



NEWSLETTER

JULIO 2024, NÚMERO 8



DISFRUTEN EL VERANO

EN ESTE NÚMERO:

2

CARTA DEL PRESIDENTE

3

PRIMER SEMESTRE DE
2024 - ¡FELIZ VERANO!

5

MBSE SIMULATORS AND
DIGITAL TWINS. PREDICTIVE
MAINTENANCE AND SMART
CITIES

17

ESTADO DE LA INGENIERÍA DE
SISTEMAS BASADA EN
MODELOS (MBSE) EN ESPAÑA

29

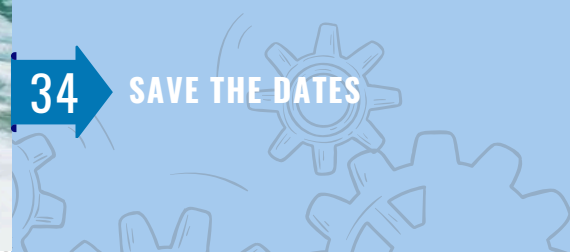
IMPACTO AGILE EN PROCESOS
IS

33

NOVEDADES EVENTOS AEIS

34

SAVE THE DATES



CARTA DEL PRESIDENTE:



Luis Andrés Olmedo

Presidente - AEIS-INCOSE

Senior SE & MBSE - AIRBUS DEFENCE AND SPACE

Fundador - SISTEMISTAS

LECCIONES DEL TLI (TECHNICAL LEADERSHIP INSTITUTE) DE INCOSE

Hace muy pocos días que he terminado dos años de aventura y aprendizaje como miembro de la Cohort#8 del TLI (Technical Leadership Institute) de INCOSE.

Han sido dos años muy retadores, formando parte de un grupo de 20 personas de todo el mundo (sobre todo de USA), ejecutando los distintos proyectos que nos planteaban los profesores (Coaches). No solo el idioma (todo en inglés) que a veces suponía un interesante punto diferenciador (imagina cuando los americanos se olvidaban de que en las reuniones estábamos gente de todo el mundo y empezaban a hablar entre ellos como nosotros, los españoles, podemos hacerlo entre nosotros siendo de distintas regiones). El conocer y entender distintos estilos de liderazgo dependiendo del País e incluso la empresa ha sido otro gran aprendizaje.

Dos años aprendiendo sobre liderazgo técnico basado principalmente en las capacidades humanas (soft skills). Dos años hablando y aprendiendo de respeto, de motivación, de escucha activa, de estilos de personalidad o de las diferencias entre un líder y un gestor (Manager) y luego poniendo en práctica ese aprendizaje. Dos años de reuniones en horarios, a veces muy poco convenientes, intentando encajar no recuerdo cuántas zonas horarias distintas.

Dos años que a mí, personalmente, me han ayudado a confirmar que el estilo de liderazgo que yo entendía y entiendo no sólo es posible sino deseable y promovido por una organización con INCOSE. Un liderazgo basado en las personas en el que la motivación pasa por entender, escuchar y valorar en lugar de por presionar y juzgar.

Si te apetece saber un poco más del TLI aquí tienes el enlace a la web:

<https://www.incose.org/learn/tli>

¿Y para qué te cuento todo esto? Pues además de para darle un poco de visibilidad al programa y para contarte que lo he terminado, he querido usarlo para decirte que otra gran lección es que la fuerza de un equipo está en las diferencias de cada profesional, en saber entenderlas aceptarlas y potenciarlas. En lo que cada uno puede aportar al equipo para andar en una dirección marcada.

Y eso es lo que tenemos en la actual junta de AEIS. Un equipo formado por excelentes profesionales (por si no nos conoces, aquí puedes vernos las caras <https://www.aeis-incose.org/quienes-somos/representantes/>) contribuyendo, cada uno en su área y de forma excepcional, al camino de la Asociación. En estos primeros seis meses hemos conseguido ampliar nuestro CAB, hemos tenido actividad en las redes y promovido y organizado webinars con distintas empresas y hemos co-organizado el SESE 2024 y el ASEW por poner algunos ejemplos. Y quedan cosas por venir, no estamos parados. El WG de MBSE es muy activo y están trabajando (como puedes leer en otro artículo de esta revista) de forma intensiva, estamos hablando con Universidades y colaborando en la traducción del HandBook a español junto con INCOSE LATAM.

Pero toda ayuda es poca y, por tanto, te animo, lector/a, si te apetece colaborar con la Asociación y echar una mano o proponer alguna idea que pueda potenciar la difusión de la Ingeniería de Sistemas en España, a que nos escribas por correo o LinkedIn sin mucho recato. Somos compañeros a los que, como a ti, nos interesa la Ingeniería de Sistemas.

Un saludo.

PRIMER SEMESTRE DE 2024 - ¡FELIZ VERANO!



Anabel Fraga

Directora Técnica - AEIS INCOSE

Lo primero, como siempre, es desearos que estéis bien y que este primer semestre del año haya sido productivo en todos los sentidos.

Este semestre hemos realizado varios eventos tanto nacional como internacionalmente y ha sido grato veros en persona.

Silver Circle Award 2024

Este año, como el anterior, hemos ganado el **INCOSE SILVER Chapter Award Circle 2024**.



EVENTOS INTERNACIONALES

A nivel internacional, AEIS ha participado en el **IW2024**, representada por la Directora Técnica (Anabel Fraga), evento en el que hemos podido ayudar a la organización del IS2024, participando en el Technical Program Committee y dentro del Technical Operations de INCOSE.



En el evento IW2024, he tenido el honor de recibir el premio de **Outstanding Service Award** otorgado por INCOSE.

A nivel EMEA, estamos trabajando con INCOSE en la organización de **IW2025** que será en España (Sevilla), para lo cual colaborarán varios capítulos europeos.

Novedades

Me siento muy agradecida de haber recibido el **II Premio Mujer e Innovación en Seguridad e Ingeniería de Sistemas**, otorgado por la Plataforma Tecnológica Española de Seguridad Industrial (PESI) en el evento de SICUR 2024.



El **IS2024** es el próximo evento, <https://www.incose.org/symp2024/when-where>, celebrándose mientras liberamos esta Newsletter en Dublín. La traducción del Handbook al español está en marcha y para finales de año estará prácticamente completo, con revisión en un esfuerzo conjunto con el Capítulo de LATAM.

A nivel nacional hemos seguido realizando webinars mensuales, el evento internacional de INCOSE del **Día internacional de la mujer**, en marzo. Colaborando con los tres sectores de INCOSE, y ASEW en la Universidad Europea en su tercera y exitosa edición.

Estamos preparando el 1 de Julio de 2024 un **cambio en el sistema de altas de membresías**, nos vamos a fusionar con el sistema de INCOSE para tener un único punto de contacto, seremos el piloto de esta iniciativa para que todos los capítulos tengan un único punto de acceso y una experiencia única.



Enlazando con ello, y como siempre lo comento para que no se nos olvide esta lección, lo que hemos pasado estos años, necesitamos cultivar nuestros soft-skills, nuestras habilidades de comunicación, empatía y calidez humana. No importan donde trabajes, en casa, en un despacho, en una oficina o en un co-working, **lo importante es cuidar la calidad de vida y la calidad del trabajo realizado**. Pensemos como ingenieros de sistemas, **estamos hablando de sistemas complejos que deben interrelacionarse de la mejor manera posible**.

Finalmente, queremos agradecer como siempre a nuestros **afiliados**, al **CAB** y las empresas afiliadas, que durante este tiempo han estado a nuestro lado. Sin su colaboración y el compromiso que tienen con la asociación no sería posible lograr todos estos pasos que nos vamos planteando.

Queremos desearos un buen verano, disfrutad, descansad, reponed fuerzas y actuar con consciencia en estos momentos.

Un fuerte abrazo de parte de toda la familia de INCOSE España. ¡Cuidaos y disfrutad mucho este verano!



MBSE SIMULATORS AND DIGITAL TWINS. PREDICTIVE MAINTENANCE AND SMART CITIES.



Santiago Ferrer Jover
Program Manager
CT Ingenieros

1. MBSE. Vision & Fields of Use.

The first area we think of for digitalization is industry, and manufacturing in particular. This is a really good starting point, but we need to open our minds to all the possibilities.

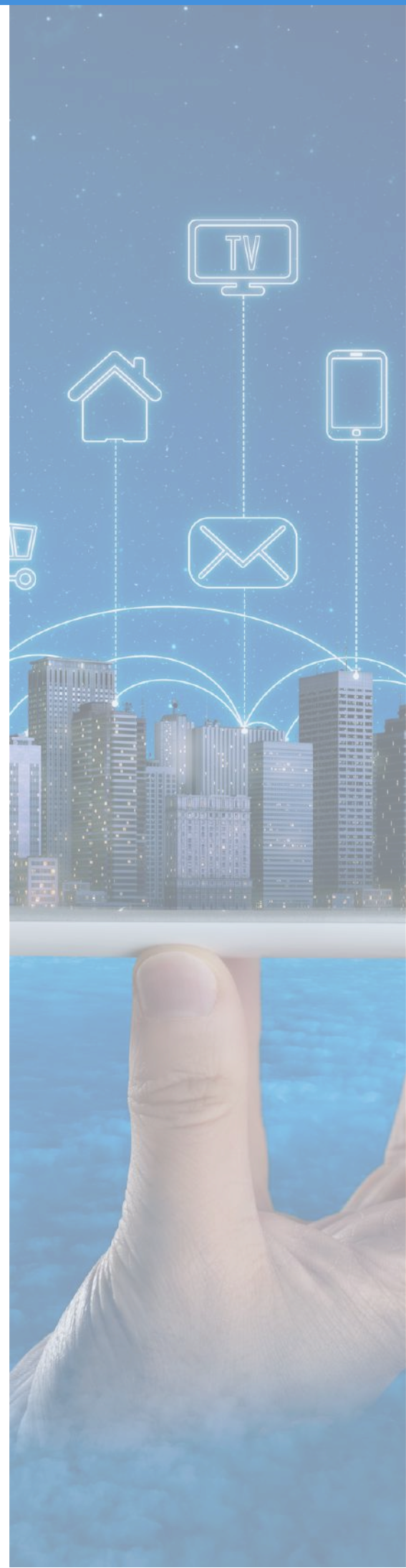
Think about a **smart city** for example. Industry 4.0 uses automation, digitalization and big data to increase productivity, BUT **Industry 5.0 turns its focus on human beings**. People are the main beneficiaries of digital twins and artificial intelligence, as they help us make the best decisions and create products precisely tailored to fit our needs. Industry 5.0 wastes no material and reuses our limited resources, while producing totally personalized products focused on people.

Model-Based Systems Engineering (MBSE) introduces virtual models into the complete product or service life cycle; from the first line on the drawing board, to end of life and final recyclability. These models do not merely replicate 3D designs, they also incorporate the entire operation and behavior of complete systems and, more importantly, of interconnected systems of systems.

MBSE makes extensive use of the virtual world to enhance all aspects of **product engineering**.

- **Conceptual design & specification:** We can come up with our first ideas on a computer, and from the start predict the performance of the item, component or assembly we are designing. We can even know if we meet specifications according to customer requirements and legislation. Everything is available from your PC or laptop.
- **Systems engineering and structural design:** It is possible to complement our design with all the ancillaries attached to the system. We can simulate the coordination between all hardware and software components and subsystems. We can even develop complete simulations, called digital twins, for virtual testing. This allows us to cost-effectively analyze how our systems will respond in any scenario in a risk-free virtual environment.

Our full-scale virtual replica will receive and provide information to all the elements in the system via IoT sets. 5G communication is instrumental in ensuring total connectivity and, according to the most respected sources, 6G is just around the corner.



- **Mechanicals & electricals for smart cities, vehicles and factories:** With MBSE we can virtually simulate a complete city, a complete manufacturing plant or a complete vehicle with all participating elements. The means we can engineer full vehicles, data transmission and the general working condition of any machine and process we can imagine.
- **Design verification, validation and final deployment:** In a virtual environment we can test everything to its limits and discover the maximum capacities and performances of systems, vehicles, factories and even entire smart cities.

Thinking about **manufacturing engineering**, the virtual MBSE approach can be applied to:

- **Process engineering, assembly lines and tooling simulation:** All kinds of processes, lines, tools and workstations can be simulated down to the smallest detail. It is very important to note that the simulators and digital twins not only obtain information from the real world, but are also able to generate their own virtual data, replicating reality. This is essential to train the artificial intelligence at the core of a digital twin. The algorithms are specially designed to learn by themselves and can adapt and change their logic according to the input they receive.
- **Supply chain management, quality & inspections** are included in the concept of Industry 5.0. Think about computer vision and its capacity to identify objects and specially faults and defects of any kind. Of paramount importance in key sectors such as aviation and electronics.

A digital twin is able to foresee unexpected circumstances and risks far before they happen.

It is important to point out how digital twins vastly improve predictive maintenance for vehicles and assets. It is already extremely useful to be aware of the operational condition of online and in situ assets at any given moment, but it is game-changing to know in advance how the asset will evolve over time and WHEN a likely breakdown can occur.

Measures to avoid these failures can be taken at an early stage, saving a lot of time and money, and improving the user experience and customer satisfaction.

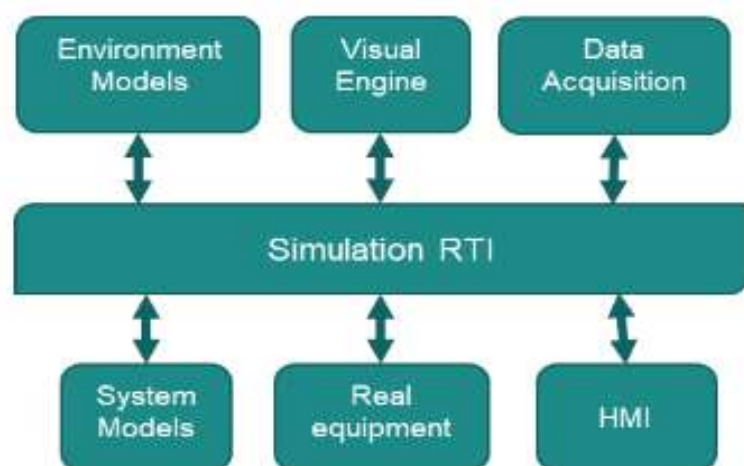


Figure 1: Schematics of a simulation incorporating virtual and real scenarios and variables.

Regarding **systems engineering**, digital twins and simulation can be useful for all types of industrial processes and machinery.

They can be used to create training devices, developing system models or user applications with powerful graphic engines (such as Unity or Unreal). It is possible to integrate any solution the customer is already using while combining simulated and real systems in a **“hardware in the loop”** approach. Test benches can also be included in this virtuous circle.

Continuing with deployed technology, we highlight the capacity to generate synthetic data from simulations to train artificial intelligence. It is possible to carry out cooperative simulations integrating simulators from different platforms, gathering input from different kinds of simulators. This is especially important for both civil and military applications.

Also it is possible to make digital twins using the live, **virtual and constructive approach**. LVC links real entities (live), with simulated and virtual environments (virtual) and then introduces new virtual actors to interact with them (constructive). The final step is validation work with the customer.

2. MBSE Core Skills.

As a core competency, we need to be able to develop any kind of software, including user applications and interfaces, databases and communication between systems.

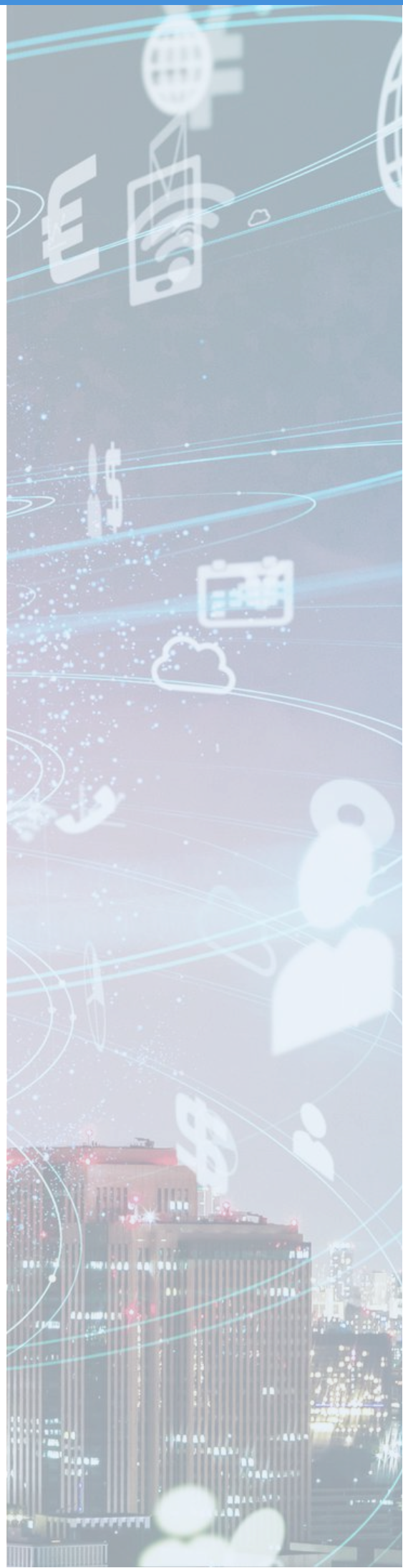
To model any system, we apply **deep and machine learning**, virtual models and digital twins in real time, acquiring telemetry data from machines and vehicles via IoT. Here is where the capacity to predict exactly what is going to happen in the future comes into play, establishing tendencies of behaviour and seeding the field of predictive maintenance. We can combine 3D tools from other companies. It is possible to create accurate copies of testing grounds to replicate testing conditions and the real operational life of assets and machines.

It is a good idea to enhance the display of information with **augmented reality**, superimposing virtual information on to the real world and linking **virtual reality** applications to improve training, creating an immersive experience in the middle of a reliable virtual reproduction of the real world.

3. MBSE Design Skills

In terms of design, we can develop cockpits and ground control stations (GCS) with **human- machine interfaces (HMI)** for industry in general and vehicles in particular. This can be linked to remote operation and automatic driving of all kinds of machinery, under human supervision: for instance, forklifts in warehouses or taxi fleets in urban areas.

This contributes to the final stage of validation and verification (V&V) in unison with the final user.



4. MBSE Transversal Skills

Transversal skills that are useful to develop include the capacity of integration: the ability to connect different systems from different suppliers and different platforms. This would enable us to certify any system.

If we want to get a full virtual ecosystem in our industry, we must go from conceptual design to cybersecurity, passing through simulation, digital twins, IoT, predictive maintenance and final validation. If we are able to embrace all of this, either by ourselves or with the help of partners, we will be able to take full advantage of virtualization.

5. Integrating Virtual Twins in Industry 5.0

Virtual integration requires a visual engine that can generate 3D environments and also provide the three most important capabilities for a virtual twin simulation.

- **Hardware in the loop**, introducing real assets into a virtual world.
- **Software in the loop**, introducing any solution into the main virtual twin.
- **Human in the loop** introducing humans into the virtual world.

Keep in mind the two most powerful aspects of artificial intelligence are the ability to capture and interpret images, what we call computer vision, and the ability to help us make the best decisions. Artificial intelligence is not going to take our place, but it will help us in our everyday work.

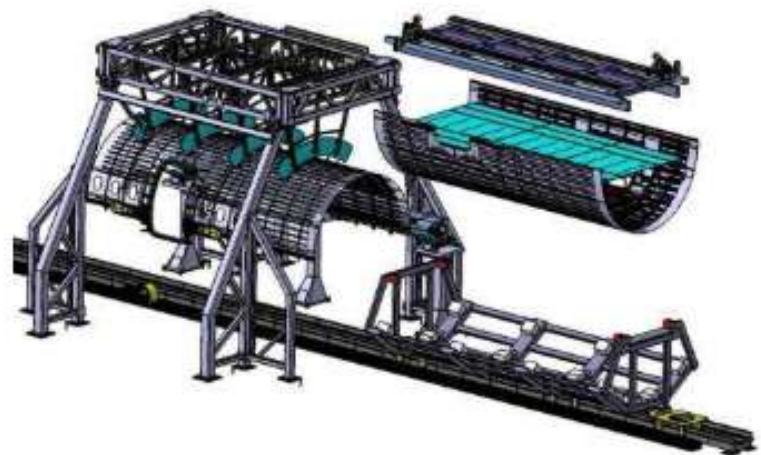


Figure 2: CAD design and MBSE incorporating operational behavior is key to predictive maintenance.

6. The Basics of Predictive Maintenance

Preventive maintenance include the actions necessary to keep machines running, minimizing unproductive times due to failures, machinery breakdowns or unforeseen stops. The main objective is to anticipate unexpected stops and minimize downtime.

Predictive maintenance goes further. By monitoring the production chain we can monitor machine data such as temperature, humidity, pressure or activity times to evaluate and detect problems before they occur.

The use of artificial intelligence or deep learning allows for more effective and faster predictive maintenance management.

All the data captured in real time can be used to improve predictive maintenance, by allowing machines to learn and detect problems autonomously, displaying alarms, indicating when a part has to be changed or, in extreme cases, stop production in order to extract this knowledge and generate predictive models detecting when a defect in production will occur.

Implementing predictive maintenance requires algorithms that are continually learning and improving the models, and this is where artificial intelligence and deep learning come into play.

7. How to Deploy Predictive Maintenance.

First, all the relevant data is imported, stored and transformed into a usable format.

The second step is to explore this set of historical data, prior to developing the models in which the variables used to identify patterns are defined.

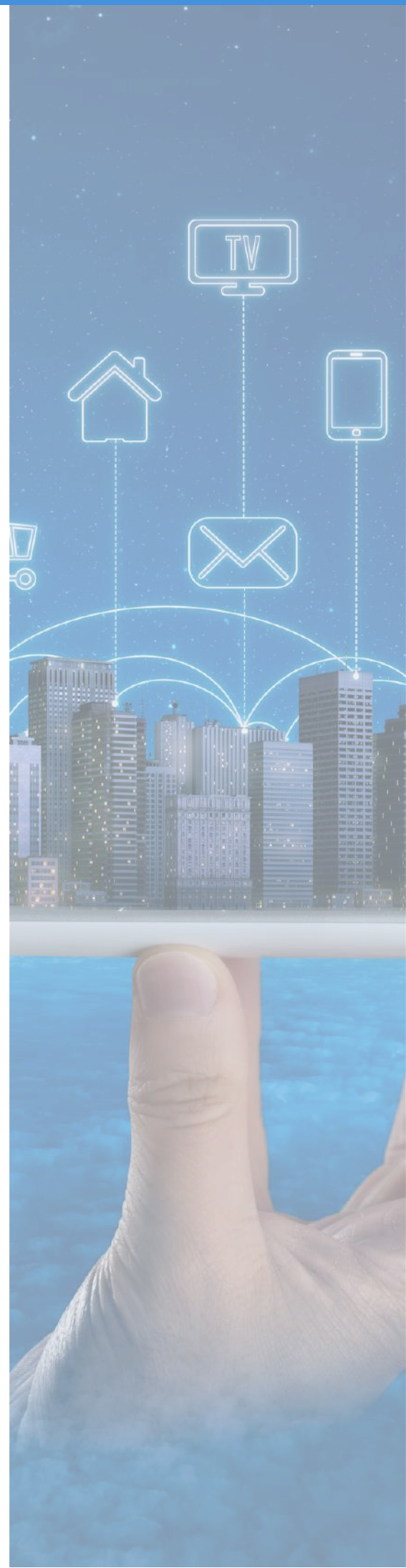
Once we have the model, we move on to the training phase and, when it is sufficiently tested, it is deployed in the real environment. So, it works with new data and can carry out predictive maintenance, generating the necessary early **alerts of failure, or decrease in the quality of the parts produced** in case the predicted metrics are far beyond the defined thresholds.

There are different combinations of **recurrent and convolutional neural networks** that can be combined to generate models allowing data to be processed in real time and provide failure predictions with high levels of accuracy.

CT's approach is to use neural networks and artificial intelligence algorithms to establish a predictive model based on all the operating data of the asset to be examined, as well as that produced by other connected elements.

Currently, three types of maintenance are used:

- **Run-to-failure (RtF):** Maintenance is carried out after failure occurs. It is used when equipment failure does not significantly affect operations or productivity.
- **Planned preventive maintenance (PvM):** Revisions are carried out to prevent equipment from failing unexpectedly.
- **Predictive maintenance (PdM):** The performance of equipment is monitored over time through IoT Systems, this data is collected over time, making it possible to determine how much useful life remains for a vehicle, machine or part; by anticipating when the machine will fail, we avoid unnecessary maintenance or unexpected failures.



Predictive maintenance consists of four phases:

- **Collecting system data:** There are two main methods to collect data, on-board and off-board. The on-board method relies on sensors to collect data directly from the equipment, while off-board methods are based on large existing databases.
- **Processing the data:** Because large volumes of data are constantly being produced, we must eliminate irrelevant information and extract what is most important for our needs. This is especially relevant when working with artificial intelligence, since the data we use to train the model greatly influences its performance.
- **Fault diagnosis:** RUL (remaining useful life) is normally used. Once we obtain the outputs from our artificial intelligence, we can run them through a health indicator, allowing us to know the state of our machine and predict its useful life.
- **Decision on the maintenance strategy:** Once we know the RUL of our machine, we can make the corresponding maintenance decisions.



Figure 3: Predictive maintenance can be complemented with applications using augmented reality and virtual reality.

8. Predictive maintenance applied to machines and vehicle fleets.

There are four models to implement predictive maintenance:

- **Physical model approach:** A physical or mathematical model of the system can be used to evaluate component degradation. This kind of model is difficult to implement in complex environments.
- **Knowledge-based approach:** This approach uses expert systems or fuzzy logic. It requires expert knowledge to build the system.
- **Data-driven approach:** Computing power and a large amount of data is used for this approach. There are three models: statistical, stochastic or machine learning.
- **Digital twin approach:** This approach is based on data and models, creating a union between the digital and physical world.

The data-driven approach is the most widespread, using a wide variety of algorithms and applications based on deep and machine learning. Deep learning methods guarantee good performance in predicting failures but require a large amount of data compared to traditional machine learning techniques.

The digital twin is a more modern technique, with a great capacity to identify abnormal conditions and predict the useful life of a product, as it combines physical models (to create the digital twin) with a data-driven approach.

Our approach to predictive maintenance allows us to anticipate maintenance operations and failures before they occur. In addition, we can design operations to improve any system. In these cases, the **CT Engineering Group** is in charge of analyzing all the information available from any source, analyzing the root cause, carrying out functional investigations, developing model hypotheses, identifying relevant variants and proposing validation methods. In short, we coordinate the development of an entire system. **ECOMOVIL 23** is a good example of this, applied to an electric city bus.

We can imagine the complex connections with telemetry, transfer data to a database, calculate predictive maintenance and create digital twins. So, digital twins interact with each other.

In this case, we have chosen what we feel are the key elements of an electric vehicle: the electric motor, the battery pack, ADAS system for emergency braking, airconditioning unit and finally the wear and tear of brakes and tires.

First we created a model of each subsystem and then linked each individual model within a single platform and, finally, played out the interactions between subsystems. We all agreed the status of the road or the style of driving can heavily affect the life of the battery pack or the tires.

This knowledge has implications on the operational **costs and efficiency of a vehicle**, and with the help of our capacity to predict what will happen to the vehicle in the near future, we can reschedule maintenance operations, reduce stoppage times, **optimize the availability of spares in a just-in-time model**, thus avoiding the accumulation of parts in thousands of cubic and square meters, saving a lot of money, **decreasing to the minimum breakdowns**, as well as **expanding the real life** of the fleet of vehicles.

Thanks to predictive maintenance you can know in advance, based on the date or mileage, when you should replace components, such as the starter battery or brake pads, receiving a report whenever there are signs of malfunction of crucial components, with artificial intelligence models for fault detection.

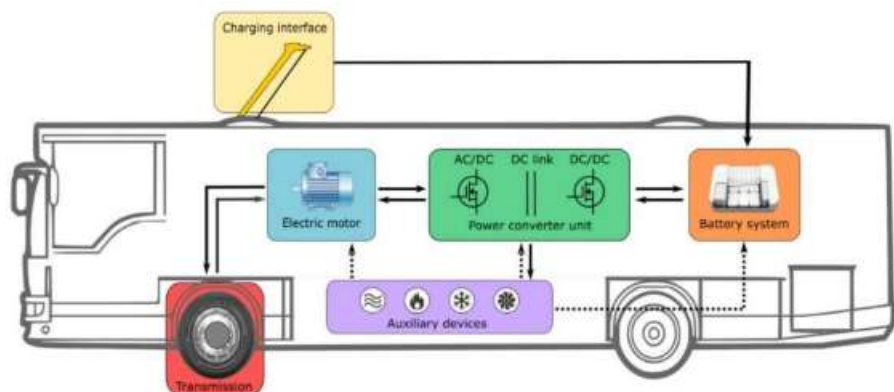
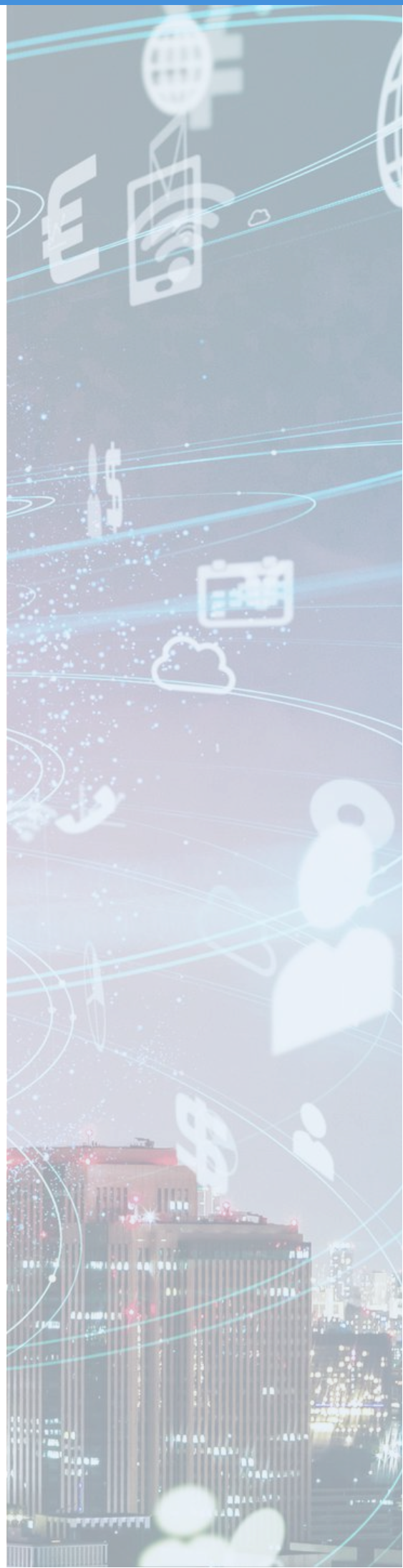


Figure 4: Key elements of an electric bus to which predictive maintenance can be applied.





Remote diagnostics is like having the most advanced diagnostic equipment installed in each of your vehicles operating at all times. You can view active DTCs (error codes), and custom alerts on your vehicles based on their severity, with visibility of key maintenance metrics by comparing history and checking sensor behavior in real-time with messages, emails or notifications.

With automated maintenance plans, mileage and run times are automatically recorded, so you can receive alerts when the vehicle needs to be serviced. Additionally, plans can also be automatically adjusted based on malfunctions detected by remote diagnostics and predictive maintenance.

It is also possible to monitor and control vehicles, all in one place, in real time on the same map. Consumption and other metrics and alerts can be anticipated based on fleet configurations.

There are technologies that can establish a scoring system to ensure that drivers make fleets safer and more efficient (possible through driver identification add-on). Complete visibility of fleet performance can be obtained in any type of operation.

Even specific training needs can be identified by monitoring driver performance, to help minimize wear and tear on vehicle components.

9. MBSE for Smart Cities.

Shifting gears, I would like to mention how important digitalization will be for a smart city. Below, are some examples of key projects being developed by CT, using digital twins and proper simulations.

- **Road inspection and management.** We can inspect roads by taking advantage of all the sensors embedded in vehicles (radars, lidars, cameras...). They can be used to see the status of signs, horizontal markings and even the quality and degradation of the pavement. In this context a digital twin can detect and prevent the evolution of cracks, bumps and ditches on the asphalt in order to prevent accidents, while also providing a complete up-to-date model of our environment in real time. In other words, we can have incredibly accurate, models of our streets and their real status.



Figure 5: Road deteccion is suitable using vehicles to capture information.

All the information captured can be analyzed with big data and artificial intelligence techniques and then shown to the end user on portable devices, such as laptops, tablets or mobile phones. We can see on our screen what the next street will be using the sensors installed in our vehicles. Imagine the possibilities that come from thousands of cars providing pristine information regarding what is happening in its environment.

These anonymous vehicles could provide a huge amount of information that could be analyzed to produce a gigantic dataset to train predictive models that would improve, in the short, mid and long term the safety and efficiency of our cities.

- **Self-calibration of ADAS sensors** thanks to IoT, acquiring information from other vehicles is also feasible, which would make it unnecessary for vehicles to be sent to a workshop to recalibrate the sensors with specific tools.

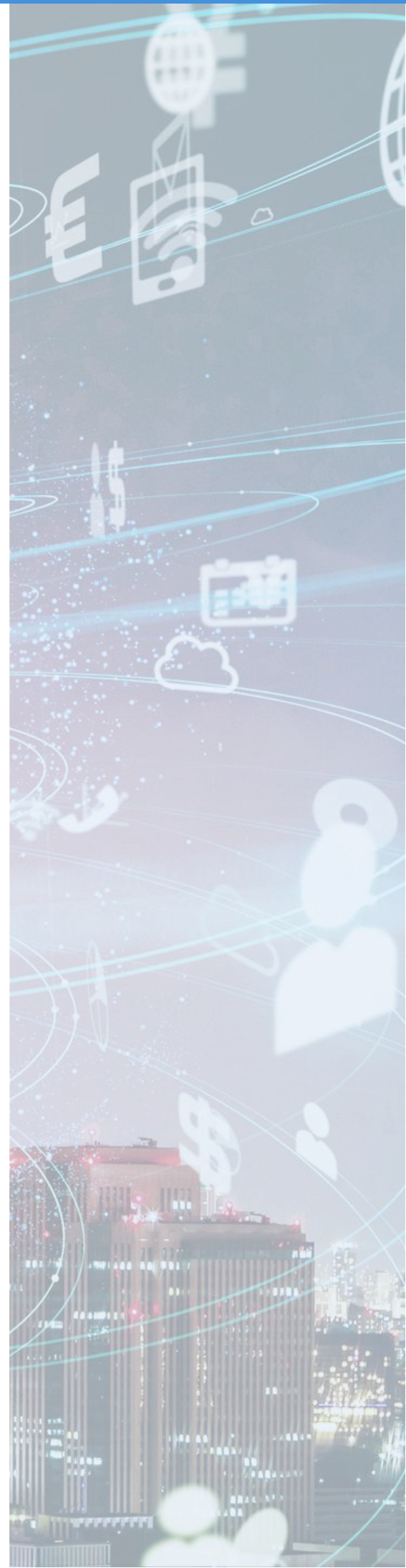
With this technology vehicles can communicate with other vehicles and the surrounding infrastructure to receive information and compare it with the information they are collecting themselves. Data is acquired from the vehicle's telemetry and connected through V2X and 5G protocols with other vehicles and the elements in the infrastructure (such as traffic lights, cameras on gantries, etc...)

If the data captured by our vehicle coincides with the information transmitted by other vehicles and infrastructure, the probability that our sensors are well calibrated is very high. If there is a match, our ADAS calibration is OK. If NOT, the information provided by the surrounding assets can be used as a pattern to recalibrate our sensors online in a matter of minutes. Online and in situ.

Sensor accuracy is key. Static calibration can cause up to 2 hours of downtime. With our technology, sensor calibration takes a maximum of 5 minutes. In addition, we carry out continuous dynamic calibration through comparison with other road users. In this particular case, we focused our attention on the ADAS system that assists in emergency braking. We can see the relationship and connection between information from other vehicles and infrastructures and our own vehicle safety suite. A clear example of collaboration between smart systems talking to themselves and each other.



Figure 6: Self calibration of sensors using data received from infrastructures and other users.





- **Remotely driving vehicles in urban areas and open roads** is now possible using IoT connections and the power of simulators and digital twins to replicate real-time environments with extremely low latency. How much will businesses grow if they can safely manage a fleet of taxis safely, vans or small remotely? Imagine **driving a real vehicle in the middle of a real city or highway, through real traffic** made up of other cars, bikers, skaters, pedestrians, etc., all from the comfort of your home or office.

As a disruptive technology, we are developing communications between sensorized vehicles (ADAS suit and control actuators), remote driving stations and control centers using the **MQTT and UDP protocols**. We also are developing simulators for real vehicles

It is important to highlight the fact that we need to develop a robust system resistant to general communication network failures and able to operate smoothly even under poor communication conditions with **ultra-low latency in information transmission**, especially for video signals and commands to control the vehicle. Take into account that a latency in the region of 50 milliseconds at a speed of 75 miles an hour, would mean that the vehicle runs uncontrolled from four to five seconds!

The main advantage of this technology would be seen in fleets of taxis, vans and small trucks. Obviously, a single person can NOT manage more than one vehicle at the same time, **but a person can be switched seamlessly from one vehicle to another, in a matter of seconds**. This will increase the operational efficiency of vehicles and decrease, especially in the transportation of goods, trips in which a truck is fully empty. In short, remotely controlled vehicles put us at the threshold of fully autonomous driving and is a great approach for managing traffic in a smart city.

We are going to develop two types of simulators: a basic one that provides an initial integration of the various systems involved in operating vehicles and a comprehensive one that provides a completely interconnected and highly realistic simulation.

- **Smart city traffic manager.** IoT communication from vehicle to vehicle (V2V) and from vehicle to everything else (V2X), will be instrumental to share billions of bytes of information in the cloud so that we can receive information about what is happening ahead of us and round the corner. Vehicles can transmit and receive data that will warn about any danger or be used to calculate the best routes from point A to point B.

Real-time digital maps constructed from data provided by vehicles and UAVs can help improve the planning of the smart cities and factories of the future. It is worth repeating how gamechanging it will be to combine information from the real world with virtual data generated by our digital twins. All in all, they will help train our virtual models better.

We are also participating in the European **ECOMOBILITY KDT JU** project in which we are developing a traffic manager for a smart city. Three-dimensional maps of the environment are generated using data captured by vehicles through their ADAS systems and data from the infrastructure, through V2V and V2X communications matched to 5G protocols.

We are developing predictive models to streamline the traffic of a large city and avoid incidents, traffic jams and accidents, making travel more agile and faster, significantly improving the user experience and contributing to greater eco- sustainability.

We are taking advantage of vehicle sensors to capture data and images from our own environment to create an exact, virtual replica. The next step is to generate a virtual, mapped environment using graphic engines such as Unreal or Unity to simulate our smart city.

And then, we populate the simulation with a fleet of virtual vehicles. Our goal is to provide the vehicles the capability to autonomously decide how to best go from origin to destination depending on incidences and traffic. The paths are not pre- determined. The point is to deploy smart models able to decide in situ and online the best routes, the best average speeds to avoid red lights, the best parking lots, etc... All this is going to be achieved with extensive use of communications between land vehicles and aerial platforms, what we call UAVs or drones. So, intelligent cars could rule the smart city.

Since a key aspect of this project is communication between assets and vehicles, we also have to secure these communications. Messages sent and received by commuters is not the same as communications between military or police vehicles. We all agree that strategic vehicles, such as police or military, need much stronger cybersecurity and encryption than what is used for civil applications. We are also implementing this added value layer of protection, backed-up by blockchain to get perfect traceability of the communications and links.

So, the perfect match for a smart city is:

- 5G communications
- V2V and V2X connectivity
- Artificial intelligence
- Predictive models based on machine learning and deep learning
- Cybersecurity
- Blockchain.

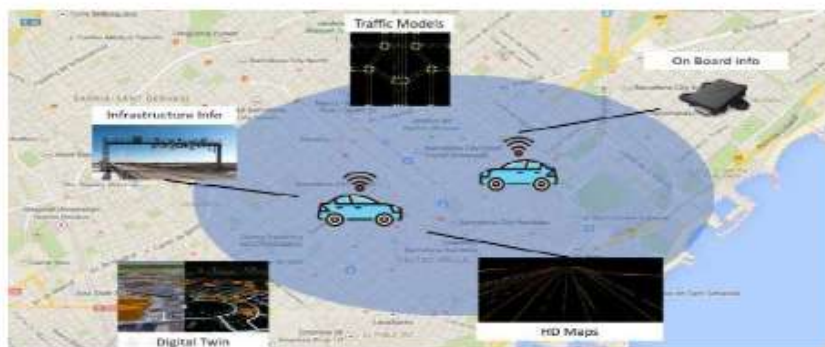
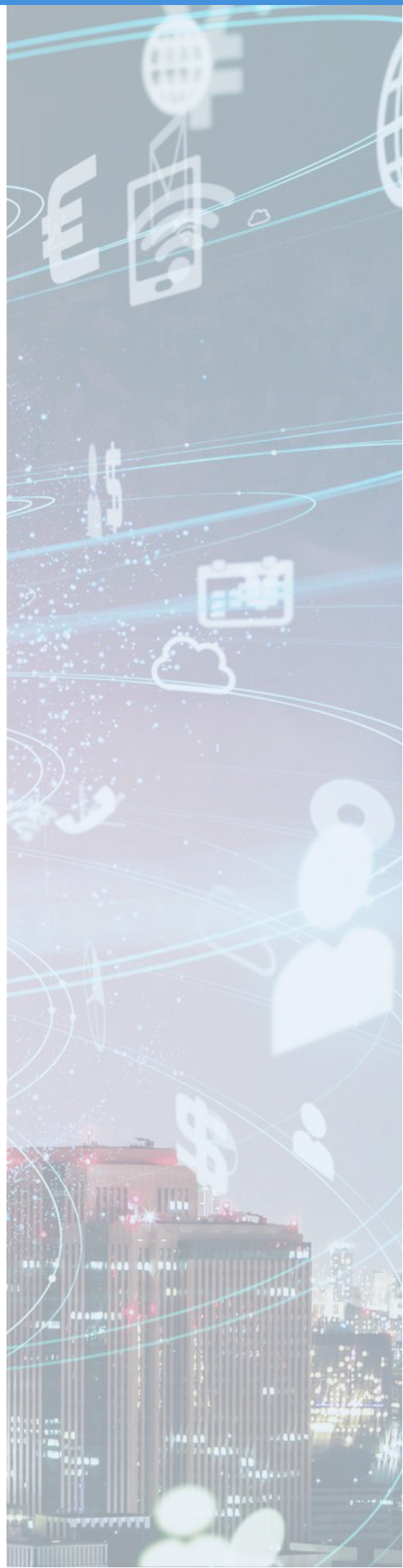


Figure 7: V2V and V2X communications to manage smart city traffic.

10. Benefits of Simulators, Virtual Twins and MBSE

To close, the main benefits of virtual twins and MBSE are **quality, safety, speed and reliability**.

We can improve quality in product & process design, as it is possible to immediately correct initial errors. This is really important as we can launch a product to the market or commission a machine much more quickly.





- **Human and machine can be introduced into the loop to asses all scenarios.** With this approach we give simulators all the features required to work in unison, rather than separately, which would be less useful.
- **All assets simulated are safer.** We can detect from the outset any kind of failures in the design and the day-to-day operation.

Thousands of simulations can be performed without the need of huge investments. So, the advantage of using simulators over real tests, based on errors and redesigns, is more than evident.

This is the approach we have adopted at CT Engineering Group, making extensive use of MBSE strategies to carry out our projects faster and more reliably.



Figure 8: MBSE virtualization can be applied to any Industry 5.0 and smart city project.

ESTADO DE LA INGENIERÍA DE SISTEMAS BASADA EN MODELOS (MBSE) EN ESPAÑA

Gabriel Rouzaut, Ignacio Castillo, María Fernández, Pablo Lammers, Xavier Boabén
Grupo MBSE de AEIS.

INTRODUCCIÓN

Dentro del capítulo español de INCOSE (AEIS-INCOSE) se creó el grupo de trabajo de MBSE. Este grupo tiene como objetivo principal fomentar el uso de la Ingeniería de Sistemas Basada en Modelos (MBSE por sus siglas en inglés) analizando sus especificidades en los diversos sectores, así como promover la formación y el intercambio de experiencias ente sus miembros.

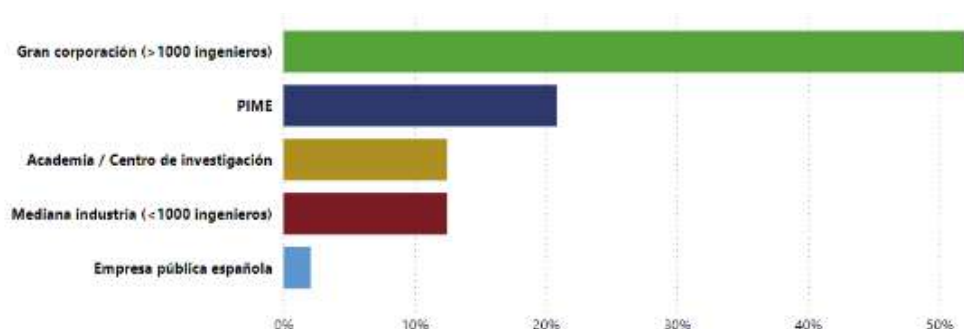
Una de las primeras tareas que nos propusimos al comenzar la andadura de este grupo fue conocer el grado de conocimiento y de implementación de la metodología y prácticas MBSE en España. Este era un punto de partida fundamental que nos iba a permitir orientar las acciones posteriores del grupo para fomentar el uso de MBSE y apoyar a los ingenieros implicados en estas actividades.

Para ello decidimos diseñar una encuesta online y anónima que daríamos a conocer a través de las redes sociales. La encuesta se lanzó a mediados del 2023 y estuvo activa hasta el final de ese mismo año. Tanto el número de las respuestas obtenidas como el amplio espectro de las personas que han respondido nos dan la confianza suficiente como para considerar que hemos obtenido una visión realista la situación en España de la práctica de MBSE.

Presentamos a continuación nuestro análisis de los datos obtenidos. De este análisis hemos sacado conclusiones que están en línea con la percepción en otras geografías del estado de MBSE, pero también hemos descubierto otras inesperadas. En nuestra opinión la información aquí obtenida nos permite tener un buen conocimiento de las particularidades de la situación de MBSE en España y orientar las futuras acciones del grupo de MBSE.

ÁMBITO DE LA ENCUESTA

Este estudio abarcó un amplio espectro de sectores, incluyendo tanto compañías privadas como instituciones educativas y centros de investigación, como se puede ver en el siguiente gráfico. Se buscó obtener una visión comprensiva sobre cómo se está implementando y percibiendo la MBSE en diferentes ámbitos, tales como la industria aeroespacial, defensa, automoción, telecomunicaciones, y otros sectores tecnológicamente avanzados. En el gráfico se ve la participación tanto de empresas de diversos tamaños, como de centro de investigación y educación, siendo el mayor número de respuestas de grandes corporaciones.



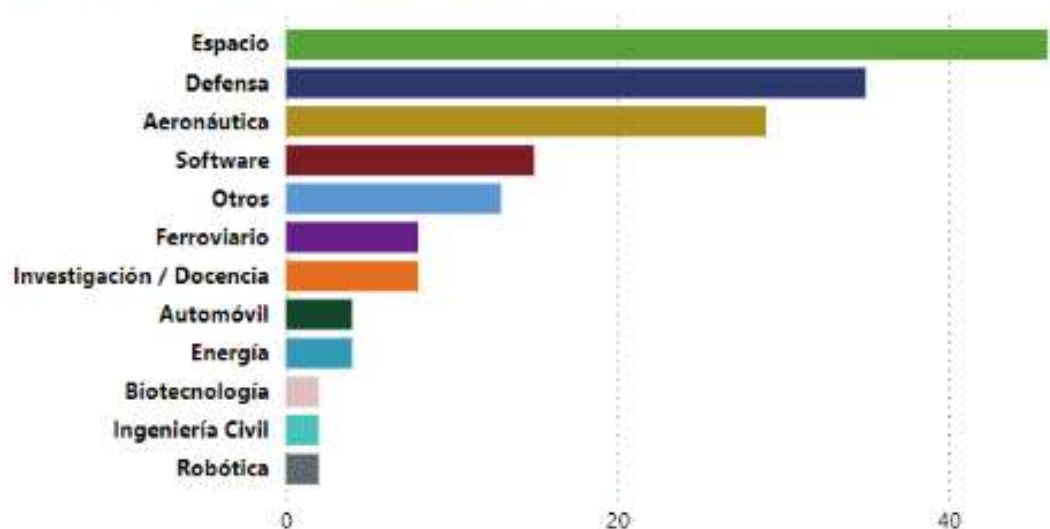
Con este estudio, AEIS INCOSE aspira a identificar tanto las oportunidades como los desafíos que enfrenta la adopción de MBSE en España, con el fin de fomentar su expansión y consolidación en el ámbito de la ingeniería de sistemas.

Para lograr una recopilación de datos eficaz, el cuestionario se distribuyó a través de varios canales, incluidos correos electrónicos directos a profesionales y académicos relacionados con la ingeniería de sistemas, publicaciones en redes sociales y foros especializados, y el apoyo de asociaciones profesionales y académicas.

Se puso especial énfasis en garantizar la participación de una muestra diversa y representativa de los distintos sectores y regiones de España para asegurar la validez y relevancia de los resultados obtenidos. En el siguiente gráfico se ve el nivel de participación de los distintos sectores, siendo aeroespacio y defensa el mayoritario, seguido de SW. Esto encaja al ser este el sector donde históricamente se ha puesto más énfasis en el uso de Ingeniería de Sistemas en el desarrollo.

¿Para qué sector trabaja?

Multirespuesta. Porcentaje de respuestas que incluyen:



La encuesta abarcó preguntas sobre el nivel de familiaridad con MBSE, la frecuencia de uso de herramientas y metodologías específicas de MBSE, los beneficios percibidos, las barreras para su adopción, y el interés en actividades de formación y eventos relacionados con MBSE. Además, se solicitó a los participantes que compartieran sus perspectivas sobre el futuro de MBSE en España y cómo podría fomentarse su adopción de manera más efectiva en los distintos sectores.

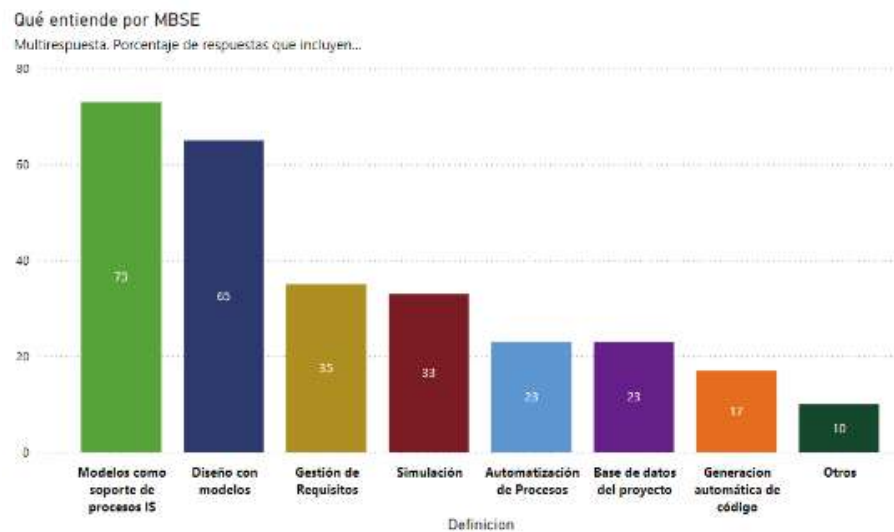
Este esfuerzo de investigación proporciona una base sólida para entender el panorama actual de MBSE en España, identificar áreas clave para el desarrollo y la implementación de estrategias de promoción y educación, y, en última instancia, contribuir al avance de la ingeniería de sistemas en el país.

QUÉ SE ENTIENDE POR MBSE Y PARA QUÉ SE QUIERE USAR

En la encuesta se preguntó qué es lo que el encuestado entendía por MBSE y se ofrecían las siguientes posibilidades:

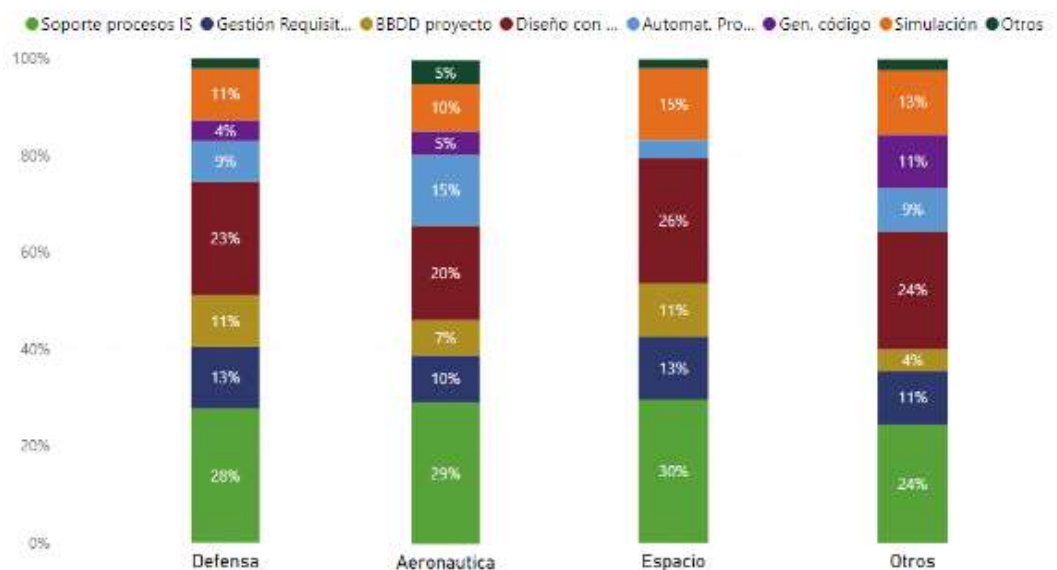
- Modelos como soporte de procesos de Ingeniería de Sistemas
- Base de datos del proyecto
- Gestión de Requisitos
- Diseño con modelos
- Simulación
- Generación automática de código
- Automatización de Procesos
- Otros

Se dio la opción de respuesta múltiple. La inmensa mayoría de los encuestados eligió más de una definición por lo que en la gráfica de abajo hemos indicado el porcentaje de encuestados que incluyen en su respuesta cada posible definición:



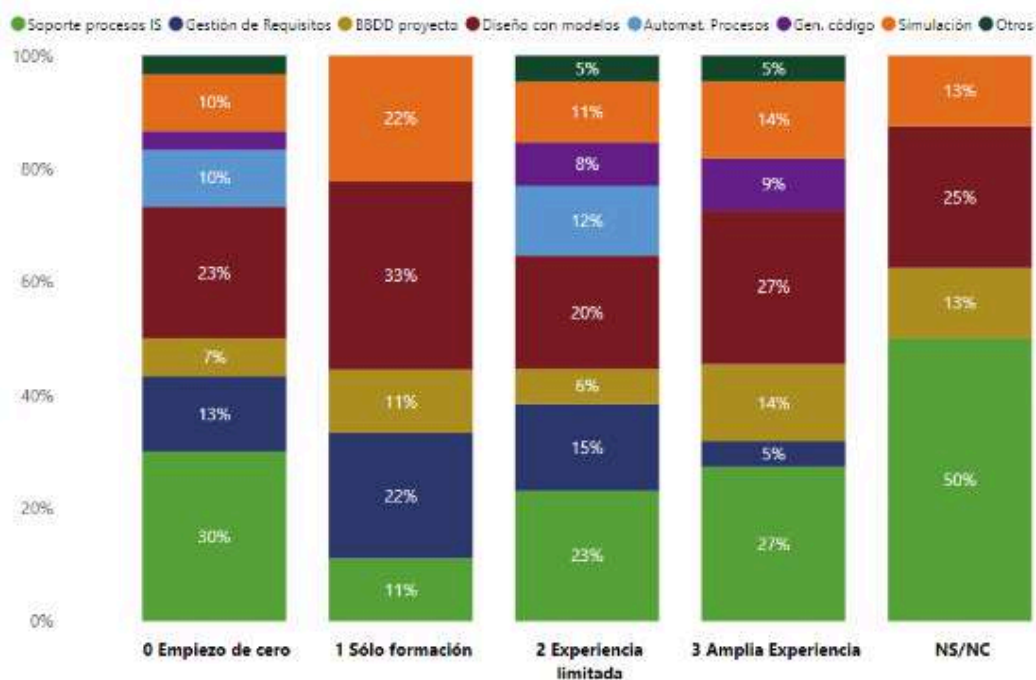
Vemos que más de un 73% incluye en su respuesta la definición que INCOSE hace de MBSE (Uso de modelos como soporte a procesos de Ingeniería de Sistemas) a la que se pueden añadir la gestión de requisitos. Sin embargo, hay porcentajes relevantes de respuestas, como el 65% que incluye el diseño con modelos o el 33% que incluye la simulación, que indican aspectos propios del modelado, pero que no son estrictamente MBSE.

Hemos comprobado que, con independencia del sector industrial, se responde a esta pregunta incluyendo el abanico de posibles respuestas, lo que refuerza la idea de que los encuestados expresaban los posibles usos de MBSE.



Nos ha parecido relevante que el nivel de experiencia declarado en MBSE tampoco determina la orientación de respuestas posibles, ya que en todos se responde dando a MBSE multitud de acepciones.

Concepto MBSE en función de la experiencia



Todo ello concluye que, por una parte, no se entiende bien la diferencia específica entre MBSE frente a otros tipos de modelado y que los encuestados han respondido indicando posibles usos de MBSE más que procurando darle una definición correcta.

En la encuesta se preguntó específicamente cuáles son los objetivos al aplicar MBSE en un proyecto y se ofrecían las siguientes posibilidades:

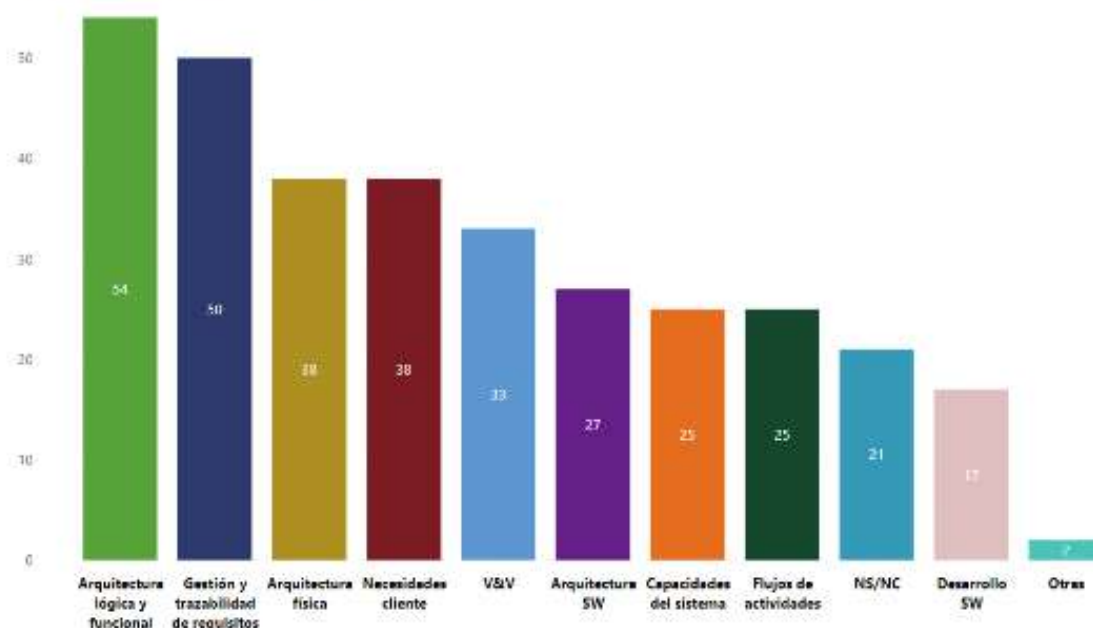
- Analizar las necesidades cliente
- Gestión y trazabilidad de requisitos
- Definir las capacidades del sistema
- Definir flujos de actividades
- Definir arquitectura lógica y funcional
- Definir arquitectura física
- Definir arquitectura software
- Desarrollo de software
- Verificación y validación (V&V)
- Otras

De nuevo se dio la opción de respuesta múltiple. Todos los encuestados indicaron varios objetivos de aplicación de MBSE. En la gráfica de abajo indicamos el porcentaje de encuestados que incluyeron en su respuesta cada posible objetivo.

Vemos que los encuestados han indicado en sus respuestas en proporciones similares tanto objetivos relacionados con el concepto de MBSE según INCOSE (gestión y trazabilidad de requisitos, necesidades del cliente, verificación y validación, flujos de actividades) como con el diseño basado en modelos (arquitectura lógica y funcional, arquitectura física, arquitectura software o desarrollo software).

Como conclusión podemos indicar que en España por MBSE se entiende tanto el modelado en apoyo a las actividades de ingeniería de sistemas como diseño basado en modelos.

Objetivos de usar MBSE
Multirespuesta. Porcentaje de respuestas que incluyen...



IMPLEMENTACIÓN DE MBSE: GRADO DE IMPLEMENTACIÓN, MODO DE IMPLEMENTARLO Y DIFICULTADES

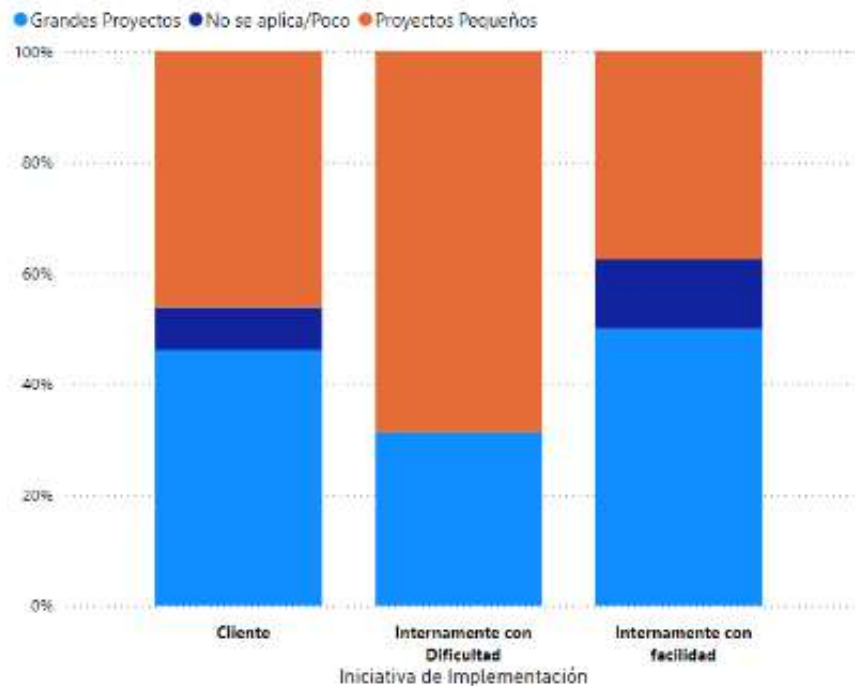
En el entorno de la ingeniería actual, los sistemas son cada vez más complejos, con múltiples elementos interactuando, diferentes equipos y con un incremento de las colaboraciones entre diferentes Organizaciones, nacionales e internacionales. Por ello, el número de Clientes que exigen el diseño e implementación de los sistemas basados en MBSE ha aumentado en la última década. Ya es algo común que esta exigencia quede reflejada en el Pliego del Contrato entre las partes.

Tanto por iniciativa de un Cliente o Interna desde la Organización, pregunta específica de la encuesta, menos de un quinto de las respuestas indican que la iniciativa de implementar MBSE se ha llevado con facilidad. Esto puede deberse al cambio de paradigma y cultura que requiere la implementación dentro de la Organización, respecto a la variación en la manera de trabajar, evolucionando a un enfoque de documento central.

Respecto al grado de implementación actual, se observa una gran dispersión en las respuestas, que indica indistintamente el uso de MBSE en grandes y pequeños proyectos, sin unos procesos y métodos comunes definidos desde la Organización. Del análisis de la encuesta y datos cruzados de la gráfica, no se observa una relación directa, con quién tuvo la iniciativa de la implementación, analizada en los párrafos anteriores (Cliente y/o Organización). A priori, se podría pensar que los Clientes exigían un mayor uso de MBSE en los grandes Proyectos, que requieren, de una mayor colaboración y comunicación, con unos plazos de ejecución más amplios, que facilitarían la implementación del nuevo flujo de trabajo.

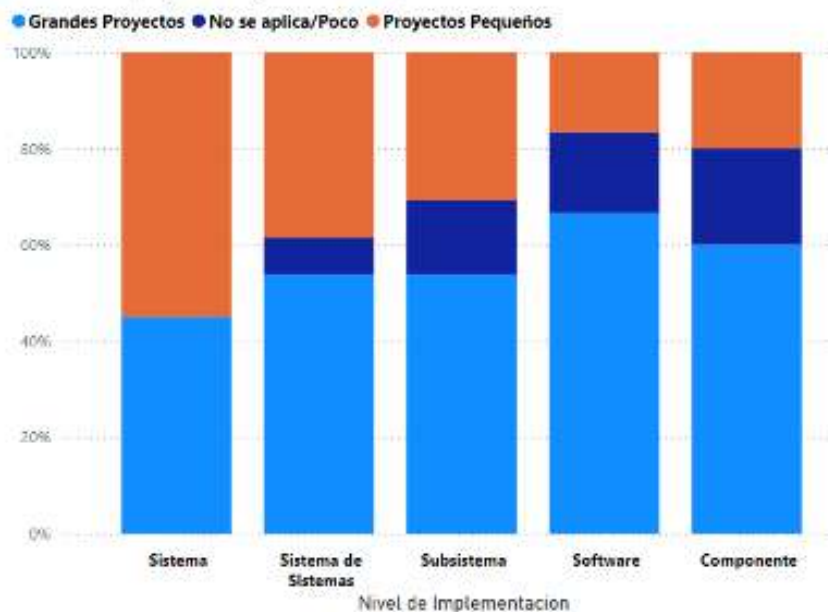
En la misma pregunta sobre el estado de implementación de MBSE, se observa la carencia de estrategias comunes de uso de MBSE en todos los proyectos de la Organización (un 6 % de las respuestas indicaron que siguen una estrategia común de estandarización), así que, actualmente, se usan proyectos piloto para el despliegue, siendo estos de menor complejidad, los de mayor complejidad, los de mayor implementación han registrado más dificultades.

Tipo de proyecto con MBSE según quién tuvo la iniciativa



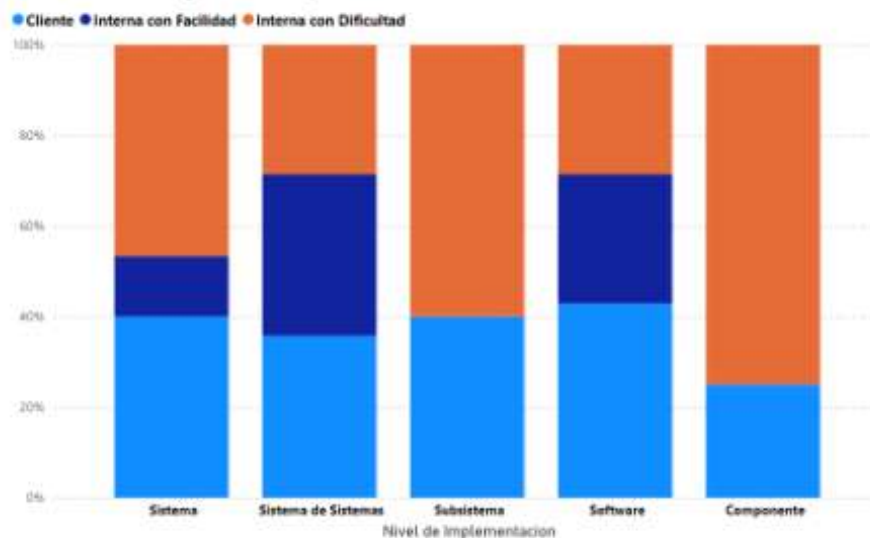
Respecto a qué nivel se está implementando MBSE hoy en día, la mayor parte de las respuestas indican que la implementación se realiza en los niveles 'Sistema de Sistemas' y 'Sistema'. Tras analizar la respuesta en conjunto con el grado de implementación actual, en la gráfica se observa que se están utilizando pequeños proyectos piloto a nivel 'Sistema' para el despliegue de MBSE (50% sobre el total de las respuestas) y respecto a los grandes proyectos, se está utilizando de forma indiferente entre las diferentes opciones propuestas en la respuesta.

Tamaño del proyecto según el nivel al que se usa MBSE



Por lo tanto, analizando las tres respuestas relacionadas con la iniciativa de implementación, el grado de implementación y el nivel correspondiente, en la gráfica se observa que los pequeños proyectos se utilizan como iniciativa interna de los procesos de implementación de MBSE, con dificultad, salvo en el caso del nivel Sistema de Sistemas, donde se observa que su implementación ha sido forzada a partes iguales por el Cliente y la Organización.

Iniciativa de MBSE según el nivel al que se usa:



PILARES MBSE (METODOLOGÍA, LENGUAJE Y HERRAMIENTAS)

Los resultados que se muestran a continuación obedecen a entender los pilares de MBSE (Metodología, lenguaje y herramientas) generalmente escogidos en la industria para desarrollar sus respectivos proyectos.

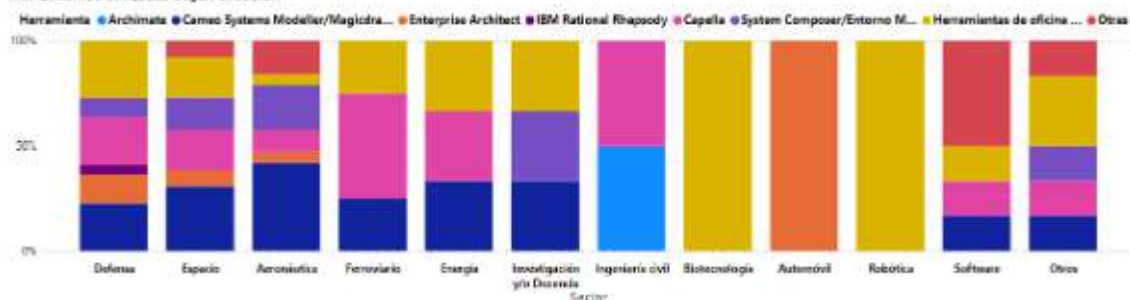
Distribución según sector

En las siguientes imágenes se observan respectivamente las herramientas, lenguajes y metodologías usados por cada sector de la industria. Hay que resaltar sin embargo que las respuestas más representativas se concentran en los primeros sectores mostrados (defensa, espacio y aeronáutica), ya que hubo muchas menos respuestas pertenecientes al resto de sectores.

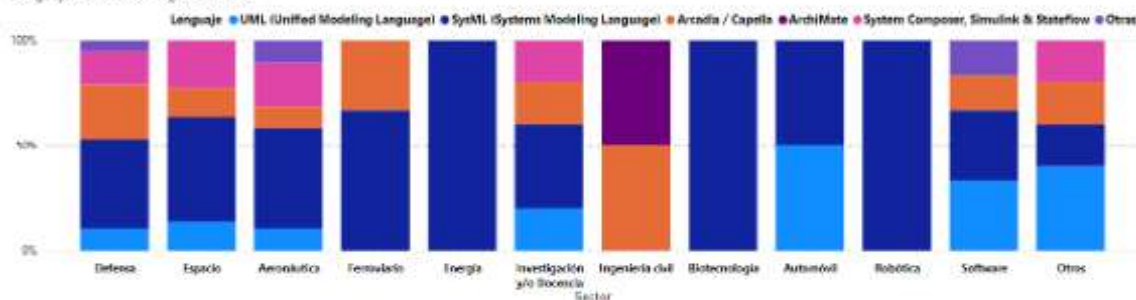
En concreto puede distinguirse que el lenguaje predominante es SysML, aunque su metodología de aplicación varía mucho entre empresas (muchas optan por desarrollar o adaptar la suya propia), e incluso la herramienta utilizada también varía (puede apreciarse el gran uso que se le da incluso a herramientas no necesariamente enfocados en MBSE, como Visio o Powerpoint). En contraposición, quienes usan Arcadia/Capella sí están más cohesionados al agrupar esta alternativa todos los pilares de MBSE en una única solución.

Sí podemos distinguir también (sobre todo en cuanto a herramientas y lenguajes) el uso del entorno Matlab y Simulink (y derivados), lo que sugiere un fuerte apoyo en modelos a la hora de implementación y testeo.

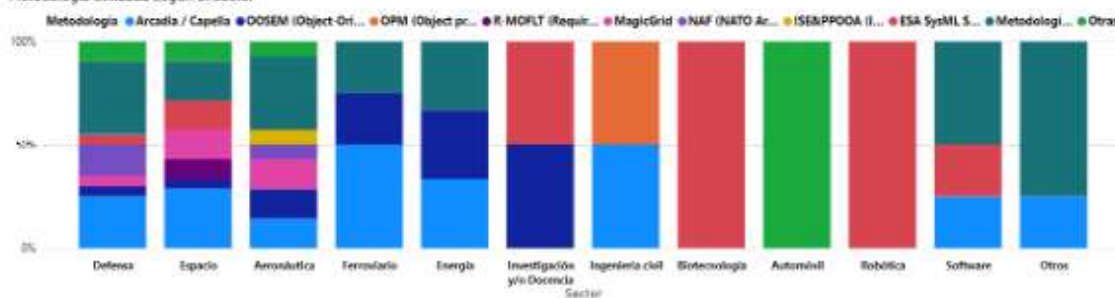
Herramientas utilizadas según el sector



Lenguajes utilizados según el sector



Metodología utilizada según el sector



Correlación entre pilares escogidos

En las tablas de abajo presentamos análisis de correlaciones entre varias respuestas. Analizamos la relación entre:

- Lenguaje de modelado con las herramientas utilizadas,
- Metodología que se sigue y las herramientas utilizadas
- Lenguaje de modelado y metodología que se sigue
-

Queremos destacar que hemos encontrado correlaciones que, en principio, no deberían darse como la aplicación de Arcadia con la herramienta Cameo, que se presenta en bastantes ocasiones. Esto podría deberse a que en algunas empresas se estén utilizando ambos sistemas (si bien es probable que en proyectos separados).

También comprobamos que Cameo es la herramienta más empleada y con ella se trabaja en varios lenguajes y metodologías. Por último, la herramienta Capella se utiliza fundamentalmente para aplicar la metodología Arcadia. Sin embargo, el resto de las herramientas se utilizan tanto para aplicar metodologías estándares como metodologías propias de las organizaciones.

Lenguaje	ArchiMate	Cameo Systems Mo...	Enterprise Architect	Capella	System Composer/Entor...	Herramientas de oficina...	Otras
UML (Unified Modeling Language)			5	3	4	3	4
SysML (Systems Modeling Language)			14	6	5	6	5
Arcadia / Capella	1		5	3	11	2	2
ArchiMate	1				1		
System Composer, Simulink & Stateflow			7	2	1	9	2
Otras			1		1	1	2

Lenguaje	Arcadia...	OOSEM (Ob...	OPM (Object...	R-MOFLT (R...	MagicGrid	NAF (NAT...	ISE&PPOA...	ESA SysML...	Metodología esp...	Otras
UML (Unified Modeling Language)	4	1				1	1		5	1
SysML (Systems Modeling Language)	6	2		2	4	2	1	3	9	2
Arcadia / Capella	11	1	1				1		3	2
ArchiMate	1		1							
System Composer, Simulink & Stateflow	1	1		2			1	1	4	2
Otras	1									2

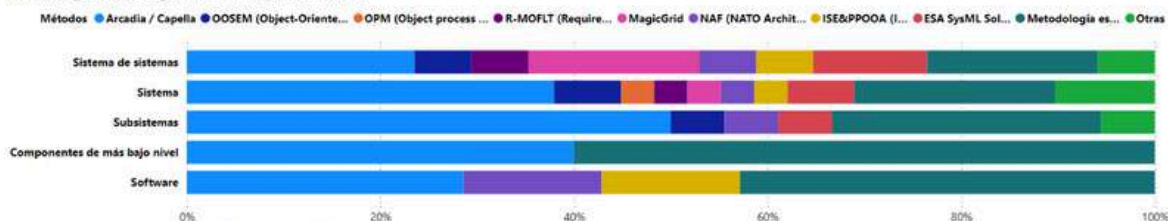
Metodología	Archimate	Cameo Systems Mo...	Enterpris...	IBM Rati...	Capella	System Composer/...	Herramient...	Otras
Arcadia / Capella	1	5	3		13	1	1	3
OOSEM (Object-Oriented Systems Engineering Method)		2			1	1		
OPM (Object process methodology)	1				1			
R-MOFLT (Requirements - Mission Operational Functional Logical Technical)		2				2		
MagicGrid		3			1			1
NAF (NATO Architecture Framework)		2	2	1	1			2
ISE&PPOOA (Integrated Systems Engineering and Process Pipelines in Object-Oriented Architectures)		1				1		
ESA SysML Solution (European Space Agency SysML Solution)		1	1			1		1
Metodología específica de la organización/proyecto		6	3	1	2	3	5	3
Otras		1	1		2	2	1	1

Pilares según nivel de aplicación

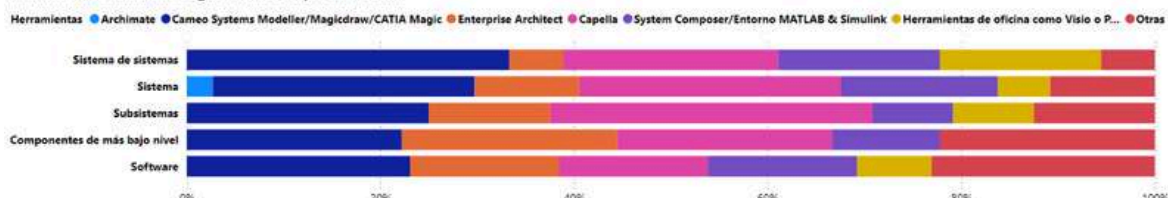
En estas gráficas puede verse cómo varía la distribución de lenguajes, herramientas y metodologías según el nivel de aplicación (sistema de sistemas, sistema, subsistema, etc.).

En cuanto a lenguaje o herramienta, puede apreciarse que Arcadia/Capella adquiere más dominancia n proyectos más enfocados en subsistemas, o de nivel menor. Por otra parte, en sistemas o sistemas de sistemas adquiere más relevancia SysML, junto con Cameo (u otras herramientas que lo soporten), y como consecuencia las metodologías basadas en dicho lenguaje. En realidad, muchas metodologías no exclusivas de la empresa en cuestión aparecen en el nivel Sistema de Sistemas, probablemente por la envergadura de dichos proyectos y organizaciones que requieren de un método firmemente establecido y de una incertidumbre.

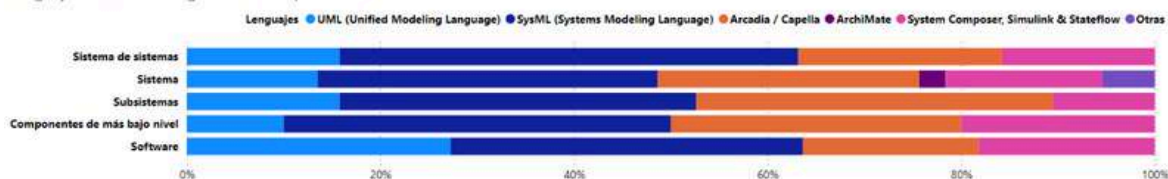
Metodología MBSE según el nivel al que se modela



Herramientas utilizadas según el nivel al que se modela



Lenguaje de modelado según el nivel al que se modela



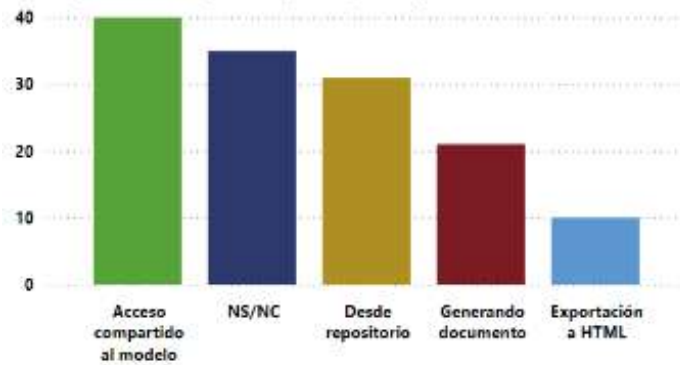
DESAFÍOS Y NECESIDADES

En la encuesta se preguntó sobre los desafíos y dificultades a la hora de implementar MBSE.

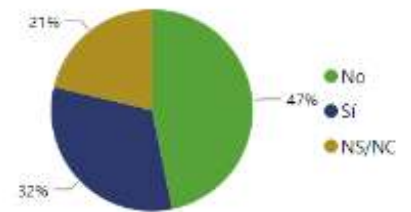
Una mayoría significativa considera que la comunicación interna de modelos no es eficiente, lo que sugiere la necesidad de mejorar los canales y métodos de comunicación interna para asegurar que los modelos se compartan y comprendan claramente dentro de las organizaciones. Además, un número considerable de organizaciones no comparte modelos con los clientes o proveedores, destacando una posible brecha en la colaboración. Los métodos empleados por aquellos que sí comparten varían, lo cual indica una falta de enfoque estandarizado.

Cómo se comparten modelos en la organización

Multirespuesta. Porcentaje de respuestas que incluyen:



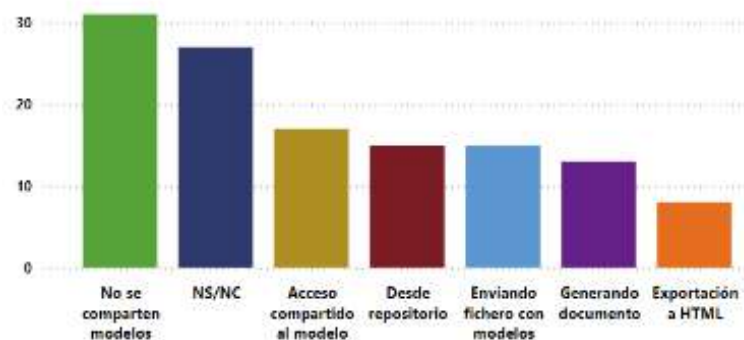
¿Es eficiente la comunicación de los modelos internamente?



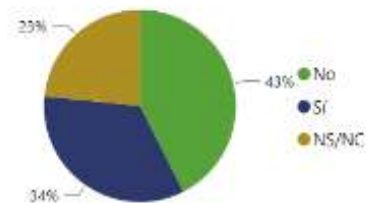
De manera similar a la comunicación interna, la comunicación externa también se percibe como ineficiente por una leve mayoría. Esta ineficiencia podría afectar los tiempos de los proyectos y la satisfacción del cliente. En este contexto, es relevante mencionar que la mayoría de las organizaciones tienen una experiencia limitada o están comenzando con MBSE. Esto podría ser un factor que contribuye a la percepción de ineficiencia en la comunicación e implementación de las prácticas de MBSE.

Cómo se comparten modelos con el cliente

Multirespuesta. Porcentaje de respuestas que incluyen:



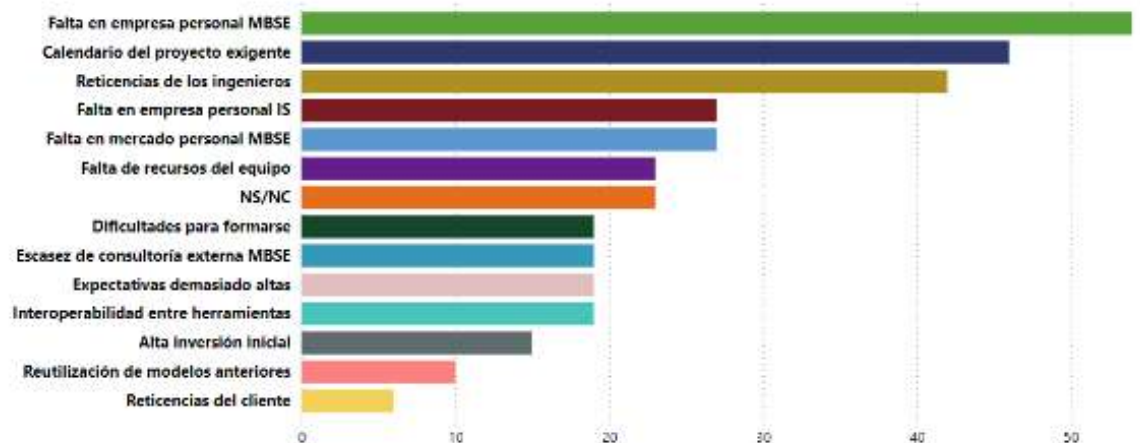
¿Es eficiente la comunicación de los modelos con el cliente?



Asimismo, los principales desafíos identificados para la implementación de MBSE son la falta de personal cualificado y las limitaciones de tiempo, seguidos de la resistencia de los ingenieros. Estas son áreas críticas que necesitan ser abordadas para una adopción exitosa del MBSE. Por último, existe una división casi equitativa en cuanto a si las iniciativas de MBSE forman parte de una estrategia de digitalización más amplia. Esto sugiere una variabilidad en cómo las organizaciones perciben e implementan el MBSE dentro de sus esfuerzos de transformación digital.

Problemas encontrados al implementar MBSE

Multirespuesta. Porcentaje de respuestas que incluyen:

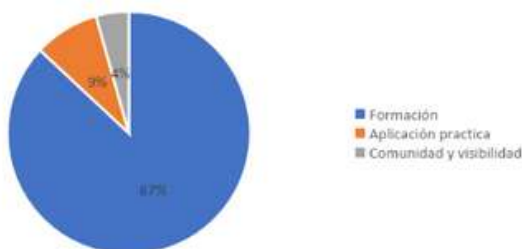


Todo ello nos lleva a identificar los siguientes aspectos en los que se debería poner el foco

- **Capacitación y Desarrollo de Competencias:** Incrementar la formación en MBSE para mejorar las competencias dentro de las organizaciones. Fomentar la creación de programas de formación y certificación en MBSE.
- **Estandarización de la Comunicación:** Desarrollar y promover protocolos estandarizados para la comunicación interna y externa de modelos. Facilitar herramientas y metodologías que aseguren una comunicación clara y efectiva.
- **Recursos y Tiempo:** Asegurar que las organizaciones asignen los recursos necesarios (tiempo, personal, herramientas) para las actividades de MBSE. Identificar y abordar las limitaciones de tiempo que afectan la implementación de MBSE.
- **Colaboración con Proveedores y Clientes:** Fomentar la colaboración y el intercambio de modelos con proveedores y clientes. Establecer estándares de interoperabilidad para facilitar la integración y reutilización de modelos.
- **Integración con Estrategias de Digitalización:** Promover la integración de las iniciativas de MBSE dentro de las estrategias de digitalización más amplias de las organizaciones. Aumentar la concienciación sobre cómo el MBSE puede contribuir a la transformación digital.

Para terminar la encuesta se realizó una pregunta abierta: "¿Cómo querría que le ayudáramos a usted y su organización desde el WG MBSE?". A continuación, analizamos la pregunta abierta que ayudará a identificar qué consideran los encuestados como las prioridades en cuanto a soporte por parte del grupo de trabajo. Este análisis nos permitirá entender mejor las necesidades y expectativas de las organizaciones, proporcionando una base sólida para desarrollar productos, webinars, programas de coaching y otros recursos que faciliten la adopción y efectividad del MBSE en sus operaciones.

¿Cómo querría que le ayudáramos a usted y su organización desde el WG MBSE?



Hemos agrupado las respuestas y hemos identificado las siguientes Necesidades:

- **Formación:** La demanda significativa por formación se refleja en el porcentaje elevado de respuestas que se centran en el entrenamiento, workshops, coaching, y recursos de calidad. Este interés abarca desde los fundamentos del MBSE hasta aspectos más avanzados como la próxima versión de SysML.
- **Aplicación Práctica:** Aunque menos prevalente que la demanda de formación, hay un interés notable por ver la aplicación práctica del MBSE en resolver problemas específicos dentro de los procesos organizacionales.
- **Comunidad y Visibilidad:** Un segmento menor pero vital muestra interés en fortalecer la comunidad MBSE a través de conferencias y otros eventos, lo que sugiere un deseo de crear redes más fuertes y visibilidad dentro del sector.
- **Distribución de Intereses:** La distribución de las respuestas subraya una inclinación clara hacia la educación y el perfeccionamiento de habilidades, con menos énfasis en la interacción comunitaria y la aplicación práctica. Esto puede reflejar una fase de madurez inicial en la adopción del MBSE donde el aprendizaje y la comprensión conceptual predominan sobre la aplicación y la colaboración externa.

CONCLUSIONES

La mayoría de las respuestas recibidas provienen de los sectores que podemos llamar clásicos de Ingeniería de Sistemas como el aeroespacial y de defensa y de empresas de gran tamaño, pero hay también un número significativo de respuestas de otros sectores y otros tipos de empresas e instituciones. Esto nos permite concluir que tenemos una visión objetiva de cuál es el estado de implementación de MBSE en España con información que consideramos de valor y relevante.

Hemos podido comprobar que, en España, dentro del concepto de Ingeniería de Sistemas basada en modelos (MBSE) se engloba un amplio abanico de actividades que incluyen el uso de modelos para soporte a los procesos de Ingeniería de Sistemas, el diseño basado en modelos o el desarrollo de software. Esto nos lleva a la conclusión de que no está asentada la definición de MBSE que propone INCOSE.

Actualmente, podemos concluir que el MBSE se está implementando en proyectos piloto, por lo que aún no hay métodos comunes en las organizaciones para su uso. En los casos en los que se está implementando MBSE en proyectos grandes en su mayoría ha sido a petición del cliente y en actividades relacionadas con el diseño. Se aprecia dificultad en las organizaciones para el cambio cultural que requiere MBSE, que se supera si es el cliente el que lo exige.

El lenguaje de modelado más utilizado es UML / SysML seguido de Capella y Matlab / Simulink sin embargo no hay una correlación entre herramientas y lenguajes y nos hemos encontrado que se utilizan herramientas que no son las más apropiadas para ese lenguaje o incluso con herramientas de Office. Esto nos hace concluir que se hace MBSE con las herramientas que se tienen a mano o con menos coste, lo que es coherente con que en muchos casos se trabaja en proyectos piloto.

Para modelar se siguen diversas metodologías. Arcadia es la más utilizada, pero sin que destaque claramente sobre las demás. Es significativo que en muchos casos se usan metodologías propietarias. Todo esto nos reafirma en la conclusión de que MBSE está en una fase piloto en muchas empresas en la que se busca el bajo coste y se está definiendo la metodología de trabajo.

Si bien ya hay proyectos en los que se realiza MBSE, la comunicación de los modelos con el resto de los grupos de la organización o con el cliente no está resuelta. Si bien internamente sí que se comparten los modelos, con los clientes o no se comparten o se exportan a documentos.

La implementación de MBSE está sufriendo dificultades, siendo las más significativas la resistencia al cambio cultural, falta de cualificación y falta de tiempo. Esto nos hace concluir que, en general, la decisión de implementar MBSE viene de grupos de la organización, pero no es una decisión tomada desde la alta dirección.

Por último, la necesidad claramente más demandada al grupo de MBSE ha sido todo lo relacionado con la formación por lo que esta debe ser la guía de las futuras actividades del grupo.

IMPACTO AGILE EN PROCESOS IS



Pablo Lammers Corral
System Engineer - PMT
INDRA SISTEMAS S.A.

Introducción

Los métodos de aplicar Ingeniería han evolucionado continuamente en las últimas décadas, siendo el número de metodologías y formas de trabajo crecientes y de costosa implementación en las grandes Organizaciones. Si bien es cierto, la evolución de los Sistemas a entidades de mayor complejidad, requiriendo de la participación de un gran número de equipos, con metas difusas en el horizonte respecto a objetivos y gobernanza, generan un escenario donde se debe estar preparado para improvisar.

Para ello, la Organización tiene que ser capaz previamente de analizar la posibilidad de dicha improvisación, con una cuidadosa planificación de todos los detalles, utilizando como referencia los Procesos definidos en el marco de la Ingeniería de Sistemas.

Como ejemplo, una de las metodologías utilizadas en un entorno ágil de Project Management es Scaled Agile Framework (SAFe) de Scaled Agile, Inc. SAFe es un marco de trabajo para el escalado de las prácticas ágiles basado en los principios de Lean y Agile para el desarrollo de software y sistemas. En este caso, SAFe se centra en resolver uno de los problemas que surgen cuando se integra estas metodologías en grandes proyectos y con distintos equipos implicados.

Este artículo trata de analizar las consideraciones e impacto de utilizar metodologías ágiles en el marco de IS o al menos, abrir una discusión sobre ello, para analizar en más detalle el impacto en cada uno de los procesos definidos en la ISO/IEC/IEEE 15288:2015 - System and Software Engineering - System life cycle processes.

Impacto en los Procesos y Actividades definidas en el Marco de IS

- *¿Es compatible con la nomenclatura utilizada en IS?*

En este caso, SAFe utiliza una nomenclatura específica para la creación y seguimiento del trabajo, desde una unidad de trabajo a nivel Business (Epic) hasta la menor unidad de trabajo definida como Tarea (Task) a nivel de equipo:

Unidad	Definición
Epic	Iniciativa de Desarrollo de Solución
Capability	Solución de alto nivel que involucra a varios ARTs
Feature	Función/Servicio que cumple con una necesidad, involucra a un único ART y tiene criterios de aceptación, aplicable a un PI
Story	Pequeñas Funcionalidades descritas a modo que se puedan completar en una Iteración
Task	Menor unidad de trabajo

Cada una de estas unidades de trabajo o artefacto son definidas o redefinidas cada X Intervalos de tiempo, en la tabla anterior, es lo llamado PI (Program Increment) e Iteración. De cada artefacto, se pueden generar diferentes elementos de Ingeniería (documentos, planes, requisitos, código software, tests...), que se podrían trazar con los elementos generados en las diferentes etapas de LifeCycle de un Sistema:

Unidad	Life-Cycle Stage
Epic	Mission Analysis
Capability	Stakeholder Needs & Requirements
Feature	System/Subsystem Requirements
Story	System Element/Component
Task	-

Tabla 2 Comparación SAFe - IS

La tabla anterior muestra un ejemplo de equivalencia entre ambos mundos, pero se podrían generar otras interpretaciones de la tabla, surgiendo en problemas a la hora de derivar elementos de los artefactos, por ejemplo, un requisito generado a partir de una Feature, podría estar en el nivel de abstracción equivocado.

Para representar la evolución del sistema, desde el momento actual (as-is) y la siguiente iteración (to-be), se utiliza el termino System Intent, que equivaldría al concepto de Especificación del Sistema.

• **¿Es compatible con la definición/aplicación de Procesos, Políticas y Estándares?**

La aplicación de metodologías ágiles podría entenderse como una forma temprana de validar y obtener necesidades de Stakeholders. En esos ciclos iterativos comentados anteriormente, el Stakeholder podría comprobar en una etapa temprana si una solución proporciona un valor añadido. Si es cierto que, para llegar a ello, se han podido utilizar "vías/autopistas" que no siguen los métodos y procesos más tradicionales de la Organización.

Para ello, el modelo de Life-Cycle debe tenerse en cuenta según estas consideraciones, según el System Life Cycle Process Drivers and Choices, SeBoKv2.10, se podría utilizar diferentes modelos en los siguientes casos:

- Sistemas donde los requisitos no son claros desde el comienzo o cambian rápidamente.
- El Cliente requiere de la posibilidad de insertar nuevas tecnologías cuando sean maduras y realizar experimentos.
- Modelos de desarrollo Incremental.

Existen múltiples alternativas de modelos (Primary Models of Incremental and Evolutionary Development, Boehm, et.al. 2014, page 73), en los cuales varían la ejecución de las diferentes etapas del ciclo de vida (Definición, Desarrollo, Producción, Soporte y Utilización).

Por lo tanto, no es un problema utilizar estas metodologías siempre y cuando se considere el impacto de las normas y estándares que apliquen al Sistema en el caso de seleccionar un modelo de desarrollo diferente al tradicional, que a su vez viene determinado por el tipo de sector (Aeroespacial, Defensa, Automóvil...) al que pertenece el Proyecto.



- ***¿Es compatible con el V model tradicional o System Life Cycle?***

El modelo V (Vee Model) define las actividades en cada etapa del ciclo de vida del sistema. En función del Proyecto, se pueden dar modelos secuenciales o incrementales, gestionados a través de revisiones y puertas de paso (Gate Reviews).

Los modelos V de tipo incremental permiten añadir capacidades de forma evolutiva, ejecutando diferentes revisiones de forma simultánea. A priori, se podría intuir que el uso de metodologías ágiles implica el uso de este tipo de modelos, que permitirían ir desplegando pequeñas funcionalidades / capacidades del sistema final. Los beneficios obtenidos de tener un feedback temprano del Stakeholder, se contrarrestan con la compleja y difícil tarea de gestionar varios ciclos del proyecto en paralelo.

Esta asociación de las metodologías ágiles con los modelos de tipo incremental se deben al entorno donde surgieron, destacando los desarrollos de Componentes de tipo Software. El Software permite adaptarse a los ciclos iterativos incluyendo trabajos de diseño, análisis, implementación, verificación y validación en cada incremento. No obstante, estos modelos son más eficientes cuando se parte de un conjunto estable de requisitos y su arquitectura asociada.

Uno de los desafíos de esta forma de trabajo es saber identificar que actividades son de uso interno, es decir, una prueba más de un incremento o cuales están relacionadas con un hito contractual. Del mismo modo, por ejemplo, qué requisitos están sujetos a cambios y cuáles no. Para ello, los modelos de tipo incremental también se tienen que apoyar en los procesos y actividades de IS.

Lo más común es la utilización de modelos híbridos, combinando el uso de ciclos ágiles con modelos tradicionales, sobre todo si el Proyecto está sujeto a normativas y procesos de certificación complejos. En este caso, los ciclos ágiles se podrían utilizar en las etapas de concepto, donde se analiza el valor añadido de las nuevas capacidades y se validan requisitos con los Stakeholders en una etapa temprana.

- ***¿Es compatible su aplicación en todo tipo de Sistema / Subsistema / Componente / Software / Hardware?***

Del modo expuesto en las respuestas anteriores, la aplicación de estas metodologías es realizable en los distintos niveles de abstracción comentados, pero, sin ninguna duda, implica un gran desafío cuando se relaciona con el mundo del desarrollo Hardware.

Cuando se habla de Hardware, no se debe confundir con la técnica de prototipado hardware, donde el objetivo de un prototipo es verificar que una parte de un diseño complejo, una vez fabricado, cumple con una especificación de entrada.

El uso de estas metodologías permiten la adaptación progresiva de líneas de Producto (PLE) con la mejora del rendimiento/performance de una funcionalidad concreta ya existente, a través de trade-offs o estudios de viabilidad. Es una tarea compleja definir que artefactos de estas actividades se deben tener en cuenta para que formen parte de la especificación del componente Hardware, por ello, es importante invertir tiempo en la definición de los procesos y métodos aplicables.

Estos estudios de viabilidad mencionados anteriormente son posibles gracias a los avances en el ámbito de Digitalización de la Ingeniería de Sistemas, incrementando el análisis y estudio en el lado izquierdo del modelo V (Vee Model) con el uso de modelos y gemelos digitales (Digital twins).

Otras aproximaciones serían realizar estos estudios de viabilidad mediante Hardware real, un ejemplo de ello es la empresa estadounidense SpaceX, la cual realiza sus validaciones en campo y capturan las lecciones aprendidas de tantas pruebas fallidas. Muy pocas Organizaciones pueden permitirse ejecutar este tipo de ciclos con Hardware real, debido al coste y los tiempos de fabricación, a día de hoy, siguen vigentes los efectos de la crisis de semiconductores que provocaron una escasez global de estos componentes tan importantes para el despliegue de los sistemas.

En definitiva, el uso de las metodologías ágiles en Hardware es efectivo siempre y cuando la Organización se encuentre en un proceso avanzado de su Digitalización de Procesos y Herramientas. Las simulaciones, el modelado y emuladores de tiempo real son de gran importancia a la hora validar y clarificar requisitos.

Conclusiones

La complejidad de los sistemas, la interacción entre diferentes equipos y Organizaciones, incluyendo la relación de la Organización y los Proveedores, ha facilitado el uso de metodologías ágiles tanto en componentes Software, Software/Hardware y Servicios. Por ello, son varias las iniciativas de INCOSE que tratan de profundizar y comprender el impacto de las metodologías ágiles en los procesos de Ingeniería de Sistema, a continuación, se muestran algunos de los Working Group:

- INCOSE Lean SE Working Group (Chair: Arthur Hyde)
- INCOSE Agile Systems & Systems Engineering Working Group (Chair: Rick Dove)

Del mismo modo, el INCOSE System Engineering Handbook trata de cubrir estos aspectos en capítulos dedicados:

- Capítulo 2.2 Life Cycle Models
- Capítulo 3.2 System Engineering Analysis and Methods
- Capítulo 4.2 SE Methodology / Approach Considerations

Del análisis de las distintas preguntas formuladas en el artículo, y con el propósito de abrir un debate en la Comunidad, se pueden obtener unas primeras consideraciones:

- Es necesario alinear la terminología utilizada cogiendo como referencia las definiciones y términos de IS
- Tener en cuenta el impacto de las normas y estándares que apliquen al desarrollo del Sistema
- Analizar el impacto de la metodología en la definición del ciclo de vida y actividades involucradas, e incluir el detalle en el Plan de Ingeniería de Sistemas del Proyecto
- Trabajar en la definición de Procesos y Métodos para comprender las relaciones que existen entre los distintos artefactos de ingeniería (requisito, código, test...) y cómo evolucionan
- Tener en cuenta el estado actual de Digitalización de los Procesos de la Organización, la mentalidad y cultura, la maduración y capacitación en las Herramientas utilizadas de Ingeniería de Sistemas

Definiciones y Acrónimos

IS: Ingeniería de Sistemas
 PI: Program Increment
 PLE: Product Line Engineering
 SAFe: Scaled Agile Framework

Referencias

- [1] SEBoK - Guide to the System Engineering Body of Knowledge
- [2] Requirements Management applied in an agile Project Management Environment, Franco Curtolo CEng
- [3] Agile Development of Hardware-Reliant Systems, Acquisition Innovation Research Center (AIRC)
- [4] INCOSE System Engineering Handbook - Version 5



NOVEDADES EVENTOS AEIS

Este semestre ha sido bastante ajetreado con varios seminarios en línea organizados por la asociación:

- El primero fue impartido el 9 de abril por nuestro compañero Santiago Ferrer Jover de CT Ingenieros, bajo el título “Predictive maintenance of machinery, manufacturing lines and vehicle fleets in Industry 5.0. Digital Twins and Simulation of strategic assets”
- El 23 de abril se hizo el seminario “Mission Engineering para Sistemas de Sistemas” por María Fernández y Luis López de Mathworks.
- El 18 de junio, Juan Llorens de The REUSE Company presentó en dos sesiones, castellano e inglés, el webinar “Un pasaporte hacia un Digital Thread sin fronteras”.
- El 25 de junio se presentó “Emerging challenges in systems engineering and RAMS in upcoming space missions” gracias a Pablo López de Anzen.

El detalle de todos los eventos AEIS, así como las grabaciones de los pasados, se puede encontrar en la página de AEIS:

<https://www.aeis-incose.org/recursos-para-miembros/grabaciones-eventos/>.


Dentro de los eventos presenciales, una parte importante de la Junta de AEIS estuvo en la celebración del 5º aniversario de Anzen, que se realizó en las instalaciones de la Agencia Espacial Europea en Villafranca del Castillo (ESA ESAC). Allí, diversos ponentes expusieron su visión del futuro de la ingeniería de sistemas y de RAMS, centrado en los sectores aeroespaciales y de defensa.



EVENTOS 2024

9
SEP

[SWISSED24 – Building Bridges](#)
Sep 09, 2024 Zurich,
[Switzerland](#)



SWISSED24 09. SEP. 2024
Lakeüchi, Sehestrasen 170 Zürich
BUILDING BRIDGES
MATERIALS & AGILE
METHODS & PROCESS

23
SEPT

[System Analysis and Modelling \(SAM\) 2024 conference Sep 23, 2024 - Sep 24, 2024](#)



SAM 2024
Linz

12
DIC

[Complex Systems Design & Management \(CSD&M\) 2024 International Conference Dec 12, 2024 - Dec 13, 2024](#)



12 & 13 DECEMBER 2024
CSD&M

SAVE THE DATE

1 - 4
FEBRERO

[INCOSE IW 2025](#)
SEVILLA - SPAIN - EUROPE
International Workshop



2025
INCOSE
Sevilla, SPAIN
Premier Systems Engineering Workshop



MANTENTE ACTUALIZADO PARA MÁS EVENTOS:

<https://www.aeis-incose.org/eventos/>

<https://www.incose.org/>

CÓMO HACERSE MIEMBRO DE AEIS

Ser miembro de AEIS (INCOSE España) implica convertirse en miembro de INCOSE Internacional. Puede darse de alta directamente desde nuestra página web, en el enlace: <https://www.aeis-incose.org/opciones-de-membresia/>



ADVISORY BOARD (CAB)



PATROCINADOR



ACUERDOS DE COLABORACIÓN



AEIS - INCOSE ESPAÑA

 <https://www.linkedin.com/company/aeis-incose>

SISTEMISTAS: EL PODCAST SOBRE INGENIERÍA DE SISTEMAS



 [Sistemistas en Spotify](#)

 [Sistemistas en iVoox](#)



C/ Benjamín, 15, 1º
28039 Madrid
contact@aeis-incose.org
<https://www.aeis-incose.org>