

Guía de orientación sobre

Gemelo Digital



Navantia

ÍNDICE

1

**Introducción:
Transformación digital**

2

**¿Qué es
un gemelo digital (GD)?**

3

**¿Por qué
los clientes de Navantia
quieren un GD
en sus nuevos buques del s.XXI?**

4

**¿Qué otras
aplicaciones tiene
un gemelo digital?**

5

**Servicios digitales de la cadena
de suministro en el GD**

**5.1. Nivel Actual
5.2. Nivel Básico
5.3. Nivel Medio
5.4. Nivel Alto**

6

**¿Cómo puede desarrollar
un proveedor
su gemelo digital?**

7

**¿Cómo puede
un proveedor
colaborar con Navantia
en su gemelo digital?**

8

**¿Qué herramientas
software
se necesitan?**

9

**Análisis del
retorno**

10

**Iniciativas
sectoriales**

11

Madurez digital

1 INTRODUCCIÓN: TRANSFORMACIÓN DIGITAL

Con el objeto de orientar su negocio a la revolución 4.0, Navantia ha iniciado su Plan de Transformación Digital para adoptar medidas que permitan habilitar y explotar el valor digital de sus productos y servicios.

En su función de integración de bienes de equipo y servicios procedentes del sector naval, Navantia aspira a traccionar a la industria para que inicien su propia transformación digital, permitiéndoles afianzar sus negocios y poder ofrecer las expectativas que Navantia espera del mercado.

El plan de transformación de Navantia incluye un conjunto de programas tecnológicos para desarrollar nuevos productos, servicios y plantas de fabricación inteligentes, considerando además otros aspectos clave habilitadores, entre los que destaca de forma central las personas y la cultura 4.0.

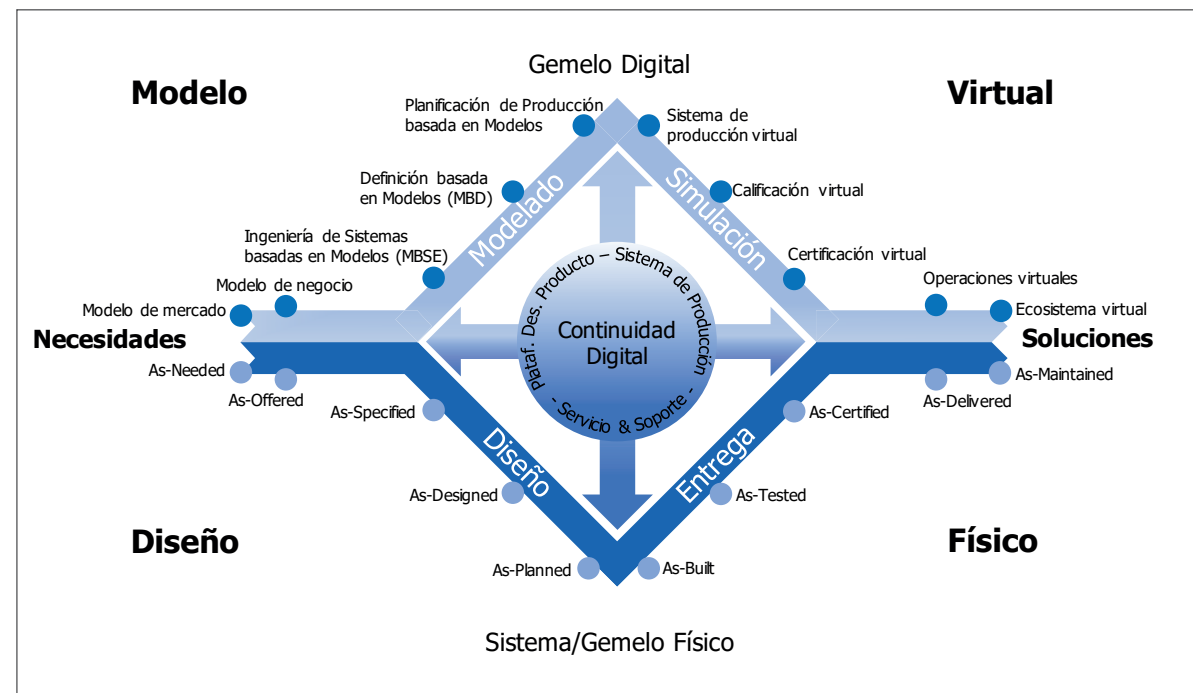
Una palanca transformadora del negocio, en el entorno ciberfísico donde se fusiona el mundo real y el virtual, es el Gemelo Digital (GD).

El Gemelo Digital de productos (activos) o de procesos (actividades), toma relevancia en un contexto de empresas e instituciones que suministran productos y servicios digitales de valor añadido, donde la Transformación Digital supone una evolución de la Ingeniería de Sistemas (SE) a un entorno de Ingeniería Basada en Modelos (MBSE).

Esta consecuencia de la Transformación Digital amplifica el modelo en "V" tradicional de SE al modelo "diamante" en el desarrollo de Gemelos Digitales.



Como resultado de su Transformación Digital, Navantia aspira a un ecosistema de colaboradores que oferten gemelos digitales"



2 ¿QUÉ ES UN GEMELO DIGITAL?

Un gemelo digital es una réplica virtual fidedigna de un elemento o proceso, que consiste en un conjunto de información digital y algoritmos en forma de objetos, que de manera integrada, representan el comportamiento de dicho elemento o proceso, estando conectados o integrados con su gemelo físico. Mediante la monitorización, puede analizar su reacción real ante determinadas situaciones, aprendiendo a mejorar su rendimiento y eficacia de operación y reacción ante las mismas.

Aunque están íntimamente ligados, conviene diferenciar el concepto gemelo digital dinámico del concepto mas estático de maqueta digital, que es la caracterización digital de un producto o servicio real físico, compuesta por modelos 3D estructurados, atributos, documentos técnicos, modelos funcionales y datos conforme a una tipología de la información de interés, representando así la característica del elemento virtual, sobre la cual el gemelo digital “cobra vida” al integrar la información en tiempo útil, real o histórica y ofreciendo servicios de asistencia y operación inteligente. La maqueta es un entorno estático y el gemelo es un entorno dinámico.

La consultora Gartner predice que en 2021 la mitad de las compañías industriales usarán gemelos digitales, lo cual les ayudará a aumentar su eficacia en un 10%.

Por tanto, se abren oportunidades en el sector naval (fabricante de equipos OEM u otros actores) de adquirir una mayor madurez digital, para lo que deben invertir progresivamente en su capacidad de generar gemelos digitales de sus productos y sus procesos principales, como elemento central de su transformación digital.

“El gemelo digital es una tecnología fácilmente accesible para los proveedores que se transformen digitalmente”

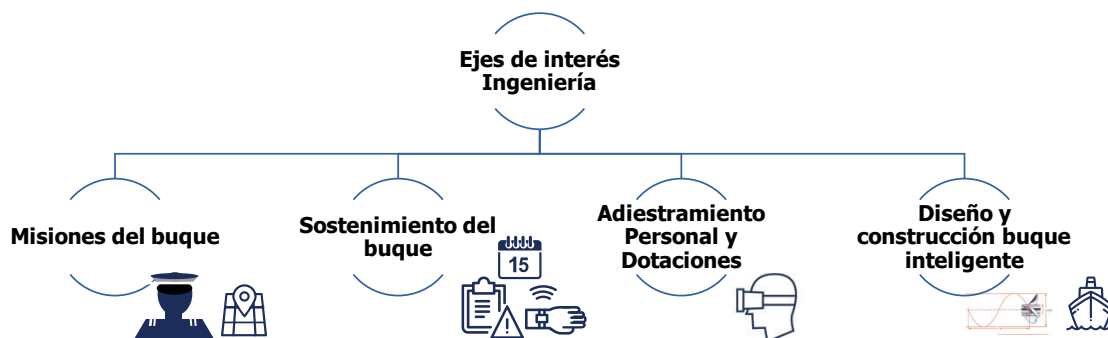


3 ¿POR QUÉ LOS CLIENTES DE NAVANTIA QUIEREN UN GD EN SUS NUEVOS BUQUES DEL S. XXI?

Los Clientes destacan por su importancia la optimización del sostenimiento de sus unidades cuando entren en operación incluyendo aquellas existentes que requieran reparación/modernización, el adiestramiento del personal y tripulaciones, dadas las nuevas competencias requeridas por las nuevas tecnologías y el necesario incremento en cuanto a capacidad operativa ante los nuevos retos del sXXI.

El gemelo digital se orienta a esta perspectiva del cliente y permite mejorar la competitividad del sector naval, al optimizar los procesos y operaciones mediante las tecnologías digitales.

Navantia destaca la importancia de su cadena de suministro, al contribuir en la actualidad hasta en un 75% en sus operaciones.



"El gemelo digital es una oportunidad de negocio en el nuevo mercado del sector naval, permitiendo ofrecer un mejor producto"

La Armada Española, impulsora de grandes éxitos de programas de construcción naval a nivel mundial, se ha convencido del enorme potencial de mejora en la operación y sostenimiento de sus buques mediante los Gemelos Digitales.

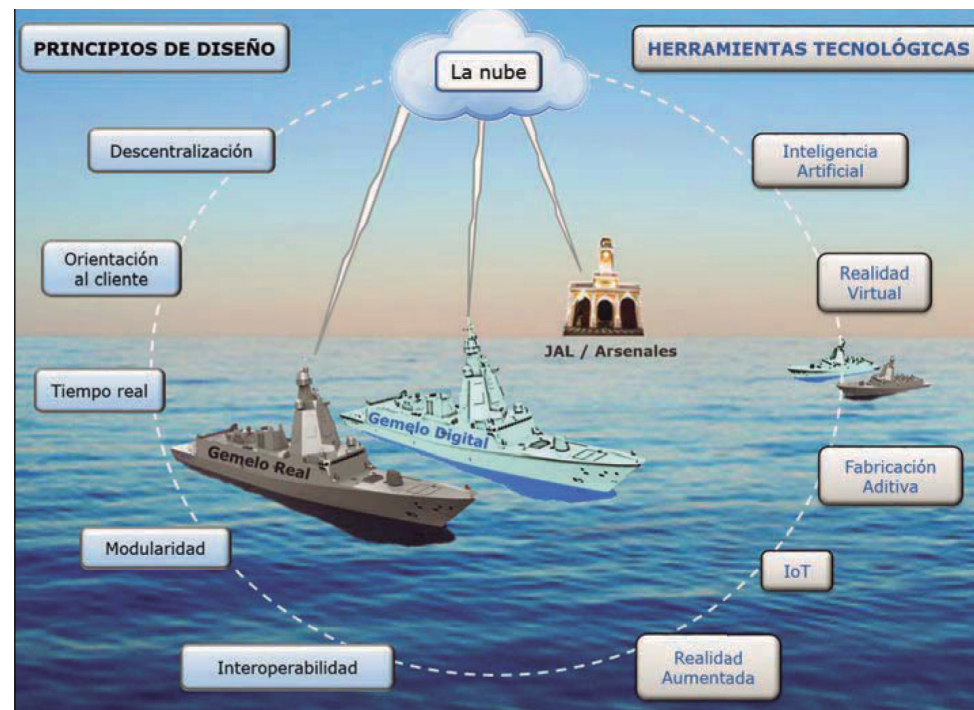
Bajo su visión de Apoyo Logístico 4.0 y Arsenales 4.0 para la gestión avanzada del sostenimiento, se sitúa a la vanguardia mundial confiando a Navantia, en su nuevo programa de Fragatas F-110, incorporar por primera vez en su historia un gemelo digital.

Funcionalidades destacables del gemelo digital de la F-110 son:

- Representar virtualmente al buque en tiempo útil.
- Soportar servicios de información y gestión avanzados.
- Soportar asistentes inteligentes a la toma de decisión como para la eficiencia de operación o como para la seguridad interior.
- Soportar agentes inteligentes en determinados casos de uso de interés.

Estas nuevas expectativas son reflejadas por Navantia hacia el sector Naval, demandando equipos, componentes, modelos, información técnica y datos con capacidad de integración y explotación digital.

“El gemelo digital de las fragatas españolas F-110 pone en la vanguardia mundial a la industria naval que participe en el reto tecnológico”



Fuente: Revista General de Marina

4

¿QUÉ

OTRAS APLICACIONES

TIENEN UN GEMELO DIGITAL?

Los gemelos digitales de los equipos, al recibir datos del dispositivo físico, están adquiriendo una importancia cada vez mayor en el ámbito de diseño, desarrollo y despliegue de soluciones basadas en el Internet de las Cosas, alrededor de plataformas que facilitan el envío y gestión de los datos de sensorización propios de la industria conectada.

El concepto está cambiando y evolucionando continuamente hacia usos y utilidades cada vez más amplias, incluyendo Gemelos Digitales de organizaciones y de empresas, o los de interés en ciencias de la salud. Según Forbes, los Gemelos Digitales se están convirtiendo en un elemento esencial para la gestión.

Cada equipo activado, conectado y registrado en una plataforma de IoT cuenta en general con dos categorías de datos asociados:

“El gemelo digital permite el aprovechamiento de los infinitos recursos conectados”

1

La primera la forman los metadatos (Maqueta Digital) y son datos que cambian con poca frecuencia y que describen la configuración del dispositivo como por ejemplo su número de serie, versión de su firmware, su fabricante y modelo o su año de fabricación.

2

La segunda es la que refleja su estado dinámico (Gemelo Digital) y son datos únicos para el equipo, específicos del contexto en el que se encuentra y producidos en tiempo real y que cambian con mayor frecuencia. Por ejemplo, para una estación meteorológica se enviaría información de temperatura, humedad, presión, etc.

Las aplicaciones web y móviles son ejemplos de la explotación de los sistemas basados en el Internet de las Cosas/IoT, que se encargan de recuperar datos, para su análisis mediante algoritmos, envío de órdenes e instrucciones pertinentes al dispositivo real o fijar una acción sobre dicho dispositivo.

Los sistemas pueden en algunas ocasiones no tener acceso a dicha información, por problemas de comunicación. Es entonces cuando entran en escena la capacidad virtual de los dispositivos gemelos, al llegar a caracterizar su comportamiento sin disponer de los datos, o, en caso de disponer de ellos, identificar síntomas de degradación de la operación.

Las plataformas de IoT pueden facilitar que el estado del gemelo digital desplegado remotamente, sea el mismo que el del dispositivo físico, aunque el aparato esté desconectado, pues será la plataforma la que se encargue de sincronizar el estado cuando se conecte de nuevo.

Los avances en realidad virtual (RV), en aumentada (RA) donde se añade a la escena real una cantidad limitada de información estática y dinámica, así como su evolución a la realidad mixta, permiten poner en valor nuevas

experiencias por medio de los modelos 3D y escenas de alto nivel de detalle, aportando una visión realista del dispositivo en el espacio complementaria a la meramente funcional y que por tanto da un paso más hacia la virtualización del equipo y su entorno.



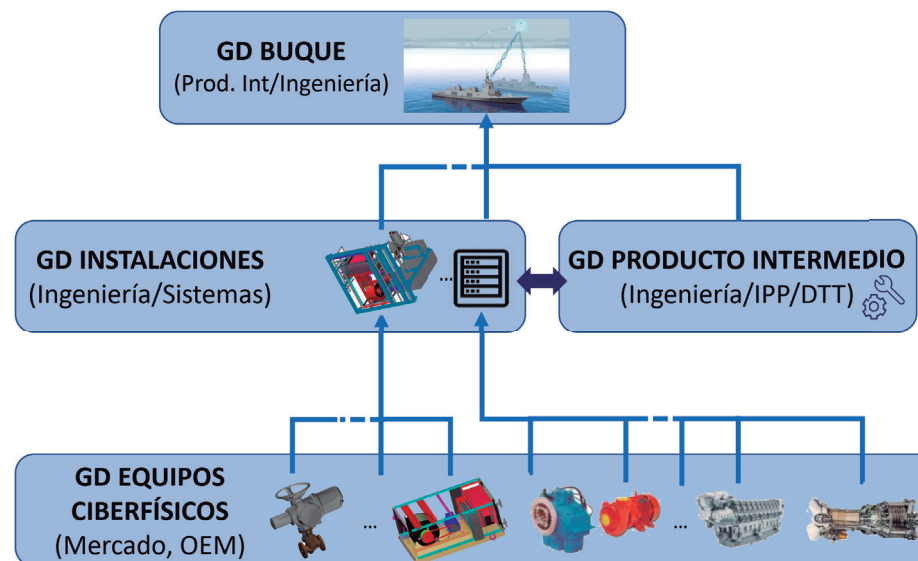
“El gemelo digital virtualiza
de forma fidedigna el
gemelo físico”

Aparecen continuamente nuevas aplicaciones y soluciones en el uso de estos gemelos digitales complementando lo mejor de ambos mundos. Estas aplicaciones basadas en la realidad mixta permiten nuevas experiencias de interacción en entornos agresivos o especiales, como lo son aquellos de poca visibilidad, limitaciones de accesibilidad al elemento real, o entornos de alto riesgo para las personas.

Navantia tiene por objetivo explotar las capacidades de los gemelos digitales de sus productos proporcionando valor a sus clientes, para lo que necesita una progresiva virtualización de los equipos y componentes que configurarán dichos productos como en los buques de última generación de la línea Smart.

Por ejemplo, un ingeniero, equipado con un dispositivo de realidad aumentada puede utilizar un gemelo digital con el nivel adecuado de modelos geométricos y de comportamiento e información del estado real, para hacer la inspección de un motor que está instalado en un buque a miles de kilómetros de distancia. Si este gemelo está modelado con fidelidad en cuanto a caracterización física y estado funcional respecto al físico real, podría ayudar a identificar situaciones de degradación y/o síntomas de fallos proporcionando recomendaciones en remoto.

“Es relevante por tanto la reacción de los agentes, colaboradores y suministradores del sector naval para avanzar de forma consistente hacia estas nuevas necesidades del ecosistema digital. Hay que virtualizarse”



SERVICIOS DIGITALES DE LA CADENA DE SUMINISTRO EN EL GD

La industria del sector naval interesada en explorar las nuevas oportunidades derivadas de la Transformación Digital de Navantia, tienen oportunidad de conseguir acuerdos derivados de sus necesidades digitales (productos y servicios) en algunos de los tres siguientes niveles de colaboración:

3.0 >>>> 4.0

NIVEL
ACTUAL

INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN	CARACTERÍSTICA DE COLABORACIÓN	NIVEL DE INTEGRACIÓN
- Modelos 3D geométricos - Planos de diseño e instalación - Documentación técnica y logística - Información de integración funcional y no funcional - Informes de pruebas y certificados	- Información técnica estática (fija) - Diversos medios de soporte y formatos - Control de configuración (sw y hw) - Entregas unidireccionales - Contribución en diseño e instalación	- Baja integralidad en las herramientas de Navantia (PLM, CAD, ERP, ACV) - Baja adaptación a la estructura de producto - Servicios de explotación limitados a repuestos y a la garantía. - Inexistente realimentación de mejora

3.0 >>>> 4.0

NIVEL
BÁSICO

INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN	CARACTERÍSTICA DE COLABORACIÓN	NIVEL DE INTEGRACIÓN
- Documentación explotable - Modelos 3D geométricos - Modelos 3D según PBS (eBom, mBom, pBom y sBom) - Modelos funcionales y de la salud - Documentación técnica y logística según PBS (eBom y sBom) - Modelos de datos (MBSE) - Product Breakdown System (PBS)	- Información técnica estática (fija) - Soportes y formatos compatibles - Línea base de configuración - Entregas unidireccionales - Contribución en diseño e instalación - Datos de sensores en tiempo real - Carecen de hw y aplicaciones sw para registro y tratamiento de datos de sensores	- Media integralidad en la plataforma digital de Navantia - Alta adaptación a la estructura de producto - Servicios de explotación limitados a repuestos y a la garantía - Posibilidad de realimentación de mejora - Modelos de simulación los desarrolla Navantia - No existe despliegue de GD propio

3.0 → → → 4.0

NIVEL MEDIO

INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN	CARACTERÍSTICA DE COLABORACIÓN	NIVEL DE INTEGRACIÓN
- Documentación explotable - Modelos 3D geométricos - Modelos 3D según PBS (ebom, mbom, pbom y sbom) - Modelos funcionales y de la salud - Documentación técnica y logística según PBS (ebom y sbom) - Modelos de datos (MBSE) - Datos de interface (IDD data) - Modelos de simulación	- Información técnica estática (fija) - Soportes y formatos compatibles - Línea base de configuración - Entregas bi-idireccionales - Contribución en diseño e instalación - Datos de sensores en tiempo real - Existe infraestructura propia de hw y aplicaciones sw - Capacidad limitada registro y proceso sensores	- Alta integralidad en la plataforma digital de Navantia - Alta adaptación a la estructura de producto - Participación en los servicios de explotación en el ciclo de vida. - Capacidad de Algorítmica Básica de IA (ML,...) - Modelos de simulación explotados por Navantia - Despliegue de GD propio limitado - Colaboración media en la explotación

3.0 → → → 4.0

NIVEL ALTO

INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN	CARACTERÍSTICA DE COLABORACIÓN	NIVEL DE INTEGRACIÓN
- Documentación explotable - Modelos 3D geométricos - Modelos 3D según PBS (ebom, mbom, pbom y sbom) - Modelos funcionales y de la salud - Documentación técnica y logística según PBS (ebom y sbom) - Modelos de datos (MBSE) - Datos de interface (IDD data) - Modelos de simulación - Suite de aplicaciones y API's - Orquestación avanzada	- Información técnica estática y dinámica - Soportes y formatos compatibles - Línea base de configuración - Entregas bi-idireccionales - Contribución en diseño e instalación y explotación (operación y sostenimiento) - Datos de sensores en tiempo real/util - Existe infraestructura propia de hw y aplicaciones sw - Capacidad alta registro y proceso sensores - Realiza simulaciones de comportamiento en tiempo útil y predictivas	- Alta integralidad en la plataforma digital de Navantia - Alta adaptación a la estructura de producto - Servicios de explotación completa. - Capacidad de Algorítmica Básica de IA (ML,...) - Modelos de simulación explotados por el colaborador o por Navantia - Capacidad de Inteligencia Artificial - Despliegue de GD propio que virtualiza el gemelo físico - Colaboración máxima en la explotación

“La colaboración de los OEMs con Navantia proporciona al sector naval la posibilidad de tener un gemelo digital sostenible, flexible y escalable”

Nivel Actual (3.0), o de referencia



El modelo de referencia actual está fundamentado en la organización de la información del producto de los proveedores (VFI - Vendor Furnished Information) a integrar de acuerdo con la estructura del producto final de Navantia, soportada por un conjunto mínimo de objetos digitales como los modelos 3D, los documentos y datos configurados.

Esta información técnica es de una dirección (hacia Navantia) y con características estáticas salvo las actualizaciones de ésta establecidas. La dinámica de relación en cuanto a servicios es también limitada y no permite que el colaborador pueda contribuir con su trabajo como servicio más allá de su conexión remota al entorno de desarrollo del producto de Navantia (vía medios informáticos de acceso remoto).

La información VFI es digital, en cuanto a medios diversos de soporte y formatos, pero su uso requiere en muchas ocasiones la adaptación de ésta a la estructura del producto y configuración (EdP) por Navantia y/o sus colaboradores de Ingeniería.

“Nivel actual: información electrónica de entrega orientada a satisfacer las especificaciones de diseño de Navantia sin posibilidad de participación en la explotación durante el ciclo de vida”

Nivel Básico



Este primer nivel de mínimos digitales vendrá caracterizado en cuanto a VFI, por la demanda de una serie de datos de forma estructurada en forma de activos o medios digitales reutilizables. Los equipos objeto de suministro en sí mismos disponen de sensores que proporcionan señales y/o datos asociados de interés sobre su condición funcional pero no disponen de medios de proceso y almacenamiento de dicha información. No son equipos con capacidad de generación y gestión de información digital relativa a su estado funcional o físico, ni de intercambio de datos agregados y/o modelos con otros equipos mediante conexiones o interfaces digitales (señales y/o datos de señales).

En este supuesto el colaborador dispondría de procesos y productos de Nivel 1, por lo que seguiría aspirando a la participación en la integración y explotación de su producto en el producto final objeto de diseño de Navantia cumpliendo las especificaciones contractuales. Al disponer de sensores instalados en el activo y carecer de capacidad de registro y de proceso de las señales y/o datos de

dicha sensorización, requiere que alguno de los equipos o sistemas de nivel superior asuma dicha funcionalidad. El modo de colaboración básica soportaría en consecuencia una mejor sensorización del estado funcional o de la salud de su producto para una mejor integración funcional en el gemelo digital de Navantia del sistema o del buque.

La integración con el buque virtual representado por su maqueta y gemelo digital (MD/GD) consistirá en facilitar a Navantia toda aquella información característica estructurada e indexada al árbol de configuración establecido por Navantia necesaria para representar y caracterizar gráfica y virtualmente al equipo.

La explotación funcional de esta información estará soportada en el lado de las aplicaciones software o aplicativos que Navantia disponga, permitiendo entre otros conocer mejor la condición operativa real y la posible evolución en el tiempo (análisis predictivos) en pro de la mejora en la operación y el sostenimiento del equipo.

“Nivel básico: información estructurada en forma de medios digitales donde los activos disponen de sensores que ofrecen datos de comportamiento funcional o la salud, sin capacidad propia de proceso, por lo que su participación en la explotación durante el ciclo de vida, es limitada”



Nivel Medio



En este nivel intermedio de madurez digital, se caracteriza porque el colaborador ya dispone de procesos y productos con un nivel de madurez digital significativa, así como una capacidad de diseño propio acorde a las especificaciones contractuales requeridas. Los equipos de interés disponen de sensores integrados en el activo y ya cuentan con capacidad de memoria y de proceso básico de los datos en el equipo más allá de los relativos específicamente a la lectura o ingesta de las lecturas de las señales (sensorización).

Los modelos de caracterización dinámica del equipo son limitados y están documentados, permitiendo su explotación ya sea embebidos en el proceso interno al equipo (capacidad limitada), o en un proceso más capaz fuera del ámbito del equipo en particular. Estos modelos podrán utilizarse para validación de

diseño y para determinadas funcionalidades predictivas. No se dispone de modelos reducidos optimizados para ser estimulados por un motor de simulación en tiempo útil.

El nivel de madurez medio en cuanto a interacción, explotación y experiencias a partir de los datos cubre, además de las necesidades básicas, la integración de los modelos 3D funcionales de diseño y los modelos "4D" según la EdP (Estructura de Producto) en la maqueta digital.

Tanto el almacenamiento como el consumo de los datos se realizará según los principios de inteligencia del dato, su capacidad de evolucionar alimentando diferentes tipos de analítica según los niveles de la arquitectura. Requiere un acuerdo de interfaz IDD (Documento de Diseño de Interface).

“Nivel medio: información estructurada en forma medios digitales donde los activos disponen de sensores que ofrecen datos de comportamiento funcional o la salud, con capacidad propia pero limitada de memoria y de proceso básico de los datos en el propio activo, por lo que su participación en la explotación durante el ciclo de vida, ya es más amplia”

Nivel Alto



En este nivel de madurez, el proveedor dispone de procesos y productos avanzados en el sentido de la digitalización y con un diseño propio que cumple las especificaciones contractuales requeridas. Su ecosistema es colaborativo por lo que tiene el máximo potencial sobre el desarrollo, la integración y la explotación del producto en el activo final de Navantia. La sensorización interna del equipo es completa, disponiendo además de una capacidad computacional significativa para la gestión, registro y proceso de los datos y modelos mediante algoritmos y estructuras de datos optimizadas por el colaborador como fabricante del producto y de su gemelo digital.

Su comportamiento funcional y de salud está caracterizado por modelos teóricos y basados en datos, refinándose con los datos históricos. Estos modelos de

comportamiento se explotarían en los aspectos funcionales y de sostenimiento, y utiliza analíticas basadas en algoritmos inteligentes para estimar y predecir el comportamiento. El software suministrado dispone de mecanismos de gestión de la información histórica y mejora sus prestaciones durante el ciclo de vida por aprendizaje de datos. El producto físico dispone de una interfaz avanzada con un API (Application Programming Interface) y un protocolo de comunicación que habilita la ejecución remota de servicios de explotación del mismo, incluyendo todo tipo de información.

El producto digital del proveedor dispone de una representación física en el producto real en forma de software y estructuras de datos, que pueden ser actualizables por una serie de gestores y reglas establecidas en las políticas.

“Nivel alto: información estructurada y no estructurada en forma medios digitales donde los activos disponen de sensores que ofrecen datos de comportamiento funcional o la salud, con capacidad propia de memoria y de proceso avanzado de los datos en el propio activo, por lo que su participación en la explotación durante el ciclo de vida, es de alto nivel, ofreciendo servicios digitales según necesidades de consumo, desde el Edge hasta la Nube”



6

¿CÓMO PUEDE DESARROLLAR UN PROVEEDOR SU GEMELO DIGITAL?

La respuesta a esta pregunta podría ser que el colaborador simplemente debe, por un lado, digitalizar y estructurar la información de diseño de sus productos, para poder elaborar la réplica digital del mismo, y por otro, incorporar al producto físico la sensorización adecuada de aquellos parámetros de comportamiento significativos para permitir su interconexión y explotación durante el ciclo de vida del producto.

Por tanto para obtener un gemelo digital se debe gestionar de forma orientativa la siguiente información:

1. **MODELO DE DATOS E INFORMACION:** establecer un modelo de datos característico según las aplicaciones del gemelo real y su gemelo digital.
2. **DATOS ORGANIZADOS (ESTRUCTURADOS O NO ESTRUCTURADOS):** identificar los datos e información que caracterizan el producto por su aspecto, composición física, comportamiento y prestaciones.
3. **INTELIGENCIA DE DATOS:** estructurar y organizar los datos según el uso (inteligencia del dato), ya sea descriptivo, predictivo, prescriptivo, etc.
4. **DIRECCIONAMIENTO DE DATOS:** establecer los tipos de variables, su origen o fuente, su conexión o direccionamiento con los modelos y aplicaciones que lo consumen, etc.
5. **REGISTRO Y REPLICA DE DATOS:** establecer criterios y reglas de registro del dato y criterios de réplica en función de la latencia máxima permitida.
6. **SINCRONIZACIÓN:** elaboración esquema de sincronización que asegure su característica de dato único en tiempo útil.
7. **CONSUMO DE DATOS:** determinar las necesidades de consumo o procesado del dato, bien sea para la analítica y obtención de otras variables y datos, bien sea para la toma de acciones, que puede realizarse en diferentes niveles de la arquitectura digital, desde el nivel más bajo de la arquitectura próximo a la fuente o ingesta del dato (un PLC, Programmable Logic Controller, por ejemplo), un nivel intermedio como puede ser un servidor del sistema de control del proceso, del producto terminado (buque), o incluso el nivel superior del GD donde se pueda realizar una analítica avanzada o inteligente (nube).

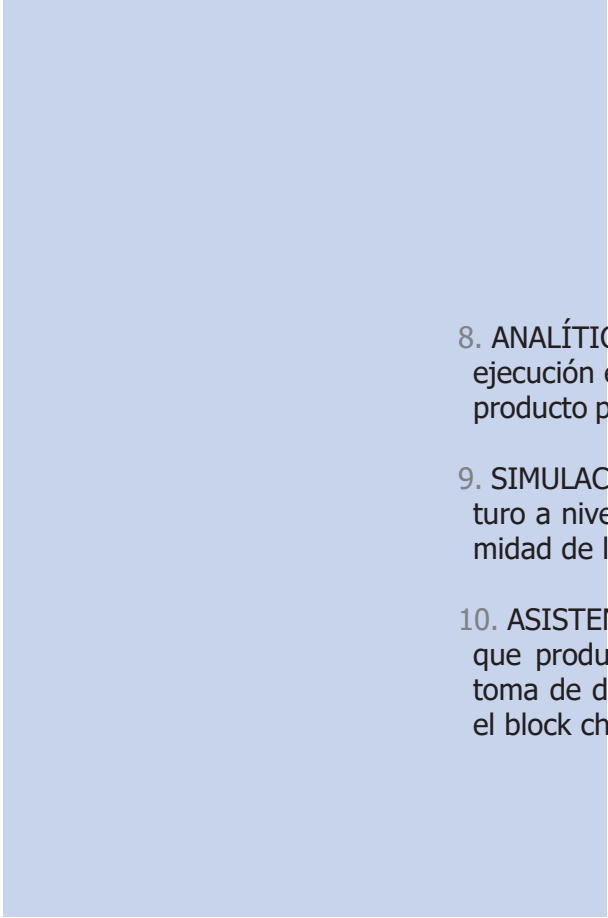


8. **SENSORIZACIÓN:** instalar al producto físico la sensorización (únicamente los necesarios que no puedan determinarse por cálculo), adecuada de aquellos parámetros de comportamiento significativos para permitir su explotación durante el ciclo de vida del producto.
9. **MODELIZACIÓN:** realización de los modelos matemáticos, geométricos y de otros tipos utilizados en el diseño teniendo en cuenta las especificaciones funcionales y no funcionales previstas en su ciclo de vida.
10. **SIMULACIÓN:** elaboración de modelos simulación de la condición operativa, de la salud o alistamiento.
11. **DESARROLLO APLICACIONES:** desarrollo de aplicaciones software con el objeto de embeber los modelos de simulación.
12. **INTEGRACIÓN:** integración de las aplicaciones en la plataforma digital donde se ejecuta este software que supone las réplicas digitales de los productos o servicios.
13. **EXPLOTACIÓN:** explotación por parte del proveedor, integrador, fabricante o cliente final de la instancia del gemelo digital.

“El gemelo digital de un equipo o un servicio de un proveedor es la parte más elemental del gemelo digital de un buque o un astillero”

Además del papel de Navantia como proveedor del Gemelo Digital de los productos intermedios (como instalaciones y sistemas) y producto final (como el buque), Navantia como integrador de gemelos digitales también necesita gestionar:

1. **ARQUITECTURA:** establecimiento de una arquitectura de referencia adecuada a sus productos y procesos, así como el establecimiento de su plataforma digital operativa.
2. **INTEGRACIÓN:** integración vertical del sector naval, objetivo principal en la transformación digital, desde el mercado hasta los clientes.
3. **INTEROPERABILIDAD:** comprobar la interoperabilidad de las aplicaciones instaladas en los equipos, servidores y en otros modos remotos superiores.
4. **ORQUESTACIÓN:** confirmación de los correctos sincronismos e intercambios de servicios entre las distintas instancias de plataformas digitales y sus aplicaciones, asegurando la continuidad digital.
5. **ALMACENAMIENTO:** establecer una capacidad de almacenamiento de la información y/o registro de datos históricos según la necesidad de monitorización y según la capacidad de aprendizaje de los modelos para mejora en la estimación de la condición real de operación, salud y alistamiento en el futuro.
6. **CRITERIOS:** identificar los criterios y requisitos críticos demandados cubriendo en general los que afectan a la controlabilidad del sistema, la observación, el diagnóstico y la monitorización de confianza.
7. **INGESTA:** recogida de los datos de entrada procedentes de la sensorización del gemelo físico que definen la condición y estado real del mismo.

- 
8. ANALÍTICAS Y ALGORÍTMICAS DE IA COMO EL MACHINE LEARNING: ejecución eficiente en la plataforma de los modelos que caracterizan el producto para su fase de aprendizaje previo y posterior a la explotación.
 9. SIMULACIÓN: Predicción mediante simulación del comportamiento futuro a nivel funcional y/o de salud, dentro de los márgenes de conformidad de los modelos, de diferentes escenarios.
 10. ASISTENCIA Y OPERACION INTELIGENTE: ejecución de aplicaciones que produce información de valor añadido a la explotación como la toma de decisiones basada en la Inteligencia Artificial, RA, RV y RM o el block chain.

“El gemelo digital de un buque permite la orientación a los datos reales y virtuales del buque en beneficio de todos los implicados del nuevo ecosistema digital”

¿CÓMO PUEDE UN PROVEEDOR COLABORAR CON NAVANTIA EN SU GEMELO DIGITAL?

Una vez digitalizada y estructurada la información de los productos por parte del proveedor/colaborador, dependiendo de la explotación digital del producto requerida en la solución final de Navantia, se materializará en una serie de intercambios digitales:

- CARACTERIZACIÓN DIGITAL: del aspecto, geometría y su naturaleza.
- MODELIZACIÓN DE FABRICACIÓN: de sus características de fabricación e instalación.
- MODELIZACIÓN DE OPERACIÓN: de sus características de puesta en marcha, funcionamiento y operación.
- MODELIZACIÓN SOSTENIMIENTO: de sus características y necesidades logísticas a lo largo de su ciclo de vida.
- SIMULACIÓN: para la explotación de esta información en forma de modelos y datos en las capas superiores de la arquitectura del producto intermedio o final establecida (analítica e IoT).

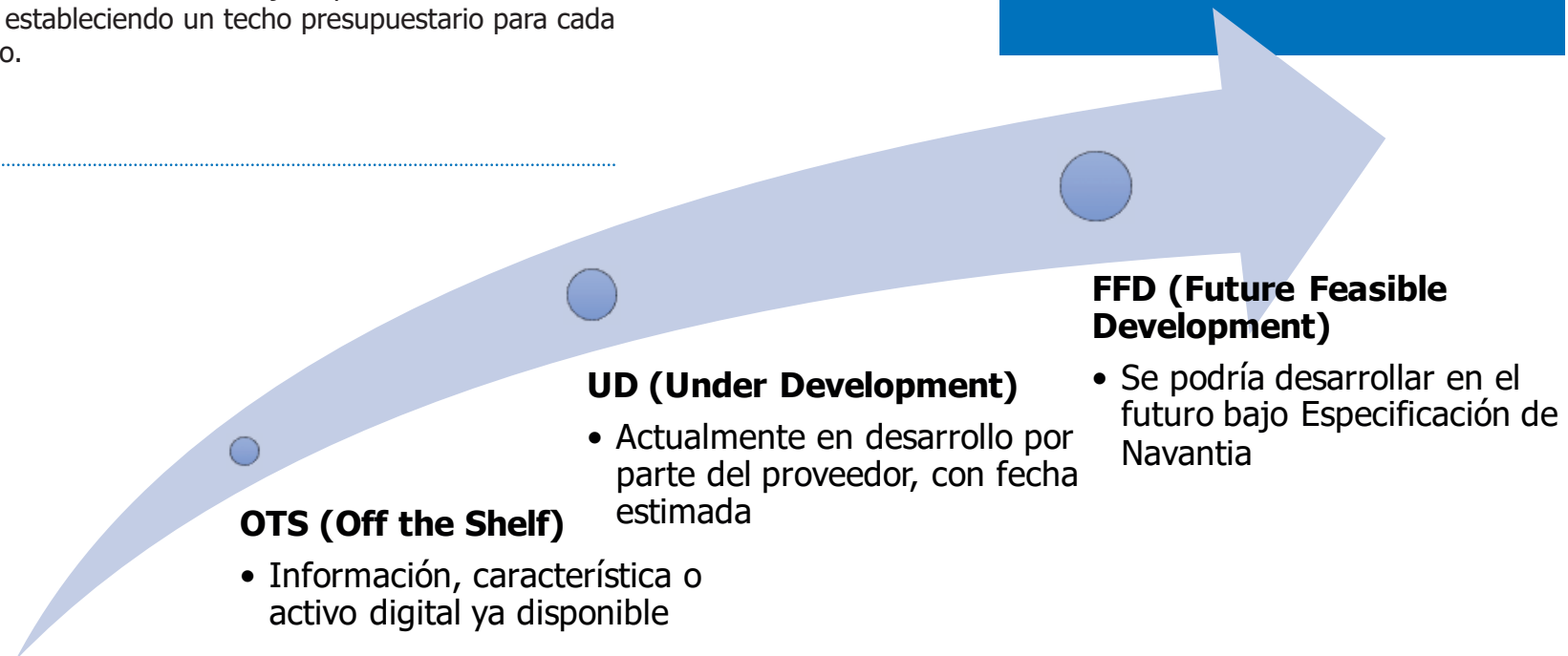
Navantia solicita al mercado sus expectativas de información y explotación digital en las Especificaciones Técnicas de Compra (ETCs).

“Los Gemelos Digitales de los productos de Navantia agregan y explotan los Gemelos Digitales de los equipos que proceden del mercado como respuesta a las Especificaciones Técnicas de Compra (ETCs)”

Navantia está incluyendo en las ETCs el detalle de la información digital susceptible de recibir e intercambiar con sus potenciales proveedores, orientando a estándares preferidos cuando procede y estructurando dicha solicitud según los diferentes niveles de madurez digital de aquellos. Básicamente se solicita al proveedor que oferte sus posibles activos digitales como entregables según las tres siguientes categorías:

- OTS (OFF THE SHELF): aquella información, característica o activo digital ya disponible.
- UD (UNDER DEVELOPMENT): aquella información, característica o activo digital actualmente en desarrollo por parte del proveedor entendiendo la fecha donde podría estar disponible.
- FFD (FUTURE FEASIBLE DEVELOPMENT): aquella información, característica o activo digital que se podría desarrollar en el futuro bajo especificación de Navantia y estableciendo un techo presupuestario para cada activo.

“La transformación digital de Navantia hacia los gemelos digitales dirigida al sector naval consta de tres vagones de un mismo tren. Navantia quiere colaboradores que se suban convencidos”

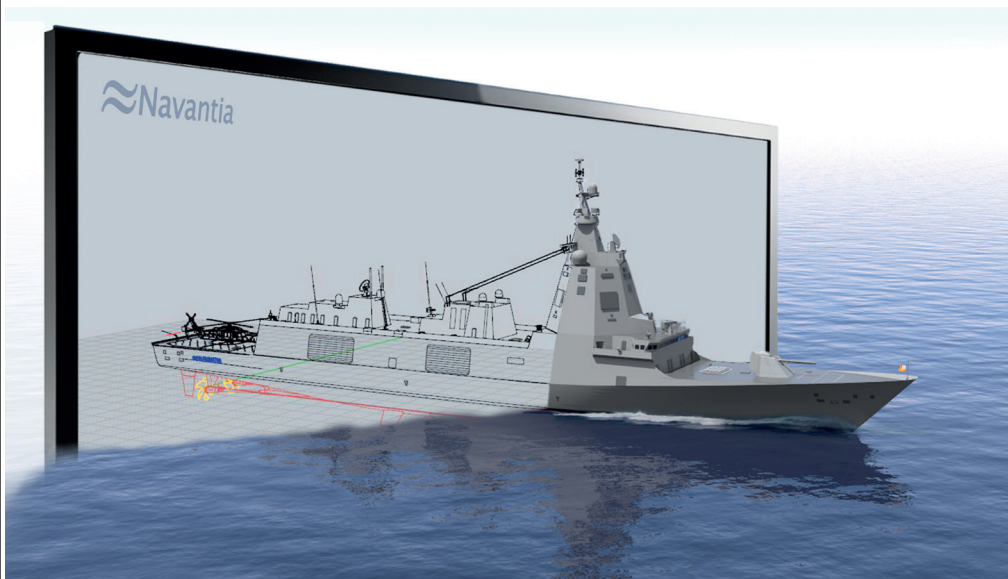


8

¿QUÉ HERRAMIENTAS SOFTWARE SE NECESITAN?

La orientación a la virtualización, a los datos y en general al software, es esencial para lograr integrar con éxito gemelos digitales en los procesos de negocio, permitiendo las últimas tecnologías en ingeniería del software además, agilidad. Comprender y planificar este cambio originado por la digitalización, es ahora una habilidad organizativa crítica.

Para ello las herramientas básicas esenciales para la obtención y explotación de un gemelo digital:



Gestor de Ciclo de Vida del Producto o Product Life Management (PLM)

Sistema de Diseño Asistido por Ordenador (CAD 3D)

Entorno de Simulación (CAE)

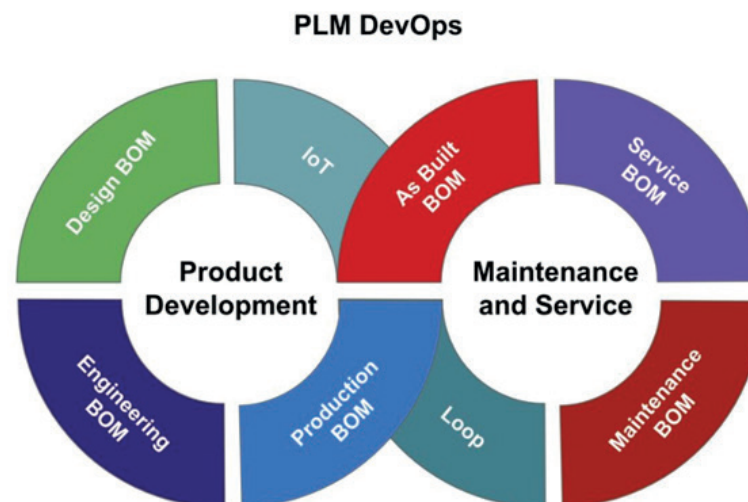
Plataforma Digital

1

Gestor de Ciclo de Vida del Producto o Product Life Management (PLM)

Garantiza la accesibilidad y la seguridad en la gestión de la información del producto y su configuración a lo largo de su ciclo de vida, con opciones de implementación tanto en las instalaciones propietarias como en la nube. Se requiere una verdadera plataforma PLM de extremo a extremo que está lista para ingerir datos vía IoT, información de configuración del producto y permitiendo la gestión de todo tipo de listas de materiales (xBOM, Bill of Materials).

“El uso del PLM, en este entorno dinámico, asegura el control de la línea base de la información de los componentes del producto y de la configuración del mismo, que soportan los gemelos”



2

Sistema de Diseño Asistido por Ordenador (CAD 3D)

El CAD (Computer-Aided Design) permite a los diseñadores de la empresa definir el producto de forma digital en cuanto a aspecto de forma y geometría y los datos o metadatos característicos como los de propiedades de los materiales, características físicas, etc.

Permiten no sólo visualizar el diseño, sino también ejecutar algunas capacidades de ayuda al diseño como la definición espacial, la definición de las uniones, la detección de interferencias, uso de librerías, reglas y criterios de diseño, etc.

Es importante, como se destaca más adelante, la interconexión del CAD con herramientas de cálculo conocidas como CAE (Computer-Aided Engineering), y que se basan en la capacidad de diseñar por análisis en el dominio del tiempo y simulación.

La designación modelo 4D frente a la geometría básica (3D) es representativa en enfatizar la necesidad de estructuración de los datos, metadatos, modelos e información asociada al modelo geométrico.

“Los CAD de última generación posibilitan la importación y exportación de datos en diferentes formatos y estándares, permitiendo integrar elementos de terceras partes.”



3

Entorno de simulación

Software e infraestructura capaz de desarrollar y evaluar modelos de ingeniería basados en métodos matemáticos y algoritmos de cálculo, que permite presentar los resultados de comportamiento del elemento que estamos diseñando, según diferentes supuestos y escenarios de operación de interés, siempre de una manera intuitiva para la interpretación por los ingenieros.

Incluyen representaciones gráficas, tablas, textos e imágenes sobre las diferentes vistas manejadas por los responsables de verificar las soluciones técnicas de diseño. Los paquetes de simulación permiten en general controlar la calidad de los modelos que representan el objeto a ensayar en el ámbito virtual o de la simulación.

Es significativo que los resultados de las simulaciones, los modelos y los parámetros utilizados queden bajo control de la configuración, para su posterior uso y adaptación en el entorno de explotación del Gemelo Digital.

“La simulación permite datos virtuales y datos reales mediante la explotación de los modelos de diseño y representa un valor añadido único que nadie más que el diseñador puede aportar al Gemelo Digital.”

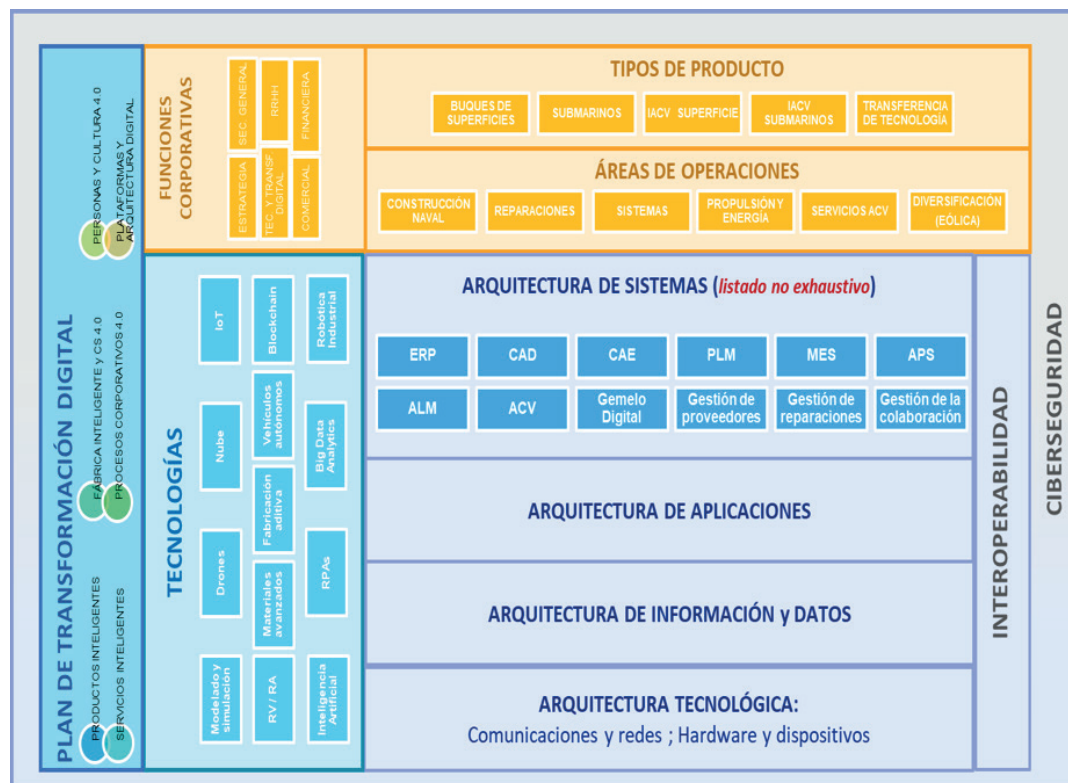


4

Plataforma digital

Conocida también como Plataforma de Innovación Industrial, es la colección de recursos hardware (HW) y software (SW) que proporciona una capacidad, servicio o funcionalidad de interés. Es en general más que una plataforma de IoT, pues debe proporcionar soporte a los procesos y la gestión de datos, funcionalidad, flexibilidad y escalabilidad a las empresas que necesitan impulsar la innovación industrial por medio de la transformación digital.

La realización de los Gemelos Digitales implicará la puesta en valor de una cantidad ingente de datos y aplicaciones que se elaborarán y gestionarán en la plataforma digital. Ofrece potentes formas de visualización y navegación mediante experiencias web, móviles, realidad aumentada, así como recursos de análisis avanzados mediante aplicaciones de Inteligencia Artificial (IA) según las diferentes arquitecturas de referencia.



“La plataforma digital es la herramienta que permitirá la orquestación de todas las actividades del gemelo digital asegurando su continuidad digital durante el ciclo de vida de explotación”.

9

ANÁLISIS DEL RETORNO

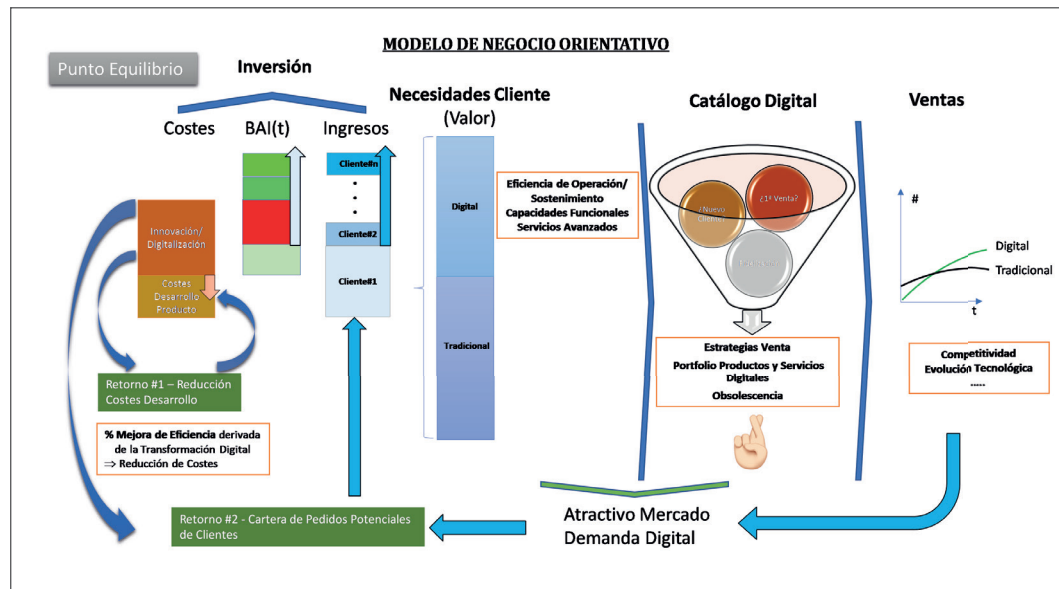
La inversión en la digitalización y en la capacidad de desarrollar Gemelos Digitales debe considerar nuevos modelos de negocio que identifiquen vías de retorno y amortización en la aplicación de recursos.

Es necesario actualizar o desarrollar nuevos modelos económicos y de negocio que estimen la eficacia en las inversiones necesarias. Otro aspecto es el crecimiento esperable de la demanda del mercado de estos productos más allá de los tradicionales.

Para aquellos equipos, servicios o procesos industriales complejos y costosos, la mejora en la disponibilidad para la operación a través de la reducción del tiempo de inactividad de los activos y los costes generales de mantenimiento, será extremadamente valioso, lo que hará que las competencias internas en materia de software sean fundamentales para generar e impulsar valor con los gemelos digitales.

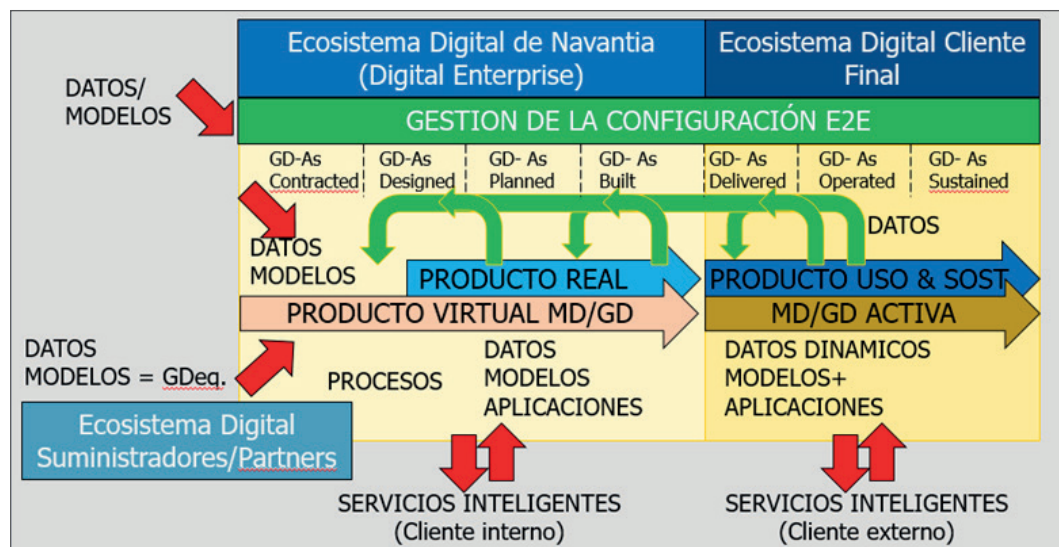
Los operadores o usuarios de los productos como activos, tendrán que añadir conocimientos y habilidades en software y gestión a sus equipos de operaciones a medida que agregan activos más inteligentes, y plantear gemelos digitales más complejos relacionados con sus operaciones.

De forma simplificada, se muestra en la siguiente ilustración las dos diferentes vías de retorno de las inversiones digitales (eficiencia e ingresos), sin menoscabar la mejora en la fortaleza de la cartera de productos y servicios necesaria para acceder a las oportunidades del mercado.



“El proceso de digitalización orienta a la explotación del dato lo que identifica enormes oportunidades de retorno de la inversión por eficiencia e ingresos”

Para obtener el mayor valor de los gemelos digitales, la empresa debe abordar además los principios de ética y confianza digital planteados por diferentes partes que interactúan con los datos no sólo de la empresa, sino también de sus socios y clientes. Esto implica que la empresa considere el valor de los datos y sus contribuciones al negocio y a sus socios.



10

INICIATIVAS SECTORIALES

A finales del año 2019 se presentaron en el Centro de Innovación e Servicios da Tecnoloxía e o Deseño (CIS) de Ferrol, una primera iniciativa en el marco de una Jornada Industrial para el programa F-110, donde Navantia invitó a empresas interesadas en formar parte del proyecto de transformación digital y buque inteligente.

La industria del sector (OEM, Original Equipment Manufacturer) deben convencerse de la oportunidad de estas iniciativas de colaboración entre empresas en el impulso de la transformación digital y las nuevas necesidades en productos y servicios. Navantia desde sus retos y objetivos que orientan su transformación digital promueve por medio de estas iniciativas que el sector entienda mejor las necesidades digitales que derivan de los buques inteligentes y sus gemelos digitales.

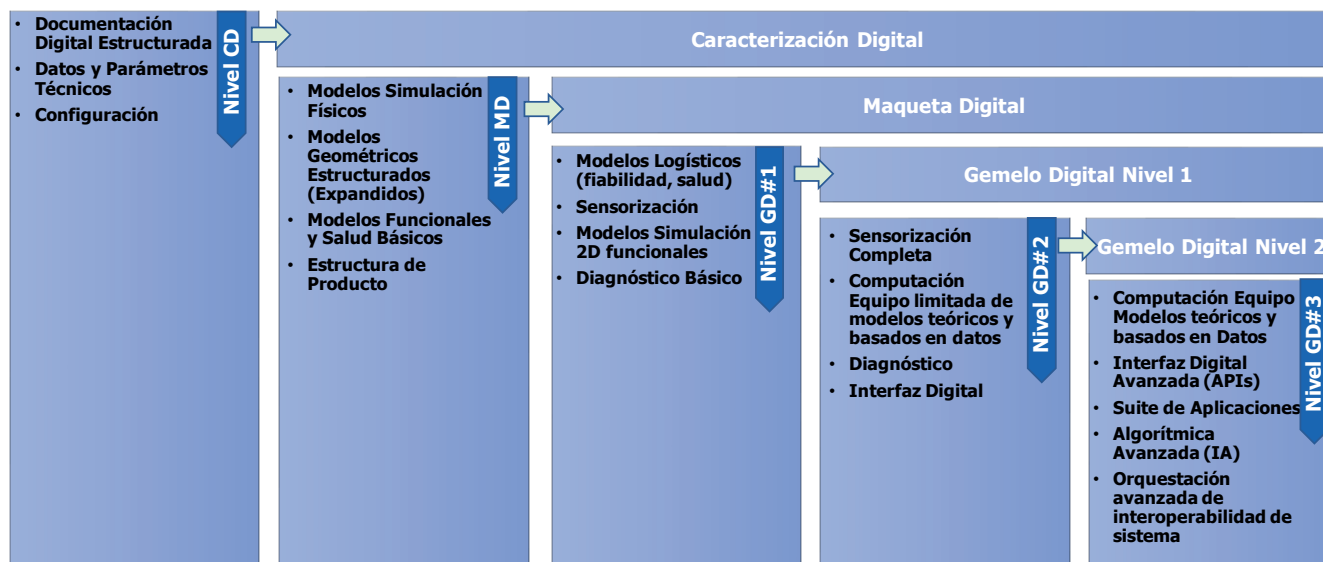
11

MADUREZ DIGITAL

Navantia, en su proceso de análisis de respuestas a sus solicitudes al mercado relacionadas con el Gemelo Digital, realiza una evaluación de la madurez digital de los productos y servicios ofertados por OEM.

En esta evaluación, se consideran básicamente las capacidades del OEM en responder a lo requerido o deseado de acuerdo con los tipos de entregables, objeto de alcance objetivo resumido cualitativamente en la siguiente figura. Los tipos reflejados son progresivos en cuanto a madurez, entendiéndose idealmente como OEM maduro aquel que alcanza el nivel GD#3 en su cartera de productos y servicios.

El primer nivel (Caracterización Digital, CD) define la disponibilidad de información estructurada y configurada del producto, el nivel de Maqueta Digital (MD) refuerza en el sentido de la disponibilidad de modelos y sensorización, y los tres niveles GD#1, 2 y 3 reforzarían progresivamente las posibilidades de interconexión e interacción real/virtual así como de despliegue en el propio equipo partiendo de la sensorización simple hasta la capacidad de despliegue ciberfísica dependiendo del nivel de digitalización y potencia de interconexión.





Navantia