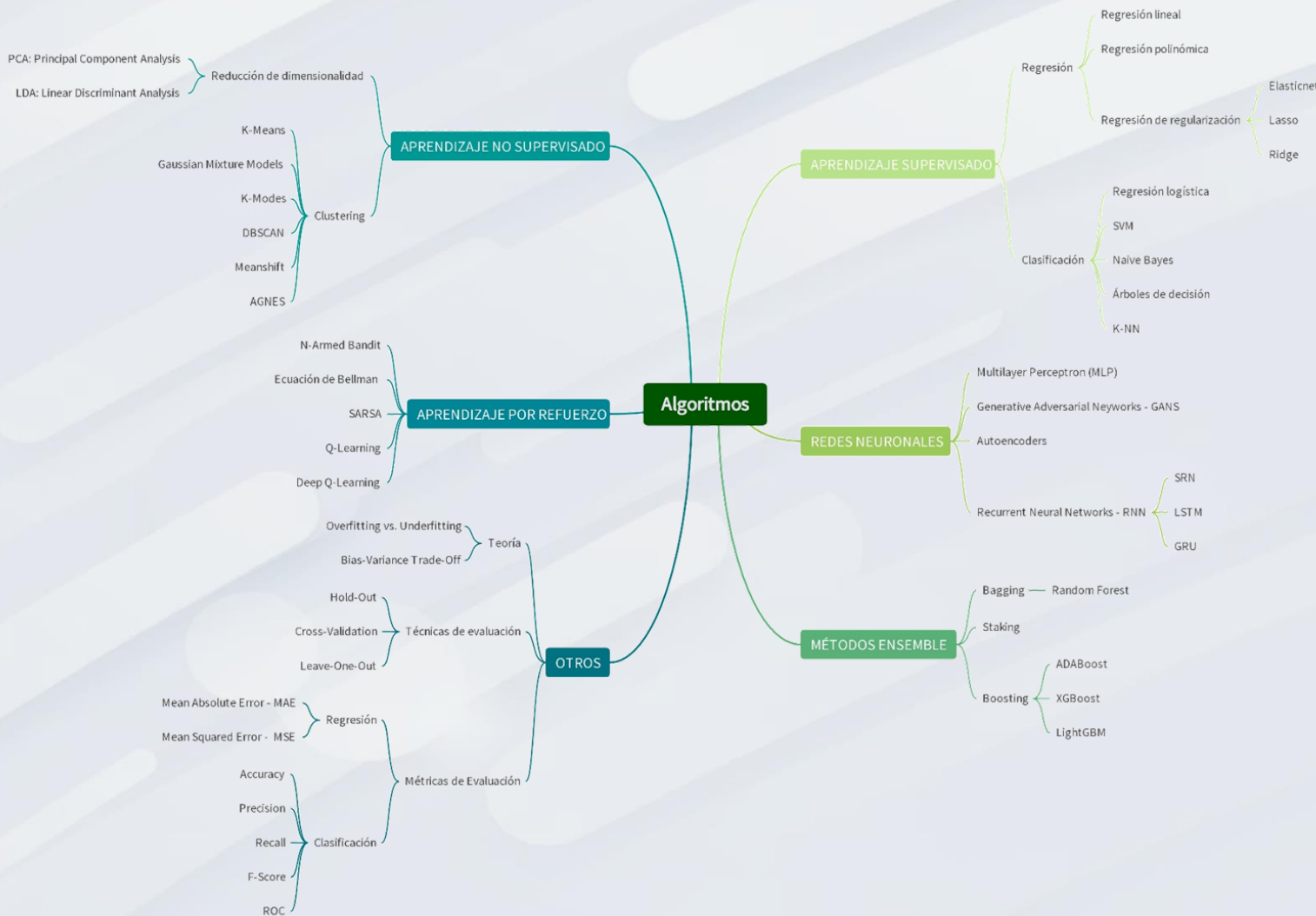
Machine Learning







# ALGORITMOS



En IA, un algoritmo es un conjunto de reglas o procesos utilizados para:

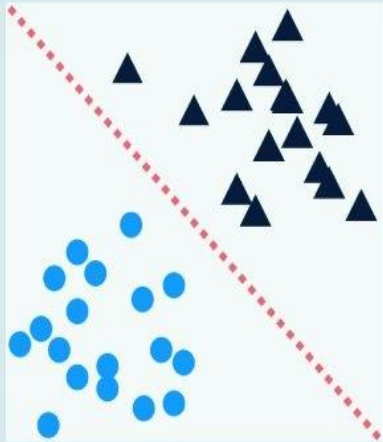
- Realizar tareas
- Descubrir nuevos datos y patrones
- Predecir valores de salida a partir de un conjunto determinado de variables de entrada.

La elección de qué algoritmo o combinación de algoritmos utilizar es función del problema específico a resolver, los datos disponibles y los requisitos particulares del proyecto, como la precisión, la interpretabilidad y la eficiencia.



## ALGORITMOS BÁSICOS

Classification



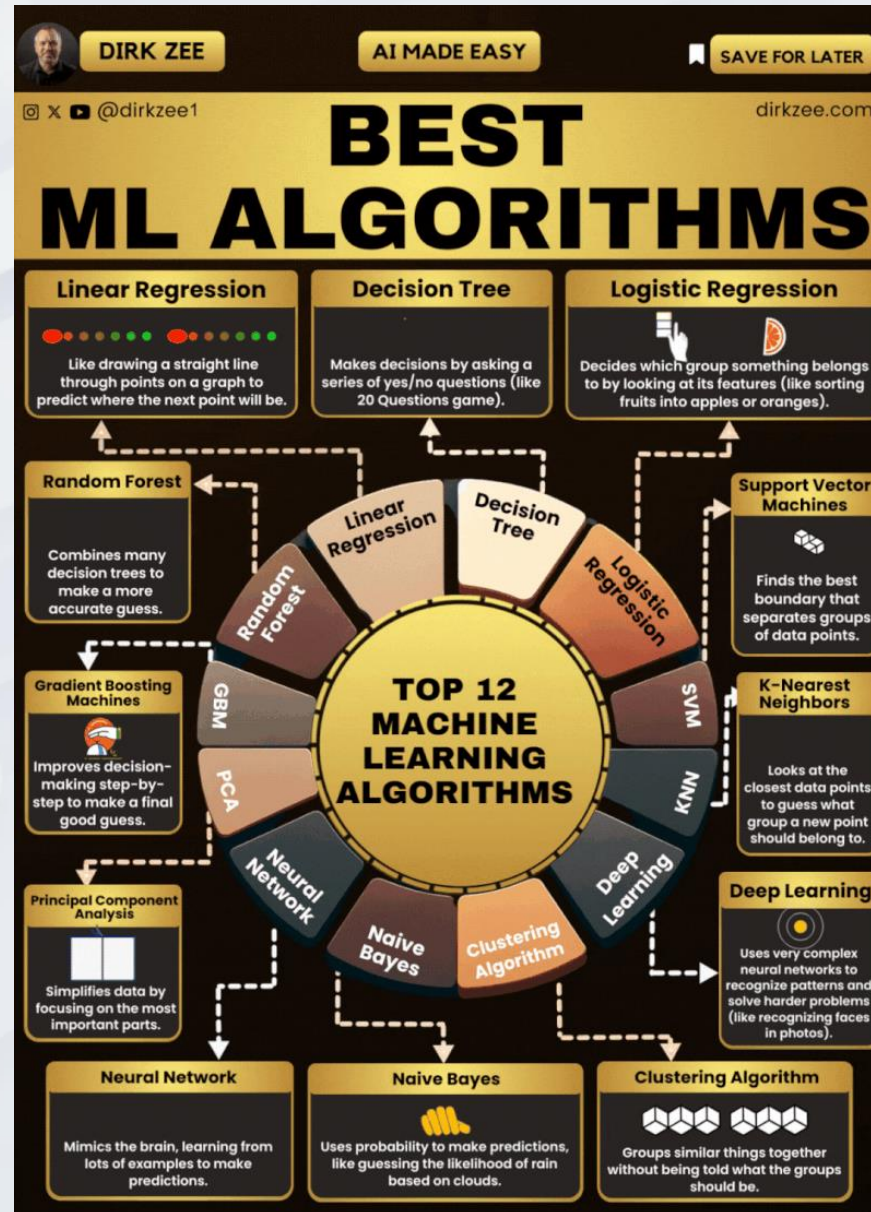
Regression



Un algoritmo de regresión busca estimar valores numéricos y desarrollar un modelo matemático que se adecue a la mayoría de los datos de partida con los que ha sido entrenado.

Los algoritmos de clasificación buscan separar un conjunto de datos en dos o más categorías.

Otros: Agrupación, Optimización, Asociación







# 4. BENEFICIOS, COSTES Y RIESGOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL



## BENEFICIOS

**Automatización**

**Velocidad de análisis**

**Potencia tareas  
creativas y cognitivas**

**Capacidad de predicción**

**Precisión**

**Ayuda a toma de decisiones**

**Reducción de error humano**

**Productividad**

**Aplicabilidad general**





## BENEFICIOS

**Beneficio IA = incremento de negocio + reducción de costos**

**Incremento de negocio = optimización de producto + mejora de servicio y experiencia de cliente**

**Reducción de costos = incremento eficiencia operacional + optimización de supply chain + reducción consumo energético**



Según Gartner, las organizaciones que han implementado IA crecieron del 4 al 14% en los dos últimos años.

Según Accenture, la industria manufacturera puede ganar 3,78 billones de dólares con la IA para 2035

Mantenimiento predictivo + Reducción de consumo energético pueden ofrecer mejoras en los márgenes de EBITDA de 4 a 10 por ciento

Siemens utiliza la IA para anticiparse a los problemas de los equipos, lo que se traduce en una reducción estimada del 30% en el tiempo de inactividad





## COSTES

Disponibilidad de los datos

Calidad de los datos

Escalabilidad de los modelos

Adaptabilidad de los modelos

Conocimiento experto

Velocidad de  
implementación masiva

Coste de  
implementación masiva

Coste energético





## COSTES

Coste IA = cerebro de obra + equipos + servicios + energía + seguridad

Cerebro de obra = ingeniería + adecuación datos + ajuste de algoritmo + pruebas + implantación + escalado + sostenimiento

Equipos = infraestructura (servidores, procesadores) + dispositivos de medida + software

Servicios = mantenimiento

Energía = electricidad

Seguridad = requisitos de ciberseguridad y privacidad

Alcance / Escala / Complejidad





## RIESGOS



Falta de transparencia

Prejuicios y  
discriminación

Privacidad

Ética

Concentración de poder

Dependencia

Seguridad

Empleo

Desigualdad

Retos jurídicos y normativos

Armamento

Desconexión humana

Manipulación y  
desinformación

Imprevisibilidad

Riesgo existencial



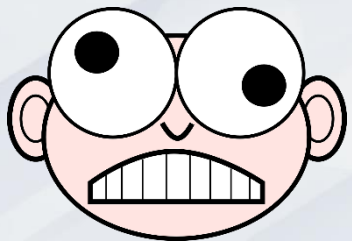


# RIESGOS – FALTA DE TRANSPARENCIA

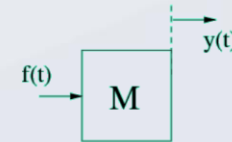
Entradas



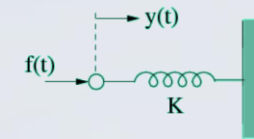
Salidas



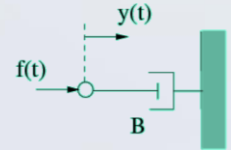
No generan conocimiento real sobre los procesos



$$f(t) = M \frac{d^2 y(t)}{dt^2}$$



$$f(t) = K y(t)$$



$$f(t) = B \frac{dy(t)}{dt}$$

Modelos físicos

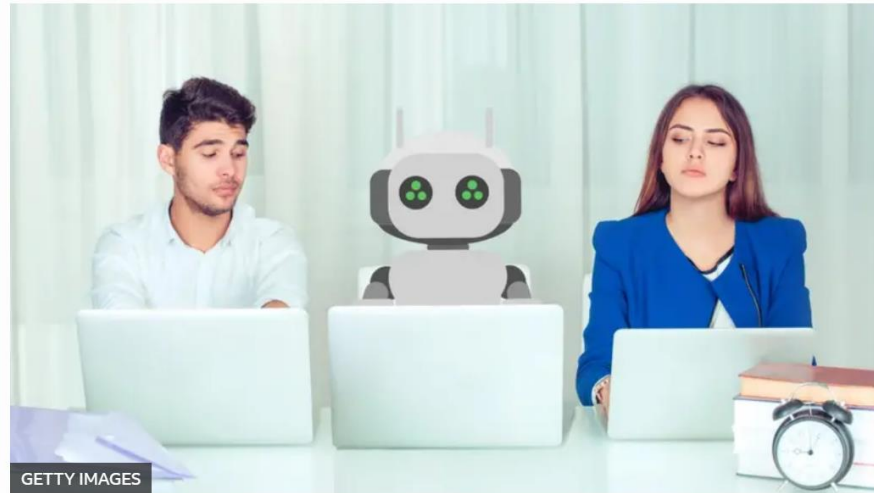


## RIESGOS – PREJUICIOS Y DISCRIMINACIÓN

### El algoritmo de Amazon al que no le gustan las mujeres

Redacción  
BBC News Mundo

11 octubre 2018



GETTY IMAGES

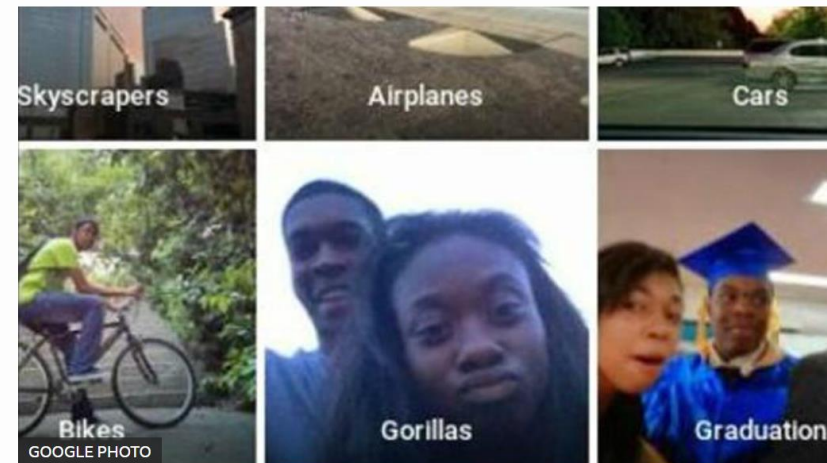
No es la primera vez que la inteligencia artificial resulta sexista.

Amazon logró con Alexa convertirse en el rey de los asistentes personales y de la automatización. Tal vez por eso no resulte extraño que la firma quisiera poner la contratación de sus empleados en manos de la inteligencia artificial.

### Google pide perdón por confundir a una pareja negra con gorilas

BBC Mundo  
Tecnología

2 julio 2015



Esta pareja fue etiquetada como "gorilas" en Google Photos.

"Consternado". Así dice estar Google después de que su nueva aplicación para compartir y almacenar imágenes y video, Google Photos, etiquetara a una pareja de negros como "gorilas".



## RIESGOS – PRIVACIDAD



Reglamento  
General de  
Protección de  
Datos (RGPD)





## RIESGOS – ÉTICA

**IA ÉTICA**

**ALINEAMIENTO  
IA**

**IA  
RESPONSABLE**

**IA CONFIABLE**





## RIESGOS – SEGURIDAD







## RIESGOS – CONCENTRACIÓN DE PODER





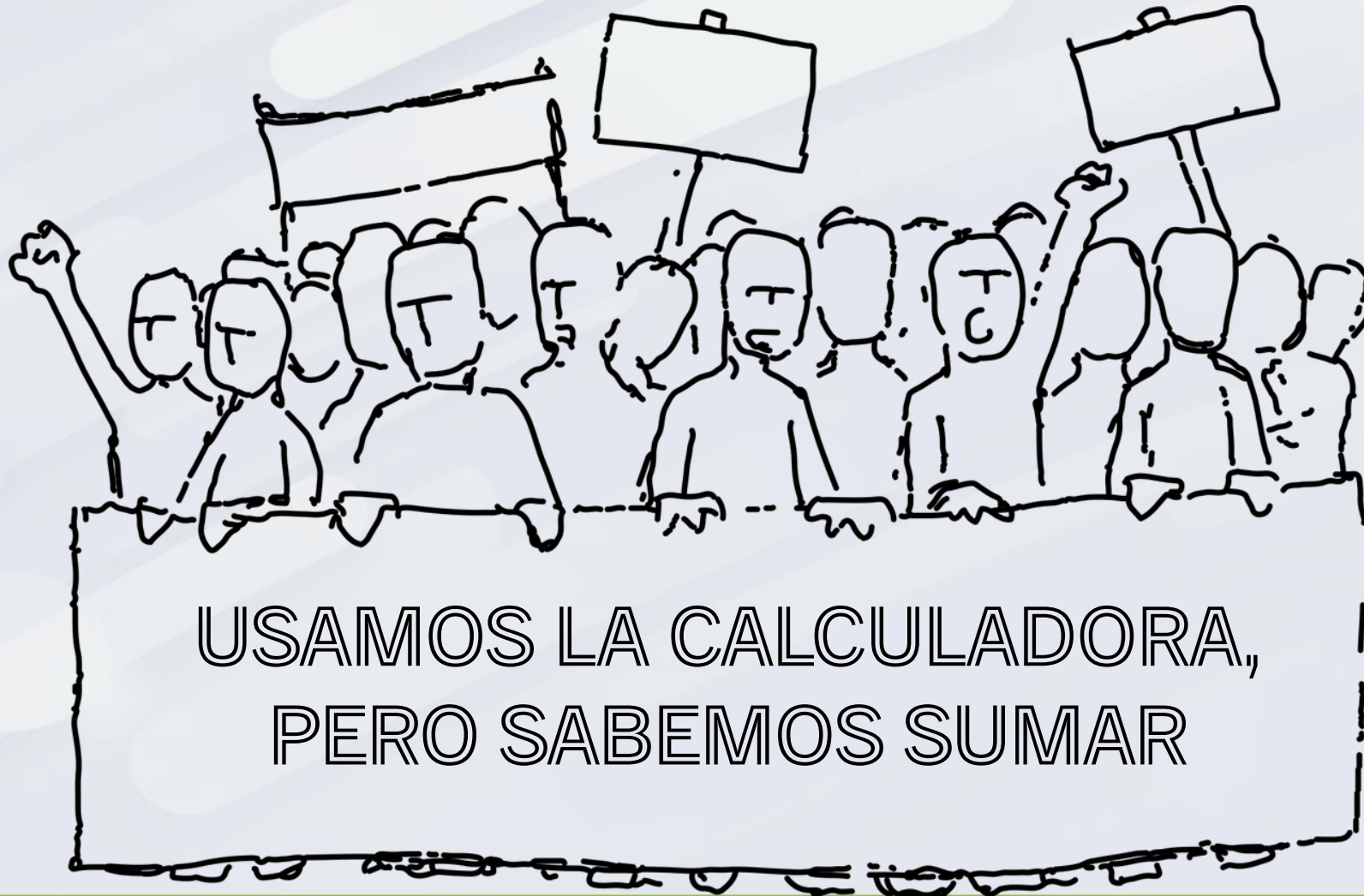


## RIESGOS – DEPENDENCIA





## RIESGOS – DEPENDENCIA





## RIESGOS – EMPLEO

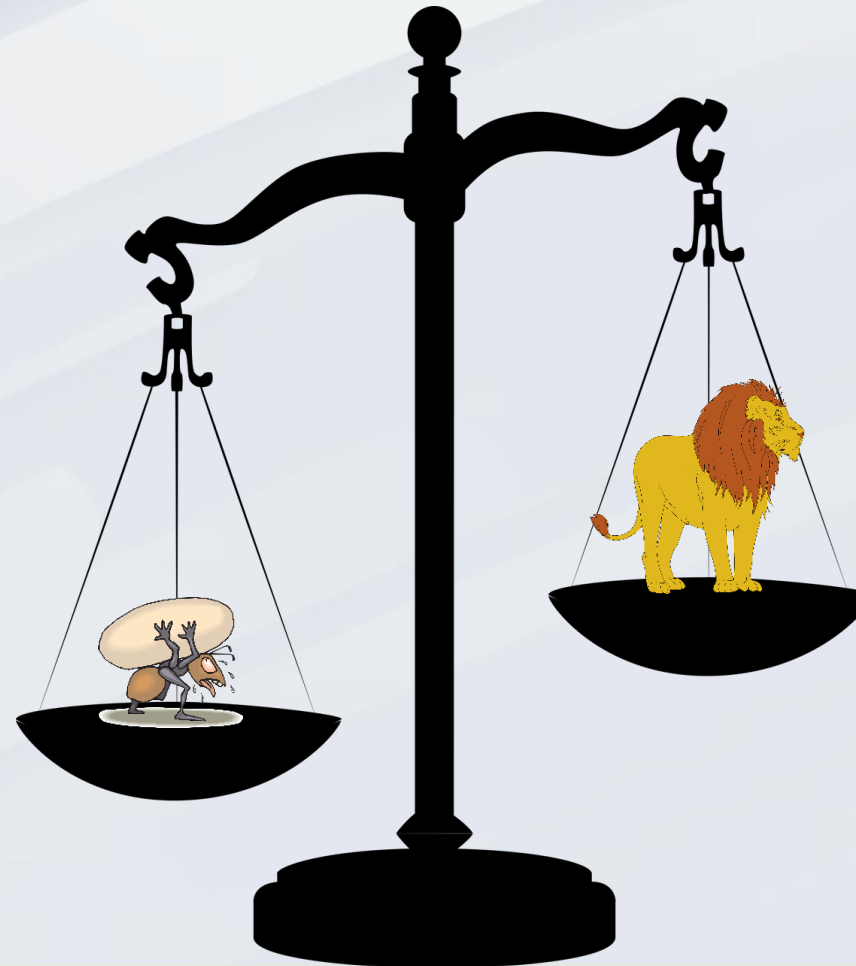






## RIESGOS – DESIGUALDAD

Países pobres y en  
desarrollo  
Pequeñas empresas



Países ricos  
Grandes corporaciones



## RIESGOS – RETOS JURÍDICOS Y NORMATIVOS

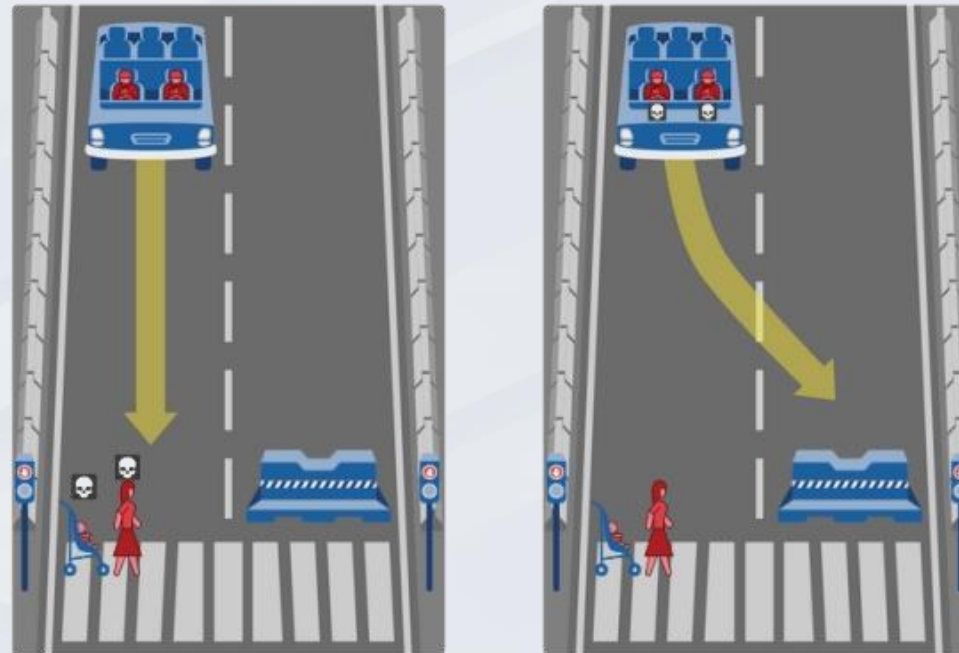
### Ley de Inteligencia Artificial de la UE: Niveles de riesgo





## RIESGOS – RETOS JURÍDICOS Y NORMATIVOS

“En un cruce, 5 personas se saltan un semáforo en rojo y se interponen en nuestra vía, el vehículo automático no puede frenar a tiempo y debe escoger si seguir recto y matar a las 5 personas o desviarse y colisionar contra un muro, matando solo al propietario del vehículo automático.”



Si sucede la tragedia, ¿de  
quién es la responsabilidad?





## RIESGOS – ARMAMENTO







## RIESGOS – DESCONEXIÓN HUMANA



1970: "I'll talk to you when I see you"

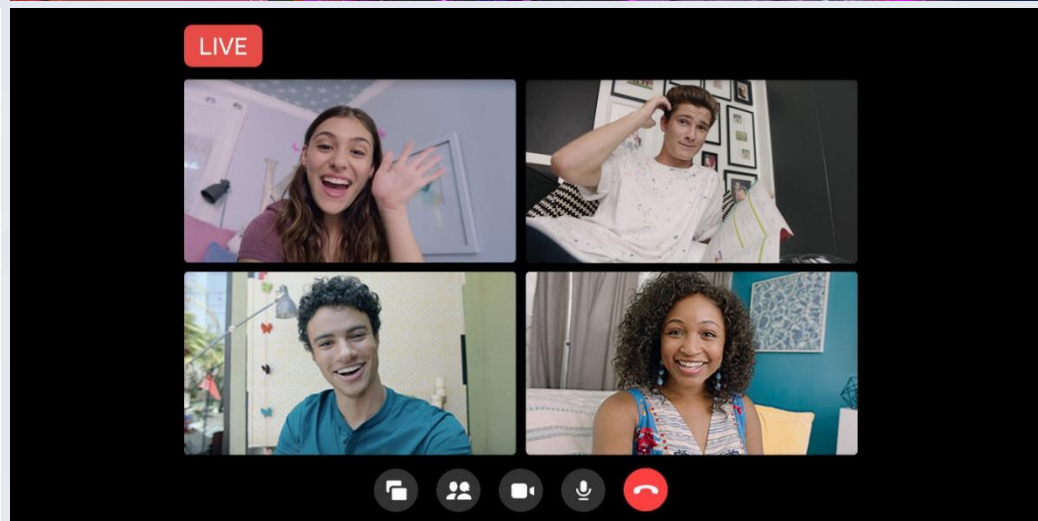
1990: "I'll call you"

2000: "I'll email you"

2005: "Can I text you?"

2010: "Alright, facebook or text?"

2100: "I'll send you a telepathic message"









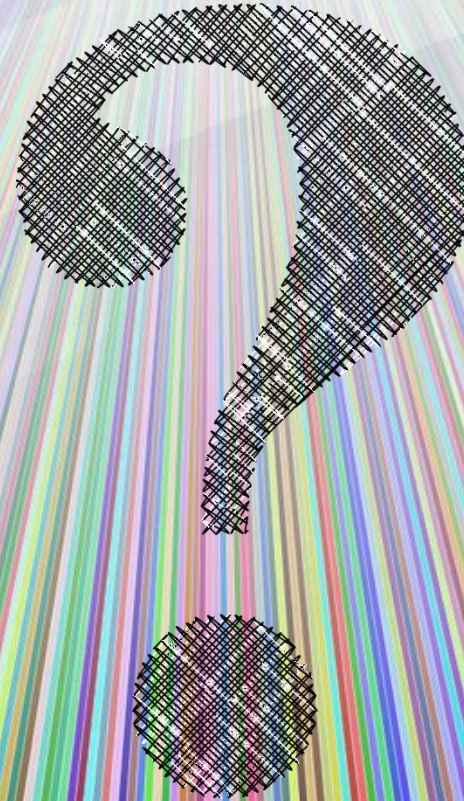
XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE  
MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



Asociación  
Colombiana  
de Ingenieros

# RIESGOS – IMPREVISIBILIDAD







## RIESGOS – EXISTENCIA



*“To think this all began with letting autocomplete  
finish our sentences.”*

Valores



IA



# 5. ÉTICA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



# OpenAI retrasa el lanzamiento de Voice Engine, su tecnología de clonación de voz, por temor a usos indebidos

Vo... Las imágenes falsas creadas con IA para intentar atraer el apoyo de los votantes negros hacia Trump



IA OpenAI Tour

## El creador de ChatGPT inicia una gira mundial para alimentar la confianza en la inteligencia artificial

Europa y EEUU están estudiando regular el sector, numerosas personalidades pidieron en marzo una pausa en la investigación e Italia suspendió ChatGPT tres semanas

BBC Panorama

SCIENCE / TECH / ARTIFICIAL INTELLIGENCE

## AI suggested 40,000 new possible chemical weapons in just six hours

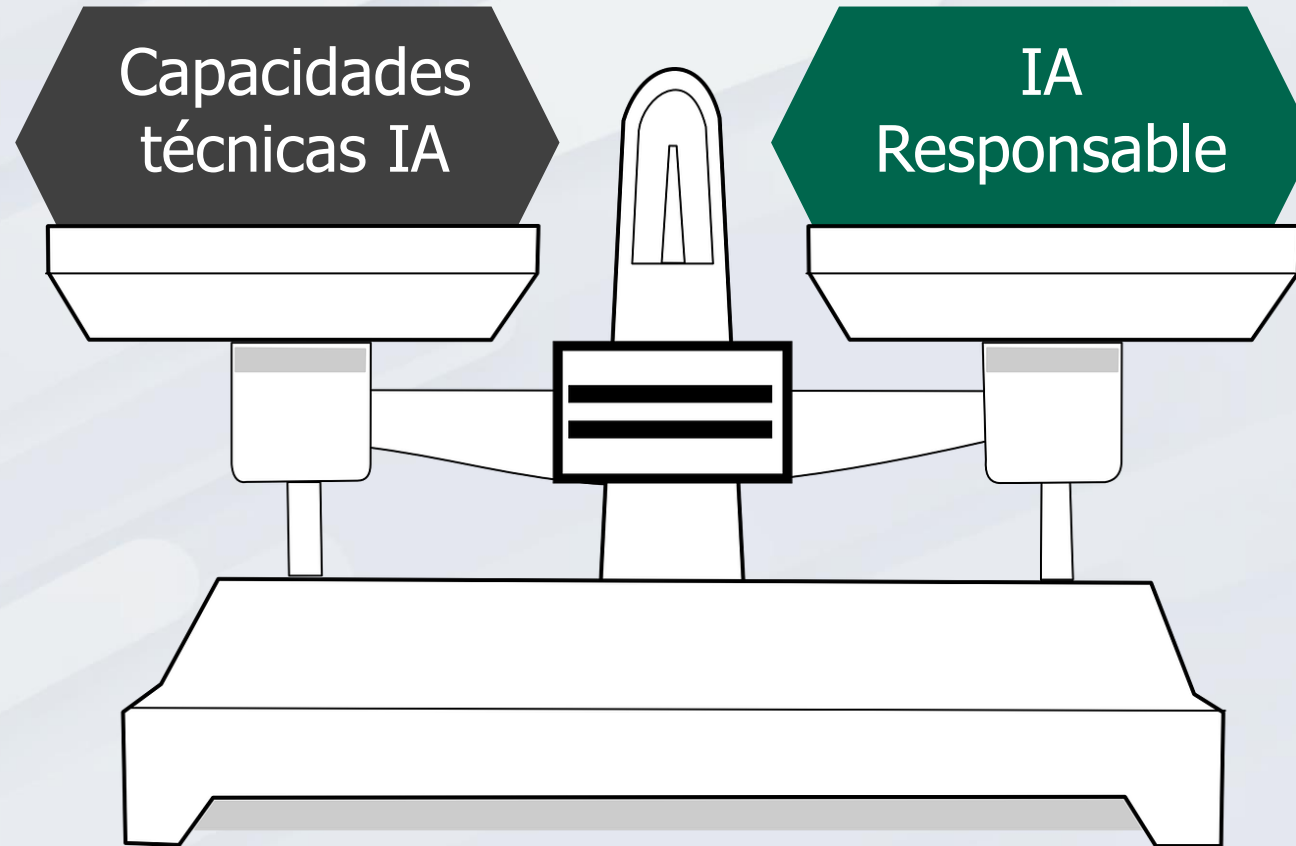


/ 'For r  
how e:



*Pasemos de...*

# de technology a ethicnology







## IA Responsable

*Uso o innovación responsable de la IA*



### IA Ética

La IA puede tener un resultado ético o un resultado no ético. Puede incorporar juicios de valor, pero no es un ser ético con intención. La ética es estrictamente el dominio de los seres humanos. Los sistemas son tan éticos como la intención de las personas que los crean.

### IA Confiable

Confianza obtenida por medio de la introducción de la ética en el diseño de la IA, no obtenida por un sentimiento que ha de evocar.

### IA Explicable

Descripción de un modelo de IA, su impacto esperado y sus posibles sesgos, para caracterizar la precisión, la equidad, la transparencia y los resultados del modelo. Comprender y descifrar cómo el algoritmo ha obtenido un resultado determinado.

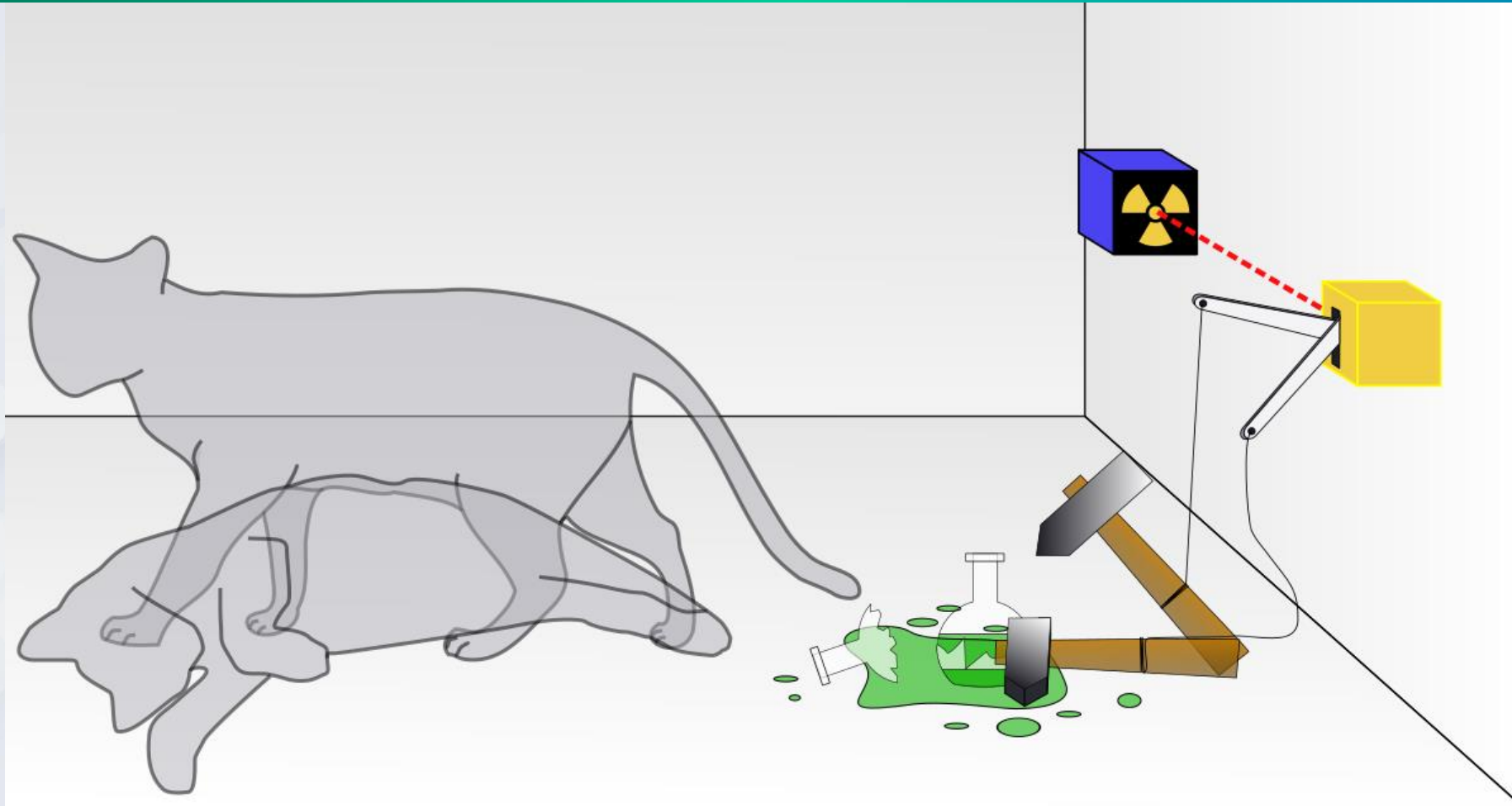
### IA Alineada

Diseño de métodos de direccionamiento del desarrollo de los sistemas de IA conforme a los valores humanos. Un sistema puede ser técnicamente capaz, pero no alineado, cuando su comportamiento y objetivos no han sido previstos y/o deseados por sus desarrolladores, provocan efectos colaterales o generan consecuencias no planificadas en escenarios no contemplados inicialmente.



¿Someteremos a las máquinas o seremos dominados por éstas?

Está en nuestras manos...

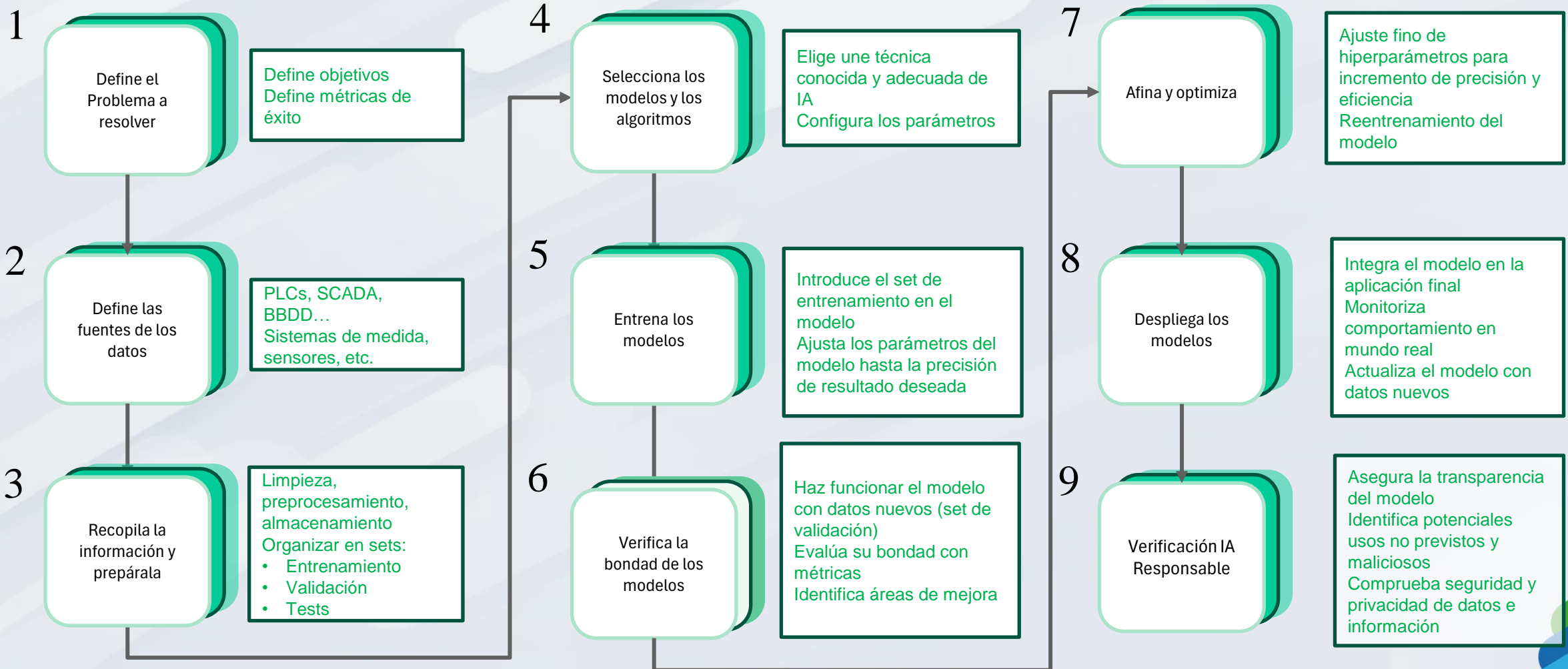




# 6. APLICACIONES EN MANTENIMIENTO Y FIABILIDAD

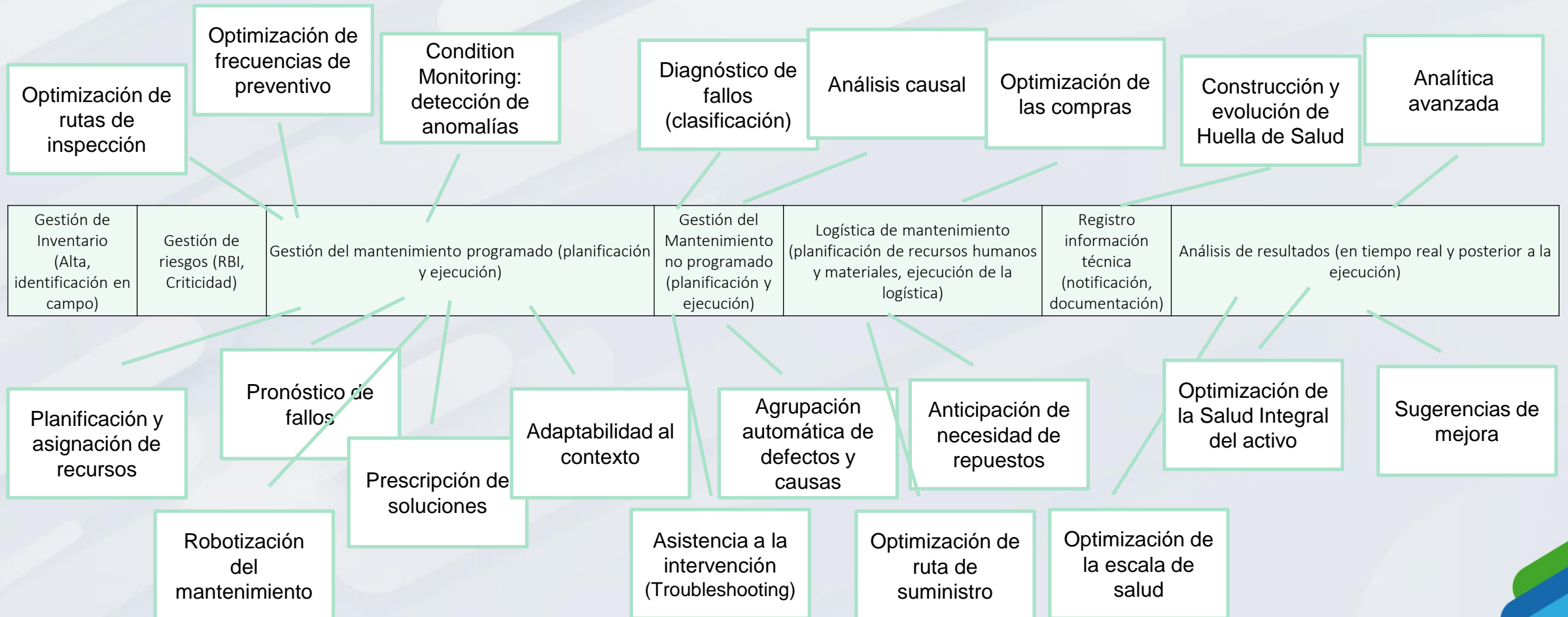


# ETAPAS DE IMPLANTACIÓN DE UN PROYECTO DE IA

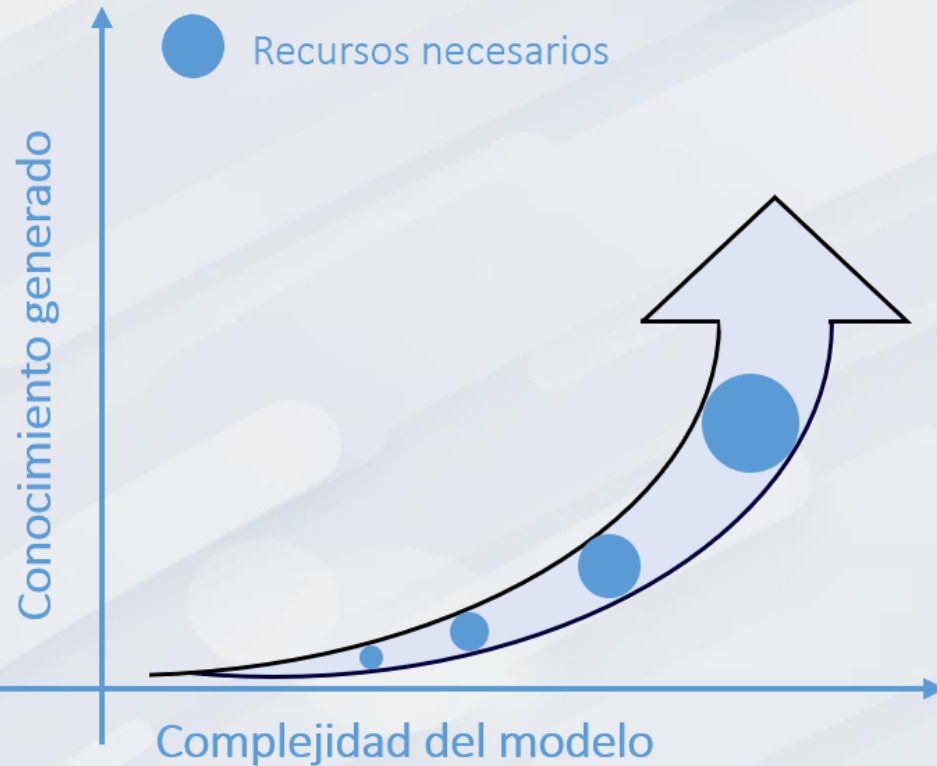




## APLICACIONES DE IA EN MANTENIMIENTO



## RESUMEN DE TÉCNICAS DE PREDICCIÓN



Técnica	Complejidad de modelización	Recursos necesarios	Conocimiento generado	Precisión predictiva
<b>Análisis estadístico (Weibull)</b>	Moderada, pura estadística	Pocos: histórico de tiempos de fallo	Probabilidad de fallo, RUL e intervalo óptimo de preventivo	Baja
<b>Monitorización en tiempo real</b>	Mínima, definición de rangos admisibles	Moderados: captación continua de variables	Evolución de variables críticas y observación de desviaciones	Media – Baja
<b>Análisis multivariable y relación con fallos</b>	Moderada	Moderados: captación de variables en momentos específicos	Determinación de síntomas y de relaciones variable-fallo	Media – Baja
<b>Normas Umbrales y alarmas</b>	Mínima, tabulación de normas ya definidas	Moderados: normas ISO, especificaciones del fabricante y datos en tiempo real	Avisos al salir de estado óptimo de funcionamiento	Baja
<b>Machine Learning</b>	Alta, procesos entrenados	Muchos (en general): monitorización, DCA exhaustivo, históricos de calidad...	Probabilidad de fallo (predicciones sólidas), estimación de RUL, detección de anomalías, función que modeliza ciertos datos	Media – Alta
<b>Deep Learning</b>	Muy alta, procesos profundos	Muchos: monitorización, imágenes termográficas, serie histórica de vibraciones,	Prob. de fallo, estimación de RUL, detección de anomalías, estado de funcionamiento según termografías, vibraciones, etc.	Alta

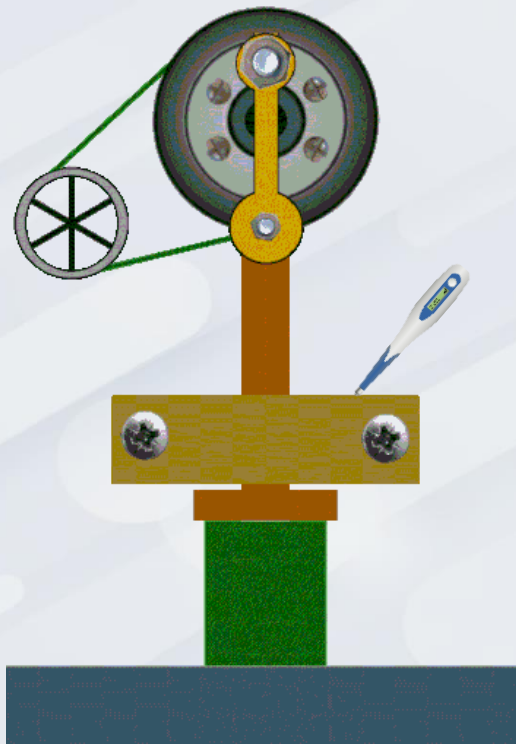




# MARCO CONCEPTUAL

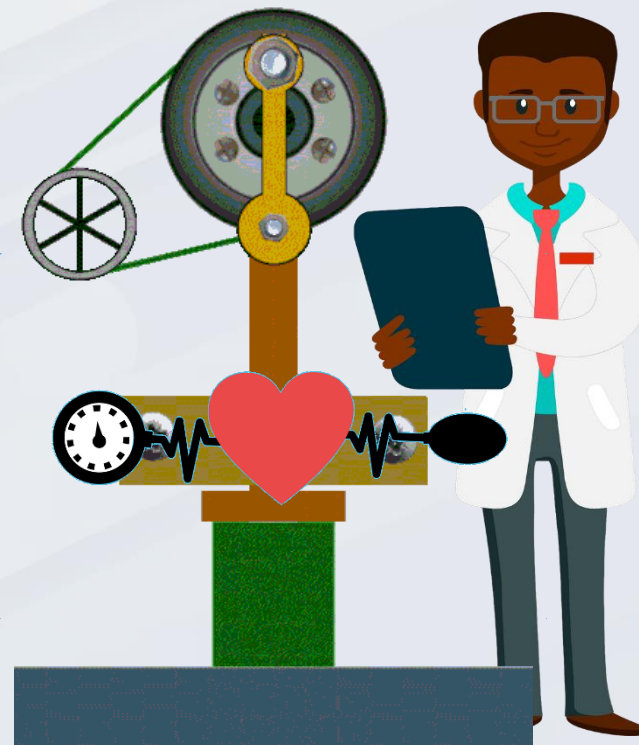
## CONDITION MONITORING

“Medir y saber si estoy malo”



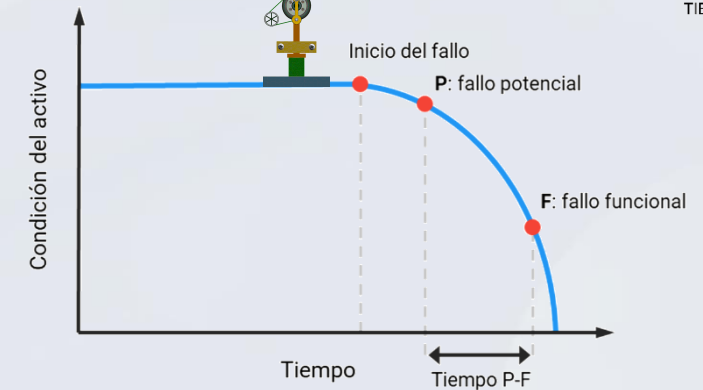
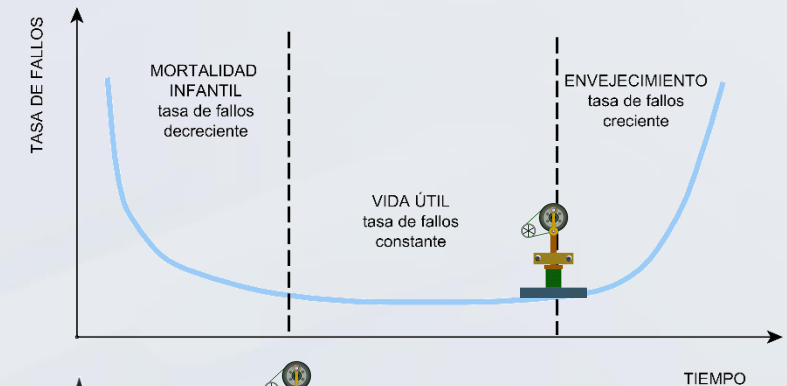
## DIAGNOSIS

“Saber por qué estoy malo y cómo curarme”



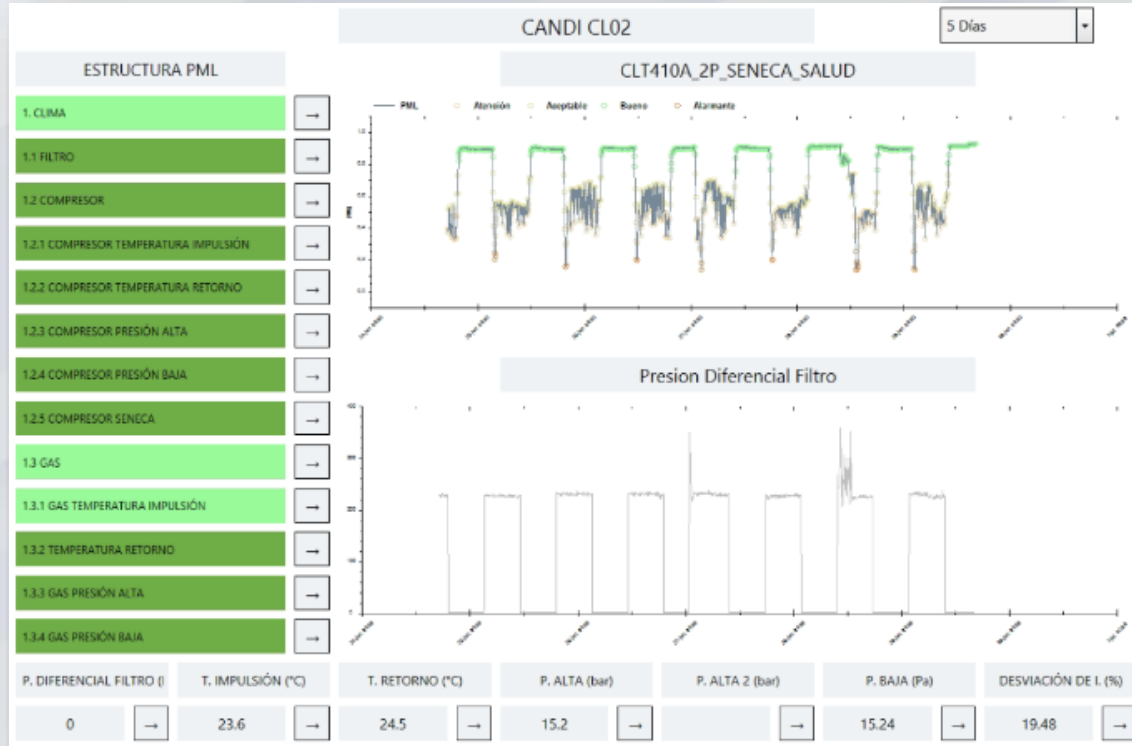
## PROGNOSIS, PREDICCIÓN Y PRESCRIPCIÓN

“Pronosticar cuándo estaré malo y qué hacer para evitarlo o retrasarlo”



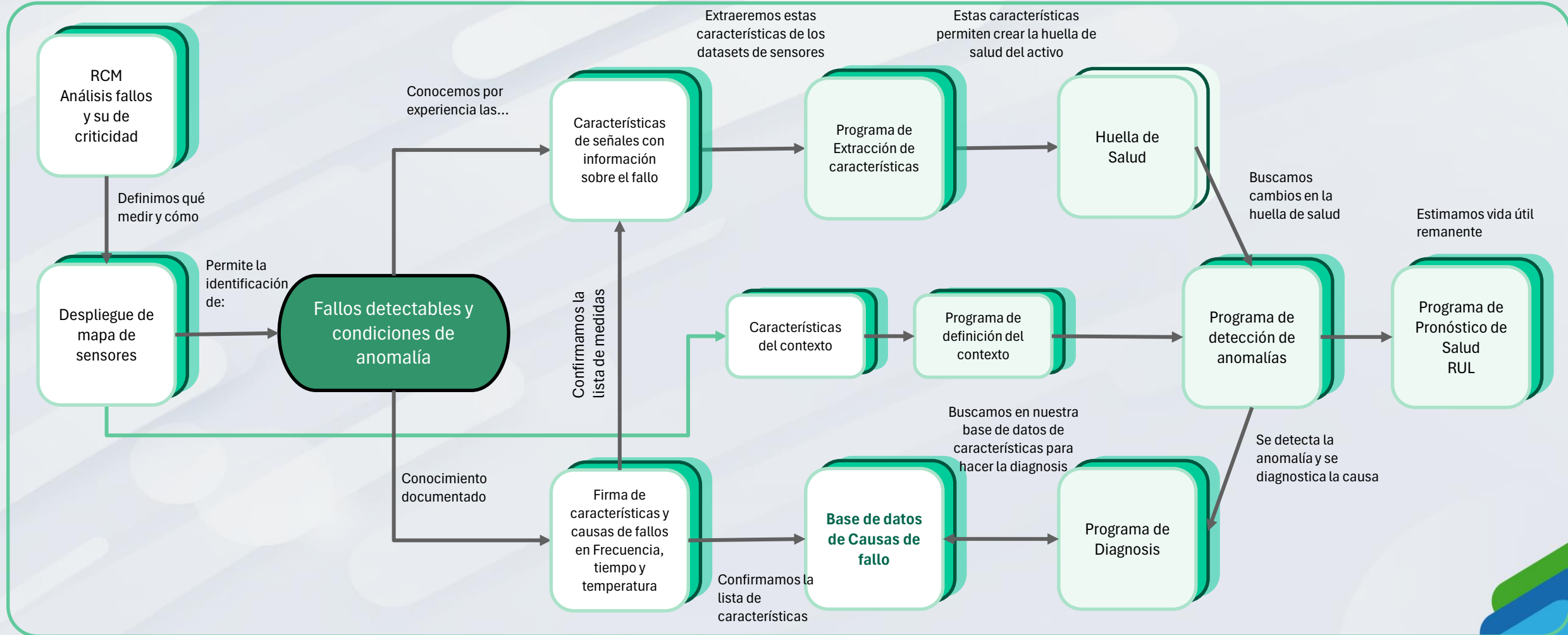


# CONDITION MONITORING





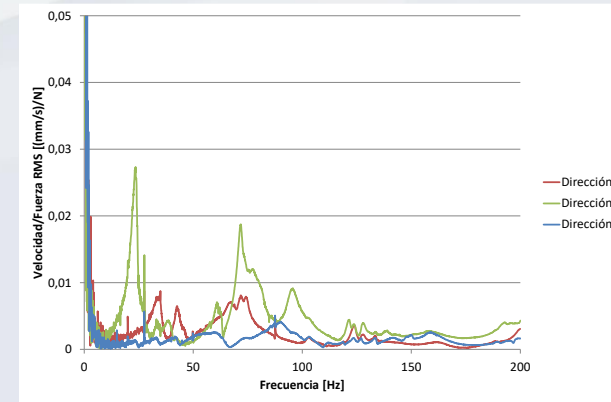
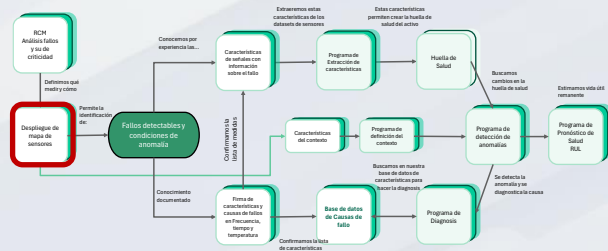
# DIAGNOSIS Y PROGNOSIS







# DIAGNOSIS Y PROGNOSIS

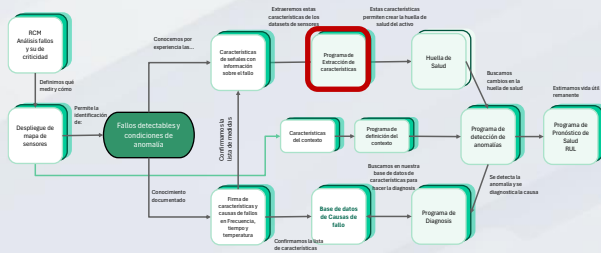


Despliegue de mapa de sensores

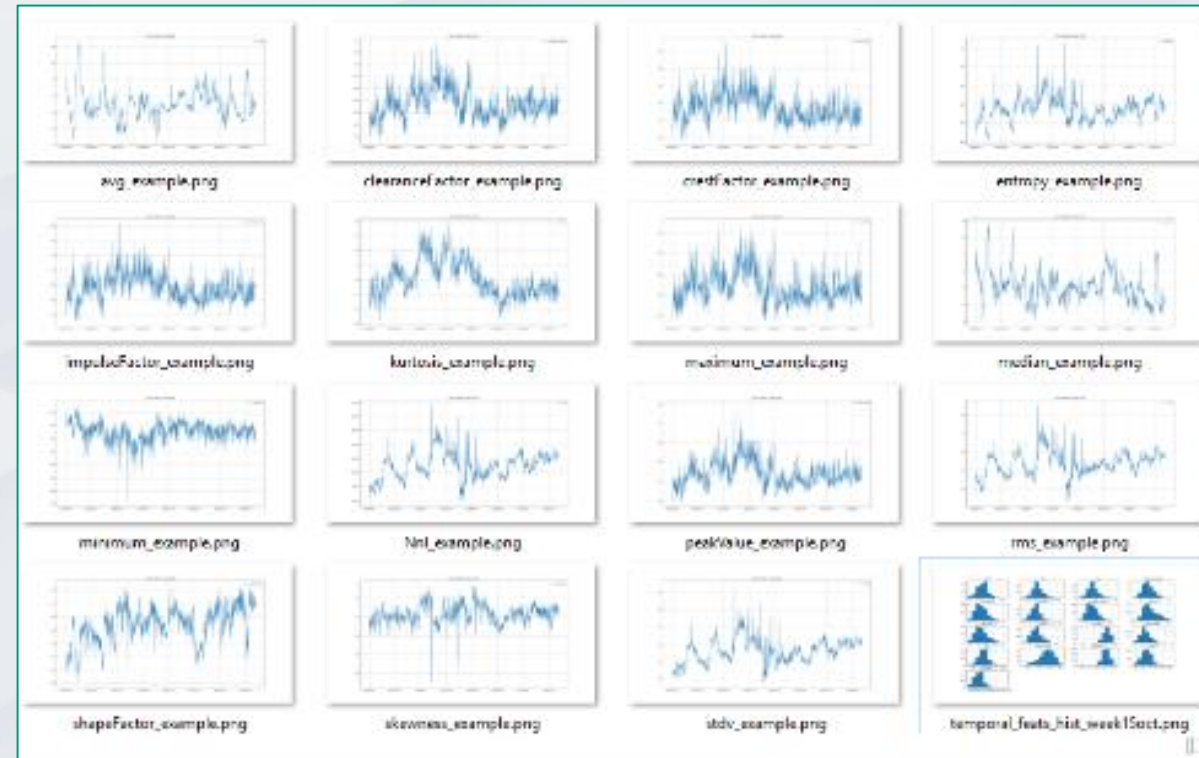




# DIAGNOSIS Y PROGNOSIS

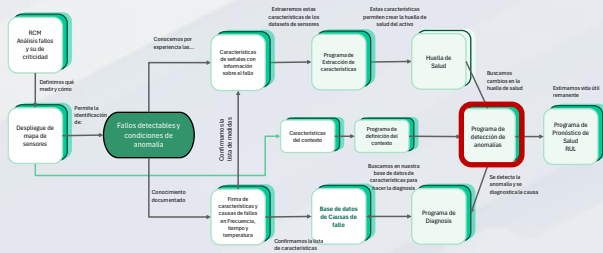


Extracción de características





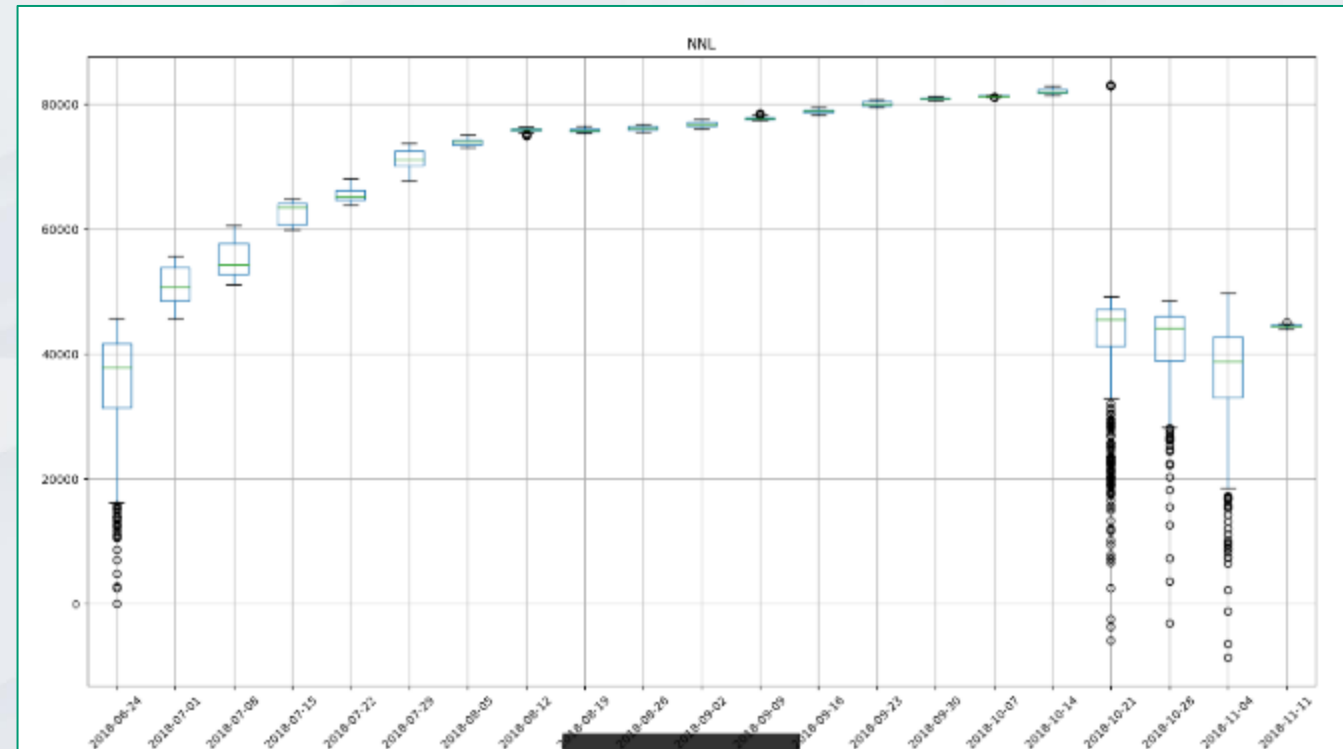
# DIAGNOSIS Y PROGNOSIS



Detección de anomalías

*Cambio en semana de 21-10.*

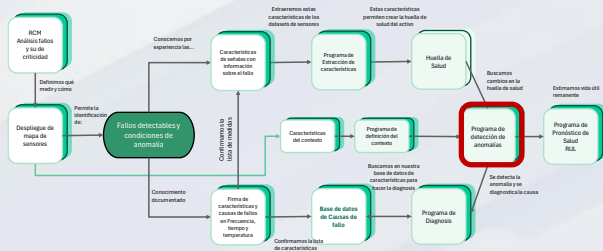
- *Cambio en la apertura del amortiguador:*
- *De 100% en 9/7, 3/10*
- *A 60% en 19/10*







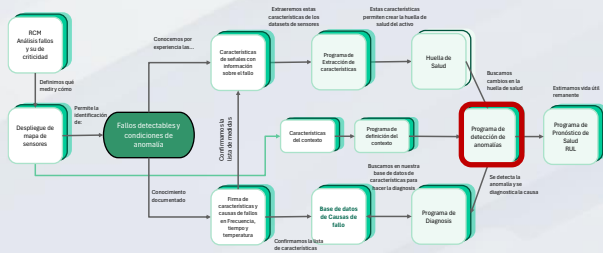
# DIAGNOSIS Y PROGNOSIS



	AVG	CLEARANCE_FACTOR	CREST_FACTOR	ENTROPY	IMPULSE_FACTOR	KURTOSIS	MAX	MEDIAN	MIN	NNL	PEAK_VALUE
2018-06-24 00:00:00	0.438	0.344	0.323	0	0.24	0.073	0.365	0.698	0.333	0.365	0.438
2018-06-25 00:00:00	0.582	0.328	0.134	0.836	0.194	0.478	0.522	0.582	0.507	0.358	0.537
2018-06-26 00:00:00	0.553	0.489	0.255	0.574	0.319	0.319	0.255	0.255	0.383	0.298	0.34
2018-06-27 00:00:00	0.625	0.268	0.5	0.143	0.5	0.429	0.357	0.661	0.357	0.5	0.339
2018-06-28 00:00:00	0.436	0.553	0.372	0.17	0.383	0.436	0.457	0.351	0.362	0.521	0.5
2018-06-29 00:00:00	0.477	0.221	0.244	0.244	0.209	0.326	0.395	0.326	0.488	0.326	0.302

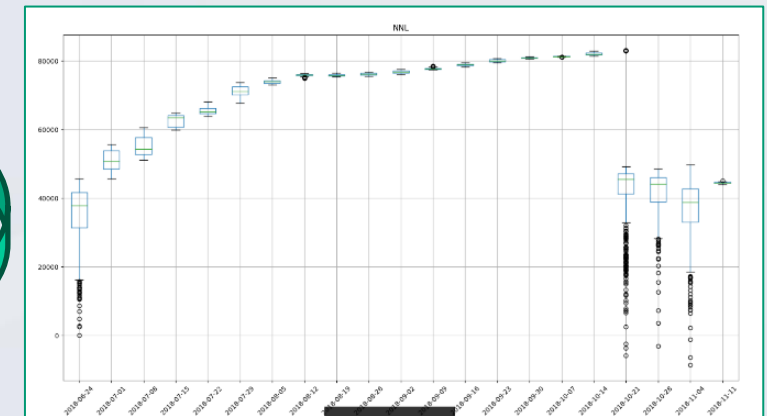


# DIAGNOSIS Y PROGNOSIS



Detección de anomalías

	AVG	CLEARANCE_FACTOR	CREST_FACTOR	ENTROPY	IMPULSE_FACTOR	KURTOSIS	MAX	MEDIAN	MIN	NNL	PEAK
2018-06-24 00:00:00	0.438	0.344	0.323	0	0.24	0.073	0.365	0.698	0.333	0.365	0.438
2018-06-25 00:00:00	0.582	0.328	0.134	0.836	0.194	0.478	0.522	0.582	0.507	0.358	0.537
2018-06-26 00:00:00	0.553	0.489	0.255	0.574	0.319	0.319	0.255	0.255	0.383	0.298	0.34
2018-06-27 00:00:00	0.625	0.268	0.5	0.143	0.5	0.429	0.357	0.661	0.357	0.5	0.339
2018-06-28 00:00:00	0.436	0.553	0.372	0.17	0.383	0.436	0.457	0.351	0.362	0.521	0.5
2018-06-29 00:00:00	0.477	0.221	0.244	0.244	0.209	0.326	0.395	0.326	0.488	0.326	0.302

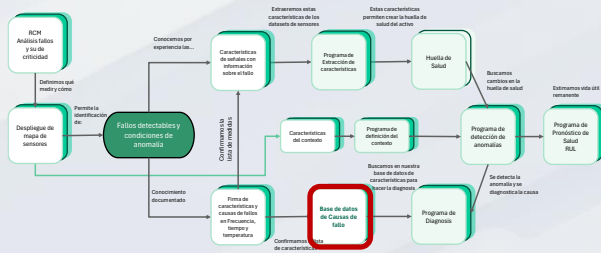






# DIAGNOSIS Y PROGNOSIS

## FAILURE MODES COOKBOOKS



Base de datos  
de causas de  
fallo

1. Plain Bearing Clearance (looseness).....
2. Plain bearing lubrication whirl.....
3. Plain bearing lubrication whip.....
4. Plain bearing block looseness .....
5. centrifugal fan unbalance .....
6. Severe misalignment (looseness).....
7. Centrifugal fan aerodynamic failure.....
8. Pressure pulsations.....
9. Shaft misalignments (coupling) .....
10. Surge effect.....
11. Loose bedplate / Soft foot.....

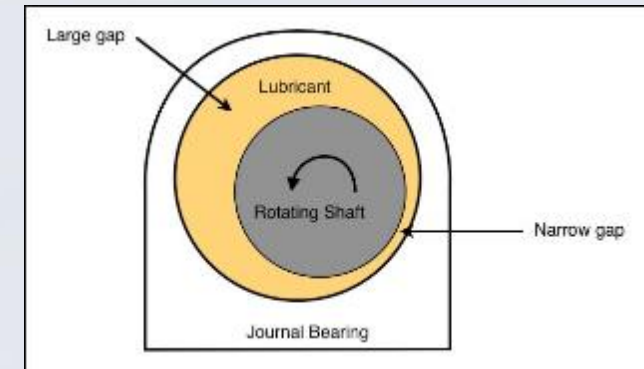
### M1: Modelo Plain/Journal Bearing Clearance (looseness)

*Excessive clearance detection criteria:*

1. Evidence of series of running speed harmonics (1X, 2X, 3X, 4X, etc.) and their magnitudes are greater than 2% of the 1x.
2. Half harmonics of running speed (0.5X, 1.5X, 2.5X, 3.5X, etc.) and their magnitudes are greater than 2% of the 1x.

A:  $Amp1X > Amp2X > Amp3X$  and  $Amp2X, Amp3X > 2\% Amp1X$

B:  $Amp0.5X > Amp1.5X > Amp2.5X$  and  $Amp0.5X, Amp1.5X, Amp2.5X > 2\% Amp1X$







## SALUD INTEGRAL DE ACTIVOS

Salud = Condición

Condición = Riesgo de fallo funcional

Riesgo de fallo funcional = Riesgo de paro/degradación +  
Riesgo de defecto/merma + Riesgo de exceso de consumo

**Salud vinculada a Fiabilidad, Robustez y Sostenibilidad**





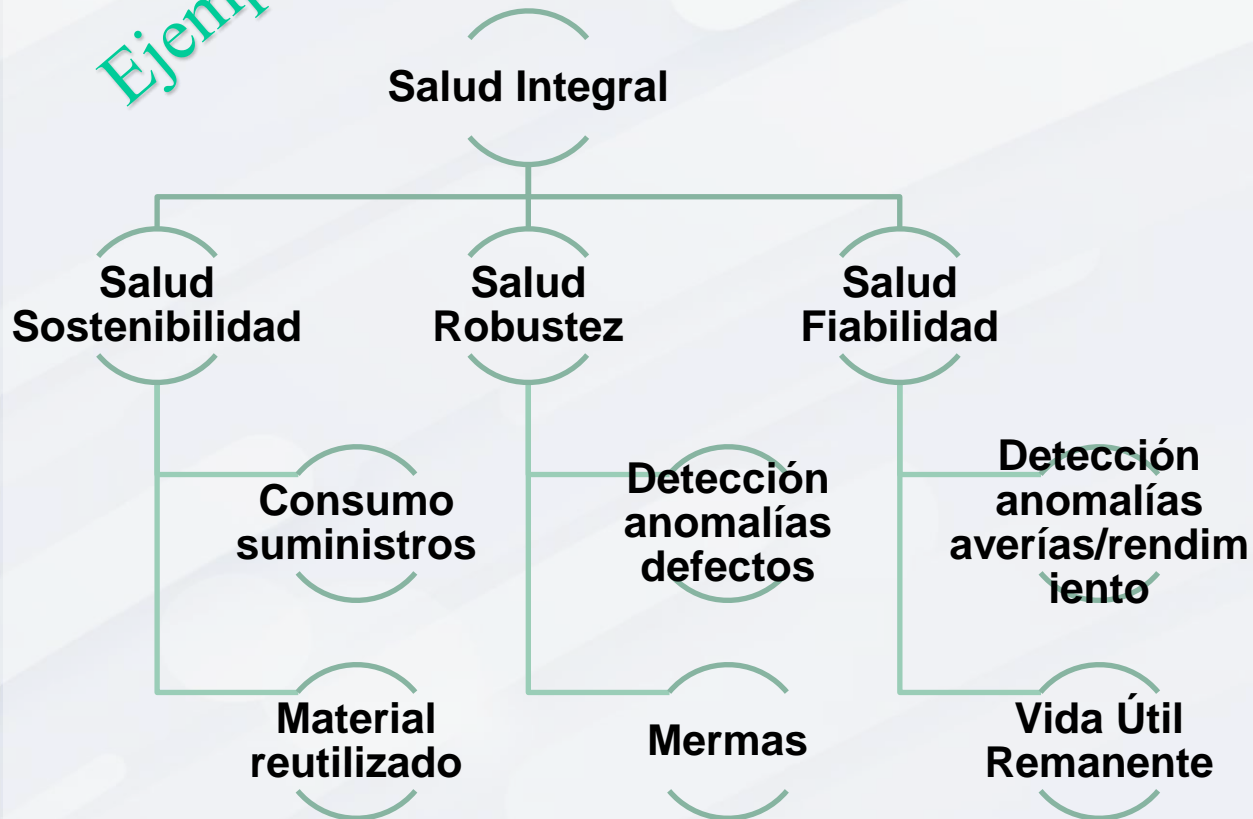
## SALUD INTEGRAL DE ACTIVOS

Una máquina es saludable “integralmente” si y solo si opera con el mínimo riesgo de paro o funcionamiento degradado (es decir, es fiable), con el mínimo riesgo de producir defectivo y/o mermas (es decir, es robusta) y con el mínimo impacto ambiental y consumo energético (es decir, es sostenible).

**Salud vinculada a Fiabilidad, Robustez y Sostenibilidad**

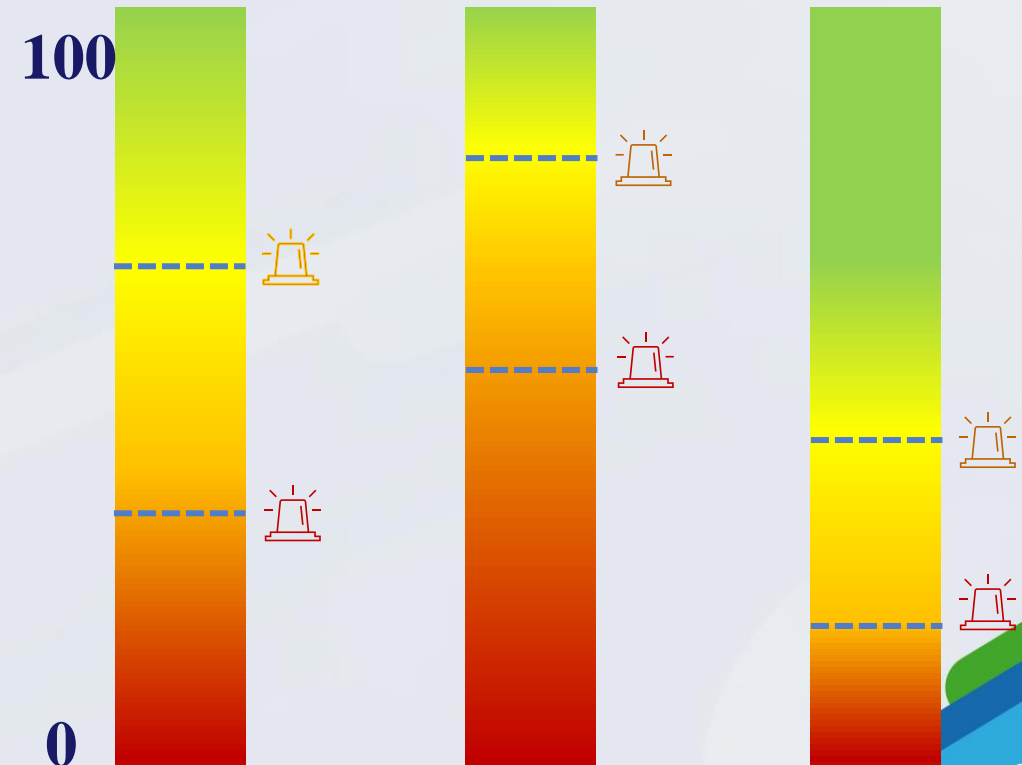
## SALUD INTEGRAL DE ACTIVOS

Ejemplo



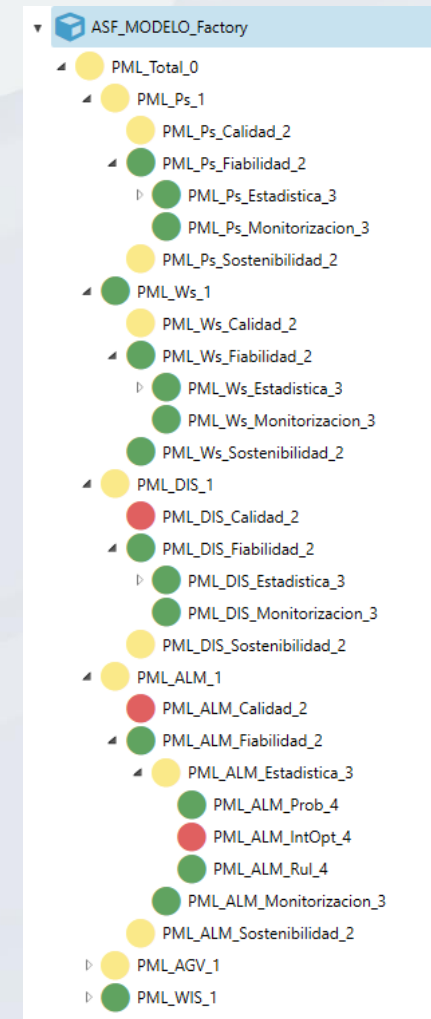
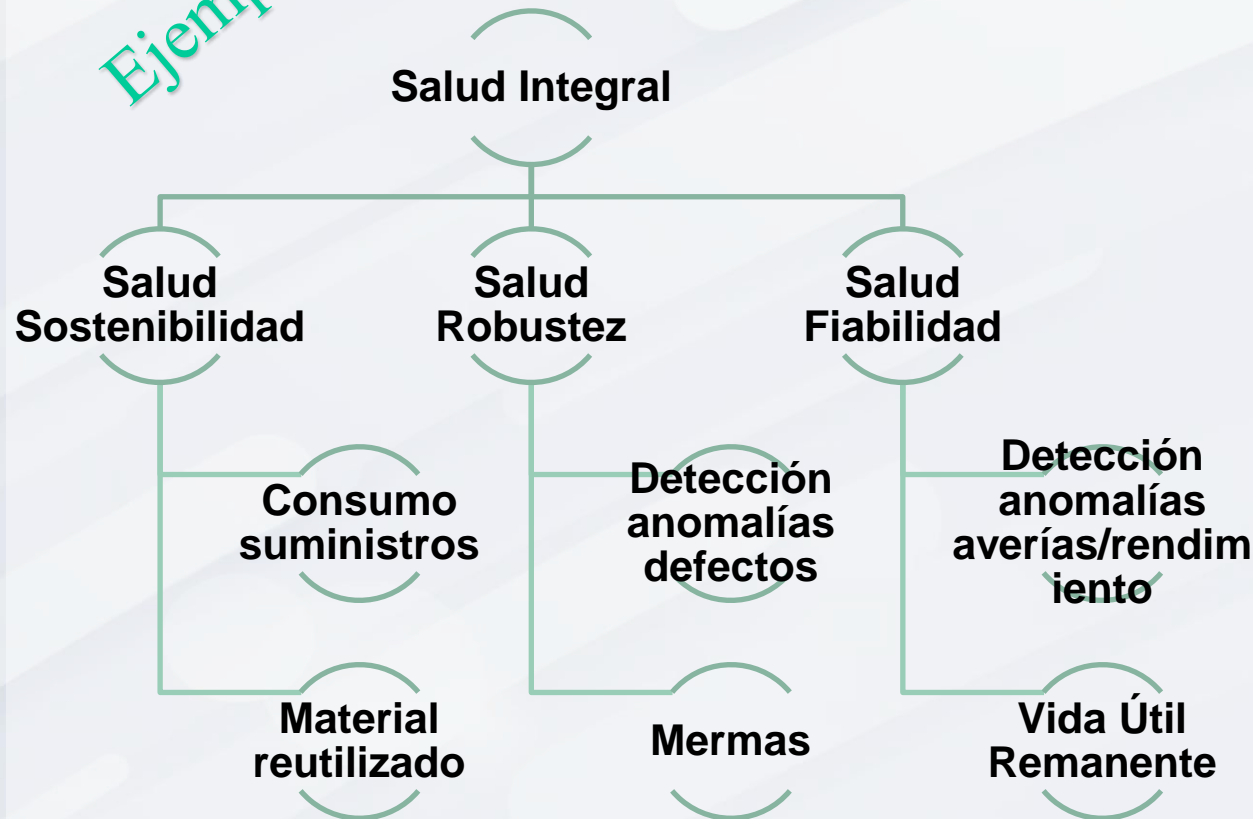
Indicador adimensional en escala de 0 a 100

Disparo de alarma mediante escala de salud borrosa realimentada por falsos positivos/negativos y gravedad de los efectos del fallo



# SALUD INTEGRAL DE ACTIVOS

Ejemplo



Estructura  
arborescente

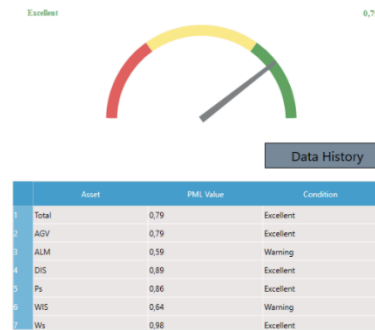
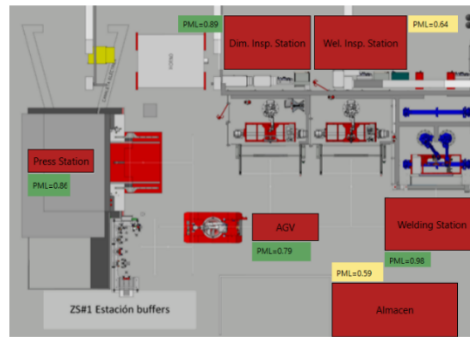




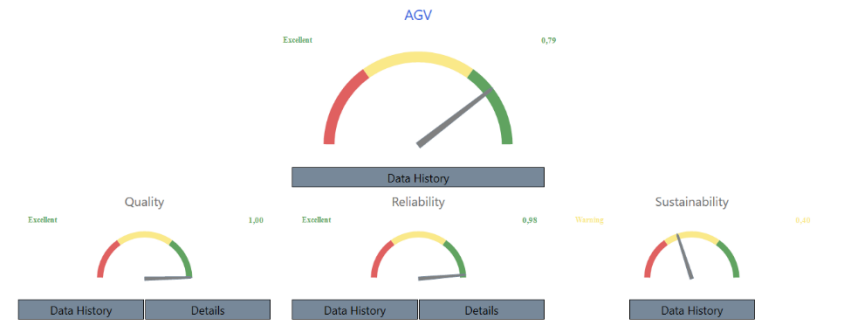
# SALUD INTEGRAL DE ACTIVOS



## Integral Factory Health Status



## Integral Asset Health Status



The probability of failure in the next **24** hours is in the range of 1.0-1.1% for any defect.

The probability of failure will be **50** % in the range of the next 1605-1708 hrs. for any defect.

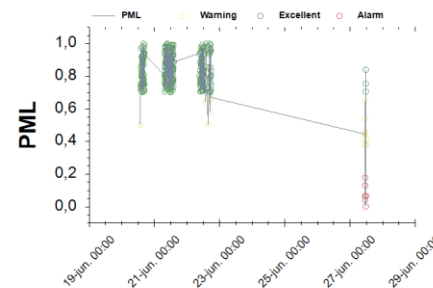
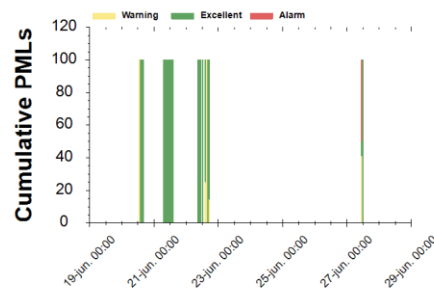
DCA Analysis



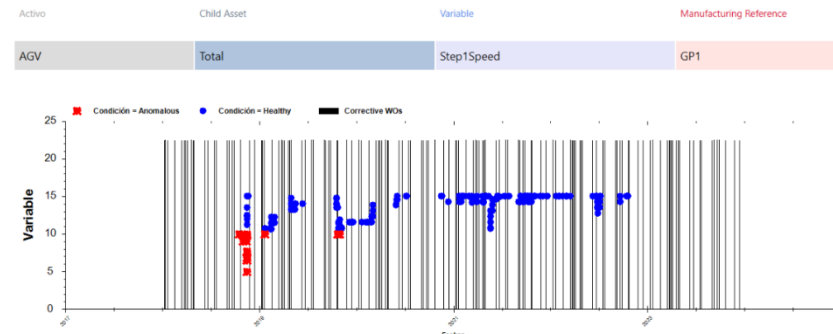
## Sustainability Health History



### Dimensional Insp. Station

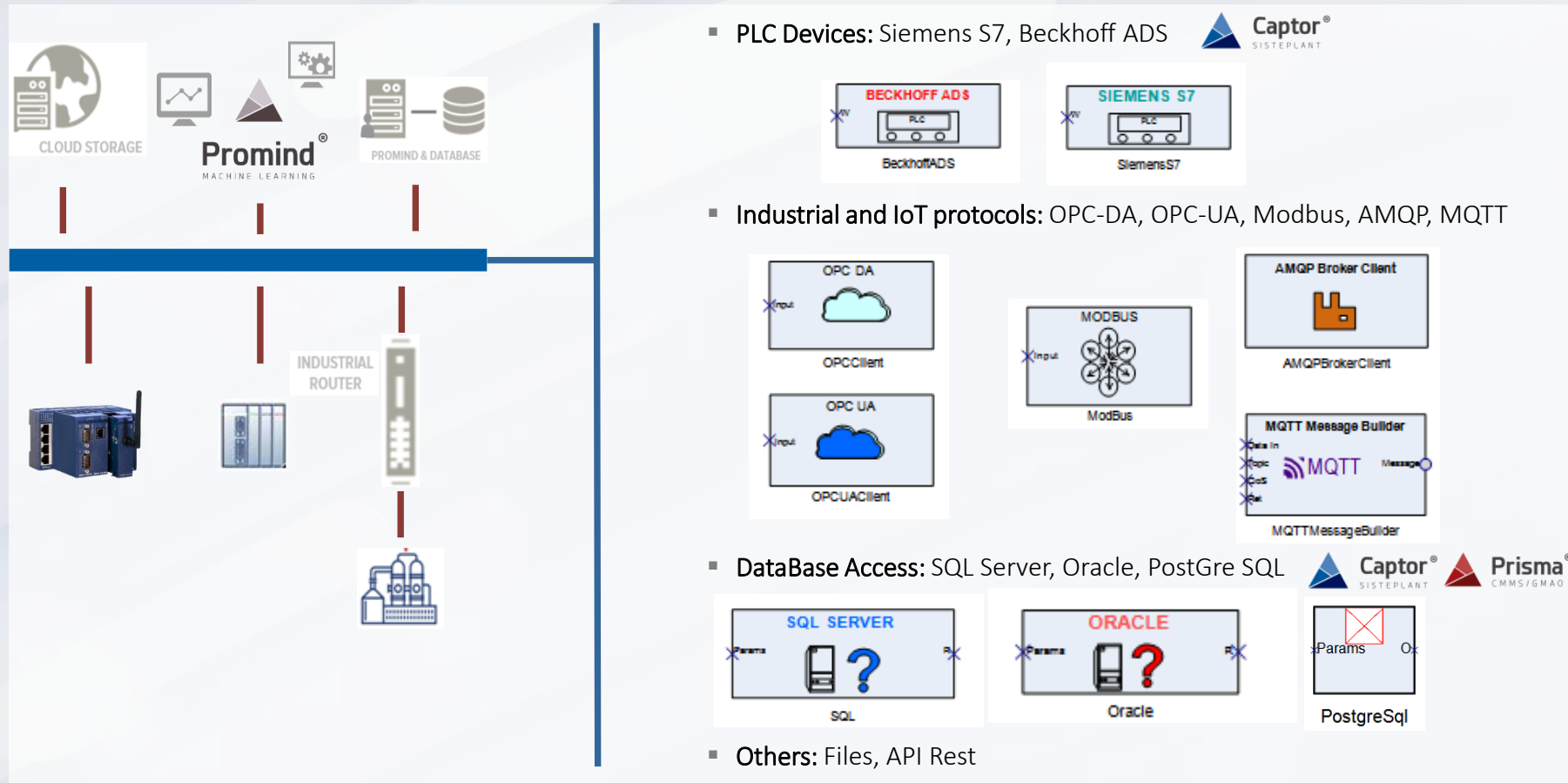


## Monitoring Visualization





## SALUD INTEGRAL DE ACTIVOS



- Datos que provienen de la monitorización en tiempo real de las variables críticas del proceso y su contexto operacional, las cuales se obtienen mediante nuestro sistema MES (Manufacturing Execution System) Captor y dispositivos IoT: medimos variables de proceso, del producto y de contexto, vinculadas a causas de fallos potenciales.**

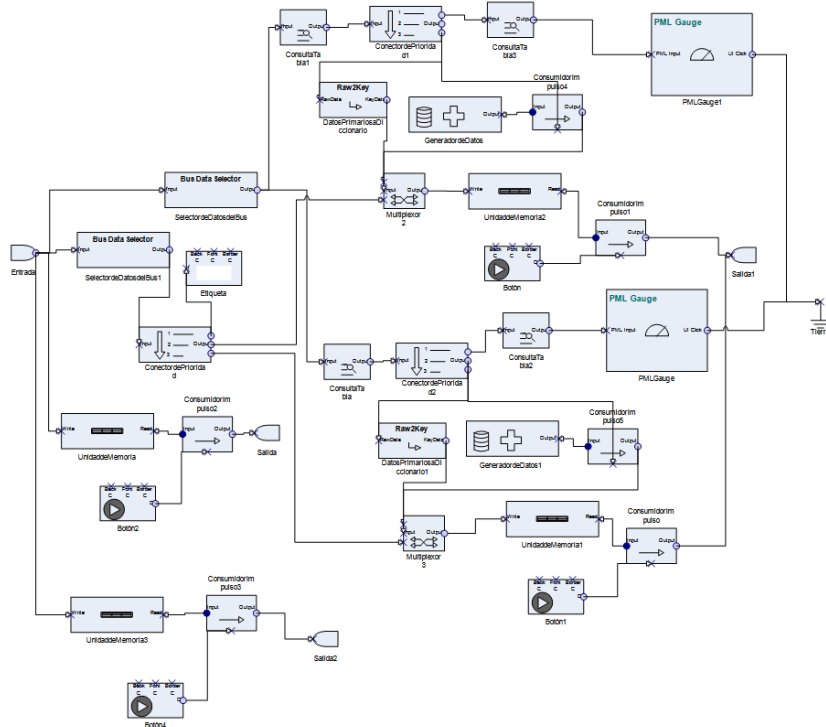


# SALUD INTEGRAL DE ACTIVOS

## Predicción

Monitorización y detección de anomalías

- Modelo matemático multivariable
- Explotación de históricos: Weibull
- Alarmas



## Prescripción

Soluciones basadas en DCAs

Defecto	Denominación Defecto
1	D00001 Colisión y paro de Robot 36
2	D00002 Boquilla doblada, puede provocar colisión
3	D1
4	D2
5	D3
6	D4
7	D5
8	D6
9	D7

Causa	Denominación Causa
1	C00001 Tornillo cabezal y Zeta esta flojo
2	C00002 Fatiga de elementos de unión
3	C00003 Golpe de cable
4	C00004 Apriete manual
5	C00005 Apertura/cierre
6	C00006 Golpe de cable
7	C00007 Detectores de posición
8	C00008 Detectores de posición
9	C00009 Vida útil de cable

Acción	Denominación Acción
1	A1 LIMPIAR / ENGRASAR / DESBLOQUEAR
2	A2 REPARAR (PIEZA EQUIPO)
3	A3 CAMBIAR / SUSTITUIR (PIEZAS EQUIPOS)
4	A4 REPARACIÓN
5	A5 SUSTITUCIÓN
6	R
7	S

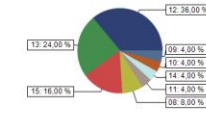


## Defect - Cause - Action Analysis

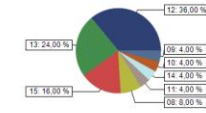


Press Station

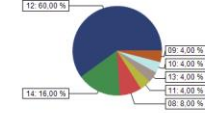
Defects



Causes



Actions



DCA in cascade

Antecedent	Consequent	Support	Confidence	Lift
d_09	c_09	0.04	1	25
d_10	c_10	0.04	1	25
d_11	c_11	0.04	1	25
d_14	c_14	0.04	1	25
d_08	c_08	0.08	1	12.5
d_15	c_15	0.16	1	6.25
d_13	c_13	0.24	1	4.17
d_12	c_12	0.36	1	2.78

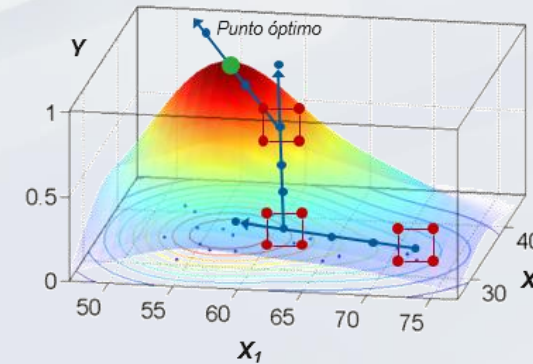
Antecedent	Consequent	Support	Confidence	Lift
d_09;c_09	a_09	0.04	1	25
d_10;c_10	a_10	0.04	1	25
d_11;c_11	a_11	0.04	1	25
d_14;c_14	a_14	0.04	1	25
d_08;c_08	a_08	0.08	1	12.5
d_15;c_15	a_15	0.16	1	6.25
d_13;c_13	a_13	0.24	1	1.67
d_12;c_12	a_12	0.36	1	1.67



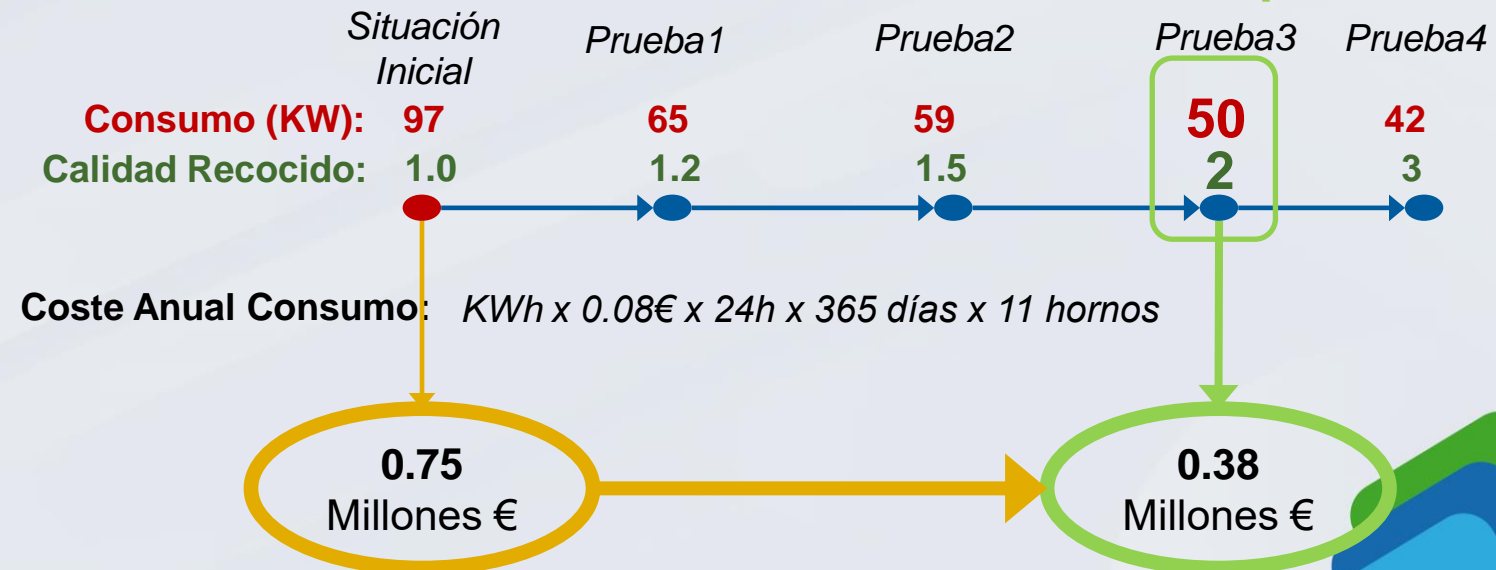
## SALUD INTEGRAL DE ACTIVOS

- **Visión holística** del proceso (fiabilidad + robustez + sostenibilidad)
- Operación **según un óptimo global y no según un óptimo local**
- Toma de **decisiones multicriterio** con alta probabilidad de acierto para el negocio
- **Correlaciones** entre la salud integral de los activos y sus costes de ciclo de vida
- Determinación de la **combinación óptima de variables** que afectan a la salud que **minimizan dichos costes**

Caso real  
Horno de recocido



Punto Óptimo

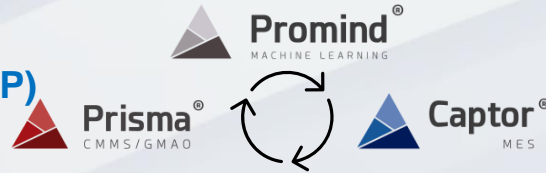




# ROBOTIZACIÓN DE INSPECCIONES Y MANTENIMIENTO



Manufacturing Intelligence platform (MIP)



Other software (CMMS, MES)

Manufacturing Intelligence Bot (MI Bot)

Robotics platform

Edge capabilities

Connectors

Connectors

Connectors

Connectors

Connectors

Connectors

Field

Robots

Rover SW



Drone SW



Quadruped SW



Cobot SW



Other



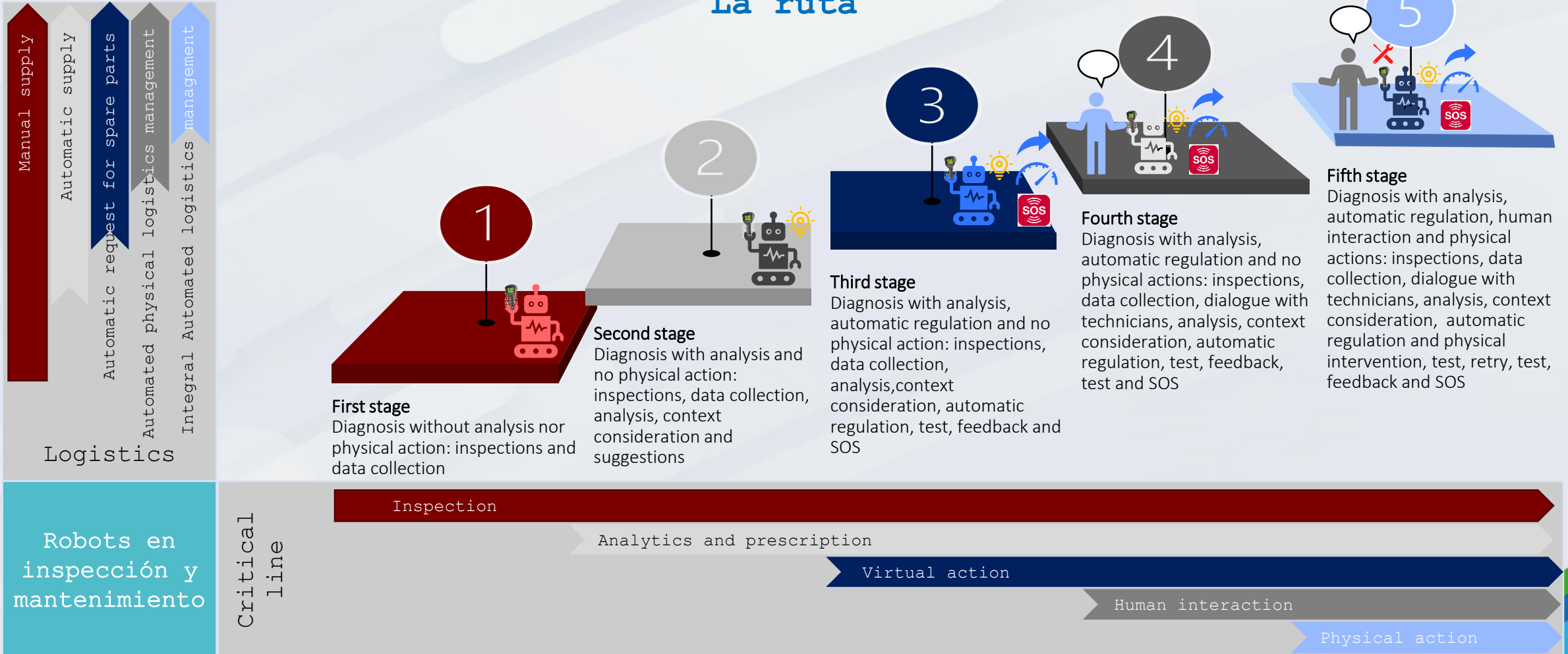
IoT sensors





# ROBOTIZACIÓN DE INSPECCIONES Y MANTENIMIENTO

## La ruta







# ROBOTIZACIÓN DE INSPECCIONES Y MANTENIMIENTO

## Inspecciones y supervisión robotizada en Automotive Smart Factory



Vibration analysis  
of motors

Back line inspection: free path without  
obstacles to access all the HMIs and  
robot controllers, creating a free  
storage aisle

Inspection of  
the material in  
the buffer of  
the line so  
that it warns  
before it runs  
out

Raw material  
real stock  
counting



NUB3D White Light  
Brightness  
Inspection: status  
of the NUB3D light  
(if the light does  
not have the  
correct intensity,  
the station fails)

Floor guide inspection: status of AGV guidance QR codes.

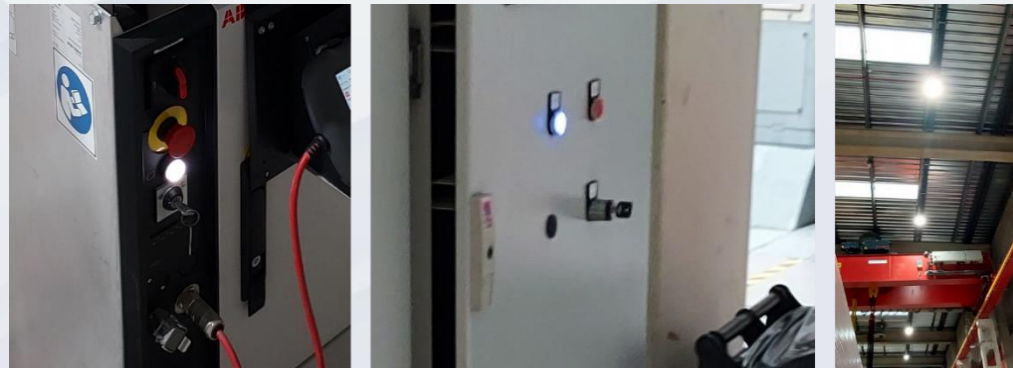
Wounded person detector: detection of possible injuries inside the ASF,  
people injured on the ground, being able to make an emergency call

Air leak  
inspection



# ROBOTIZACIÓN DE INSPECCIONES Y MANTENIMIENTO

## Inspecciones y supervisión robotizada en Automotive Smart Factory



Equipment inspections:  
stations  
enclosures,  
closed doors...

Gas bottles  
pressure  
inspection of  
welding bottles  
Inspection of  
electricity  
meters



Detector of pieces or  
materials within the  
work area: work area  
sweeps to detect  
fallen parts, dirt,  
lights on/off,  
obstacles... 5S  
inspection and alarm





*Muchas gracias*

## INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A MANTENIMIENTO

David López Maganto

Presidente del Comité de Tecnologías Futuras de AEM

Director de Innovación de Sisteplant

Miembro del Consejo de Administración de Sisteplant

[dlopez@sisteplant.com](mailto:dlopez@sisteplant.com)

+34 685731405



ASOCIACIÓN ESPAÑOLA  
DE MANTENIMIENTO  
DESDE 1977 PARA FOMENTO  
DEL MANTENIMIENTO



Sisteplant  
smart solutions

