

Verificación basada en modelo aplicada al Apoyo al Ciclo de Vida de los submarinos S80

Jose Torres Garcia, Shashank Alai, David Fernandez Gonzalez,
Benedetta Iezzi, Miguel Eduardo Orozco Castano, Isabel Ainhoa
Nieto Sevilla



Autores:

Jose Torres (Navantia)

Shashank Alai (Siemens)

David Fernandez Gonzalez (Accenture)

Benedetta Iezzi (Siemens)

Miguel Eduardo Orozco Castano (Accenture)

Isabel Ainhoa Nieto Sevilla (Navantia)



Jose Torres

Transformación Digital, Negocio de Submarinos

Navantia

Cartagena, Murcia, Spain

jtorres@navantia.es

+34 682015082

Esta presentación

- Antecedentes
- Introducción
- Metodología
- Conclusión



S81 Isaac Peral

Desafíos de la Armada Española

- Necesidades actuales
- Programa Apoyo al ciclo de vida S80
- Desafíos del SdSS

Las Necesidades de la Armada Española

Visión de la Jefatura de Apoyo Logístico

- III. **La eficacia operativa y la eficiencia en la gestión como objetivos permanentes del arsenal.** En tres vertientes diferenciadas (3E):
- Eficacia Operativa, con el objeto de mantener el más alto nivel posible de disponibilidad operativa de las unidades y de sus sistemas, equipos y componentes. La calidad de las acciones de sostenimiento y el menor consumo del recurso "tiempo", en mantenimiento o para la restauración de una capacidad, darán una buena medida de esta.
 - Eficiencia Económica, de forma que se maximice el rendimiento de la disponibilidad presupuestaria para cubrir las necesidades de las unidades a sostener y del propio arsenal. El rendimiento obtenido de los créditos asignados será el factor más relevante para su medida.
 - Eficiencia Medioambiental, con objeto de lograr una óptima gestión de residuos (conforme a los estándares más exigentes) y aumentar la eficiencia energética, incluso mediante la autogeneración de energía no contaminante, para tratar de alcanzar al objetivo de una huella cero de CO2. Los factores "contaminación" y "mínimo gasto energético" son los de mayor relevancia.
- VII. El conocimiento preciso en todo momento de la situación logística de las unidades y la predicción de su evolución, que permita adelantarse a sus necesidades de sostenimiento mediante la "prescripción" de soluciones.

La organización del Apoyo al Ciclo de Vida del S80

Grupo integrado



Programa OTACV S80

Oficina Técnica ACV S80

ISDEFE

Ingeniería ACV

- Gestión ciclo de vida



Isdefe

Spanish Navy

Experiencia operativa

- Análisis operativo



Navantia

Autoridad Técnica

- Evaluación de cambios de diseño
- Gestión de la configuración





S80 TLS Program

Roadmap



Continuous relationship with Suppliers for the Submarine Life Cycle

TLS Preparation

TLS Support Kick Off



Delivery

2021

2023

2030

Transition Phase

- TLS Team Conformation ACV
- Elaboration of plans (Maint./Supply/Engineer/Mngmt.)
- Elaboration of Agreements with OEM
- Data Management System
- Infrastructure Setting Up
- Establishment of Program KPI's

First TLS Phase: 7,5 years

- Development of the TLS Activity
- Collecting data and updating ILS
- Cost Reduction Objectives
- Monitoring the level of availability and performance

Second TLS Phase: X years

- Transferring risk to the industry
- Payment linked to Availability and program performance
- Transfer requirements to the industry
- Development of the TLS Activity
- Cost Reduction Objectives



ARSENAL DE CARTAGENA
OTACV

Desafíos del SdSS

Desafíos del Programa S80

Complejidad del SdSS

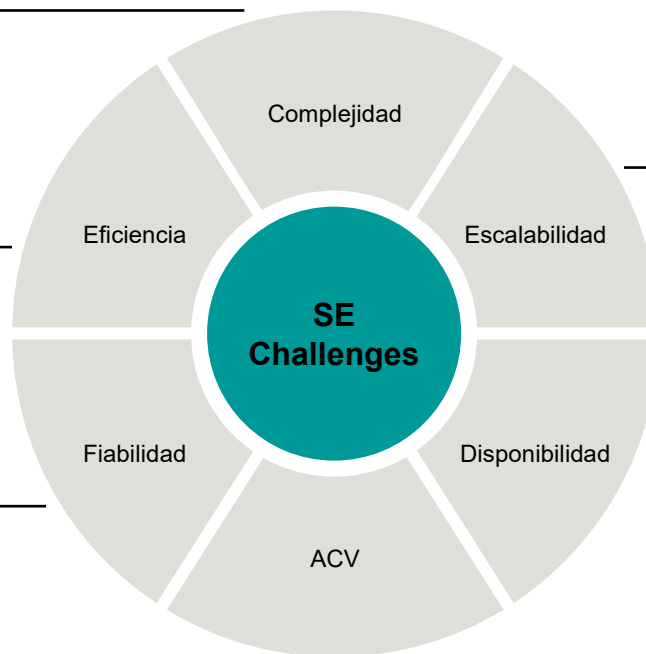
Integración de sistemas más compleja de las misiones de la flota de la Armada

Eficiencia operativa

A través de la evaluación de coste de operación y mantenimiento

Fiabilidad del Sistema

Mantener métricas de fiabilidad basadas en la situación real de los activos



Escalabilidad

Reutilización de tecnología e Ingeniería entre fases del Proyecto y entre diferentes proyectos

Disponibilidad de misión

El éxito de la misión se evalúa en términos de las capacidades requeridas

Apoyo al Ciclo de Vida

Planificar, ejecutar y mejorar el Apoyo al Ciclo de Vida preventivo basado en documentación

Proceso de Ingeniería de Sistemas de Navantia

El proceso basado en documentos no es escalable

Entregables diseño:

- Estructura de producto de Ingeniería (eBOM) incluyendo propiedades de verificación
- Documentación y modelo 3D enlazados a la estructura de producto
- Documentación ACV generada y mantenida en Sistema no integrado

Ingeniería de Sistemas

- Basada en documentos
- Capacidad de gestión de requisitos y de simulación no conectadas
- Integración de la Gestión de la Configuración limitada al producto y su documentación



Construcción y verificación del producto:

- mBOM creada mediante reglas
- Integración PDM/ERP. La BOM y los documentos asociados se publican en el ERP
- Construcción y verificación del producto registrados en el ERP

Ingeniería de Sistemas de Adquisición vs Desafíos SdSS

Desafíos de SdSS del Programa S80

Complejidad SdSS

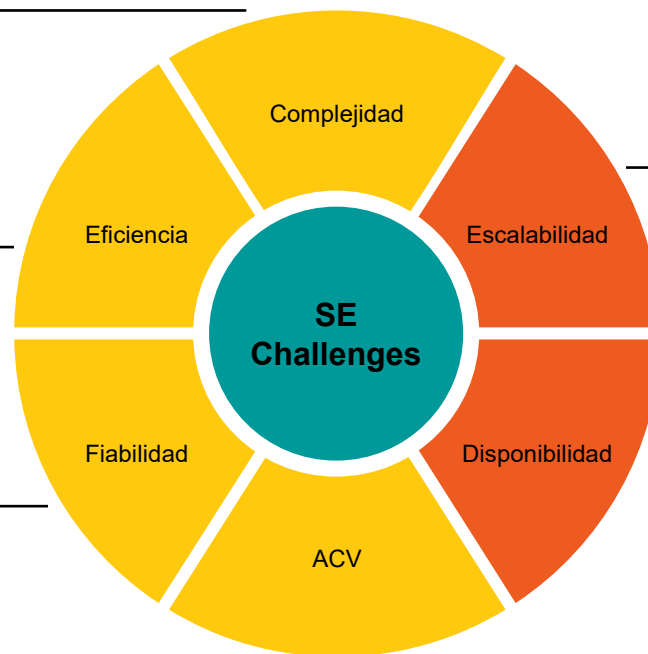
El enfoque documental sobre sub-Sistema requiere rehacer los entregables para orientarlo a las capacidades

Eficiencia Operativa

La eficiencia se evaluó en base a sub-sistemas, obtener la eficiencia operativa requiere rehacer el análisis

Fiabilidad del sistema

El estado real del activo no se consideró en los análisis de fiabilidad como dato de entrada



Escalabilidad

La reutilización de diseños o pequeñas modificaciones fuerzan un profundo análisis de impacto y modificaciones severas en los entregables.

Disponibilidad

El éxito en la misión requiere la evaluación de diferentes componentes, evaluar la disponibilidad requiere reconstruir la Ingeniería.

Apoyo al Ciclo de Vida

El enfoque preventivo basado en documentación no prevé la evaluación en base a estado real del activo

 Dificultad

 Desafío

Ingeniería de Sistemas del ACV vs Desafíos SdSS

Desafíos de SdSS del Programa S80

Complejidad del SdSS

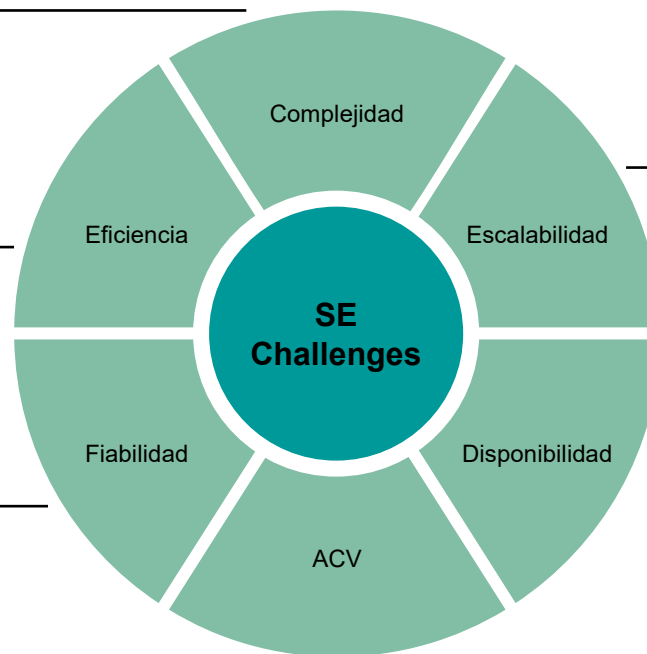
Los elementos del modelo y sus relaciones ayudan a gestionar la complejidad del Sistema, permitiendo diferentes vistas del sistema

Eficiencia operativa

La vista operativa incluyendo sus parámetros permite generar unos indicadores del coste de operación y mantenimiento

Fiabilidad del sistema

Los indicadores de fiabilidad basados en el estado real del activo se integran en el modelo. La fiabilidad de cada capacidad está integrada en el modelo



Escalabilidad

El modelo se puede construir basado en bibliotecas para reusar porciones de modelo

Disponibilidad de misión

El éxito de una misión se puede evaluar en base a las capacidades representadas en el modelo

Apoyo al Ciclo de Vida

Simulación, modelos estadísticos (ML) y otras herramientas se pueden aplicar para mejorar el Apoyo al Ciclo de Vida

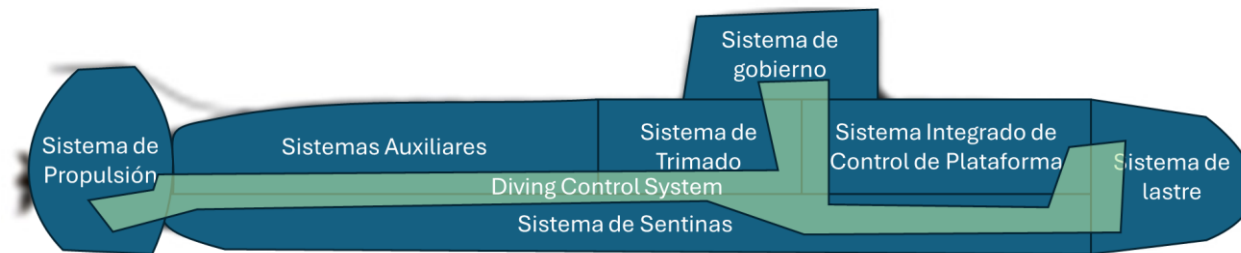
 Solución integrada en MBSE

Introducción al Proyecto

- Sistema de Control de Inmersión
- Sistema de Mantenimiento Integrado
- Objetivos

Complejidad del Sistema de Control de Inmersión

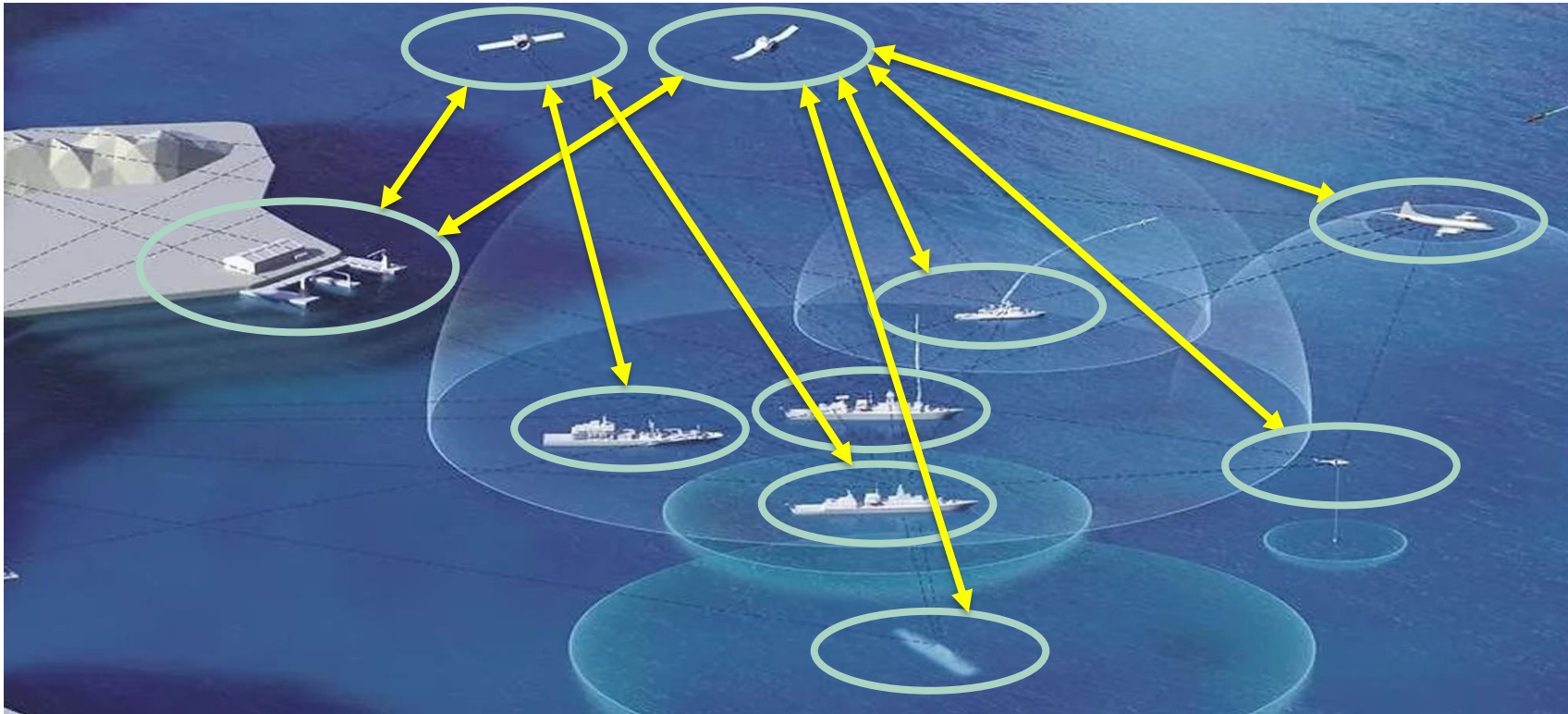
Sistema de Interés



- Integra porciones de varios sub-sistemas pero desarrollado de forma documental
- No está gestionado como un sub-Sistema en la descomposición de producto del S80
- Diseño diseminado en diversos documentos
- Sistema clave en asegurar fiabilidad, disponibilidad y Seguridad de las unidades
- Necesidad de capturar una representación fiel en modelo digital
- Sistema modular y con uso de librerías

La vision del Sistema de Mantenimiento Integrado

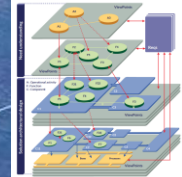
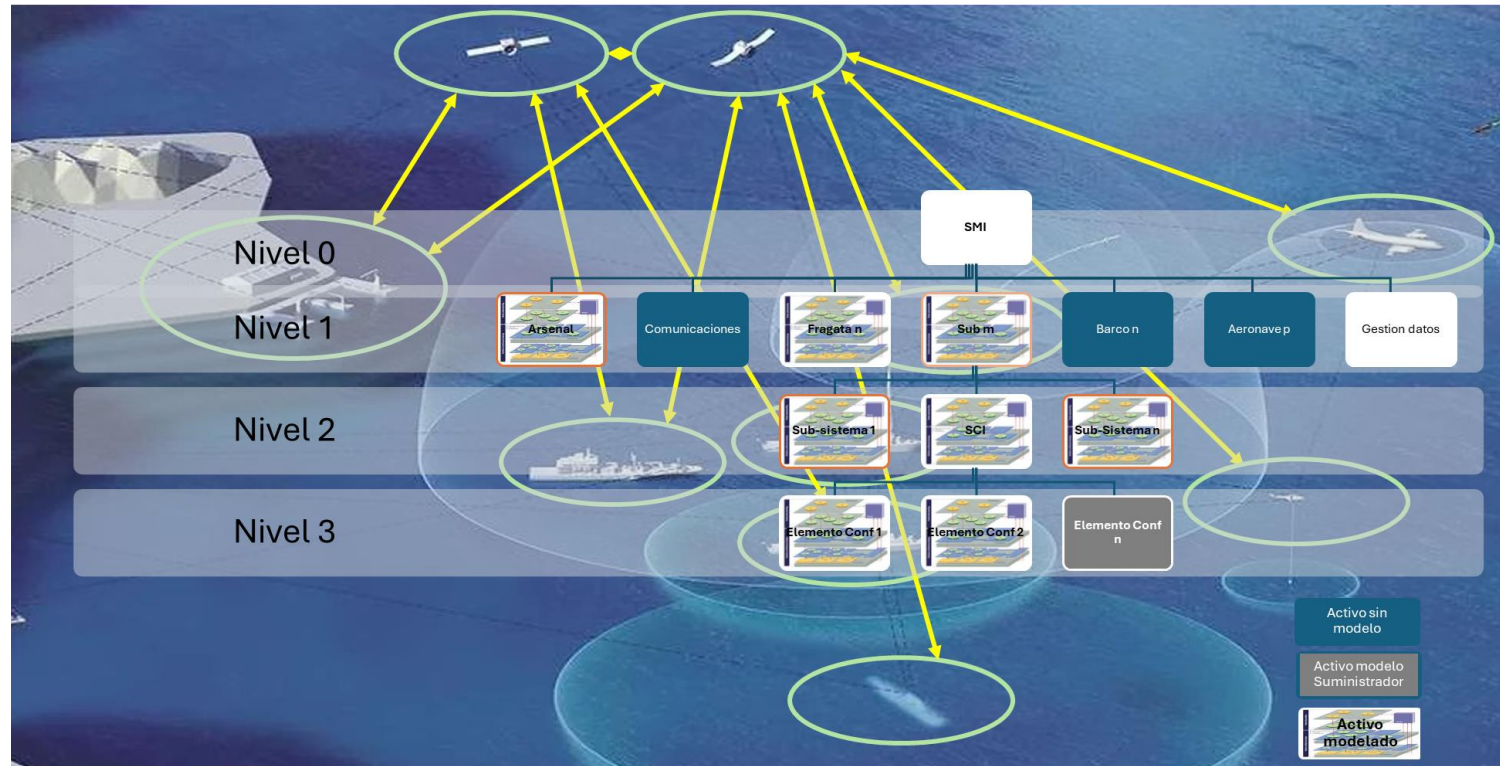
La complejidad de los sistemas de defensa naval requieren una aproximación modular



La vision del Sistema de Mantenimiento Integrado

La complejidad de los sistemas de defensa naval requieren una aproximación modular

Arcadia Method



La hoja de ruta de la Transformación Digital de Navantia

Vigilancia

Investigación y Evaluación
Estudio y Desarrollo de las tecnologías disponibles y su uso en Defensa Naval

Planificación

Identificar y planificar
Identificar las tecnologías habilitadoras clave y capacidades de planta y producto y planear su implantación

Implementación

Diseñar y configurar
Definir los detalles de implementación para cada tecnología e implementarla en planta o producto

Plataforma Digital

Operaciones basadas en datos
PLM, ERP y SCADA para apoyar el diseño, construcción y ciclo de vida del producto y las conexiones con la gestión de la planta.

Productos Inteligentes

Productos conectados
Habilitar la integración de productos en operación y servicio del Sistema de Sistemas

Fábricas Inteligentes

Fábricas conectadas
Construcción Naval, fabricación, mantenimiento de planta ejecutados de forma eficiente

Navantia 5.0

Proporcionando Productos avanzados fabricados en Fábricas avanzadas

Hoja de ruta Transformación Digital del Proyecto

Vigilancia

Investigación y evaluación
Adquisición de herramientas y metodología MBSE para desarrollar el Proyecto

Planificación

Identificar y planificar
Definir alcance y objetivos del modelo.
Configurar herramientas y bases de datos.
Asignar y entrenar al equipo

Implementar

Diseñar y configurar
Desarrollar una Prueba de concepto para probar la funcionalidad y la metodología

Plataforma Digital

Operación basada en datos
PLM y ERP para el desarrollo del apoyo del producto, adquisición de datos de los activos y gestión de la planta

Producto Inteligente

Gemelo Digital de operación y mantenimiento del submarino.
Habilitados los Servicios inteligentes

Fábrica Inteligente

Mantenimiento conectado del submarino, Materiales y órdenes de mantenimiento conectadas al estado del submarino.

Navantia

5.0

Servicios inteligentes disponibles para los S80

Objetivos

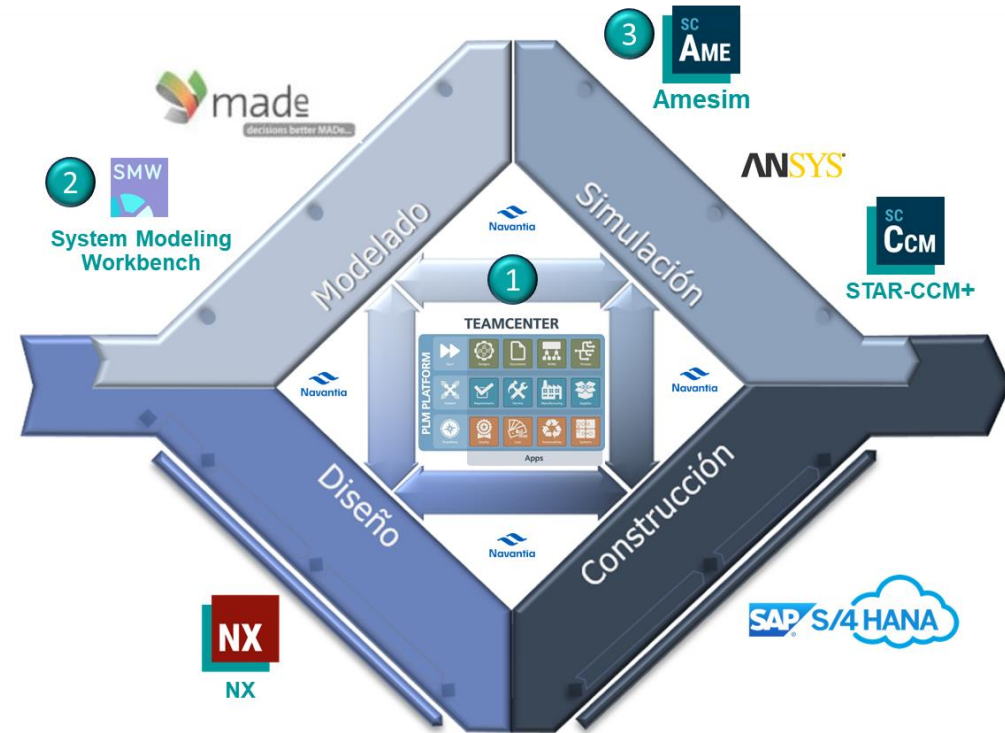
1. Definir un proceso de verificación basado en modelo que se pueda aplicar a la operación y el mantenimiento
2. Desarrollar la arquitectura para el Sistema de Control de Inmersión e integrarla en la jerarquía del Sistema de Sistemas
3. Evaluar la arquitectura para casos de uso de fiabilidad, disponibilidad y Seguridad operativa:
 - Desarrollando paquetes de verificación con sus parámetros para cada caso de uso
 - Desarrollando modelos de simulación dinámica para cada caso de uso

Metodología

- Herramientas de MBSE
- Actores del Proceso
- Flujo del proceso y resultados

Herramientas del proceso

- Configuración MBSE :
Teamcenter
- Creación de la arquitectura:
System Modeling Workbench
- Simulación del Sistema:
Teamcenter Simulation,
Simcenter Amesim



Actores del proceso

- **Ingeniero RAMS:**



- Responsable de definir los objetivos e hitos de disponibilidad y seguridad operativa
- Analizando los modos de fallo del sistema
- Colaboración con el Ingeniero de Sistemas revisar los requisitos del Sistema y los objetivos y con el Ingeniero de Simulación para verificar los mismos

- **Ingeniero de Sistemas:**



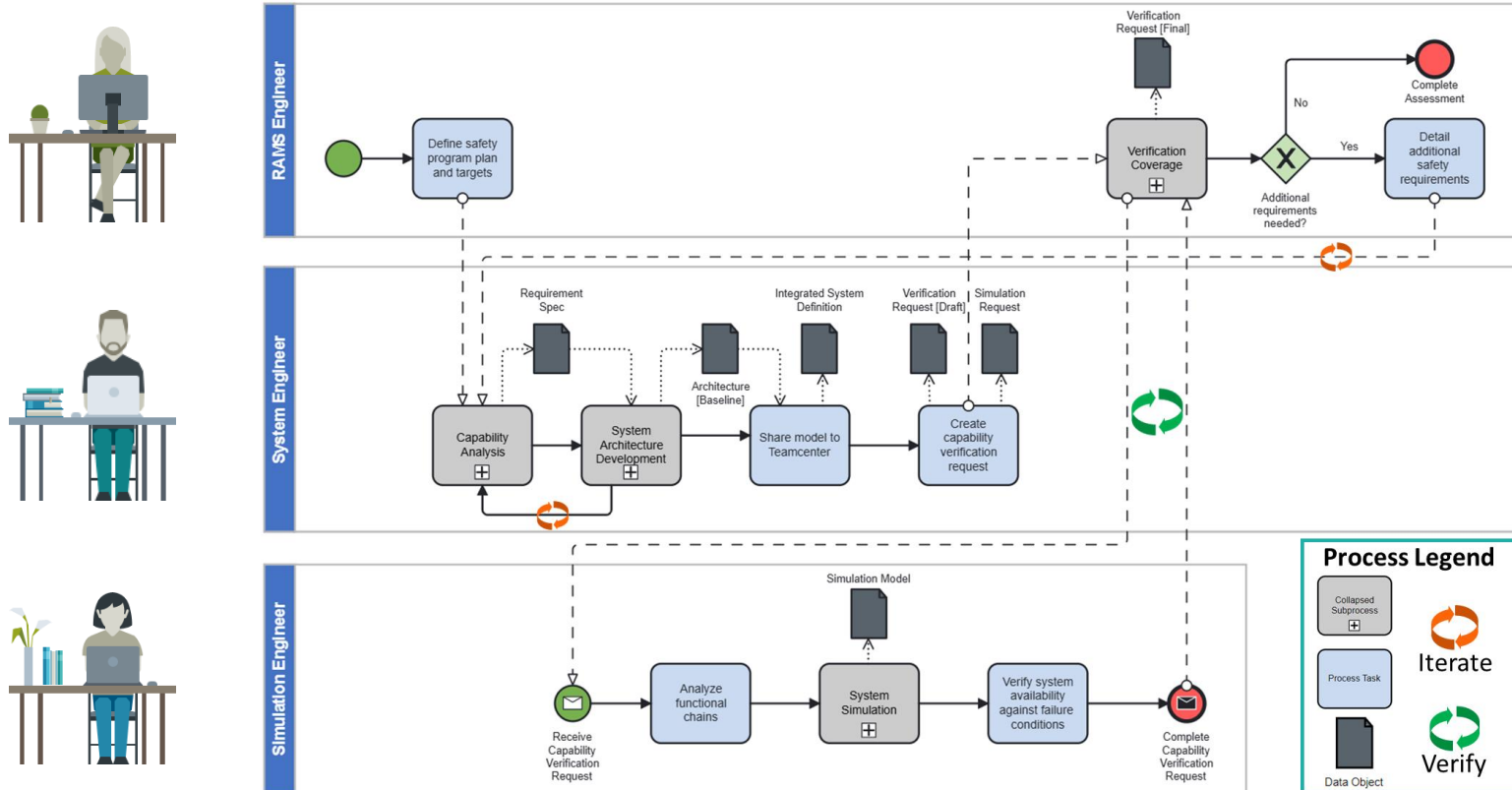
- Responsable de definir la arquitectura del Sistema, asignando requisitos y gestionando el ciclo de vida de los elementos del modelo en el entorno integrado
- Generando los paquetes de verificación de la arquitectura

- **Ingeniero de Simulación:**



- Responsable de diseñar la simulación dinámica del sistema
- Integrando los modos de fallo del Sistema en la simulación
- Simulando los parámetros de verificación del sistema

Flujo del proceso



Análisis de Capacidades

Entradas:

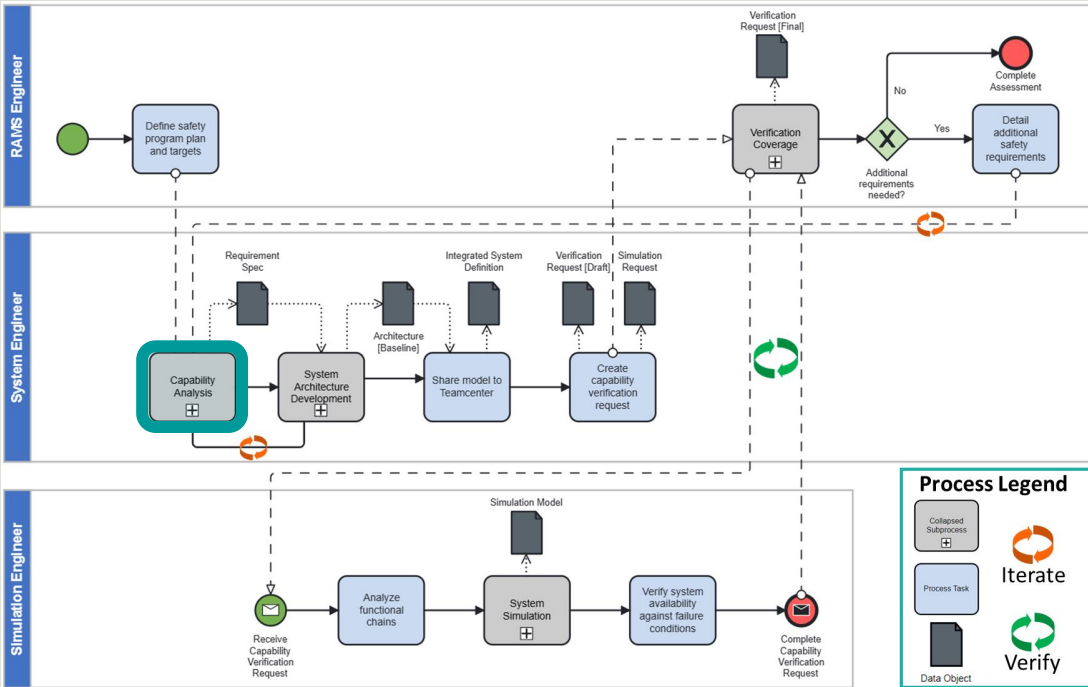
- Normativa de Seguridad Operativa de la Compañía y del Programa, objetivos y plan de Seguridad Operativa
- Disponibilidad del entorno MBSE
- Información disponible de arquitectura del sistema

Actividades:





- Definición del desglose de capacidades (capability BOM)
- Definición del alcance del modelado del Sistema por capacidad

Salidas:

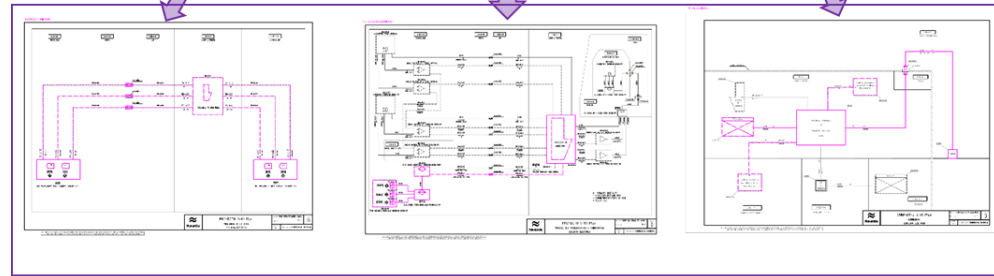
- Desglose de capacidades (configurable)
- Plan de modelado del sistema



Desglose de
capacidades

	S80P-FBW-025309/A-CONTROLAR FBW VENTILACIÓN DE LASTRES
	S80P-FBW-025338/A-CONTROLAR FBW DETECCIÓN DE AGUA
	S80P-FBW-025333/A-CONTROLAR FBW GOBIERNO DE EMERGENCIA
	S80P-FBW-025337/A-CONTROLAR FBW VELOCIDAD

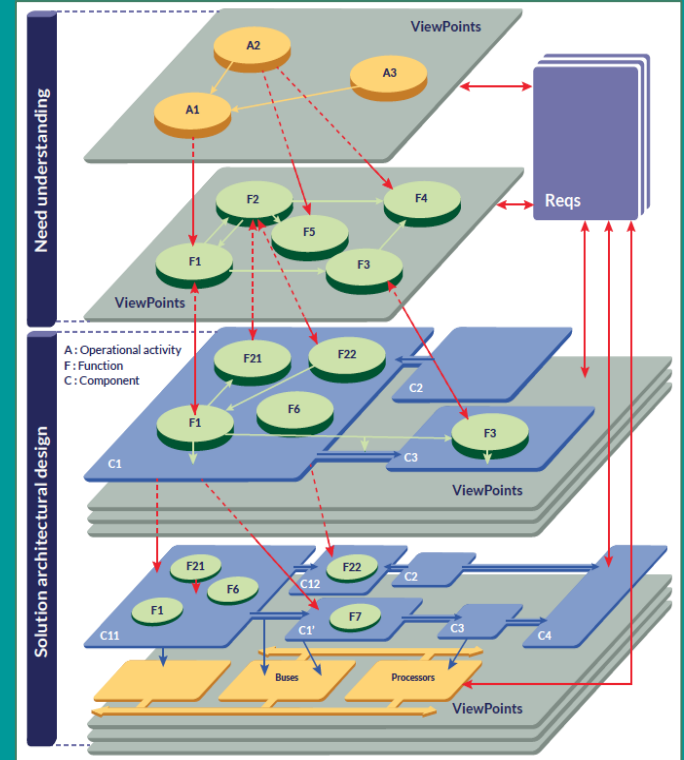
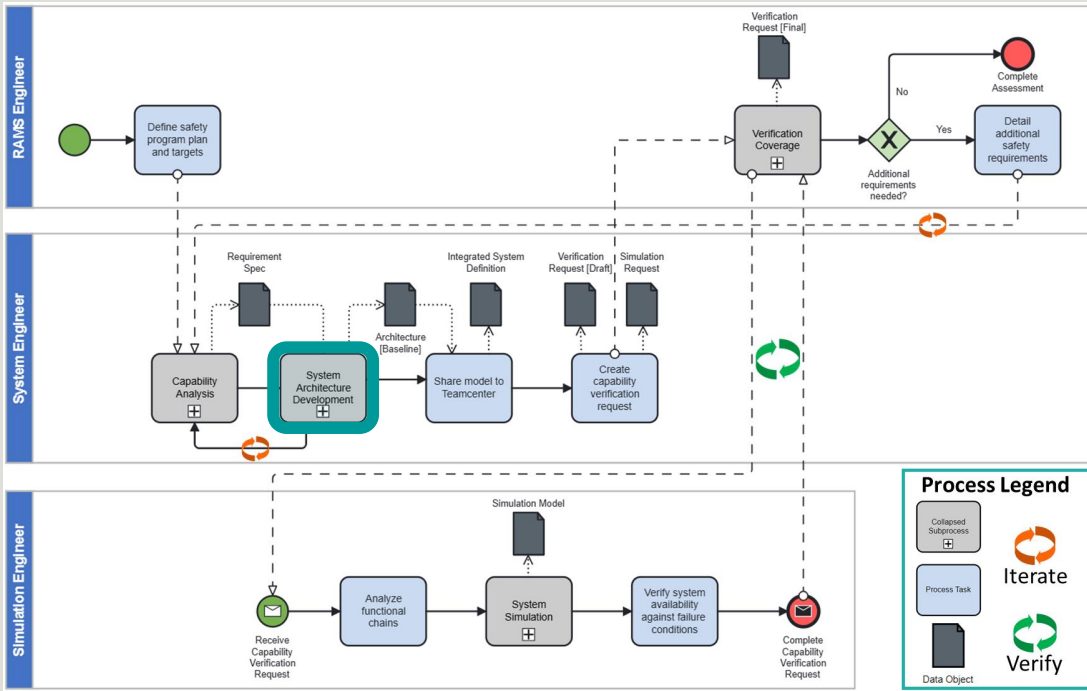
Alcance del Sistema
de la capacidad



Definición del plan de
modelado



Desarrollo de la arquitectura del sistema



Desarrollo de la arquitectura del Sistema (Análisis operativo)

Entradas:

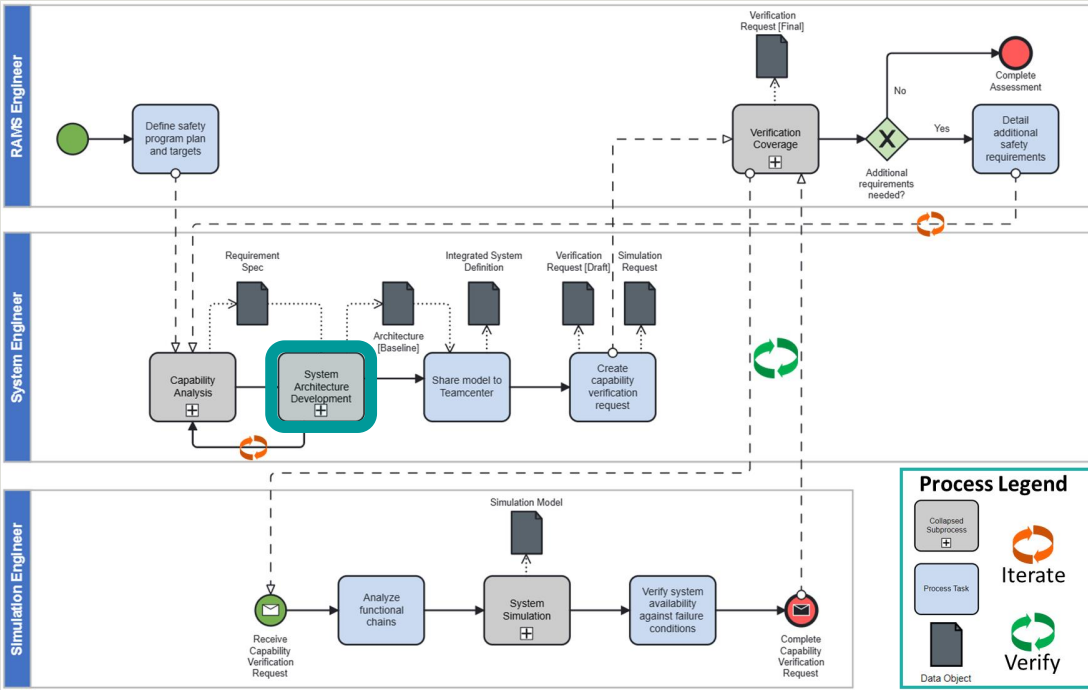
- Sistema de sistemas, misión, requisitos partes interesadas
- REM (Requisitos de Estado Mayor)

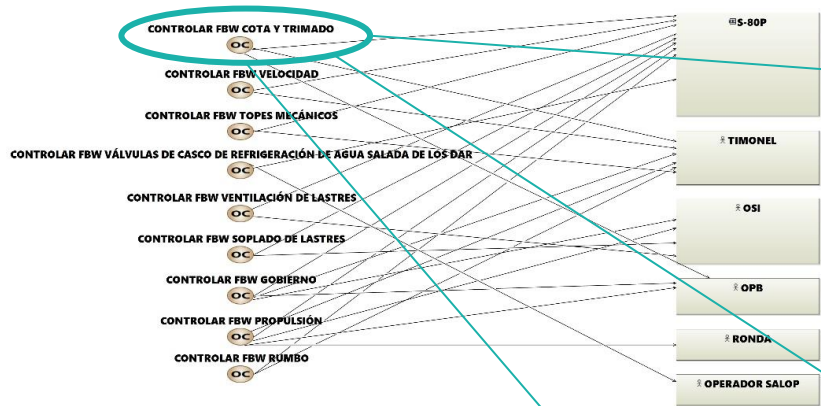
Activities:

- Capacidades del SdSS
- Definir comportamiento operativo
- Definir arquitectura operativa
- Refinar/asignar las necesidades de las partes interesadas
- Analizar el modelo operativo

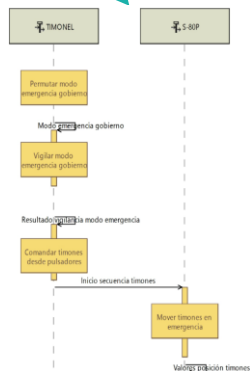
Outputs:

- Restricciones e interfaces operativas
- Requisitos refinados del SdSS

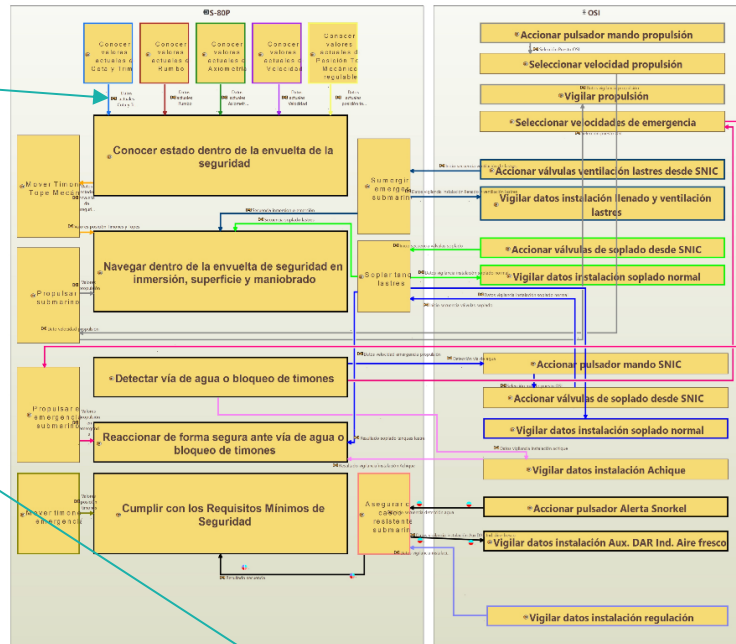




Desglose de capacidades SdSS (BOM)



Escenarios operativos SdeSS



Contexto operativo (arquitectura)

- CONTROLAR FBW COTA Y TRIMADO
- CONTROLAR FBW RUMBO
- CONTROLAR FBW AXIOMETRIAS DE TIMONES DE BUCEO
- CONTROLAR FBW VELOCIDAD
- CONTROLAR FBW TOPES MECÁNICOS
- CONTROLAR FBW GOBIERNO
- CONTROLAR FBW PROPULSIÓN
- CONTROLAR FBW VENTILACIÓN DE LASTRES
- CONTROLAR FBW SOPLOADO DE LASTRES
- CONTROLAR FBW DETECCIÓN DE AGUA EN POCETO VALVULÓN
- CONTROLAR FBW NIVEL ALERTA SNORKEL EN TANQUE DE PURGAS
- CONTROLAR FBW GOBIERNO DE EMERGENCIA
- CONTROLAR FBW VÁLVULAS DE CASCO DE REFRIGERACIÓN DE AGUA SALADA DE LOS DAR
- CONTROLAR FBW DETECCIÓN FLUJO INCONTROLADO A TRAVÉS DEL TANQUE DE REGULACIÓN
- CONTROLAR FBW SOPLOADO NORMAL EN USO DE EMERGENCIA
- CONTROLAR FBW DETECCIÓN DE AGUA
- CONTROLAR FBW PROPULSIÓN DE EMERGENCIA

Desarrollo de arquitectura del Sistema (Análisis del Sistema)

Entradas:

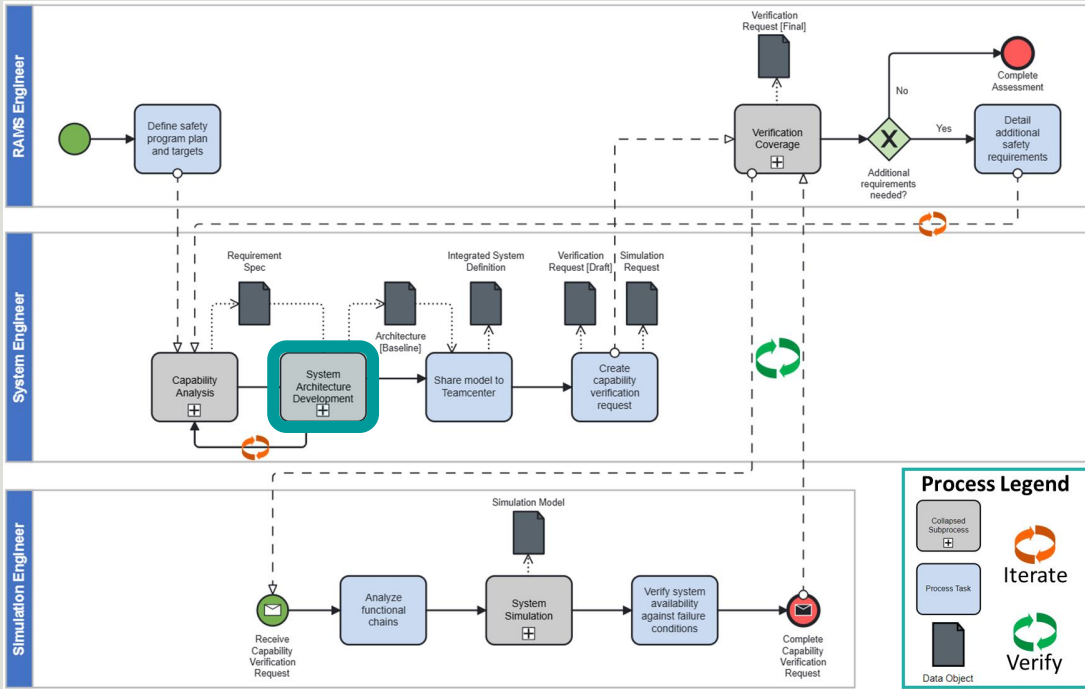
- Arquitectura operativa
- Capacidades del sistema

Activities:

- Modelar capacidades del sistema
- Definir y asignar los actores y funciones del sistema
- Contextualizar el Sdl
- Generar las vistas de análisis de sistema

Salidas:

- Modelo de arquitectura de caja negra (configurable)
- Especificación de requisitos de sistema
- Especificación de escenarios funcionales



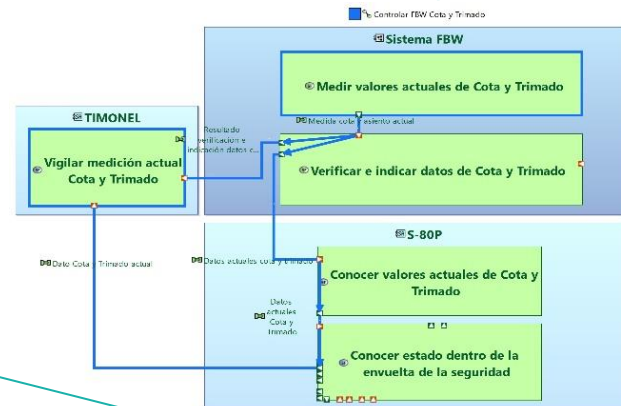
Misión: Control remoto de las funciones necesarias para permitir al submarino hacer inmersión, superficie y maniobrar dentro de los límites de la Envolvente de Seguridad

Sistema FBW

M

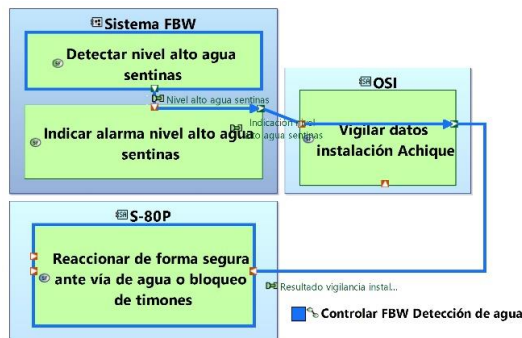
- C CONTROLAR FBW COTA Y TRIMADO
- C CONTROLAR FBW VELOCIDAD
- C CONTROLAR FBW TOPES MECÁNICOS
- C CONTROLAR FBW VENTILACIÓN DE LASTRES
- C CONTROLAR FBW SOPLADO DE LASTRES
- C CONTROLAR FBW PROPULSIÓN
- C CONTROLAR FBW GOBIERNO
- C CONTROLAR FBW RUMBO
- C CONTROLAR FBW DETECCIÓN DE AGUA
- C CONTROLAR FBW GOBIERNO DE EMERGENCIA

Controlar cota y trimado

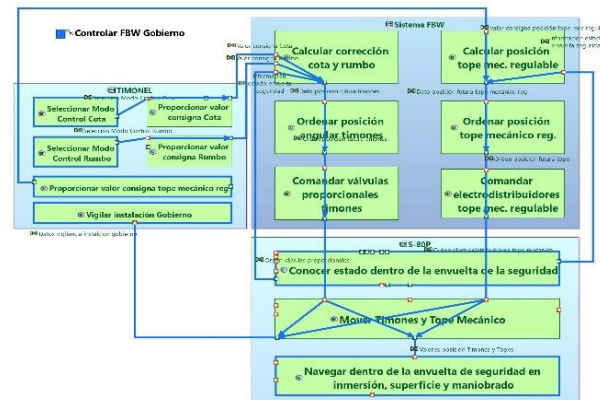


Capacidades del SCI

Controlar detección de vía de agua



Controlar timones



Desarrollo de la arquitectura del Sistema (Arquitectura lógica)

Entradas:

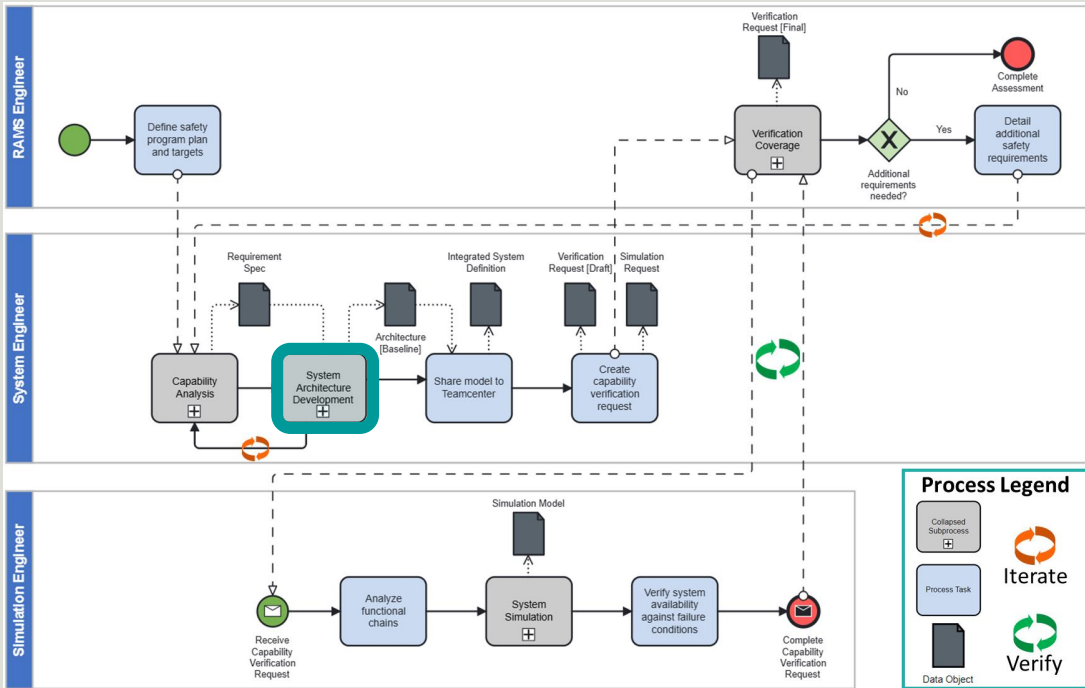
- Arquitectura de caja negra
- Requisitos del Sistema DCI

Actividades:

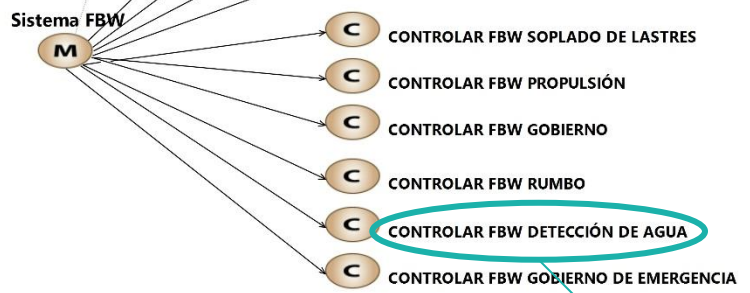
- Descomponer el Sistema lógico
- Asignar funciones a componentes lógicos
- Definir interfaces internas (caja blanca)
- Generar vistas para partes interesadas
- Trazabilidad de requisitos y parámetros

Outputs:

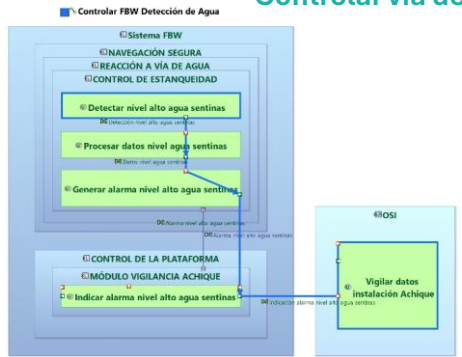
- Modelo de arquitectura lógica (configurable)
- Asignación de prestaciones y trazabilidad
- Vistas de verificación de prestaciones



Misión: Control remoto de las funciones necesarias para permitir al submarino hacer inmersión, superficie y maniobrar dentro de los límites de la Envolvente de Seguridad

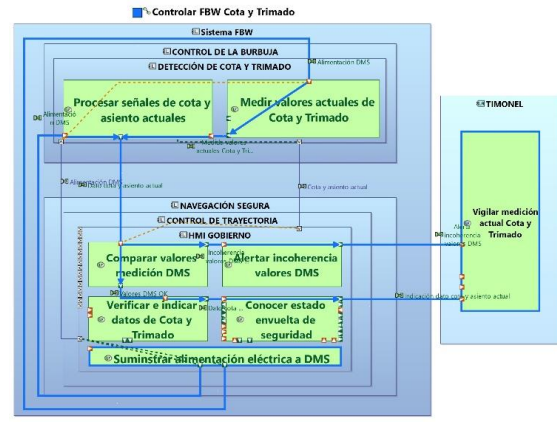


Desglose de capacidades (BOM)



Controlar via de agua

Controlar cota y trimado



Vistas de arquitectura lógica

Desarrollo de la arquitectura del Sistema (Arquitectura Física)

Entradas:

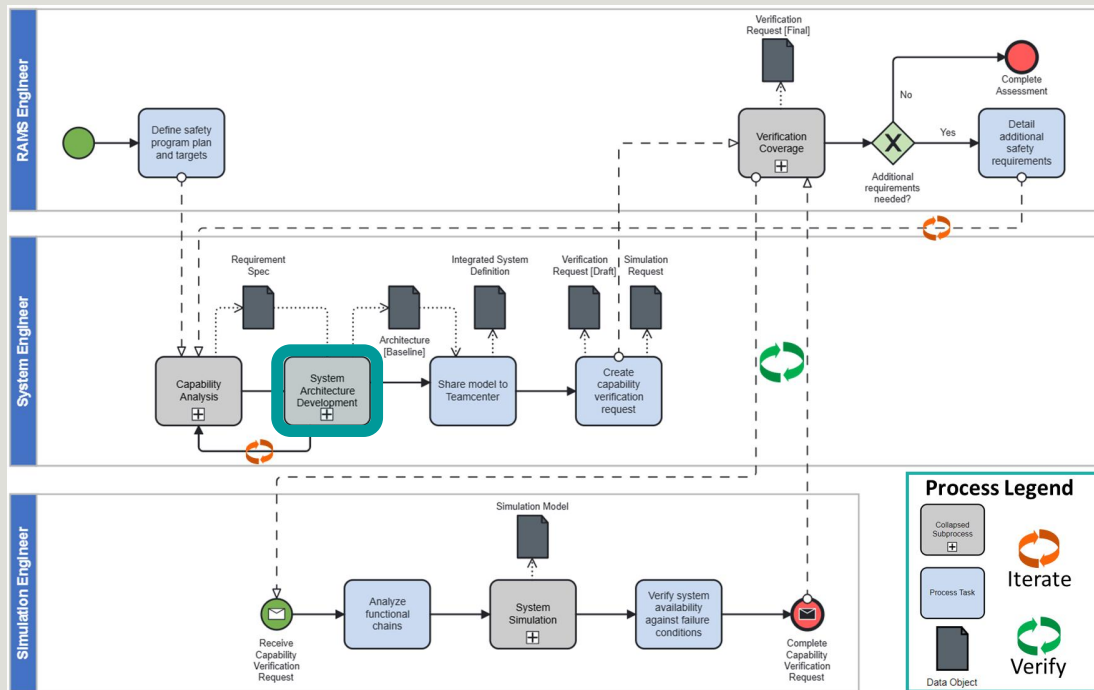
- Arquitectura lógica
- Requisitos de sub-sistema(borrador)

Actividades:

- Realizar la transición de Sistema a Sub-sistema
- General librerías de Sub-sistemas
- Asignar los componentes lógicos a componentes físicos
- Generar vistas de arquitectura física
- Guardar librerías en el PLM

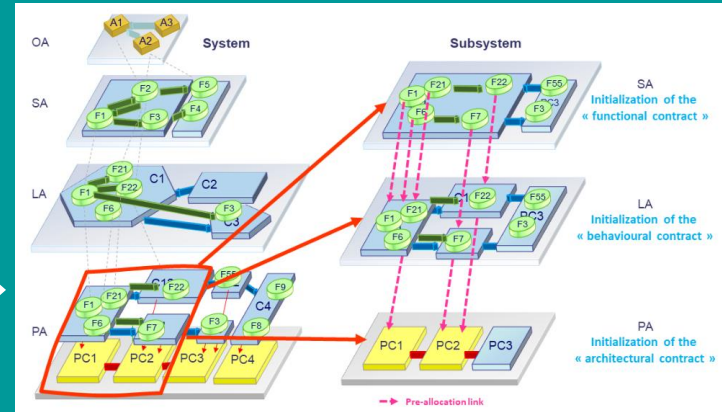
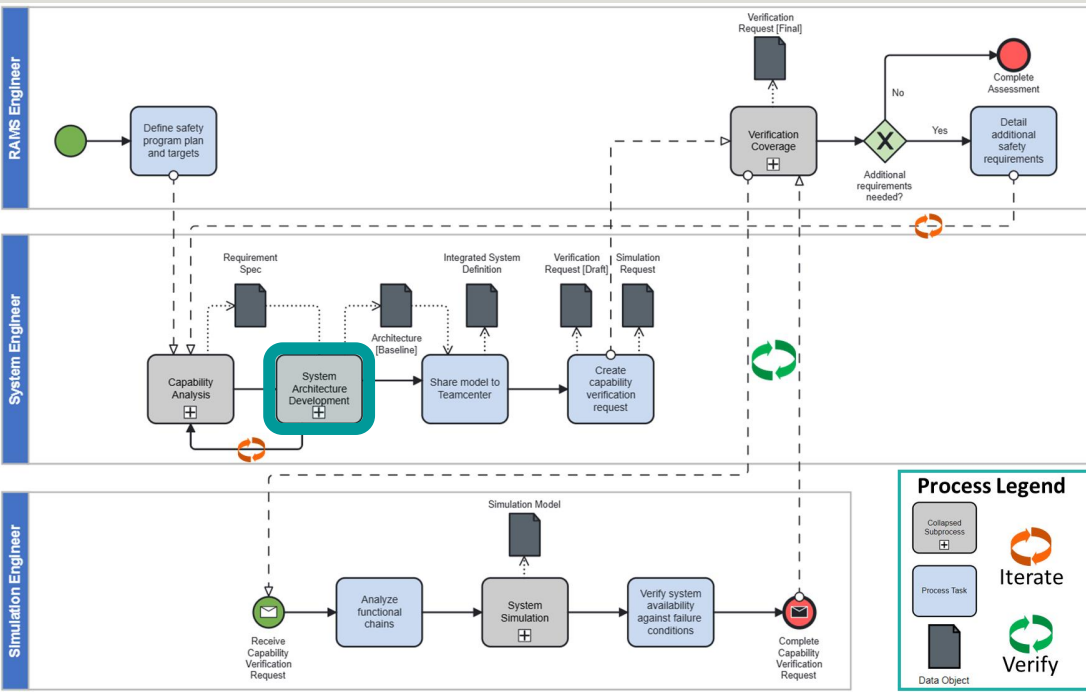
Salidas:

- Modelo de arquitectura física (configurable)
- Estructura de producto preliminar



Desarrollo de la arquitectura del Sistema (Arquitectura Física)

Transición automática de Sistema a Sub-sistema



SdSS

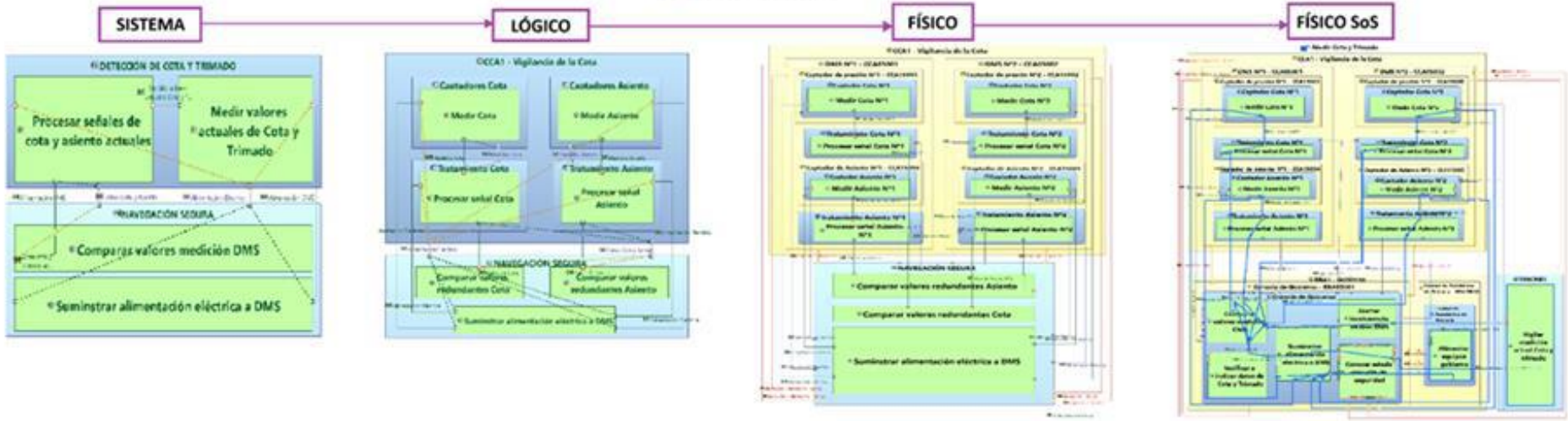
- ▼ Sistema FBW
 - ▼ *Sistema FBW.aird
 - > Sistema FBW
 - > BAA1 - Control de la Plataforma
 - > BBA1 - Gobierno
 - > CBA1 - Regulación y Compensación
 - > CCA1 - Vigilancia de la Cota
 - > DAA1 - MEP e Instalaciones Asociadas
 - > DBA1 - Timones, sus Transmisiones y Axiometrías
 - > EAB1 - Auxiliares de los DAR - Inducción de aire fresco
 - > EAC1 - Auxiliares de los DAR - Gases de Escape
 - > EDB1 - Red de Alterna de 115V - 60Hz
 - > QBA1 - Mando y Control
 - > PDA1 - Navegación Inercial
 - > PBA1 - Corredera
 - > HEB1 - Achique
 - > HBC1 - Refrigeración centralizada con agua dulce
 - > HBB1 - Refrigeración centralizada con agua de mar
 - > GAA1 - Planta de Producción de Energía Hidráulica
 - > EDA1 - Red de Corriente Continua
 - > CBA1 - Llenado y Ventilación de los Lastres
 - > CBB1 - Soplado Normal de los Lastres
 - > DBC1 - Hidráulica de accionamiento de los timones

Librerías

Arquitectura Física

Librería Subsistema CCA1

CCCA1 - CCA1 - Vigilancia de la Cota



Verificación

Entradas:

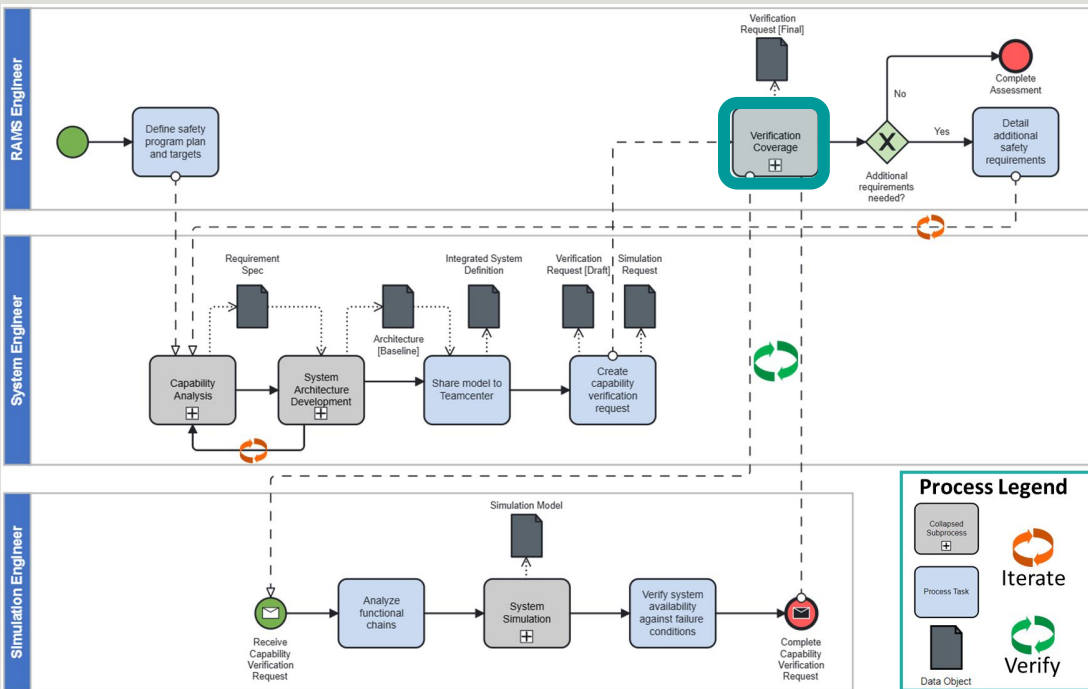
- Modelo de arquitectura física para simulación operativa
- Requisitos para la simulación, parámetros de entrada/salida, variables

Activities:

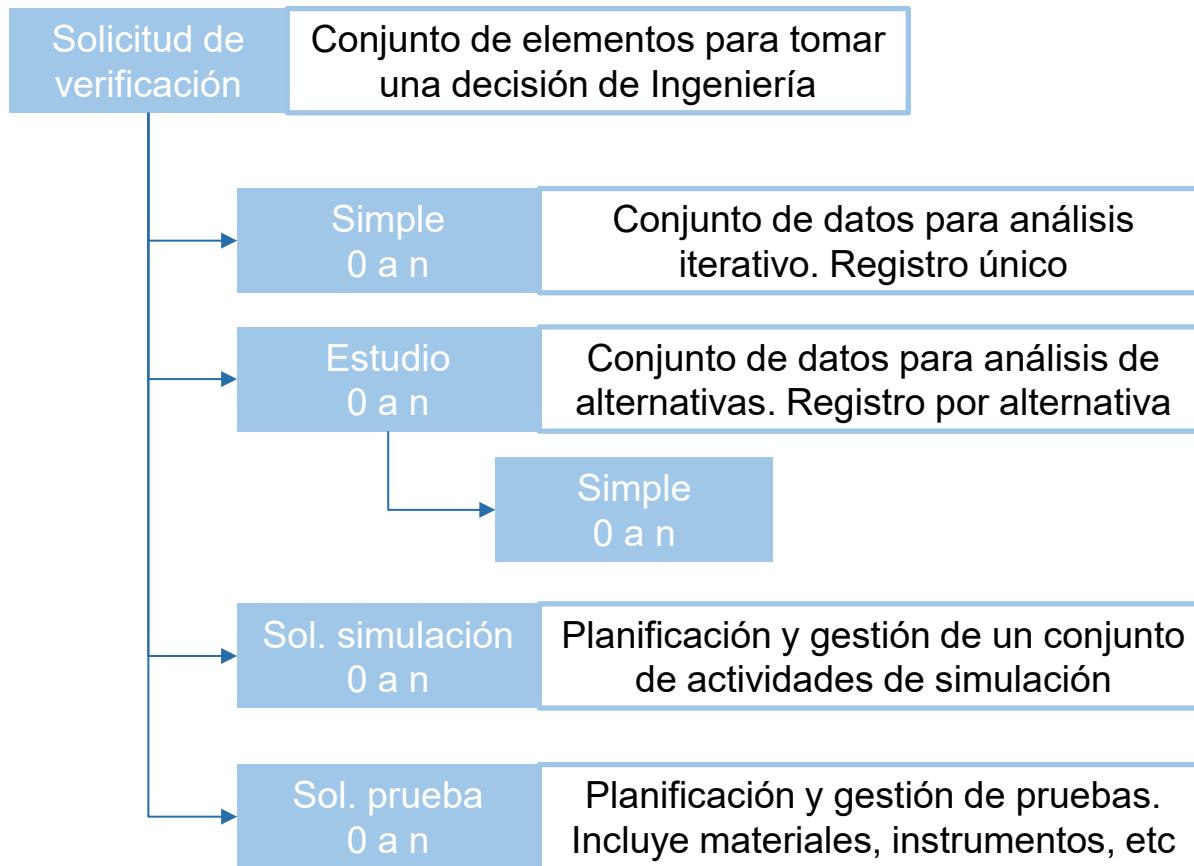
- Crear solicitudes de verificación
- Definir solicitudes de verificación asociadas a cadenas funcionales
- Asegurar consistencia SV/SS
- Cambiar estado de SV

Salidas:

- Solicitud de verificación
- Información y objetos de verificación



Estructura de la solicitud de verificación



Casos de uso de verificación

1. Evaluación de la disponibilidad y fiabilidad del Sistema de Control de Inmersión basado en los modos de fallo de sus componentes (fallo simple) :

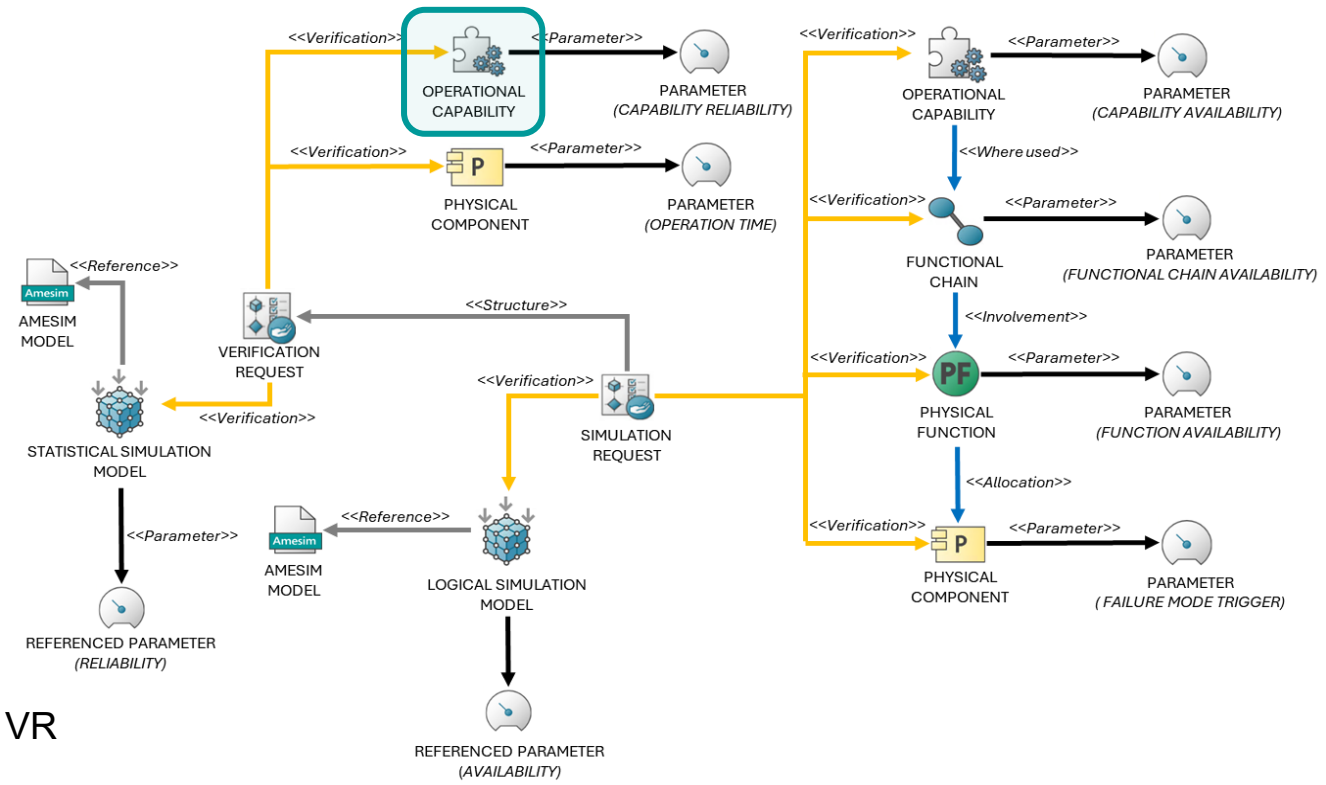
- Trazabilidad a capacidades operativas mediante cadenas funcionales a nivel de Sistema físico
- Solicitudes de verificación asociadas a capacidad operativa
- Modelo de simulación para el análisis de fiabilidad y disponibilidad
- Evaluación de la disponibilidad en base a diferentes estados

	Perdida de la función de seguridad
	Función de seguridad disponible en modo degradado
	Función de seguridad disponible en modo nominal

2. Análisis de la respuesta del Sistema de Control de Inmersión a un fallo externo (incidencia operativa).

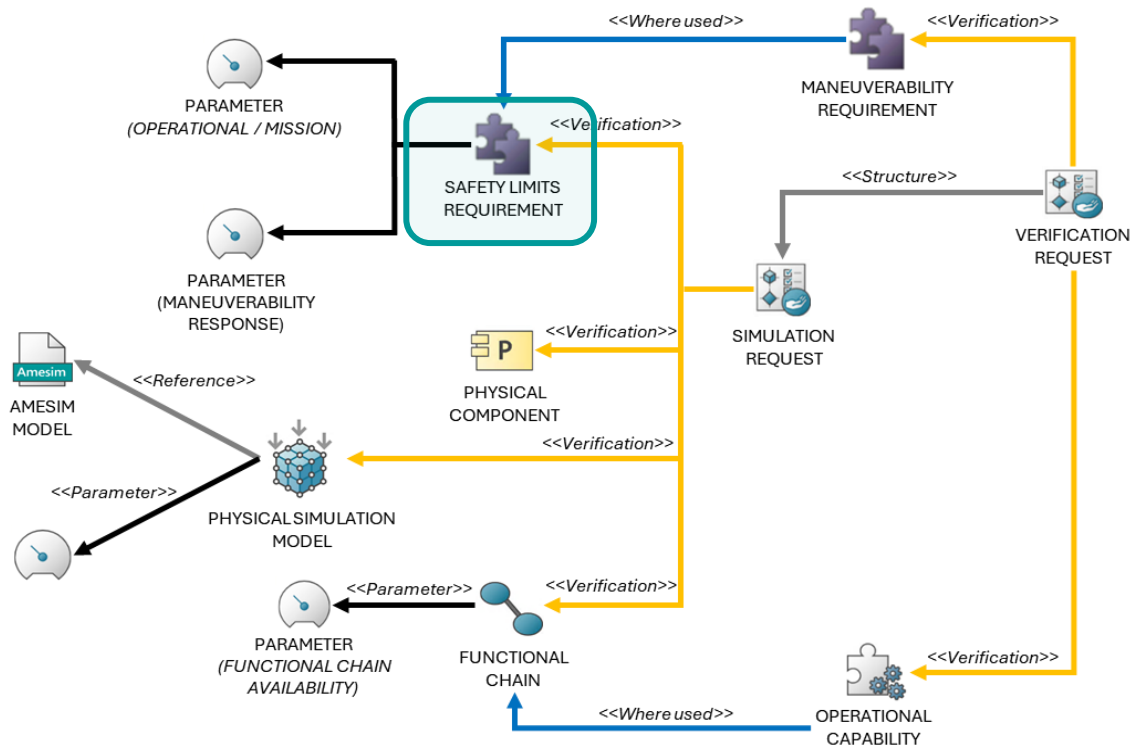
- Solicitud de verificación gestionada por requisitos de seguridad
- Modelo de simulación 1D para analizar la Seguridad del Sistema basada en incidencias externas

Evaluación de la disponibilidad y fiabilidad del SCI basada en modos de fallo de componentes (fallo único)



 Iniciar VR

Análisis de la respuesta del Sistema de Control de Inmersión a un fallo externo (incidencia operativa)



 Iniciar VR

Simulación del Sistema

Inputs:

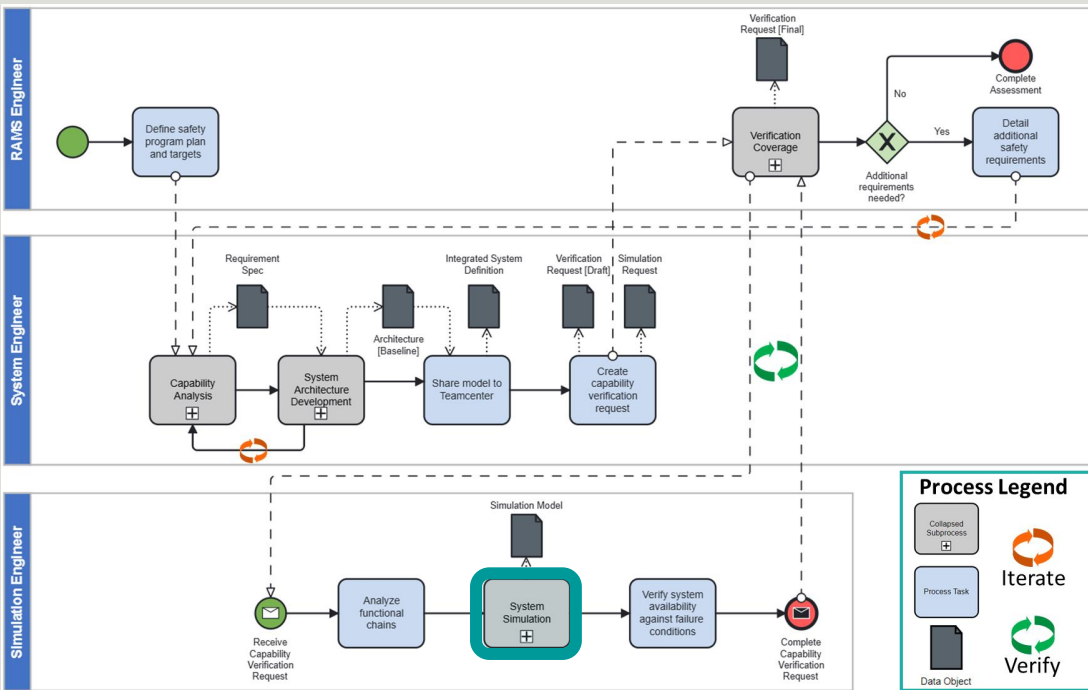
- Solicitud de verificación
- Definición integrada del Sistema, incluyendo elementos de arquitectura
- Requisitos de simulación, modelos de simulación reusables

Activities:

- Lanzar simulación con control de configuración
- Analizar la fiabilidad, disponibilidad y Seguridad del sistema
- Registrar los resultados de verificación

Outputs:

- Resultado de verificación
- Propuestas de mejora de arquitectura



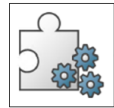
Evaluación de la disponibilidad y fiabilidad del Sistema de Control de Inmersión basado en modos de fallo de componentes (fallo único)

Cálculos de fiabilidad en base a tiempo de funcionamiento

Name	Result	Measure...
Confiability	Pass	98.9067
Confiability BBA05001	Pass	99.9807
Confiability BBA05010	Pass	98.9736
Confiability Captadores Asiento_CCA15004_CCA15005	Pass	99.9758
Confiability Captadores Cota_CCA15001_CCA15002	Pass	99.9758
Tempo de Mantenimiento Recomendado BBA05001		149.42
Tempo de Mantenimiento Recomendado BBA05010		23.7675
Tempo de Mantenimiento Recomendado Captadores Asiento_CCA15004_CCA15005		21.7054
Tempo de Mantenimiento Recomendado Captadores Cota_CCA15001_CCA15002		21.7054
Tempo de Operacion		

Evaluación de fiabilidad de las capacidades

Name	Result	Type
CONTROLAR FBW COTA Y TRIMADO	Pass	Capability Revision



Verificación de la capacidad en Teamcenter (cadenas funcionales)

F110-005774/A-Controlar FBW Cota y Trimado
 Controlar FBW Cota y Trimado
 ID: 005774
 Revision: A

Verificación fiabilidad

Link

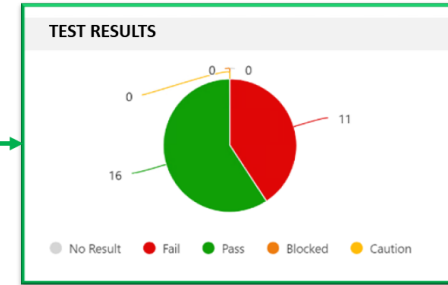
F110-019892/A-Medir Cota y Trimado - 1B1 (FALLO CAPTADOR COTA N1)
 Medir Cota y Trimado - 1B1 (FALLO CAPTADOR COTA N1)
 ID: 019892
 Revision: A

Verificación de disponibilidad por modo de fallo



Simulación de disponibilidad y fiabilidad (Gestionada desde el PLM)

Name	Measurement	Result	Usage
Alimentar inductancia...	1	Pass	Output
Alimentar equipad po...	1	Pass	Output
Compuer valores me...	1	Pass	Output
CONTROLAR FBW CO...	1	Pass	Output
Controlador Captad...	1	Pass	Output
Medir Asiento N1	1	Pass	Output
Medir Asiento N2	1	Pass	Output
Medir Cota N1	1	Pass	Output
Medir Cota N2	0	Fail	Output
Procesar Asiento N1	1	Pass	Output
Procesar Asiento N2	1	Pass	Output
Procesar Cota N1	1	Pass	Output
Procesar Cota N2	0	Fail	Output



Name	Result
Medir Asiento N°2	Pass
Medir Cota N°1	Pass
Medir Cota N°2	Fail

Evaluación de la disponibilidad a nivel de función

CONTROLAR FBW COTA Y TRIMADO	Pass
Controlar FBW Cota y Trimado	Pass

Evaluación de la disponibilidad del proceso/capacidad (cadena funcional)

- Solicitud de verificación de fiabilidad
- Solicitud de verificación de disponibilidad
- Resultado disponibilidad

Análisis de la respuesta del Sistema de Control de Inmersión a un fallo externo (incidencia operativa)

Verificación para el escenario de timón bloqueado

Evaluación final del requisito considerando los diferentes casos simulados. Si todos los escenarios pasan, el requisito está adquirido

Las diferentes simulaciones alimentan la verificación a nivel de requisito de seguridad

F110/A-3. CONTROLAR FBW MANIOBRABILIDAD
3. CONTROLAR FBW MANIOBRABILIDAD
ID: RIQ-REM0000001
Revision: A

F110-019906/A-Controlar FBW Maniobrabilidad - Bloqueo Timon Buceo PP
Controlar FBW Maniobrabilidad - Bloqueo Timon Buceo PP
ID: 019906
Revision: A

Name	Revisi...	Target	Result
3. CONTROLAR FBW MANIOBRABILIDAD	A	True	Pass
3.1. REACCIÓN A BLOQUEO DE TIMON DE BUCEO PP (FBWRM11)	A	True	Pass

Name	Revisi...	Target	Result
3.1. REACCIÓN A BLOQUEO DE TIMON DE BUCEO PP (FBWRM11)	A	True	Pass

Evaluación del requisito

Requisito de seguridad de timón bloqueado

F110-019983/A-Bloqueo Timon Buceo PP 22° - 7 Nudos - Cota Inicial = 100 m
Bloqueo Timon Buceo PP 22° - 7 Nudos - Cota Inicial = 100 m
ID: 019983
Revision: A

Simulación de maniobrabilidad para timón bloqueado en diferentes condiciones operativas

▼ INPUT PARAMETERS

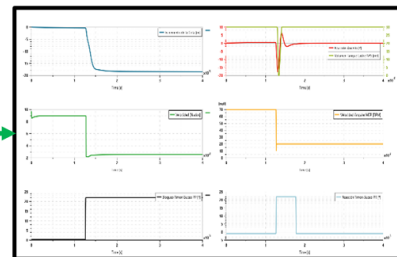
Name	Mea
Angulo de Bloqueo	
AVE / ATE	
BLOQUEO ON / OFF	
Cota Inicial	

Parámetros entrada simulación

▼ OUTPUT PARAMETERS

Name	Measurement	Result
Cota Maxima	0.232577	Pass
Escora Maxima	0.204585	Pass
Inclinacion Maxima a ...	1.23176	Pass

Parámetros salida simulación



Evaluación de parámetros detallada en la vista de informe



Control de inmersión + Modelo de comportamiento dinámico (Gestionado en el PLM)



Verificación de incidencia operativa

Simulación de incidencia operativa

Resultado de incidencia operativa

Conclusión

- Lecciones aprendidas
- Desarrollo futuro
- Información adicional

Lecciones aprendidas

Beneficios percibidos inmediatos



Evaluación de la disponibilidad

Evaluación cuantitativa de la disponibilidad por probabilidad

Evaluación de fiabilidad

Tiempo para fallo previsto para cada componente

Evaluación de seguridad

Simulación de incidencias
Condiciones pasa/no pasa

Reusabilidad

Elementos de modelo configurables
Gestión de activos corporativa

Fidelidad del modelo

Escalable en fidelidad
Precisión de cálculo mejorable

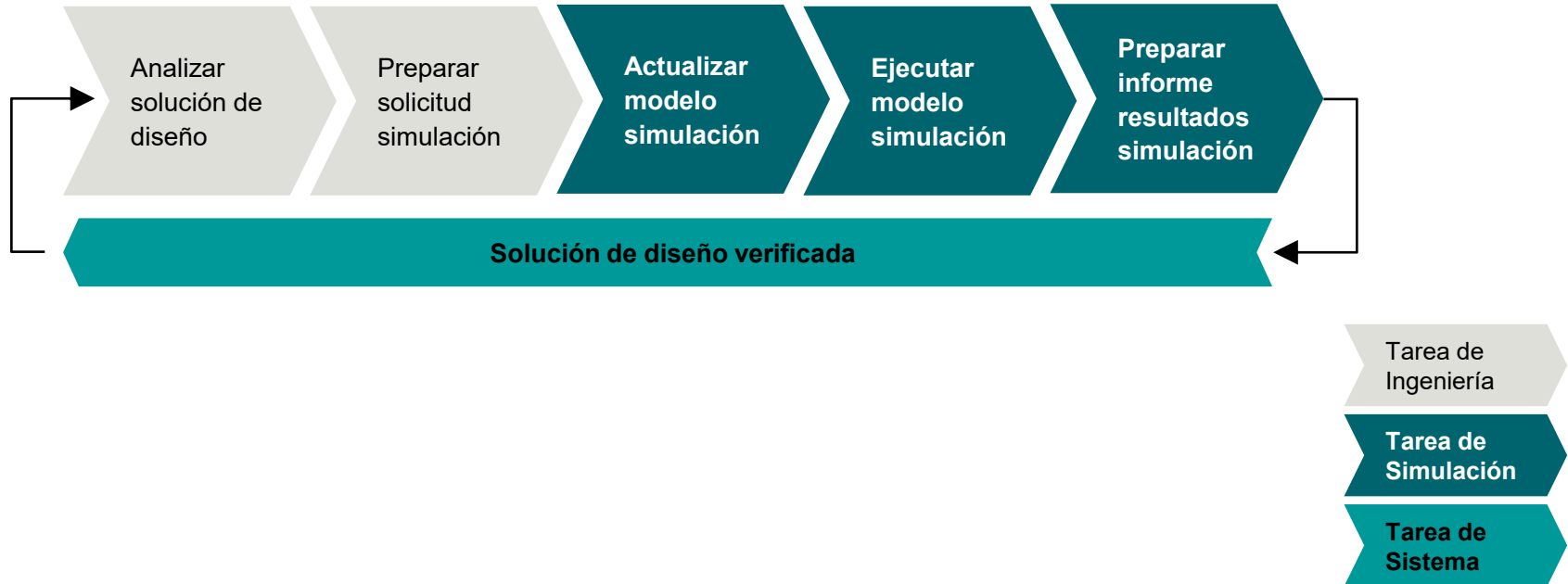
Alcance del modelo

Escalabilidad del modelo
Reusabilidad en modelo plataforma

Beneficios

Proceso de verificación por simulación basado en documentos

Tiempo medio de proceso de 2 a 14 días. Proceso idéntico para cada ejecución del modelo.



Proceso de verificación por simulación basado en modelo

Tiempo medio de proceso con creación o actualización del modelo 2-10 días



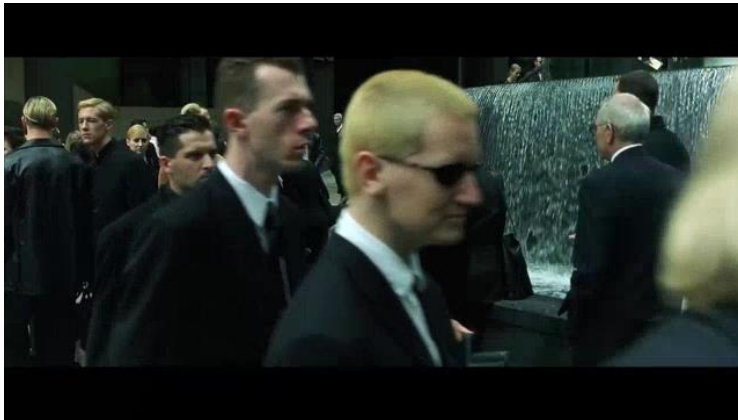
Tiempo medio de proceso si no se requiere actualización del modelo < 1 día



El Programa de Sostenimiento del S80.

La base del gemelo digital, estructura

Front-End



- PLM, maqueta digital
- Parámetros de prestaciones
- Parámetros de coste
- Parámetros de disponibilidad

Back-End



- Ingeniería de Sistemas
- Gestión de la Configuración
- Simulación
- Gestión de datos

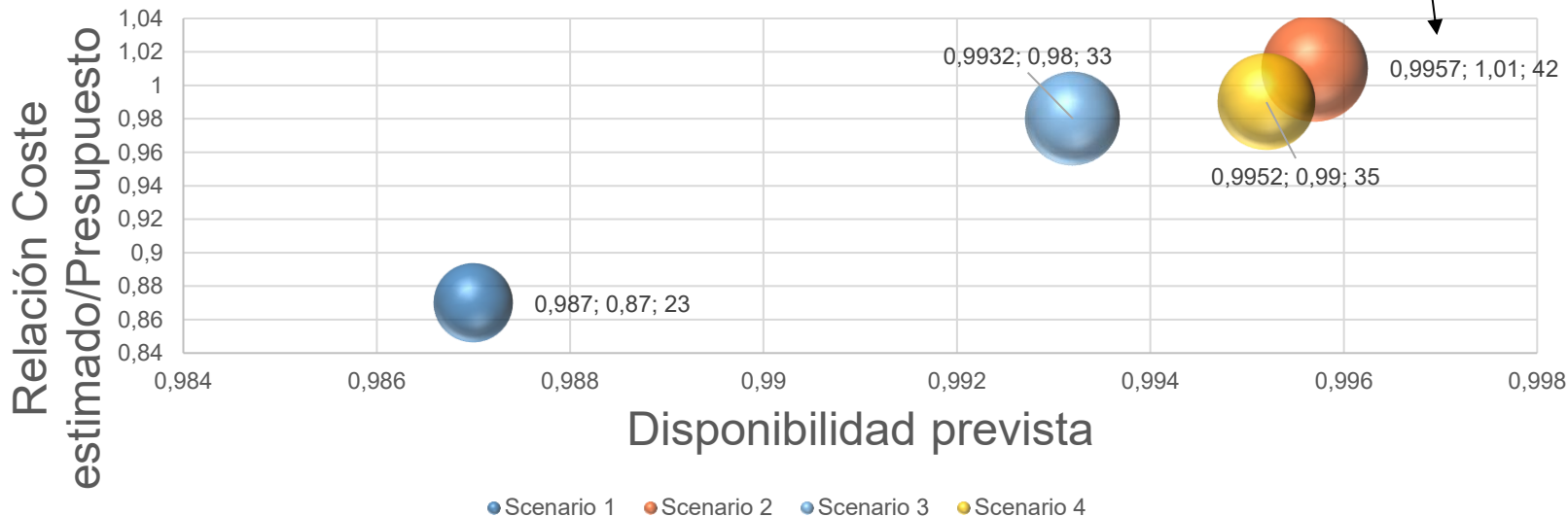
El programa de sostenimiento del S80.

La base del gemelo digital, caso de uso

Disponibilidad; Relación coste/presupuesto; Días de parada

Front-End (muestra)

Escenarios de mantenimiento



Desarrollo futuro

Extensión de MBSE a Navantia y más allá

- **Nivel de Proyecto:**
 - Modelo completo del submarino
 - Foco en análisis de escenarios de mantenimiento para asignación eficiente de presupuesto
- **Nivel corporativo:**
 - Espacio de trabajo MBSE incluyendo configuración estándar, gobernanza de modelos, reglas de negocio, mejores practicas, librerías de modelos e infraestructura desde el concepto a la retirada.
 - Favorecer el reuso de modelos y el diseño, construcción y sostenimiento basados en modelo.
- **Ecosistema Navantia:**
 - Espacio de trabajo para la arquitectura, Plataforma digital e Ingeniería digital de buques militares (EDINAF)
 - Hilo digital común entre empresas, instituciones y ministerios de defensa

Conclusiones

- Los productos de Navantia tienen un ciclo de vida muy largo (~40 años), con cambios relevantes en la configuración que hacen valiosa la implementación de MBSE
- La aproximación basada en documentos no es útil para cubrir la operación y el sostenimiento puesto que los entregables están orientados a producto y escasamente conectados
- MBSE proporciona las herramientas, metodología y funcionalidades para cubrir el sostenimiento proveyendo una configuración de datos accesible y fácilmente explotable
- Más allá del concepto y Desarrollo, MBSE ofrece el mismo o más valor en la fase de operación del producto
- La implantación de MBSE requiere herramientas, metodología y un cambio de cultura del equipo

Agradecimientos

1. CN Juan Manuel Torrijos Colado (Jefe de Programa OTACV S80, Armada Española)
2. Adolfo García Alcaraz (Jefe de Programa OTACV S80, Navantia)
3. Olimpia Gómez García (Jefe de Ingeniería OTACV S80, ISDEFE)
4. Julio Elias Sánchez, Gastón Mercado Roasso, Salvador Delgado Franco & Pedro Bueno Enciso (Accenture)
5. Juan Aranda, Hugues Bertrand, Josu Zaballa, Monil Chheta, Zoran Petrovic, Henning Brohm, Albino Teixeira Pereira & Mike Nicolai (Siemens)



Navantia

Innovation de mar a tierra