

UNIVERSIDAD DE LA SABANA



Facultad de Ingeniería

Maestría en Gerencia de Ingeniería

**Arquitectura de operación tecnológica de referencia para el piloto
del Sistema Integrado de Supervisión y Control de Plataforma
Colombiano (SISCP-C).**

Área de investigación

Chía, octubre de 2022

**Arquitectura de operación tecnológica de referencia para el piloto
del Sistema Integrado de Supervisión y Control de Plataforma
Colombiano (SISCP-C).**

Presentado por:

Andrés Ricardo Pedraza Leguizamón

Juan Sebastián Guerrero Puerto

Tutor:

Manuel Alfredo Figueredo Medina

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gerencia de Ingeniería

Chía, octubre de 2022

Arquitectura de operación tecnológica de referencia para el piloto del Sistema Integrado de Supervisión y Control de Plataforma Colombiano (SISCP-C).

Resumen

La Armada de la República de Colombia mantiene la soberanía de los océanos utilizando embarcaciones de origen foráneo que emplean plataformas tecnológicas con diversos proveedores; que no permiten la recolección y analítica de datos. La variedad de equipos aumenta la complejidad en la capacitación de las tripulaciones, afecta la operación e imposibilita la predicción de fallos que inducen a errores en procesos, además de destinar personal cualificado para tareas repetitivas.

La Armada de Colombia creó el Plan de Desarrollo 2042 que incluye el programa denominado Sistema Integrado de Supervisión y Control de Plataforma Colombiano (SISCP-C) para incorporar desarrollos recientes y futuros para supervisión y control de la flota. El fin es contar con una arquitectura tecnológica abierta para las embarcaciones de superficie, libre de dependencias tecnológicas y dar disponibilidad operacional de los buques para disminuir la sobrecarga operacional de las unidades existentes y sus tripulaciones; así como costes de mantenimiento. El trabajo actual comprende el primer proyecto dentro de desarrollo del SISCP-C que es el diseño de la arquitectura tecnológica de operación (OT) para las unidades de superficie.

Abstract

The Colombian Navy provides sovereignty over the oceans using foreign vessels with several suppliers of technological platforms, which do not allow data collection and analysis. The equipment variety increases crew training, distresses the operation, denies failure prediction, leads to process errors, and additionally allocates qualified personnel to recurring tasks.

The Colombian Navy crafted the 2042 Development Plan containing a program called Integrated System of Supervision and Control of the Colombian Platform (SISCP-C) to incorporate recent and future developments for fleet supervision and control. The aim is to have an open technological architecture for surface vessels, free of technological dependencies, and provide operational availability of the vessels to reduce the operational overload of existing units and their crews and maintenance costs. The current work covers the first project within the SISCP-C development, which is the operational technology architecture (OT) conceptual design for surface units.

Palabras clave: Sistema de control, adquisición de datos, arquitectura tecnológica, operación tecnológica, gestión de activos.

CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 8 |
| 1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA..... | 10 |
| 1.2 PREGUNTA | 16 |
| 1.3 OBJETIVOS | 16 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 16 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos | 16 |
| 1.4 MARCO TEÓRICO | 17 |
| 1.5 ESTADO DEL ARTE..... | 18 |
| 1.6 METODOLOGÍA | 20 |
| 2. RESULTADOS..... | 22 |
| 2.1 PLANEACIÓN DE ARQUITECTURA DE OPERACIÓN TECNOLÓGICA | 22 |
| 2.1.1 Gestión de las partes interesadas | 22 |
| 2.1.2 Patrones de arquitectura | 23 |
| 2.1.3 Análisis de gaps..... | 24 |
| 2.1.4 Planificación de la migración..... | 26 |
| 2.1.5 Requisitos de interoperabilidad..... | 27 |
| 2.1.6 Preparación para transformación empresarial | 29 |
| 2.1.7 Gestión de riesgos..... | 30 |
| 2.1.8 Planificación basada en capacidades..... | 30 |
| 2.2 ARQUITECTURA TECNOLÓGICA (DISEÑO CONCEPTUAL) | 32 |
| 2.2.1 Vista de red..... | 32 |
| 2.2.2 Vista de arquitectura..... | 33 |
| 2.2.3 Desarrollo de Prueba..... | 34 |
| 3. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS ... | 36 |

| | | |
|-----|------------------------|----|
| 3.1 | CONCLUSIONES | 36 |
| 3.2 | TRABAJOS FUTUROS | 37 |
| 3.3 | RECOMENDACIONES..... | 38 |
| 4. | REFERENCIAS..... | 39 |
| 5. | ANEXOS | 43 |

LISTADO DE TABLAS

| | Pág. |
|---|--------|
| Tabla 1. Unidades principales de la ARC..... | 11 |
| Tabla 2. Categorías de gastos para embarcaciones típicas en la ARC | 11 |
| Tabla 3. Presupuesto de Mantenimiento Fragatas ARC | 11 |
| Tabla 4. Tabla de transición de la arquitectura tecnológica..... | 26 |
| Tabla 5. Valoración de riesgo corporativo | 30 |
| Tabla 6. Edad promedio de equipos de superficie de la armada | iv |
| Tabla 7. Grupos Constructivos dentro de la ARC | vii |
| Tabla 8. Interacción descendiente de los proyectos parte del programa SISCP-C ... | ix |
| Tabla 9. Población de la muestra | xiv |
| Tabla 10. Análisis de Gaps – Perfil de Usuario 1..... | xvii |
| Tabla 11. Análisis de Gaps – Perfil de Usuario 2..... | xviii |
| Tabla 12. Análisis de Gaps – Perfil de Usuario 3..... | xix |
| Tabla 13. Análisis PESTEL – Aspecto Político | xx |
| Tabla 14. Análisis PESTEL – Aspecto Económico | xx |
| Tabla 15. Análisis PESTEL – Aspecto Socio Cultural..... | xxi |
| Tabla 16. Análisis PESTEL – Aspecto Tecnológico..... | xxi |
| Tabla 17. Análisis PESTEL – Aspecto Ecológico | xxii |
| Tabla 18. Análisis PESTEL – Aspecto Legal | xxii |
| Tabla 19. Planeación de Sprints..... | xxiv |
| Tabla 20 Alineación con Plan de Desarrollo Naval 2042..... | xxvi |
| Tabla 21 Plan Estratégico – Naval 2020-2023..... | xxvi |
| Tabla 22 Plan Estratégico – CyT | xxvii |
| Tabla 23 Programa Nacional de Seguridad y Defensa de Minciencias | xxvii |
| Tabla 24 Alineación con la política pública | xxviii |

LISTADO DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Proyectos dentro del programa SISCP-C..... | 9 |
| Figura 2. Áreas responsabilidad de la ARC | 10 |
| Figura 3. Operación de las fragatas ARC | 12 |
| Figura 4. Situación actual: sistemas independientes y múltiples arquitecturas | 13 |
| Figura 5. Ciclo actual de reparación de equipos en buques..... | 13 |
| Figura 6. Sistemas de una embarcación tipo de la ARC | 14 |
| Figura 7. Análisis de la problemática..... | 15 |
| Figura 8. Arquitectura tecnológica base | 18 |
| Figura 9. Marco de referencia para metodología de elaboración del proyecto | 20 |
| Figura 10. Planeación de la arquitectura..... | 21 |
| Figura 11. Características básicas de diseño CPAS | 21 |
| Figura 12. Matriz de interesados | 22 |
| Figura 13. Equipos por intervenir para la arquitectura de operación tecnológica | 23 |
| Figura 14. Estandarización de arquitectura tecnológica para piloto del SISCP-C | 24 |
| Figura 15. Matriz de Transformación..... | 25 |
| Figura 16. AS IS – TO BE para el proyecto | 25 |
| Figura 17. Establecimiento del valor del negocio..... | 27 |
| Figura 18. Análisis por grupo constructivo de equipos en OPV afectados. | 28 |
| Figura 19. Tabulación de resultados de Encuesta..... | 29 |
| Figura 20. Propuesta de Valor..... | 31 |
| Figura 21. Vista de red..... | 32 |
| Figura 22. Vista de Arquitectura | 33 |
| Figura 23. Prototipo del HMI..... | 34 |
| Figura 24. Pentágono naval de la ARC | i |
| Figura 25. Clases (medios navales) de la ARC | ii |
| Figura 26. Índice del manual de nomenclatura de Material Naval..... | iii |
| Figura 27. Gestión de activos de la jefatura de material de la ARC | iv |
| Figura 28. Flujo de objetivos estratégicos | vi |
| Figura 29. Objetivos estratégicos de la ARC | vi |
| Figura 30. Grupos Constructivos | vii |

| | |
|---|-------|
| Figura 31. Flujograma de proyectos para cumplir el programa SISCP-C | viii |
| Figura 32. Perspectiva de operaciones navales de embarcación tipo | x |
| Figura 33. Tendencias tecnológicas en construcción de buques | xiii |
| Figura 34. Estructura de servicio del sistema de control | xxx |
| Figura 35. Vista de red..... | xxxix |
| Figura 36. Vista de Arquitectura | xl |

LISTADO DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|---------|
| Anexo 1. Análisis empresarial de Armada de la República de Colombia..... | i |
| Anexo 2. Estrategia empresarial de la ARC..... | vi |
| Anexo 3. Definición de grupos constructivos | vii |
| Anexo 4. Manejo propuesto de los activos para la ARC..... | viii |
| Anexo 5. Arquitectura de referencia | xiii |
| Anexo 6. Análisis de Partes Interesadas..... | xiv |
| Anexo 7. Análisis de gaps..... | xvii |
| Anexo 8. Análisis de Riesgo | xx |
| Anexo 9. Tablero de Visión del Producto | xxiii |
| Anexo 10. Planeación de los Sprints..... | xxiv |
| Anexo 11. Alineación Estratégica de la Solución | xxv |
| Anexo 12. Arquitectura integrada del SISCP-C | xxix |
| Anexo 13. Listado de equipos (Bill of Materials) | xxxi |
| Anexo 14. Arquitectura del HMI propuesto | xxxviii |
| Anexo 15. Vista de red de la Arquitectura Tecnológica Propuesta | xxxix |
| Anexo 16. Vista de la Arquitectura Tecnológica Propuesta..... | xl |

1. INTRODUCCIÓN

La misión de la Armada Nacional de Colombia (en adelante ARC) es efectuar operaciones navales para la defensa y protección de los intereses marítimos y fluviales de la nación (Ramírez & Romero, 2020). Su visión es proyectar su fuerza regionalmente, con adquisición de tecnología de punta para velar por la seguridad nacional (Planeación Nacional, 2018).

Las actividades para preservar la soberanía y seguridad requieren unidades a flote para la proyección de la defensa; las embarcaciones son elementos que a nivel operacional se tratan cómo un activo, cuentan con un ciclo de vida, precisan de mantenimiento y cuentan con un control, para cumplir las misiones asignadas; por analogía, son operadas como una planta industrial.

Las embarcaciones, al igual que las plantas industriales se han diseñado y construido con adelantos de la Industria 3.0 (Gilchrist, 2016), entre ellos, equipos informáticos de supervisión y control con SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) (Guo et al., 2022). La flota de la ARC usa tecnologías de la información y comunicación (TIC) que se han incorporado sobre equipos existentes, funcionan como islas informáticas por no ser uniformes y sin comunicación entre sí, debido que por la antigüedad de la flota (alrededor de 40 años para fragatas y corbetas), los equipos se han ido adquiriendo a medida que las embarcaciones lo han requerido o el presupuesto lo ha permitido.

Cómo respuesta al avance de la tecnología y parte de la planificación a futuro, la ARC delineó el Plan de Desarrollo Naval 2042 (Ramírez & Romero, 2020), que incluye el desarrollo del programa llamado: Sistema Integrado de Supervisión y Control de Plataforma Colombiano (en adelante SISCP-C), que es un programa de la ARC con varios proyectos, entre estos, la delineación de la arquitectura tecnológica de referencia para las unidades navales (Figura 1) cómo el primer proyecto del programa y la base para el futuro del programa.

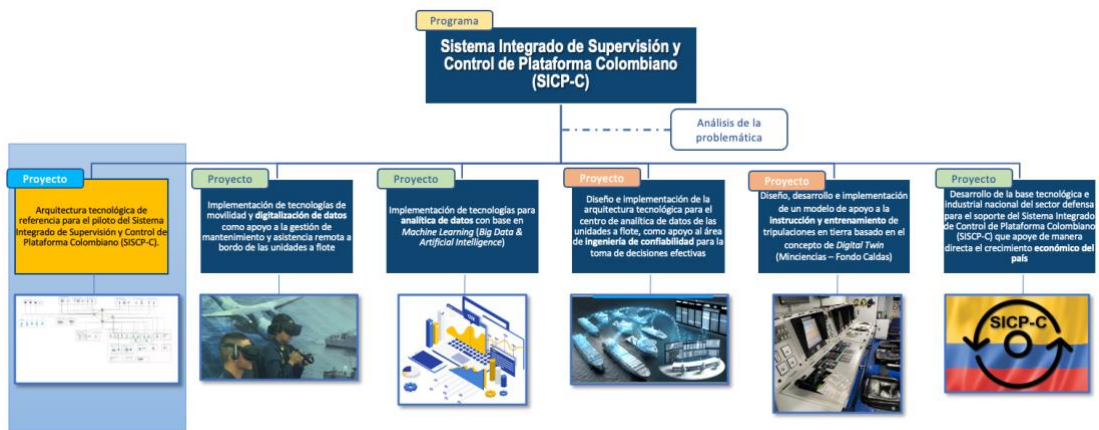


Figura 1. Proyectos dentro del programa SISCP-C
Fuente: (ARC, 2020)

El proyecto planteado es el piloto de la arquitectura de operación tecnológica (Operational Technology) para implementar los adelantos de la Industria 4.0, sobre la planta de ingeniería (maquinaria principal y sistemas auxiliares) de una embarcación tipo OPV (Offshore patrol vessel), que sea replicada y tomada cómo base a futuro en otras embarcaciones de la ARC.

A nivel de desarrollo industrial naval, el desarrollo de la industria 4.0 es conocido como Maritime 4.0 (Sullivan et al., 2020), que involucra el uso de tecnologías con enfoque a las necesidades propias de la industria marítima.

Las tecnologías de la Industria 4.0 se implementarán para reducir costos de operación (OPEX) (Mehta & Reddy, 2015) que sean de alto nivel en la planta de ingeniería para crear un sistema redundante y distribuido, que cuente con monitoreo y control de a bordo, con un SCADA que integre Industrial Internet of Things (IIOT), que busca incorporar tecnologías de la Industria 4.0 (Yebenes & Zorrilla, 2021). para la integración de las ciencias de la información con la operación tecnológica.

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La ARC se encarga de la defensa y seguridad de las aguas territoriales y la Zona Económica Especial de Colombia (áreas en la Figura 2), con una flota compuesta por 5 fragatas, 2 corbetas, 5 patrullas oceánicas (OPV), 2 submarinos y otras unidades de menor tamaño.

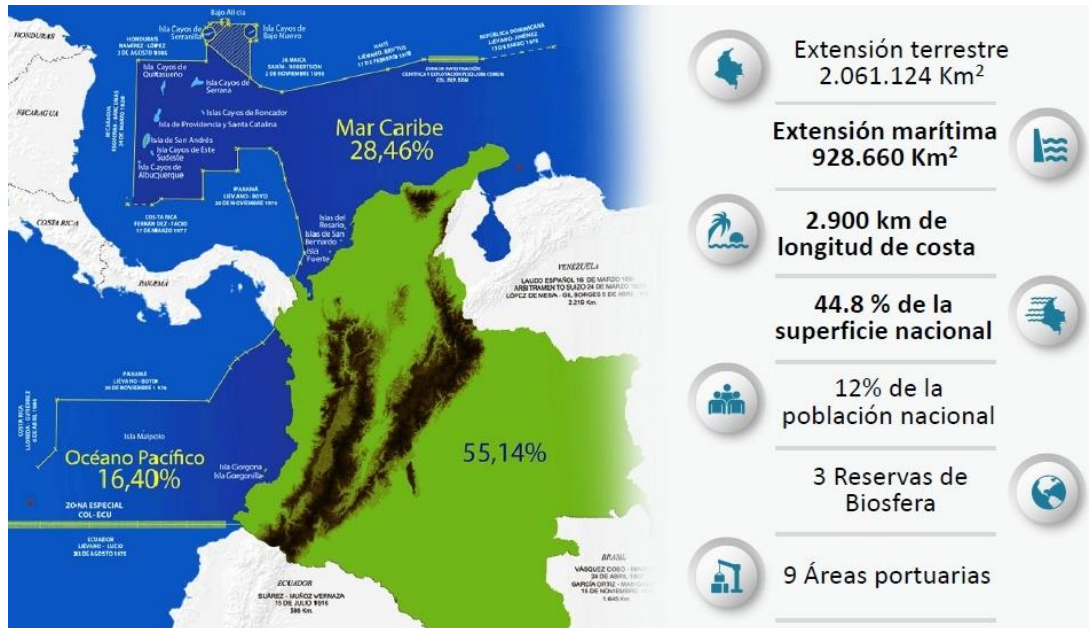


Figura 2. Áreas responsabilidad de la ARC
Fuente: (ARC, 2020)

Las unidades de superficie (Tabla 1) se encargan de la defensa de las áreas marítimas y tienen una vida útil promedio de 40 años para las fragatas, 37 años para las corbetas, y 8 años para las OPV; son equipos con largo recorrido, que en vida útil han tenido múltiples refacciones y reacondicionamientos, por el elevado costo de adquisición de buques nuevos. Su disponibilidad operacional es el pilar de la fuerza disuasoria constante de la ARC.

Tabla 1. Unidades principales de la ARC

| Tipo | Clase | Nombre | Origen | Botadura |
|-------------------------|-------------------|-------------------|---------------|----------|
| Fragata | Almirante Padilla | Almirante Padilla | Alemania | 1982 |
| | | Caldas | Alemania | 1982 |
| | | Antioquia | Alemania | 1982 |
| | | Independiente | Alemania | 1983 |
| Corbeta | Donghae | Nariño | Corea del Sur | 1982 |
| | Pohang | Almirante Tono | Corea del Sur | 1987 |
| Patrulla oceánica (OPV) | Fassmer-80 | 20 de julio | Alemania | 2010 |
| | | 7 de agosto | Alemania | 2013 |
| | | Santander | Alemania | 2016 |

Fuente: Desarrollo propio con información de la ARC

El desglose del presupuesto de las fragatas se distribuye en las categorías de la Tabla 2, que muestra gastos distribuidos en la Tabla 3 para cada fragata.

Tabla 2. Categorías de gastos para embarcaciones típicas en la ARC

| Categoría | Elemento de costo | Descripción |
|----------------------------------|--------------------------------------|--|
| Costos operativos | Personal | Mano de obra civil, militar y de contratistas |
| | Consumibles operativos | Combustible, electricidad, municiones de entrenamiento |
| | Apoyo de la operación y servicios | Administración e ingeniería |
| Costos de mantenimiento | Mantenimiento planificado | Mantenimiento preventivo |
| | Mantenimiento no planificado | Mantenimiento correctivo |
| | Mejoras de los sistemas | Actualización y capacidades adicionales |
| Costos de apoyo de mantenimiento | Entrenamiento específico de sistemas | Actividades de formación especializada |
| | Reposición y entrega | Empaque, manejo, almacenamiento y transporte |
| | Apoyo indirecto | Seguridad, legal |

Fuente: Elaboración propia con información de la ARC

La Tabla 3 indica gastos con periodicidad bianual, cuando se ejecutan refacciones de gran escala por fragata que la deja fuera de servicio.

Tabla 3. Presupuesto de Mantenimiento Fragatas ARC

| Unidad | Nombre | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|--------|-----------------------|---------------|-------------|-------------|---------------|
| 5KMA | ARC Antioquia | 451,224,432 | 8,449,000 | 661,338,993 | 28,581,000 |
| 5KMB | ARC Caldas | 654,355,480 | 499,735,136 | 613,047,132 | 4,870,866,684 |
| 5KMC | ARC Independiente | 114,109,844 | 258,738,796 | 265,969,588 | 1,552,271,080 |
| 5KMW | ARC Almirante Padilla | 1,024,350,983 | 212,952,220 | 362,905,874 | 6,274,016,568 |
| 5KMY | ARC Nariño | 1,761,410,385 | 7,544,600 | 218,661,000 | 1,779,072,132 |

Fuente: Elaboración propia con información de la ARC

En 2020, por el confinamiento de la pandemia, se realizaron mantenimientos mayores a las embarcaciones, la Figura 3 muestra las millas navegadas por cada fragata, durante el periodo 2016 a 2020, que remarca ciertos buques con más horas, más millas navegadas y fatiga de equipos. (CESADAR, 2021).

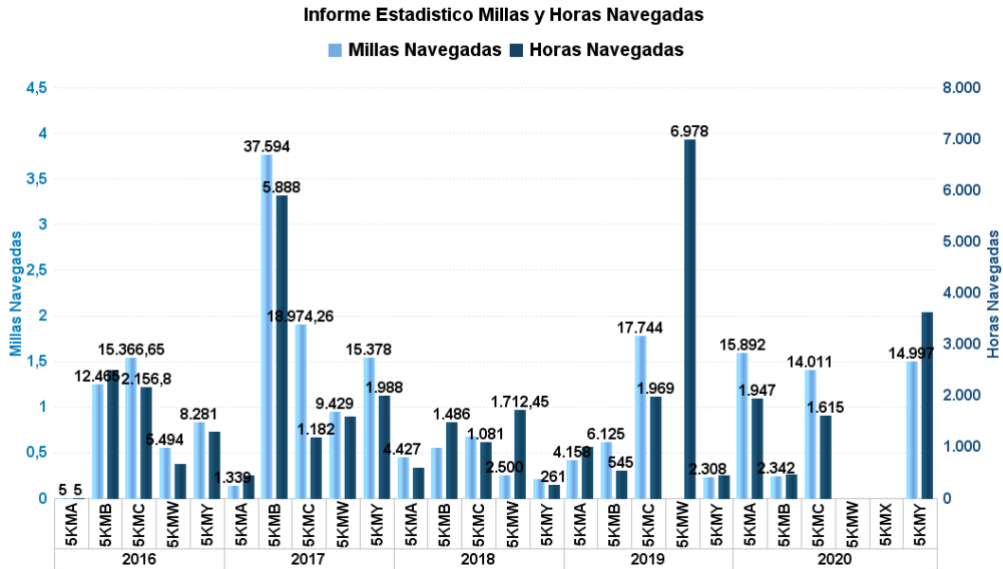


Figura 3. Operación de las fragatas ARC
Fuente: (ARC, 2021)

Las embarcaciones de la ARC poseen plataformas tecnológicas de diversos proveedores y orígenes. Con arquitecturas tecnológicas diversas, no integradas entre sí (Figura 4); son equipos con sistemas de control propio, HMI por sistema, y transmisión de datos no está estandar, algunos equipos solo muestran información en pantalla; con recolección de la información es híbrida, de forma escrita, hojas de Excel o archivos separados por comas (.csv).

La recolección de datos de forma híbrida no admite analítica de datos, aumenta la complejidad para la capacitación de tripulaciones y afecta la operación, niega predicción de fallos, induce errores en procesos y uso de personal cualificado para tareas repetitivas.

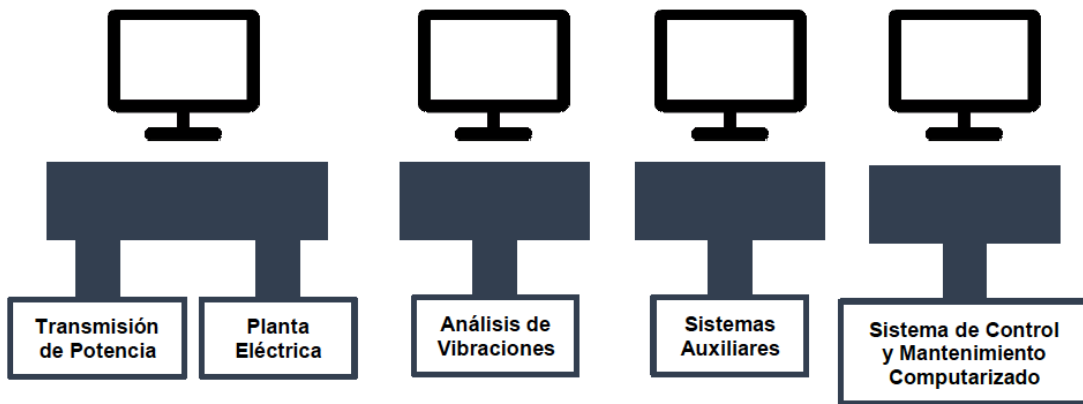


Figura 4. Situación actual: sistemas independientes y múltiples arquitecturas

Fuente: Elaboración propia – Información ARC

La Figura 4 muestra el estado de los sistemas abordo, con un HMI se controla la transmisión de potencia y la planta eléctrica en un solo sistema instalado desde la construcción, los demás sistemas son independientes: análisis de vibraciones, sistemas auxiliares y sistema de control y mantenimiento computarizado (CMMS). Cada pantalla con mínimo un responsable de supervisión y recolección de datos.



Figura 5. Ciclo actual de reparación de equipos en buques

Fuente: Elaboración propia

Los equipos existentes tienen arquitectura cerrada que pierden su garantía si los equipos se manipulan con personal de la ARC; el ciclo de reparación de un buque (Figura 5) depende de técnicos externos con periodos de hasta 3 meses; estas arquitecturas no admiten centralizar recolección de datos, ni

gestionar mantenimiento, acortan la disponibilidad y confiabilidad de sistemas a bordo, y disminuye la gestión de activos navales (Sulaiman, 2018).

La dependencia de tecnología de los equipos instalados es el principal argumento para integrar sistemas abiertos de control y mantenimiento, que, junto con la disminución anual en el presupuesto de la fuerza, requiere eficiencias en cada apartado del gasto (ARC, 2014).

Con los buques de la ARC se hace analogía entre una planta industrial y los buques de guerra; una planta industrial tiene sistemas para producción de un producto en particular y las embarcaciones de guerra tienen sistemas para dar a las armas su mayor letalidad posible (Sullivan et al., 2020).

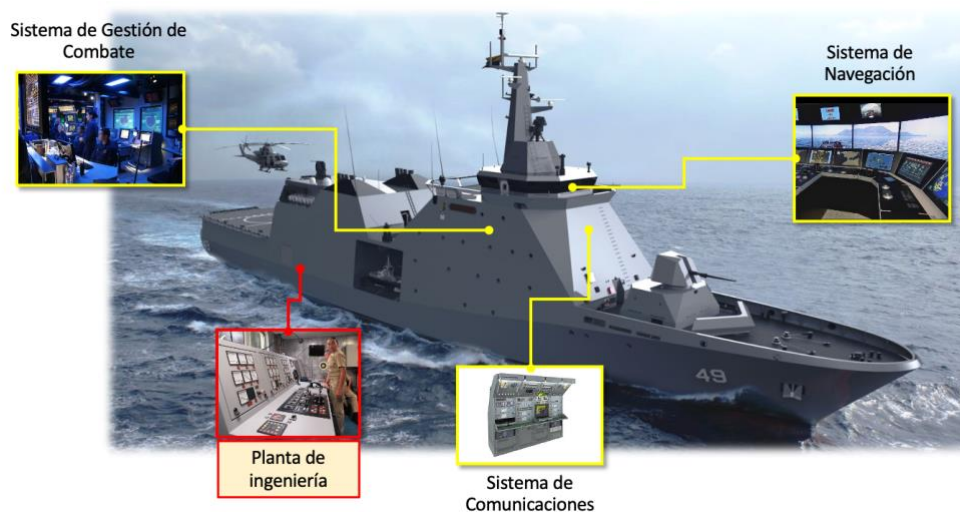


Figura 6. Sistemas de una embarcación tipo de la ARC
Fuente: (ARC, 2020)

La Figura 6 muestra los sistemas de un buque tipo de la ARC, los sistemas de la planta de ingeniería son los primeros aprobados para modificación y mejora por parte de la ARC, para realizar sinergias con empresas externas a la fuerza, se ha identificado que pueden lograr mayor independencia tecnológica, el detalle de los grupos constructivos se incluye en el Anexo 3.

La dependencia tecnológica es una limitación para el desarrollo económico y militar, en especial con el crecimiento de las brechas tecnológicas (Bureau Veritas, 2021), y se percibe en el sector defensa que, con mejor tecnología y armas más avanzadas, se garantiza una de las componentes principales para la victoria armada en los conflictos, en especial desde la revolución industrial (Chin, 2019).

El árbol problema de la Figura 7 esquematiza la problemática alineada con el Plan de Desarrollo Naval 2042 (Ramírez & Romero, 2020), para desarrollar ingeniería nacional de alta relevancia en seguridad, defensa y cuidado de intereses marítimos del país, enfocada en independencia tecnológica gradual.

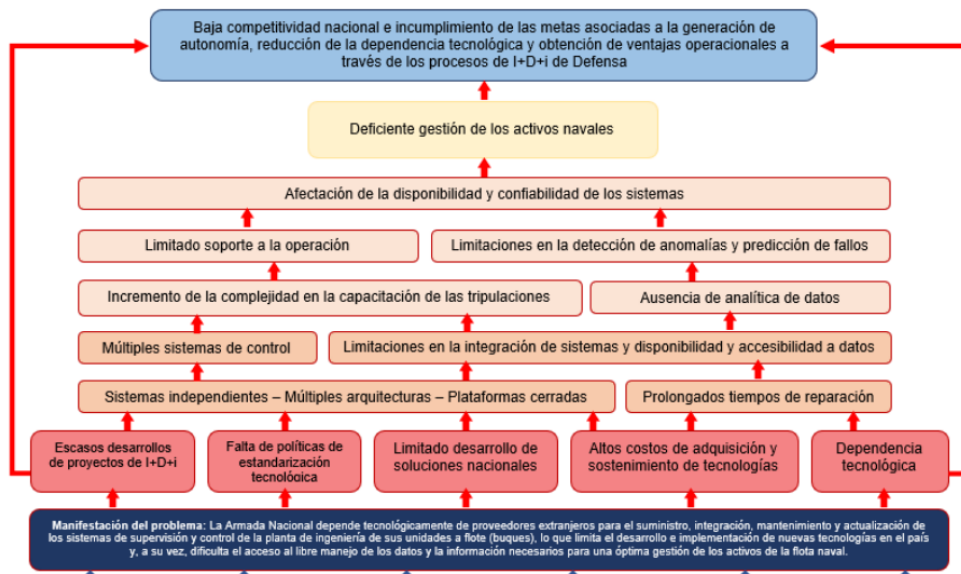


Figura 7. Análisis de la problemática.

Fuente: ARC, 2021

El árbol de análisis se hizo consciente que las ventajas tecnológicas son esenciales para una armada moderna y la ARC tiene en sus objetivos estratégicos reducir la dependencia tecnológica.

1.2 PREGUNTA

¿Qué arquitectura de operación tecnológica de referencia se debe plantear para el Sistema Integrado de Supervisión y Control de Plataforma Colombiano (SISCP-C)?

Con el propósito de garantizar la sostenibilidad de los buques, extender su ciclo de vida, disponibilidad operativa y optimizar la gestión de activos de la Jefatura de Material Naval, conforme con el direccionamiento estratégico de la ARC según el Plan de Desarrollo Naval 2042.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Describir los requerimientos técnicos generales para la arquitectura de operación tecnológica de referencia para el piloto del Sistema Integrado de Supervisión y Control de Plataforma Colombiano.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Planificar el alcance de la arquitectura tecnológica a partir de la gestión de activos y mantenimiento en la Armada Nacional de Colombia.
- Proponer una arquitectura conceptual para el piloto del Sistema Integrado de Supervisión y Control de Plataforma Colombiano, alineado con los objetivos de la Armada Nacional de Colombia.

1.4 MARCO TEÓRICO

Los buques de la ARC cuentan con los siguientes sistemas; de control para la maquinaria principal, sistemas auxiliares, instalaciones de control de averías, sistema de monitoreo y almacenamiento de combustible y lubricantes, el concepto de grupos constructivos se expande en el Anexo 3.

Cómo toda planta industrial, los buques cuentan con un SCADA (IEEE C37.1, (IEEE PES, 2008)) con un sistema con centro de control con software y hardware de arquitectura y procesamiento distribuido entre computadores y servidores con comunicación LAN (red de área local) en el centro de control, que incluye la Interfaz hombre – máquina (HMI); servidores de aplicación con subsistemas SCADA centrales, subsistemas de base de datos, comunicación front-end y servidor de comunicación externo. La descripción del manejo de los activos de la ARC se detalla en el Anexo 4.

La arquitectura tecnológica de la solución se establece utilizando el TOGAF, por ser un estándar libre, contar con mayor agilidad de implementación por el conocimiento previo de la metodología por parte del personal de la ARC. El TOGAF (The Open Group, 2022) define la arquitectura como:

“... una estructura fundamental, o conjunto de estructuras, que se puede utilizar para desarrollar una amplia gama de arquitecturas diferentes. Debe incluir un método para describir tanto una línea de base como el estado objetivo de la empresa, en términos de un conjunto de bloques de construcción para mostrar cómo encajan los bloques de construcción y planificar la evolución desde la línea de base hasta los estados objetivo.

Un marco generalmente se adapta para satisfacer las necesidades específicas de la organización. La adaptación del marco debe establecer un conjunto de herramientas y un vocabulario común.”

El mantenimiento de los buques es una tarea difícil de detallar, por la escasez de información existente de forma libre, por tanto, se depende de los datos más fiables basados en los estudios de (Antonucci et al., 2011) que basa su interpretación de los gastos a nivel naval de los estudios de (Ting, 1993).

1.5 ESTADO DEL ARTE

El diseño de una arquitectura acorde con sus necesidades y lineamientos depende del mapa de ruta de la Figura 8 para una arquitectura tecnológica estándar de desarrollo de embarcaciones con integración de Industria 4.0.

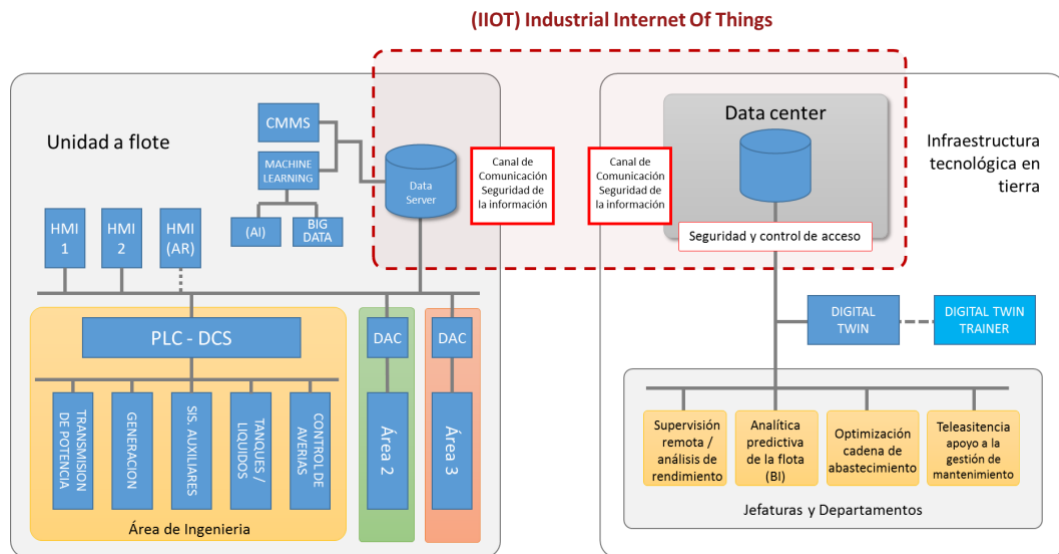


Figura 8. Arquitectura tecnológica base

Fuente: (ARC, 2021)

Las Fragatas tipo FS-1500 clase “Almirante Padilla” de la ARC cuentan con una consola de ingeniería HMI *InTouch* de *Aveva* (AVEVA, 2022), para supervisión y control de transmisión de potencia, generación y sistemas auxiliares. Sirven para control de planta y análisis de procesos; se enfoca en una arquitectura SCADA de arquitectura abierta y agnóstica, para minimizar interdependencia tecnológica, e integrar el concepto de “Integración de Áreas de Buque” en la construcción de futuras unidades, ajustados a cada sistema en particular, sus capacidades y tipo de misión a cumplir.

Los sistemas SCADA no se suelen conectar a Internet, pero con la unión de tecnologías de la información (IT) y tecnología de operación (OT), el sistema de control de procesos ha evolucionado. La adquisición de datos, visualización de procesos, control de supervisión, procesamiento de eventos, tendencias e informes son las características más importantes de un sistema SCADA moderno (Sisinni et al., 2018). Debe ser capaz de recopilar, rastrear y analizar datos en tiempo real para operaciones industriales y tomar decisiones basadas en datos; adicional a la adquisición de datos y toma de decisiones de control en tiempo real como resultado e importancia del SCADA en la Industria 4.0.

Para las comunicaciones del IIoT se esperan enlaces inalámbricos (Sisinni et al., 2018), requiere coexistencia con tecnologías existentes, se plantea el uso de normas de aceptación internacional cómo la IEC 62541 (IEC, 2020) que se integra a nivel transversal de todos los requerimientos de conectividad. La norma IEC 62657 (IEC, 2022) sirve para requisitos de automatización industrial de armonizar conceptos y términos para definir parámetros de coexistencia y directrices para garantizar la coexistencia inalámbrica en aplicaciones de automatización industrial a lo largo de todo el ciclo de vida de la planta.

Según (Technische Universität Wien et al., 2020) el HMI debe tener los siguientes requerimientos:

- Descubrimiento automático: Para descubrir y registrar los módulos de producción recién añadidos en la red de producción.
- Red de comunicación flexible: La red de comunicación utilizada entre aplicaciones cliente de HMI y módulos debe ser flexible para reestructuración de HMI modulares.
- Registro de elementos: El dispositivo debe permitir servicios para utilizar en otros dispositivos.
- Auto reconfiguración: Para adaptar los HMI con estado de producción y estructura sin preconfiguración de pantallas de operación.

Los sistemas de control deben contar con seguridad perimetral alrededor de la configuración de la infraestructura para minimizar y limitar el acceso a los activos del sistema (Zhou et al., 2021). Un fallo de seguridad puede ser compensado por una medida de seguridad en el siguiente nivel. Debe incluir seguridad en el nivel: informático, de comunicaciones, de operaciones y física. Se requiere priorizar disponibilidad sobre integridad y confidencialidad.

1.6 METODOLOGÍA

Conceptualmente el proyecto se construyó con Scrum para coordinación y desarrollo de actividades; la arquitectura tecnológica se planeó con el estándar TOGAF (The Open Group, 2022). El CPAS (*Collaborative Process Automation System*) (Hollender, 2009) para la arquitectura de control, que muestra de forma simplificada los estados del proceso de producción automatizado de la planta, en particular, del buque usado para el levantamiento de información.

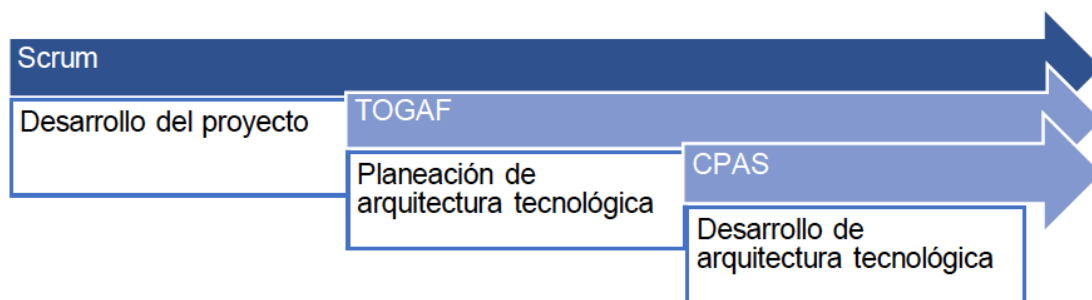


Figura 9. Marco de referencia para metodología de elaboración del proyecto
Fuente: Elaboración propia

Se usa Scrum para el producto final se usa transversal al proyecto, incluye Product Backlog (Anexo 9) y Sprints (Anexo 10). Con el estándar TOGAF— Técnicas ADM (Método de desarrollo de la arquitectura) (The Open Group, 2022), para el flujo de tareas de la Figura 10.

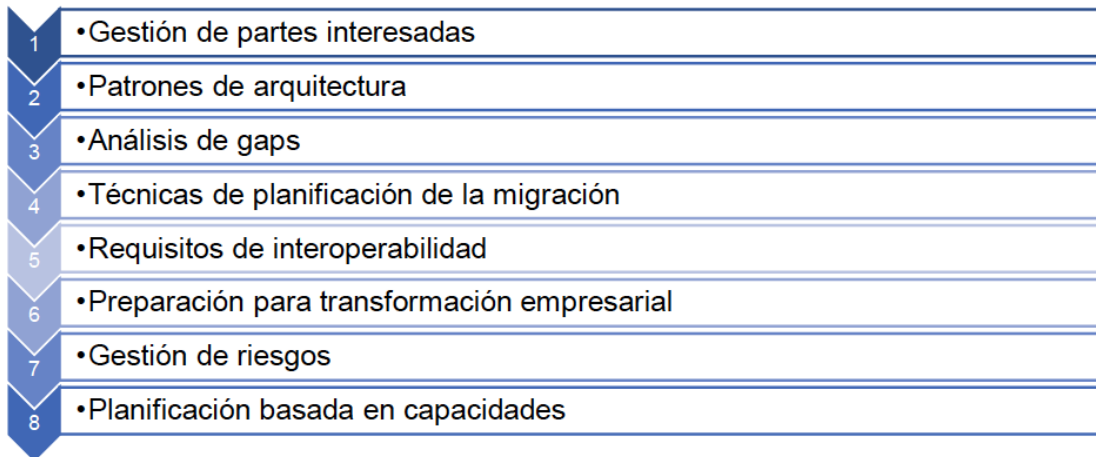


Figura 10. Planeación de la arquitectura
Fuente: TOGAF (The Open Group, 2022)

El *Collaborative Process Automation System (CPAS)* (Hollender, 2009), determina condiciones básicas de implementación según la Figura 11.

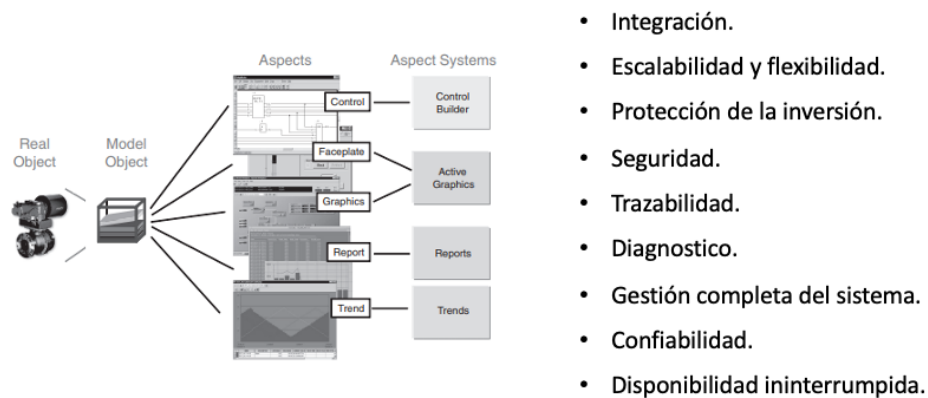


Figura 11. Características básicas de diseño CPAS
Fuente: (Hollender, 2009)

Sirve para con un objeto real realizar un modelo conceptual, con aspectos tales como: control, placa frontal, gráficos, reportes y tendencias.

2. RESULTADOS

Los resultados están especificados de acuerdo con la metodología propuesta, que plantea dar respuesta a los objetivos específicos del proyecto.

2.1 PLANEACIÓN DE ARQUITECTURA DE OPERACIÓN TECNOLÓGICA

La planeación de la arquitectura siguió secciones del estándar TOGAF Versión 10 (The Open Group, 2022) para detallar los alcances de la arquitectura de operación tecnológica propuesta.

2.1.1 Gestión de las partes interesadas

Las partes interesadas del proyecto se enlistaron, analizaron y clasificaron en el Anexo 1, con criterios de evaluación entre pares de la ARC.



Figura 12. Matriz de interesados

Fuente: Elaboración propia

La matriz estima que los oficiales y jefes del estado mayor cuentan con gran influencia sobre decisiones, la información de la operación del proyecto se recolecta de los tripulantes de las unidades a flote.

La futura aprobación del proyecto se debe vender a estamentos superiores, con los lineamientos aprobados en el Anexo 2 de Estrategia Empresarial de la ARC, para mostrar su alineación con los requerimientos de la fuerza.

2.1.2 Patrones de arquitectura

El Anexo 11 contiene las tendencias de la ARC de implementar tecnologías 4.0 para disminuir gastos en la fuerza, por la constante reducción de recursos y optimización de los existentes.

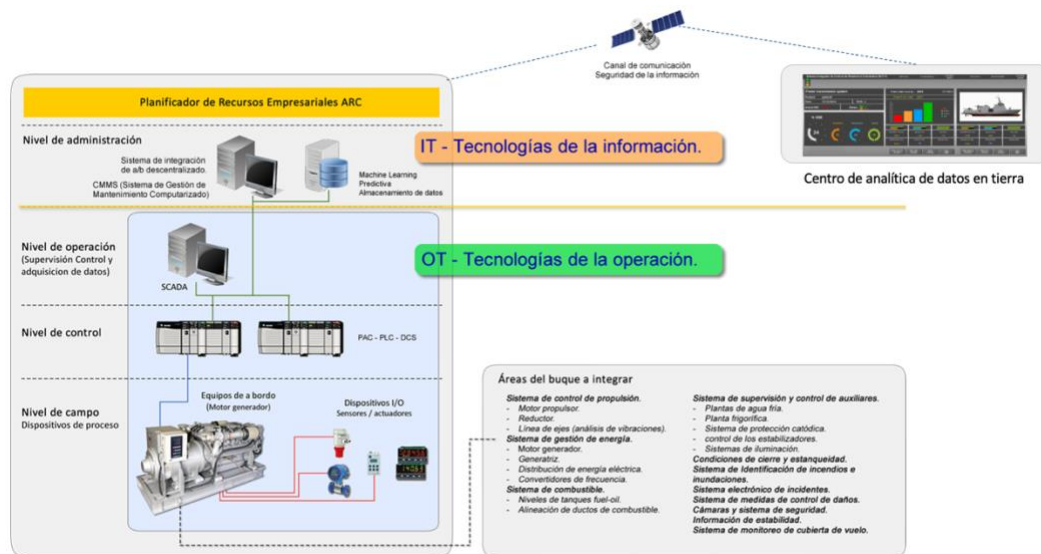


Figura 13. Equipos por intervenir para la arquitectura de operación tecnológica
Fuente: Elaboración propia con colaboración de la ARC

Los equipos por integrar (Figura 13) en la arquitectura de operación tecnológica. Las áreas por integrar en la arquitectura de operación tecnológica son sensores y actuadores en el motor generador, PAC - PLC y DCS en el equipo de control y el SCADA, en orden ascendente sigue el manejo de los datos, que no hace parte de este proyecto.



Figura 14. Estandarización de arquitectura tecnológica para piloto del SISCP-C
Fuente: Elaboración propia

2.1.3 Análisis de gaps

El análisis de brechas (Gaps) de la transformación tecnológica (Anexo 7) del proyecto se ilustra en la Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12 de los gaps encontrados, de acuerdo con el levantamiento de información con los interesados.

El Análisis de brechas (Gaps) utilizó el capítulo 23 del TOGAF (The Open Group, 2022) para mostrar el estado existente (as is) y el estado que se quiere llegar (to be), y analizar la brecha. La comparación de la arquitectura base hasta la arquitectura objetivo es buscar respuestas a:

- ¿Qué elementos son nuevos?
- ¿Qué elementos se han eliminado?
- ¿Qué elementos se han modificado?
- ¿Qué elementos permanecen inalterados?

Se usa una matriz línea base/objetivo (Figura 15), para expresar diferencias y visualizar diferencias entre la arquitectura base y la objetivo.



Figura 15. Matriz de Transformación
Fuente: (The Open Group, 2009)

La Figura 16 contrasta la arquitectura cerrada del estado actual (AS IS) con la arquitectura propuesta (TO BE). La ARC cuenta con grupos constructivos con sistemas de control individualizados y propietarios con arquitecturas cerradas.

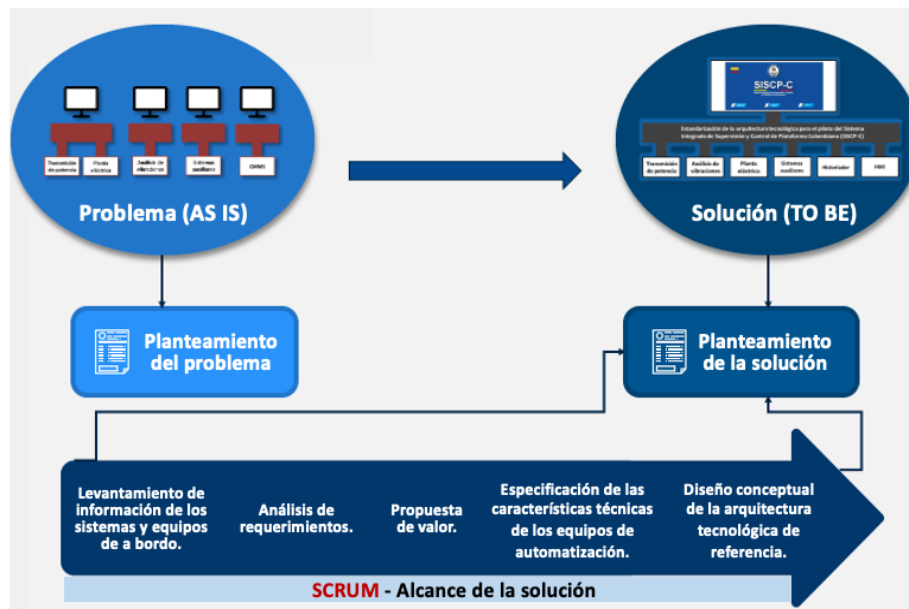


Figura 16. AS IS – TO BE para el proyecto
Fuente: Elaboración propia- basado en TOGAF

El SISCP-C centralizaría el SCADA con un HMI único, con tecnologías de industria 4.0, como realidad aumentada, para mantenimiento preventivo y predictivo, a través de información Big Data recolectada con IIoT de las plantas, que se analizará con aprendizaje automatizado.

2.1.4 Planificación de la migración

El levantamiento de información se realizó a bordo de una unidad a flote tipo OPV (*Offshore Patrol Vessel*), ubicada en la Base Naval ARC Bolívar, localizada en Cartagena de Indias, departamento de Bolívar, Colombia.

De acuerdo con los gaps, se realizó la tabla de transición de la arquitectura tecnológica, según el TOGAF (The Open Group, 2022).

Tabla 4. Tabla de transición de la arquitectura tecnológica

| Subdominio | Servicio | Arquitectura de transición |
|---|--|--|
| Eficiencia de recursos existentes | Administración eficiente de recursos físicos y tecnológicos. | Arquitectura abierta y flexible - Implementación de IIoT |
| | Cumplir lineamientos para gestión de activos navales. | |
| | Garantizar operación y actividades de mantenimiento de sistemas y equipos de la planta de ingeniería. | |
| Modernización de SCADA a Industria 4.0 | Analizar comportamiento de sistemas y equipos, optimizar planes de mantenimiento. | Implementación de aplicaciones de SCADA – HMI modular escalabilidad a realidad aumentada |
| | Promover a Mando Naval tableros de alistamiento de unidades a flote. | |
| | Cargar horas de operación en el CMMS. | |
| | Realizar órdenes de mantenimiento en el CMMS. | |
| | Cargar las horas de operación en el CMMS. | |
| Digitalización de la información | Realizar ordenes de mantenimiento en el CMMS. | Recolección de información a través de bases de datos estructurados |
| | Promover al Mando Naval los tableros de alistamiento de unidades a flote. | |
| | Responder por la administración y entrenamiento del personal a su cargo. | |
| | Centralizar la información de mantenimiento de los buques de la Fuerza Naval. | |
| | Verificar alistamiento de las unidades a flote. | |
| Generación de decisiones basadas en datos | Verificar las novedades de mantenimiento apoyándose en el historial y horas de operación de los equipos. | Implementación de modelos de analítica de datos |
| | Analizar novedades asociadas con sistemas de a bordo. | |
| | Realizar análisis comparativo de novedades por unidad. | |
| | Solicitar asignación de recursos de unidades a flote. | |
| | Mantener operativos los medios y sistemas de las unidades. | |
| | Priorizar asignación de recursos para mantenimiento naval. | |
| Gestionar asignación de recursos para sostenimiento de flota naval. | | |
| | Planear según necesidades planes de mantenimiento según el presupuesto asignado. | |

Fuente: Elaboración propia

Basados en la tabla de transición de la arquitectura tecnológica se desarrolló el valor del negocio (Figura 17).

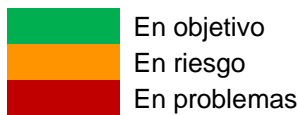
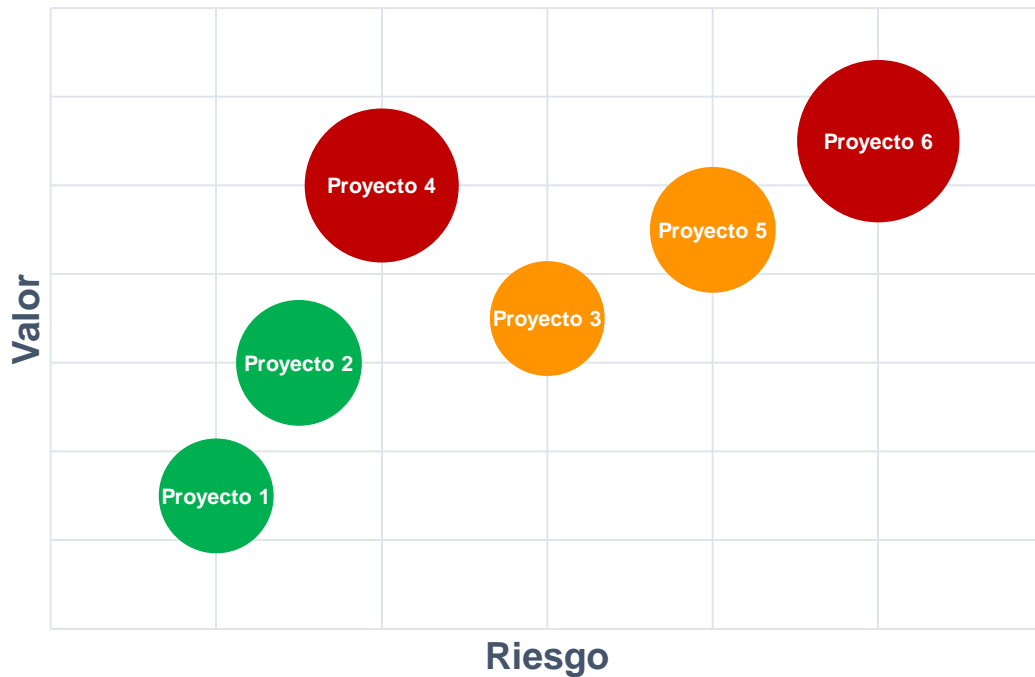


Figura 17. Establecimiento del valor del negocio
Fuente: Elaboración propia- basado en TOGAF

Los proyectos dentro del programa SISCP-C son:

- Proyecto 1 Arquitectura operativa tecnológica de referencia para el piloto del SISCP-C
- Proyecto 2 Implementación de tecnologías de movilidad y digitalización de datos como apoyo a la gestión de mantenimiento y asistencia remota de las unidades a flote
- Proyecto 3 Implementación de tecnologías para analítica de datos con base en Machine Learning (Big Data e Inteligencia Artificial)
- Proyecto 4 Diseño e implementación de arquitectura tecnológica para el centro de analítica de datos de las unidades a flote, como apoyo al área de ingeniería de confiabilidad para la toma de decisiones efectivas

- Proyecto 5 Diseño, desarrollo e implementación de modelo de apoyo a instrucción y entrenamiento de tripulaciones en tierra.
- Proyecto 6 Desarrollo de la base tecnológica e industrial del sector defensa para el soporte del SISCP-C que apoye de manera directa al crecimiento económico del país

2.1.5 Requisitos de interoperabilidad

Estos requisitos siguen la norma IEC 62657 (IEC, 2022) y deben incluir:

- Intercambio de datos no estructurados, de fotografías y videos de sistemas de operación (cámaras térmicas y cámaras de seguridad).
- Intercambio de datos estructurados que requieren recolección, compilación, y almacenamiento de forma segura.
- Intercambio de datos sin fisuras implica el intercambio automatizado de datos entre sistemas basado en un modelo de intercambio común

Los grupos constructivos de la OPV analizada (Figura 18) indican los sistemas por intervenir, se propone un sistema para los sistemas auxiliares, encargados del monitoreo del resto de los equipos de la planta de ingeniería.

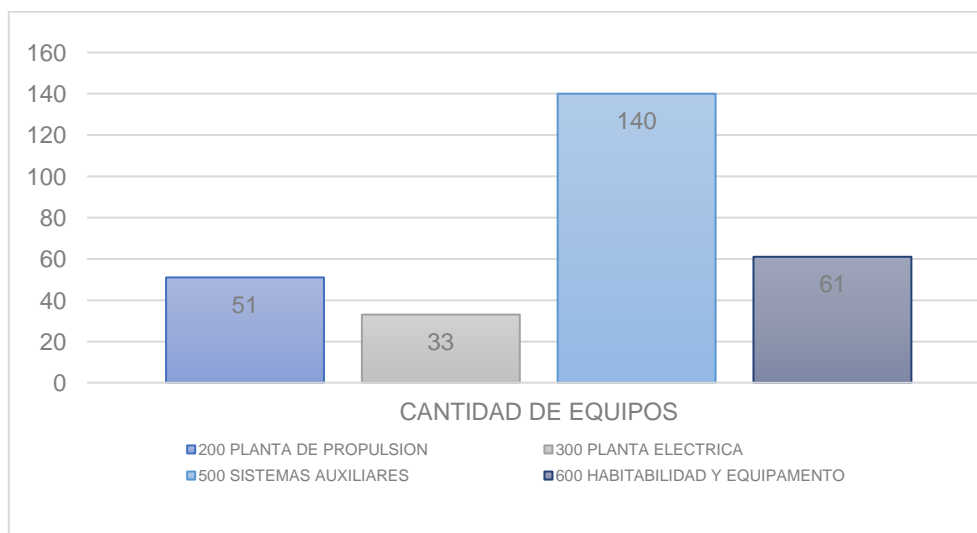


Figura 18. Análisis por grupo constructivo de equipos en OPV afectados.

Fuente: Elaboración propia

2.1.6 Preparación para transformación empresarial

La encuesta analizó la perspectiva del personal perteneciente al proceso de mantenimiento de la planta de ingeniería de unidades a flote en la ARC, para la implementación de proyectos tecnológicos con ingeniería nacional para: *“unificación de sistemas de abordaje, optimización de gestión de activos y mantenimiento y disminución de la actual dependencia tecnológica.”*

Para simplificar el sondeo, las encuestas se hicieron con respuestas binarias de si y no, para favorecer su tabulación y que su enfoque esté directamente encausado a responder las preguntas puntuales sin irse por otro tipo de escenarios no planteados.

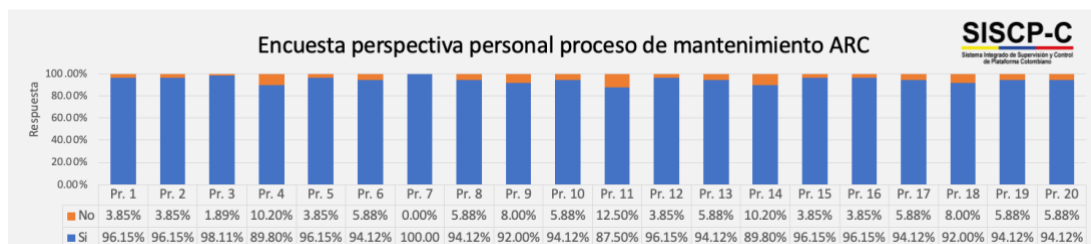


Figura 19. Tabulación de resultados de Encuesta

Fuente: Elaboración propia

Las preguntas se concertaron con miembros del estamento mayor, con gran influencia y poder de decisión dentro de la ARC, que revisaron los requerimientos de la ARC, y se alinean con el plan estratégico, para sugerir la formulación del cuestionario.

Los resultados muestran que los encuestados, conocedores de los problemas de integración dentro de la ARC, estén de acuerdo con todas las preguntas hechas y quieran buscar cambios de tipo operativo dentro de las unidades.

Se estableció el análisis de equipos involucrados en el desarrollo del proyecto, de acuerdo con el grupo constructivo afectado, se enfatiza que el proyecto se limita a la arquitectura para la operación tecnológica (Figura 18).

2.1.7 Gestión de riesgos

El Anexo 8 es el análisis PESTEL para estimación de riesgos del proyecto, estos riesgos incluyen los siguientes aspectos:

- Aspecto Político (Ver Tabla 13)
- Aspecto Económico (Ver Tabla 14)
- Aspecto Socio Cultural (Ver Tabla 15)
- Aspecto Tecnológico (Ver Tabla 16)
- Aspecto Ecológico (Ver Tabla 17)
- Aspecto Legal (Ver Tabla 18)

Con el mencionado análisis (Tabla 5), se valoró el riesgo corporativo, de acuerdo con los lineamientos del TOGAF (The Open Group, 2022)

Tabla 5. Valoración de riesgo corporativo

| Efecto | Frecuencia | | | | |
|----------------|------------|----------|-----------|----------|------------|
| | Frecuente | Probable | Ocasional | Rara Vez | Improbable |
| Catastrófico | M | H | E | H | M |
| Crítico | M | H | E | H | M |
| Marginal | M | H | H | H | M |
| Insignificante | M | M | M | M | M |

Riesgo extremadamente alto (E): es muy probable que el esfuerzo de transformación fracase con graves consecuencias

Riesgo alto (H): fracaso significativo de algunas partes del esfuerzo de transformación, lo que hace que no se alcancen ciertos objetivos

Riesgo moderado (M): fracaso notable de partes del esfuerzo de transformación que amenazan el éxito de ciertos objetivos

Riesgo bajo (L): algunos objetivos no se alcanzarán en su totalidad

Fuente: Elaboración propia con información de la ARC

El proyecto se considera potencialmente de alto riesgo por su inversión económica, la inestabilidad jurídica del país y la reticencia al cambio.

2.1.8 Planificación basada en capacidades

El resultado de la integración de sistemas en las unidades de superficie de la ARC conduce al diseño del SISCP-C, como resultado final del desarrollo de sistemas de control y supervisión con tecnologías 4.0, de arquitectura abierta.

Con encuesta y análisis de gaps, se construyó la propuesta de valor del proyecto (Figura 20), se utiliza para realizar su promoción y venta ante los interesados en la toma de decisiones y el poder para garantizar el desarrollo del proyecto.



Figura 20. Propuesta de Valor
Fuente: *Elaboración propia*

Esta propuesta de valor se desglosa en el mapa de valor que comprende:

- **Producto o servicio:** El SISCP-C, un sistema para integrar todos los sistemas de la arquitectura tecnológica de las embarcaciones con un único sistema, teniendo una visión global de la operación.
- **Magnificar beneficios:** Se magnifican beneficios económicos, al recolectar datos en bloque (Big Data), para ser analizados posteriormente en mantenimiento preventivos y predictivos.
- **Eliminador de Gap:** Son tres gaps principales que se eliminan, el uso de arquitecturas cerradas, la automatización de procesos y la toma de datos de forma eficiente para tener una analítica de datos que controle y supervise eficientemente las embarcaciones.

2.2 ARQUITECTURA TECNOLÓGICA (DISEÑO CONCEPTUAL)

La arquitectura tecnológica se desarrolló con un análisis de arquitecturas utilizadas a nivel mundial, para extraer información relevante y reutilizarla en el desarrollo local.

2.2.1 Vista de red

La vista de red (comunicación) de los equipos del SCADA se presenta en la Figura 21, esta vista cuenta con los siguientes desarrollos:

- Comunicación industrial “redundante”.
- Control de la arquitectura “redundante”.
- Servidor de aplicativos “redundante”.
- Interfaz hombre máquina (HMI) del SCADA.
- Base de datos de equipos de planta (historiador).

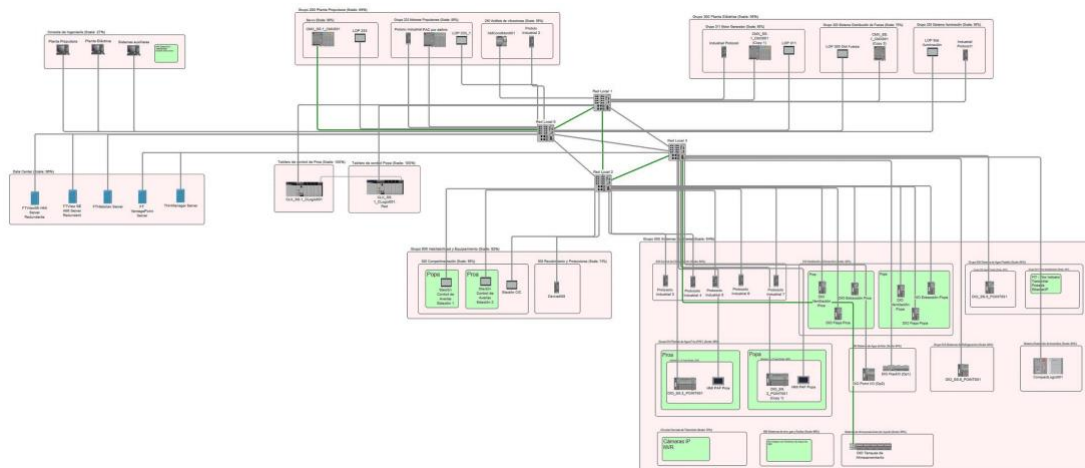


Figura 21. Vista de red

Fuente: Elaboración propia con información de ARC

Nota: Ampliación de la imagen para vista más legible en el Anexo 15

La diferencia de la vista de red existente con la vista de red propuesta consiste principalmente en la integración de equipos de sensores a lo largo de todos los equipos, dejar planteado el desarrollo de los equipos de recolección de datos, y cómo estos podrán interactuar con el resto.

2.2.3 Desarrollo de Prueba

Se desarrolló un HMI piloto con equipos propietarios para simular el funcionamiento a nivel de la interfaz con el equipo del proyecto, los detalles del desarrollo del HMI se detallan en el Anexo 14.



Figura 23. Prototipo del HMI

Fuente: Elaboración propia con información de ARC

El HMI para el piloto utilizó los siguientes equipos:

- PAC CompactLogix 5380 (redundante)
- Switch Stratix 5700 (redundante).
- Computador industrial (redundante).
- Panel de operación local.
- Módulo I/O Compact 5069.
- Servidor de aplicaciones (redundante).

La gestión de activos y mantenimiento en la implementación de tecnologías SCADA digitaliza el trabajo con gafas de realidad aumentada tipo HoloLens 2 (Microsoft, 2019), que informan en sitio del estado de equipos de abordaje y sus componentes en tiempo real.

3. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Colombia es un importador neto de tecnología militar y desarrollar la industria militar es foco de desarrollo económico. El Plan de Desarrollo 2042 de la ARC entiende la dependencia tecnológica y busca el desarrollo de tecnología local, en especial, la adopción temprana de la Industria 4.0.

3.1 -CONCLUSIONES

Se realizó una arquitectura tecnológica piloto del SISCP-C, que cuenta con los requerimientos recolectados de los interesados. El piloto incluye un SCADA que cuenta con un sistema distribuido, que es escalable y redundante para hacerlo resiliente a fallos. Se implementó un HMI que genera informes con posibilidad de expansión a un gemelo digital y cuenta con:

- Herramientas de diagnóstico.
- Protocolos de arquitectura agnósticos usando normatividad IEC.
- Integración con los protocolos existentes.
- Soporte de sistemas heredados.
- Soporte para futura integración de recolección de datos para su análisis.

Se esperan beneficios no cuantificables económicamente calidad, eficiencia y agilidad en adaptabilidad de los buques. Los cambios a lo largo del desarrollo de un proyecto generan los mayores sobrecostos, por eso este piloto establece una relación estable entre el diseño final y los requerimientos solicitados.

Después de realizado el levantamiento de requerimientos y su análisis, se evidencia diferentes sistemas de control a bordo de las unidades a flote. La arquitectura de operación tecnológica involucra la sustitución de arquitecturas aisladas y cerradas, para ser reemplazadas por arquitecturas abiertas con normas IEC para arquitecturas abiertas y aceptado a nivel internacional para evitar la dependencia de un proveedor único.

Se propone la instalación de sensores y actuadores, utilizando IIoT para la recolección de la información producida en la planta de ingeniería. Esta adquisición de datos para mantenimiento es de forma centralizada. Se entregó un prototipo mínimo viable de un HMI para mostrar capacidades del proyecto.

Se espera que el HMI involucre módulos de automatización con aplicaciones genéricas para no requerir reprogramación de pantallas HMI, crecimiento escalable y simplificación para disminuir el personal operativo en los buques.

El desarrollo de la arquitectura tecnológica de referencia plantea la reducción del personal a bordo para mantenimiento en un 12 % y unas mejoras operativas en funcionamiento.

No se entregan costos económicos de ahorros del proyecto, para la solución completa del mismo, sino el desarrollo conceptual. Emitir un juicio económico es temerario y conduciría a un sesgo en el desarrollo del proyecto a futuro.

Se destaca que el desarrollo del proyecto está alineado con los requerimientos de la ARC, para transformación tecnológica y modernización de buques.

3.2 TRABAJOS FUTUROS

Cómo primer proyecto del programa SISCP-C, el piloto es su arranque para la implementación, es decir, la instalación de sensores, actuadores, sistemas de monitoreo, control, SCADA y recolección de datos para los buques.

Sigue el proyecto que decida la gestión de la información recolectada, así como establecer las métricas para las mediciones. A continuación, irá el diseño del sistema para aprendizaje automático, teniendo en cuenta la seguridad de los equipos de defensa.

3.3 RECOMENDACIONES

Se recomienda que la ARC continúe con el desarrollo de los proyectos que comprenden el SISCP-C como parte de la solución para generar unas embarcaciones con sistemas de mantenimientos más sencillos y reducir sus costes en el porcentaje del total del presupuesto de la ARC.

Cómo el programa es de larga duración y la Industria 4.0 está joven, la ARC se encontrará a lo largo del programa, con desarrollos importantes que se deberán ir adaptando en el tiempo, estas tecnologías no han madurado y son propensas a cambios, ajustes e incluso obsolescencia. Esta es la razón principal para que el proyecto propuesto haya sido hecho con arquitectura abierta, que permita mejoras en el tiempo y que no se pierda la inversión por obsolescencia temprana.

Se deben analizar los riesgos que se plantean al proyecto, sobre todo de tipo exógeno, que se establecieron en la gestión de riesgos. Se propone contar con modelos de estimación de costes, para tener una trazabilidad de mantenimientos más eficientes y cuando se implemente el programa poder analizar los ahorros en cada apartado del área de la planta de ingeniería.

4. REFERENCIAS

- Antonucci, K. C., Nussbaum, D., & Mutty, J. (2011). *OPERATING AND SUPPORT COSTS AND AFFORDABILITY OF A 324 SHIP NAVAL BATTLE FORCE*.
- ARC. (2014). *DOCTRINA DE MATERIAL NAVAL*.
- Armada Nacional de Colombia. (2019). *ARMADA NACIONAL DE COLOMBIA: PROYECCIÓN INTERNACIONAL*.
- AVEVA. (2022). *AVEVA™ InTouch HMI formerly Wonderware*.
- Baldwin, C. Y. (2010). *When Open Architecture Beats Closed: The Entrepreneurial Use of Architectural Knowledge*.
- Bureau Veritas. (2021). *Digital classification - Industry 4.0 and the Future of Classification*.
- Cárdenas, M., Villegas, C., Restrepo, J., & Gutiérrez, M. L. (2018). *Documento CONPES 3930 DNP de 2018*.
- CESADAR. (2021). *Capacidades Predictivas y Servicios Digitales*.
- Chin, W. (2019). Technology, war and the state: Past, present, and future. In *International Affairs* (Vol. 95, Issue 4, pp. 765–783). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/ia/iiz106>
- Comisión Colombiana del Océano. (2018). *Política Nacional del Océano y los Espacios Costeros - PNOEC*.
- COTECMAR. (2022). *COTECMAR. 2022*. <https://www.cotecmar.com/es>
- Department of Defense. (2020). *STANDARD PRACTICE WORK BREAKDOWN STRUCTURES FOR DEFENSE MATERIEL ITEMS*. <http://www.everyspec.com>
- DNP. (2019). *Desarrollo de las capacidades requeridas para conceptualizar, diseñar y construir plataformas estratégicas de superficie para la Armada Nacional*.
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. Apress.

- Guo, G., Gao, Z., & Zhang, P. (2022). *Stabilization, Tracking, and Formation Control of Autonomous Marine Vessels*.
- Haynes, P. (2015). *Toward a New Maritime Strategy: American Naval Thinking in the Post-Cold War Era*. Naval Institute Press.
- Hollender, M. (2009). *Collaborative Process Automation Systems*.
- IEC. (2020). *IEC 62541-5 - OPC Unified Architecture - Part 5: Information Model*.
- IEC. (2022). *IEC 62657-2 - Industrial networks - Coexistence of wireless systems - Part 2: Coexistence management*.
- IEEE PES. (2008). *IEEE Std C37.1TM-2007 IEEE Standard for SCADA and Automation Systems IEEE Power Engineering Society*.
- Matt, D. T., Modrák, V., & Zsifkovits, H. (2021). Implementing Industry 4.0 in SMEs. In *Implementing Industry 4.0 in SMEs*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-70516-9>
- Mehta, B. R., & Reddy, Y. J. (2015). *Industrial Process Automation Systems Design and Implementation*. www.elsevierdirect.com/rights
- Montero, E. R. (2020a). Big data Industria 4.0. In *Industria 4.0* (pp. 65–70). Ediciones Pirámide.
- Montero, E. R. (2020b). Qué es la Industria 4.0. In *Industria 4.0* (pp. 1–21). Ediciones Pirámide.
- Nayyar, A., & Kumar, A. (2020). *A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business, and Sustainable Development*. <http://www.springer.com/series/15883>
- Planeación Nacional. (2018). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022*. www.dnp.gov.co
- Rajsuman, R. (2004). An overview of the open architecture test system. *Proceedings, DELTA 2004 - Second IEEE International Workshop on Electronic Design, Test and Applications*, 341–346. <https://doi.org/10.1109/DELTA.2004.10026>
- Ramírez, E. E., & Romero, O. (2020). *Plan de Desarrollo Naval 2042*.

- Reddy, R. (2021). Strategic considerations of industry 4.0 on electronic warfare using technology roadmaps. *IEEE AFRICON Conference, 2021-September*. <https://doi.org/10.1109/AFRICON51333.2021.9570921>
- Saurav, S. K., Sudhakar, P. B., Mohan, K. J., Senthil Kumar, R., & Bindhumadhava Babu, S. (2021). SCADA WebView: A State-of-the-Art Enterprise Transmission SCADA Engine. *Proceedings of the 2021 IEEE 18th India Council International Conference, INDICON 2021*. <https://doi.org/10.1109/INDICON52576.2021.9691604>
- Sisinni, E., Saifullah, A., Han, S., Jennehag, U., & Gidlund, M. (2018). Industrial internet of things: Challenges, opportunities, and directions. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *14*(11), 4724–4734. <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2852491>
- Sulaiman, M. Y. (2018). Positioning in the Industry 4.0. *Malaysian Industry-Government Group for High Technology*.
- Sullivan, B. P., Desai, S., Sole, J., Rossi, M., Raimundo, L., & Terzi, S. (2020). Maritime 4.0 - Opportunities in digitalization and advanced manufacturing for vessel development. *Procedia Manufacturing*, *42*, 246–253. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.078>
- Technische Universität Wien, Institute of Electrical and Electronics Engineers, & IEEE Industrial Electronics Society. (2020). *Towards a Modular Architecture for Industrial HMI*.
- The Open Group. (2022). *TOGAF Version 10*. Van Haren Publishing.
- Ting, C. (1993). *Estimating operating and support cost models for U.S. Naval ships*. <http://hdl.handle.net/10945/26529>
- Uribe-Cáceres, S. (2015). *ARTE OPERACIONAL MARÍTIMO: Una aproximación desde la Escuela Superior de Guerra*.
- Velásquez, N., Estevez, E., & Pesado, P. (2018). Cloud Computing, Big Data and the Industry 4.0 Reference Architectures. *Journal of Computer Science and Technology*, *18*, e29. <https://doi.org/10.24215/16666038.18.e29>

Yebeles, J. R., & Zorrilla, M. (2021). *A Data Governance Framework for Industry 4.0; A Data Governance Framework for Industry 4.0* (Vol. 19, Issue 12).

Zhou, C., Hu, B., Shi, Y., Tian, Y. C., Li, X., & Zhao, Y. (2021). A Unified Architectural Approach for Cyberattack-Resilient Industrial Control Systems. *Proceedings of the IEEE*, 109(4), 517–541. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2020.3034595>

5. ANEXOS

Anexo 1. Análisis empresarial de Armada de la República de Colombia

La ARC se encarga de defender y proteger los intereses de la República de Colombia. Ejecuta operaciones navales según los seis roles de: disuasión y defensa naval, gestión de tensión y crisis, seguridad integral marítima, seguridad integral fluvial, proyección exterior, asistencia y cooperación. Cada rol con uso diferencial de fuerza dentro del pentágono naval (Figura 24).



Figura 24. Pentágono naval de la ARC
Fuente: (ARC, 2021)

El núcleo de la ARC es la Flota Naval y la fuerza humana que se conforma con marinos e infantes de marina. La Figura 25 ilustra medios de la flota, de acuerdo con las operaciones que interviene cada una.

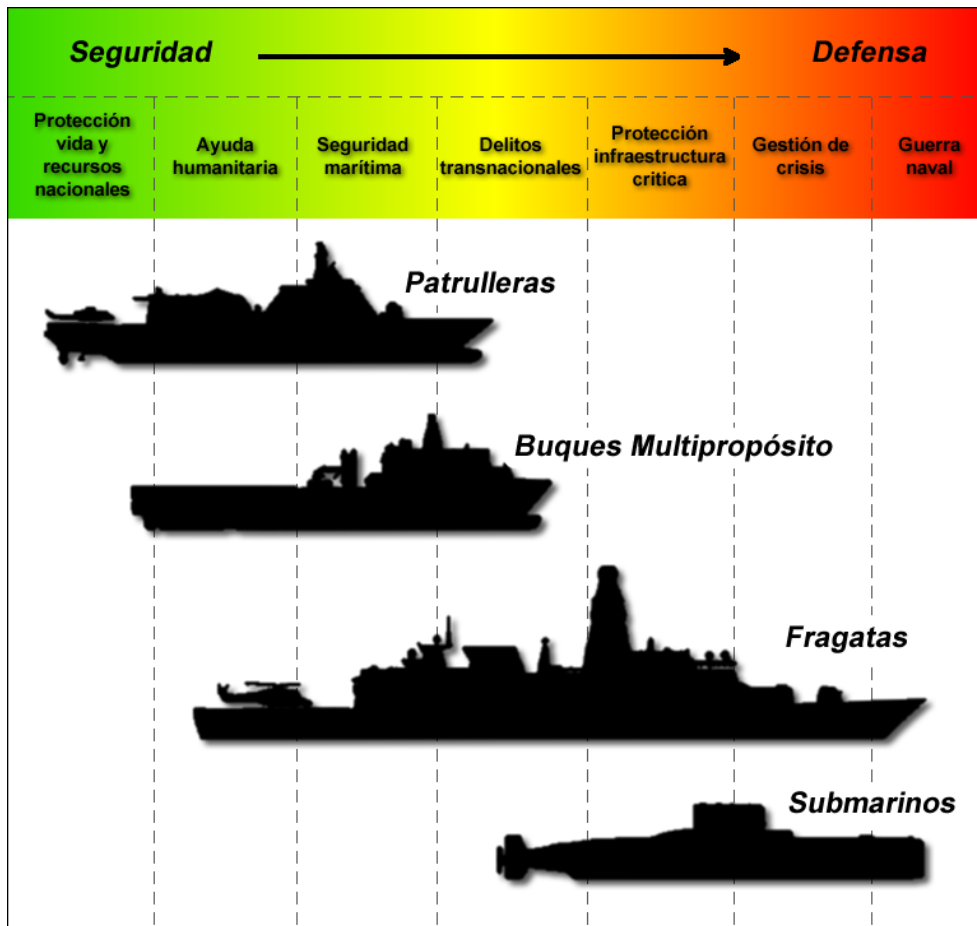


Figura 25. Clases (medios navales) de la ARC
Fuente: (ARC, 2021)

Las unidades a flote son las embarcaciones de cualquier desplazamiento para combate, apoyo logístico y administrativo, para funciones en mar o ríos navegables. La Armada de Estados Unidos, utiliza el “*Ship Work Breakdown Structure (SWBS)*” (Department of Defense, 2020) para organizar los grupos constructivos de las embarcaciones y la ARC lo ha adaptado para su uso. En la Figura 26 se ilustra la adaptación de esta estructura en la ARC.

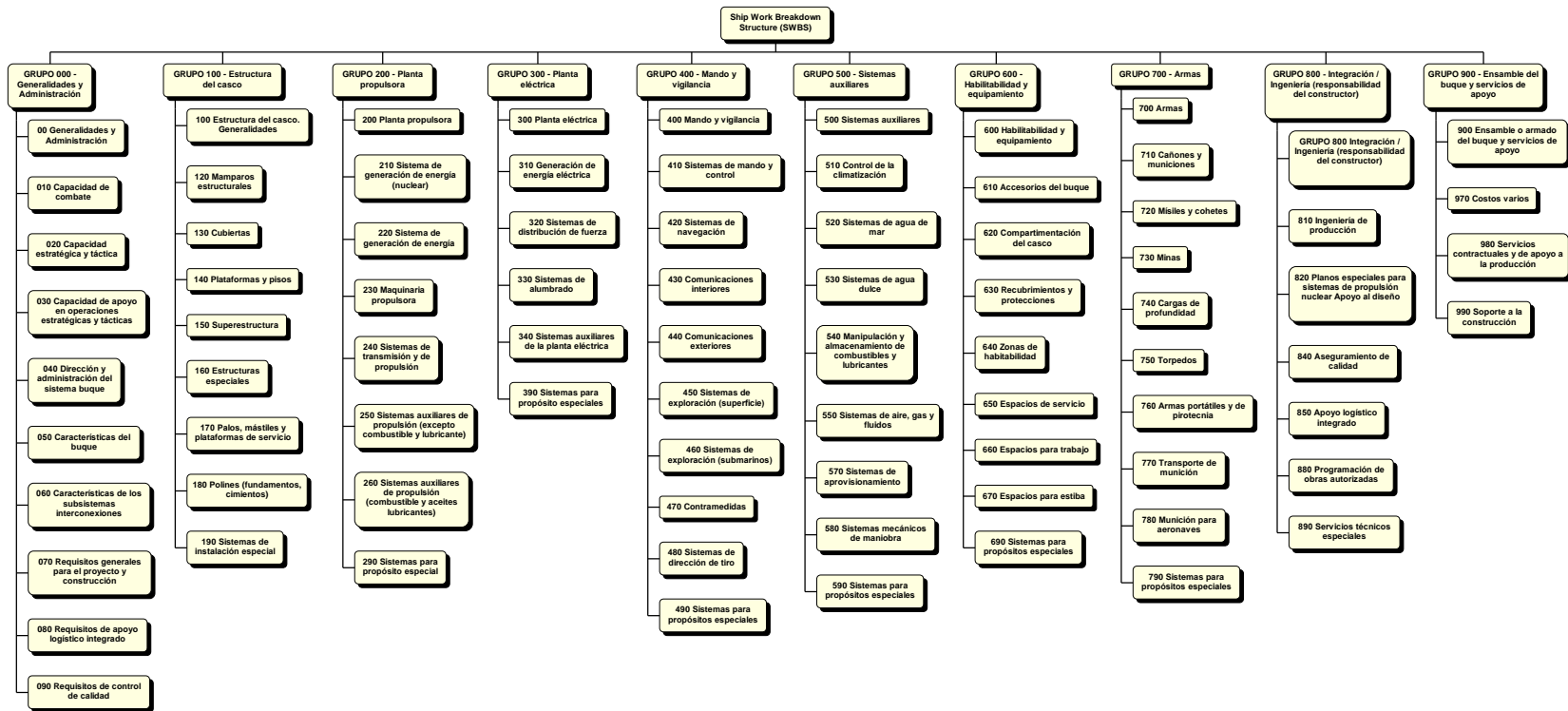


Figura 26. Índice del manual de nomenclatura de Material Naval
Fuente: (ARC, 2021)

La Jefatura de Material Naval gestiona el mantenimiento de embarcaciones, aeronaves, vehículos, armamento e infraestructura física. (Armada Nacional de Colombia, 2019). La Jefatura de Material Naval elabora estrategias para las unidades a flote, alrededor de la planta de ingeniería. La Figura 27 explica cómo es la gestión de activos considerada actualmente.



Figura 27. Gestión de activos de la jefatura de material de la ARC
Fuente: (ARC, 2021)

Durante las actividades de mantenimiento de los últimos 8 años se evidenció que 18% del presupuesto asignado es para trabajos de mantenimientos de sistemas de implementación extranjera, que requieren personal técnico del fabricante para ejecución de tareas específicas adicionalmente, los equipos de la armada tienen los siguientes promedios de antigüedad:

Tabla 6. Edad promedio de equipos de superficie de la armada

| Tipo | Clase | Antigüedad promedio (años) |
|-------------------------|-------------------|----------------------------|
| Fragata | Almirante Padilla | 40 |
| Corbeta | Donghae | 40 |
| | Pohang | 40 |
| Patrulla oceánica (OPV) | Fassmer-80 | 12 |
| Submarinos | Tipo 209/1200 | 35 |
| | Tipo 206 | 30 |

La escasez de equipos y el alto ritmo de operaciones para cubrir toda la superficie marina, disminuye las capacidades operacionales.

La Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial (COTECMAR) es el organismo de investigación científica y tecnológica, que apoya el desarrollo industrial marítimo de Colombia (COTECMAR, 2022), es una empresa perteneciente a la ARC. Que ha trabajado en el diseño básico de la Plataforma Estratégica de Superficie (PES), con el objetivo de reemplazar las fragatas existentes con equipos de avanzada con máximo uso de tecnología local, con alcance e impacto económico, tecnológico y de defensa a nivel país (Ramírez & Romero, 2020). La finalidad de todo el programa es que COTECMAR sea la encargada de llevar a cabo los desarrollos futuros y esté al tanto de los avances que salgan de todas las investigaciones y adecuaciones para el crecimiento de la fuerza.

Anexo 2. Estrategia empresarial de la ARC

1) Objetivos estratégicos

- La ARC determino seis objetivos estratégicos de largo plazo, bajo la lógica de la Figura 28.

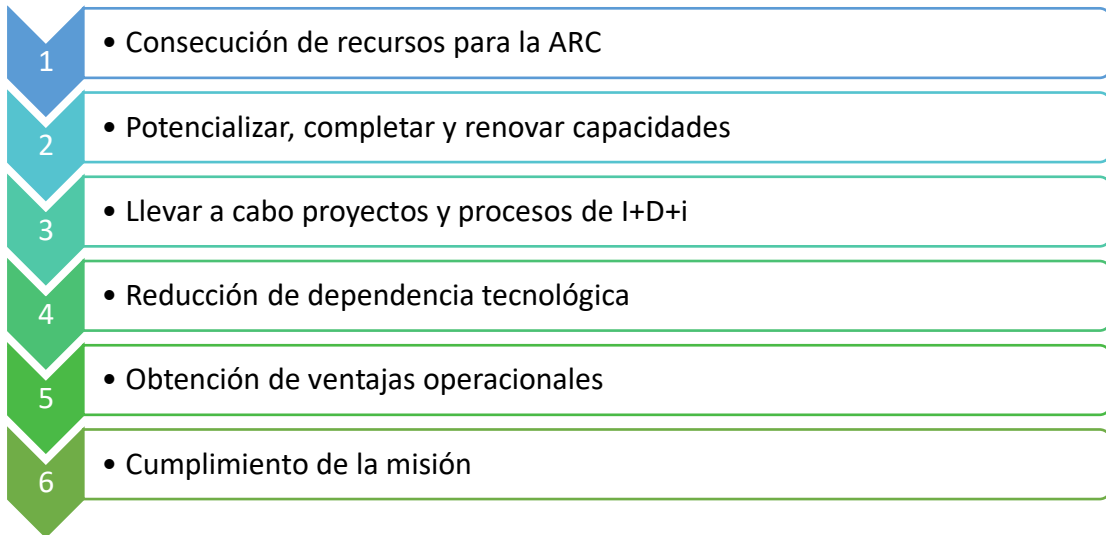


Figura 28. Flujo de objetivos estratégicos

Fuente: Elaboración propia

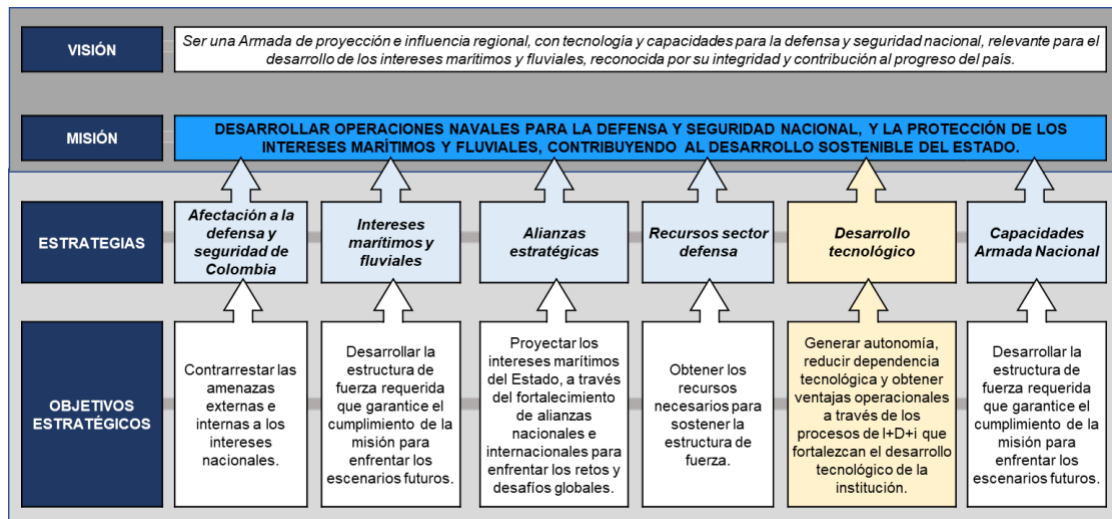


Figura 29. Objetivos estratégicos de la ARC

Fuente: (ARC, 2021)

Anexo 3. Definición de grupos constructivos

La Tabla 7 explica y organiza a partir de grupos constructivos (ARC, 2014), estos son una réplica de los usados por el departamento de defensa de Estados Unidos (Department of Defense, 2020).

Tabla 7. Grupos Constructivos dentro de la ARC

| Agrupador | Grupo |
|-----------|---|
| 000 | Generalidades y Administración |
| 100 | Estructuras, casco y generales del buque |
| 200 | Planta propulsora |
| 300 | Planta eléctrica |
| 400 | Mando y control. Vigilancia |
| 500 | Sistemas auxiliares |
| 600 | Habitabilidad y equipamiento |
| 700 | Armamento (armas y sensores) |
| 800 | Integración / Ingeniería |
| 900 | Ensamblaje de partes y servicios de apoyo |

Fuente: (Department of Defense, 2020)

Los grupos constructivos definen la arquitectura y designan el equipo por supervisar y/o controlar, la Figura 30 resalta los incluidos en el proyecto, que son los del grupo de ingeniería.

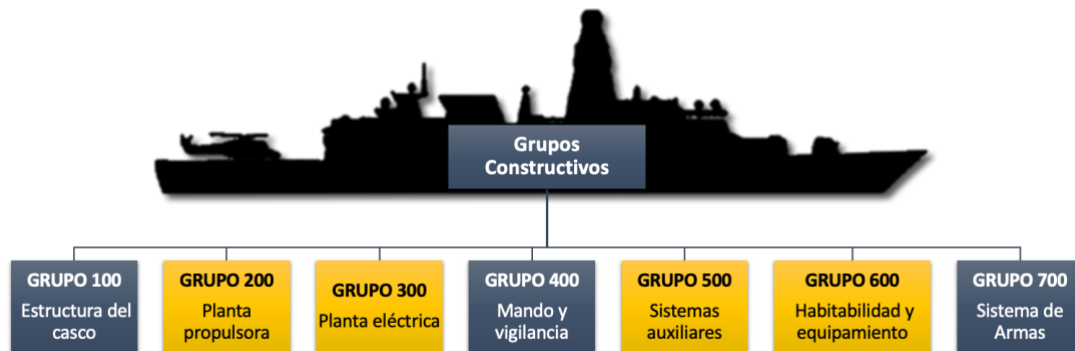


Figura 30. Grupos Constructivos
Fuente: (Department of Defense, 2020)

Anexo 4. Manejo propuesto de los activos para la ARC

Los proyectos siguen las necesidades de la ARC, usan tecnologías de la industria 4.0 y lineamientos según los requisitos y limitaciones existentes:

- Arquitectura abierta
- Uso de infraestructura y estructura informática existente
- Grupos constructivos actuales
- SCADA
- Guerra centrada en redes

Los otros proyectos del SISCP-C, y su interrelación con el presente, continua la metodología de implantación de la industria 4.0 (Nayyar & Kumar, 2020), y sigue el flujograma de la Figura 31, la interacción entre los proyecto se muestra en la Tabla 8.

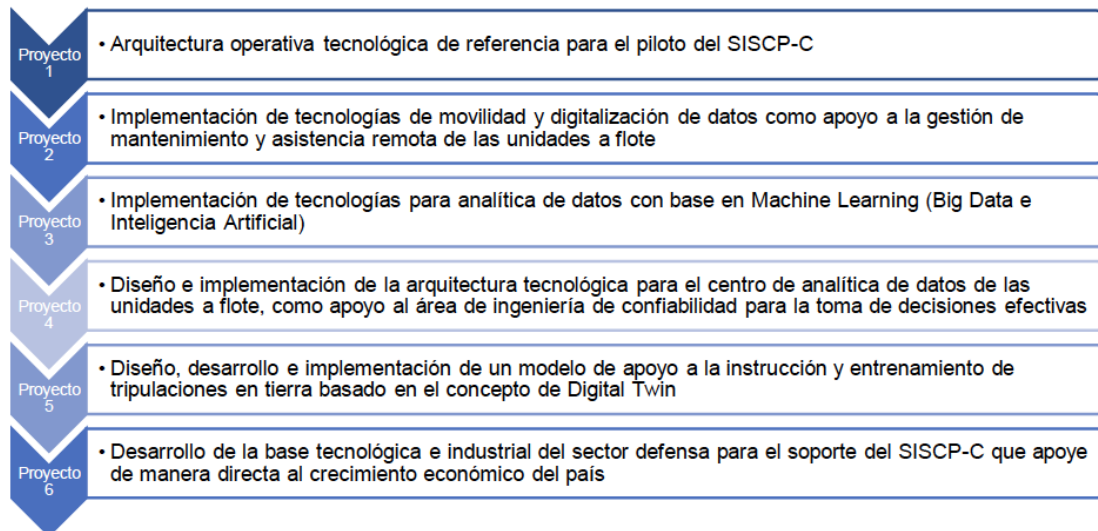


Figura 31. Flujograma de proyectos para cumplir el programa SISCP-C

Fuente: (ARC, 2021)

Tabla 8. Interacción descendiente de los proyectos parte del programa SISCO-C

| Proyecto | Ganancias esperadas |
|-----------------|--|
| 1 | Proyecto por desarrollar, encargado de dotar de una hoja de ruta al resto del programa, estableciendo la metodología y lineamientos para desarrollo de arquitectura operacional del proyecto. |
| 2 | Planeación de adquisición de equipos para sistemas de supervisión y control, SCADA y HMI de SCADA. Recolección de datos en forma masiva para monitorear estado de los equipos dentro de embarcaciones. |
| 3 | Datos recolectados son analizados con aprendizaje automatizado para conocer el estado anterior, actual y predecir estado de los sistemas y plantas. |
| 4 | Para la adquisición de analítica, incluyendo implementación de software y hardware. |
| 5 | Entrenamiento en tierra y rápido sin comprometer recursos de buques, uso de gemelos digitales para capacitación de personal y mantenimiento. |
| 6 | El conjunto de proyectos propone el uso de la industria 4.0 para mejorar el desarrollo tecnológico no solo a nivel ARC sino para el progreso del país. |

Fuente: Elaboración propia

El programa SISCO-C detectó de primera mano el problema de las arquitecturas cerradas en las embarcaciones de la ARC; la ventaja de usar arquitecturas abiertas radica según (Rajsuman, 2004) en:

“Proporciona un mecanismo para desarrollar soluciones de terceros y reutilizar estas soluciones sin un retrabajo importante. Para cualquier sitio de prueba dado, se pueden seleccionar y utilizar los módulos apropiados según se desee. También simplifica el problema de la incompatibilidad multiplataforma. Todas estas simplificaciones dan como resultado un esfuerzo reducido, un tiempo de respuesta más rápido y, posteriormente, un costo de prueba reducido.”

De acuerdo con (Baldwin, 2010):

“...una arquitectura abierta puede ser empleada por empresas con conocimientos arquitectónicos para competir contra rivales más grandes y establecidos. Una empresa puede utilizar el conocimiento arquitectónico sobre cuellos de botella y con potenciales módulos, crear una arquitectura técnica abierta, que aisle componentes de los "cuellos de botella"...”

La arquitectura cerrada niega el crecimiento sin depender de un proveedor, y el crecimiento se frenará con cuellos de botella por falta de flexibilidad para desarrollos propios, mantenimiento o mejoras propias de la ARC.

La infraestructura existente (embarcaciones actuales) debe ser objeto de modernización, alargamiento del ciclo de vida y desarrollo de capacidades propias de país. Y seguir lineamientos de estructura informática de la ARC (Figura 32) para realizar el diseño de la arquitectura tecnológica.

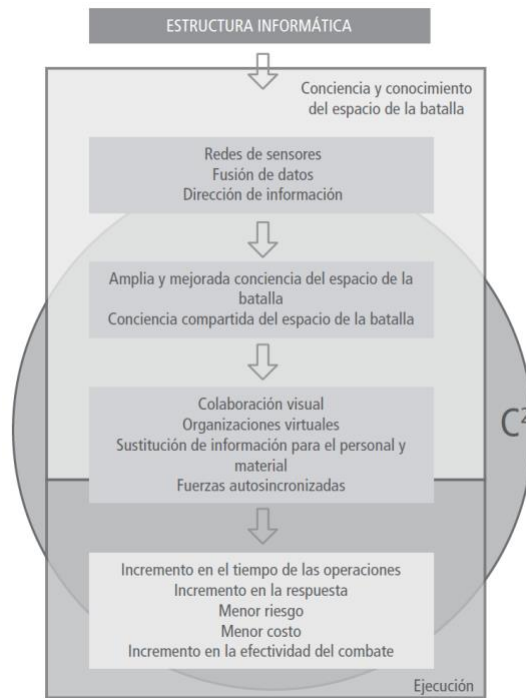


Figura 32. Perspectiva de operaciones navales de embarcación tipo
Fuente: (Uribe-Cáceres, 2015)

La cuarta revolución industrial (industria 4.0) (Gilchrist, 2016), se basa en conexiones de tecnologías desarrolladas en anteriores revoluciones industriales, con incremento en la automatización, disminución de intervención humana y toma de decisiones con datos. Cómo el sector defensa ha sido uno de los mayores impulsores de desarrollo tecnológico en la historia (Montero, 2020b), la armada tiene que aprovechar el momento histórico para generar una ventaja disuasoria, con tecnologías de punta.

El desarrollo e implementación de tecnologías reduce costos operativos de las embarcaciones, la planta de ingeniería (maquinaria principal y sistemas auxiliares del buque) automatizada y coordinada por un sistema distribuido de monitoreo y control de bordo. El sistema es de operación en buque o remoto desde el centro de gestión de la flota (Ramírez & Romero, 2020).

La industria 4.0 se concentra en precipitar la integración de tecnologías de la información con tecnologías de operación (Velásquez et al., 2018). Se dividen los niveles de automatización como esquemas gráficos que describen estandarización de sistemas de supervisión, control y adquisición de datos con industrial internet of Things (IIoT) y su integración con diseños de interfaz hombre máquina (HMI) de unidades a flote a través de un SCADA avanzado que involucra estas tecnologías (Saurav et al., 2021).

El diseño, construcción de buques y gestión de activos enfoca el uso de tecnologías 4.0 cómo sigue y en orden descendente.

- Para el estado de planta y equipos de las embarcaciones, se utilizará el Industrial Internet of Things (IIoT), que implanta sensores y actuadores de forma masiva por toda la planta, para controlar y monitorizar continuamente, con recolección de datos de forma masiva.
- La Big Data es aquella información recolectada con el IIoT, y su análisis masivo y rápido, se destina para mantenimiento preventivo y predictivo.
- Analítica de datos con aprendizaje automático de Big Data analizada, para esa información sea finalmente de aprendizaje no supervisado, para minimizar funciones a la tripulación.
- Realidad aumentada y gemelo digital como solución final para futuras naves no tripuladas y en un tiempo más cercano, para mantenimiento y capacitación del personal sin desgaste de los equipos.

La guerra centrada en redes se enfoca sobre el poder de combate generado desde un enlace efectivo o conexión en combate; es la habilidad de fuerzas

con geografía dispersa para crear un alto nivel de conciencia compartida del espacio de batalla, auto sincronización y operaciones centradas en redes, para lograr la intención del comandante (Uribe-Cáceres, 2015).

Según (Reddy, 2021), los futuros productos para guerra centrada en redes:

“tendrán que operar en un espacio de batalla multidominio más complejo, con espectro disputado, congestionado y compartido, y contra amenazas tradicionales sofisticadas y amenazas no tradicionales a medida.

...las propiedades emergentes de futuros productos serán cognitivas, distribuidas, en red, coordinadas, multiespectrales y modulares, utiliza arquitecturas abiertas.”

Las armadas de punta ya cuentan con este tipo de tecnologías (Matt et al., 2021) y entrar en esta carrera, es una premisa de la ARC. *Toward a New Maritime Strategy*” (Haynes, 2015) expresa la visión militar de Estados Unidos en la posguerra fría, con principios de: Maniobra dominante, precisión en combate, dimensión total de protección y enfoque logístico; para integración de tecnologías como ventaja comparativas sobre los rivales.

Anexo 5. Arquitectura de referencia

Una de las más importantes es la *Malaysian Shipbuilding/Ship Repair Industry: Positioning in the Industry 4.0* (Sulaiman, 2018), que en la Figura 33 los lineamientos esperados de acuerdo con el desarrollo de la Industria 4.0 en la construcción y mantenimiento de buques.

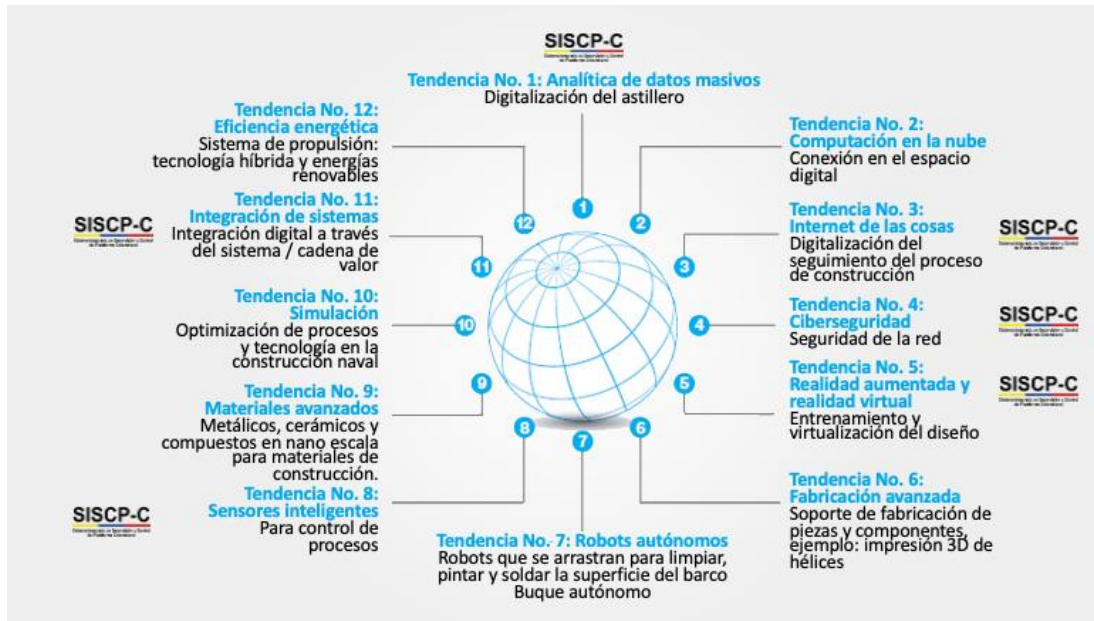


Figura 33. Tendencias tecnológicas en construcción de buques

Fuente: (Sulaiman, 2018)

Anexo 6. Análisis de Partes Interesadas

El análisis de partes interesadas se realizó con la elaboración de encuestas a los oficiales de la ARC.

El product backlog del proyecto tomó requerimientos del personal implicado en la operación y mantenimiento de la unidad de superficie (buque). Se realizó una matriz de influencia, para clasificar los miembros de la tripulación. Con esta clasificación se realizaron entrevistas para ponderar los resultados y evaluar el criterio y pertinencia de las respuestas, teniendo en cuenta los principales interesados en el desarrollo del SISCP-C.

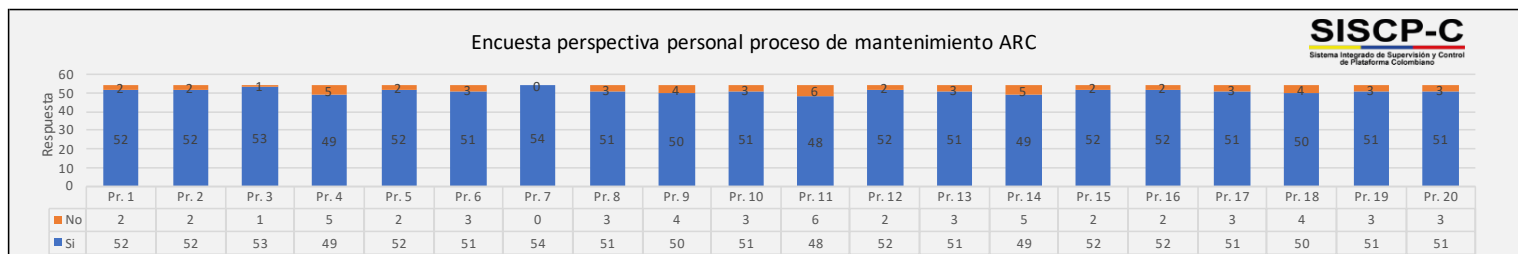
La tripulación de la OPV son la población para el levantamiento de información, además de miembros de otras dependencias de la ARC involucradas en el programa, cómo describe la Tabla 9.

Tabla 9. Población de la muestra

| Cargo | Tripulantes |
|---|--------------------|
| Dirección de Ciencia y Tecnología ARC | 03 tripulantes |
| Grupos de Investigación Escuelas de Formación | 07 tripulantes |
| Jefatura de Material Naval | 02 tripulantes |
| Departamento de Ingeniería de la Fuerzas Navales | 04 tripulantes |
| Departamentos de ingeniería de las unidades a flote | 38 tripulantes |

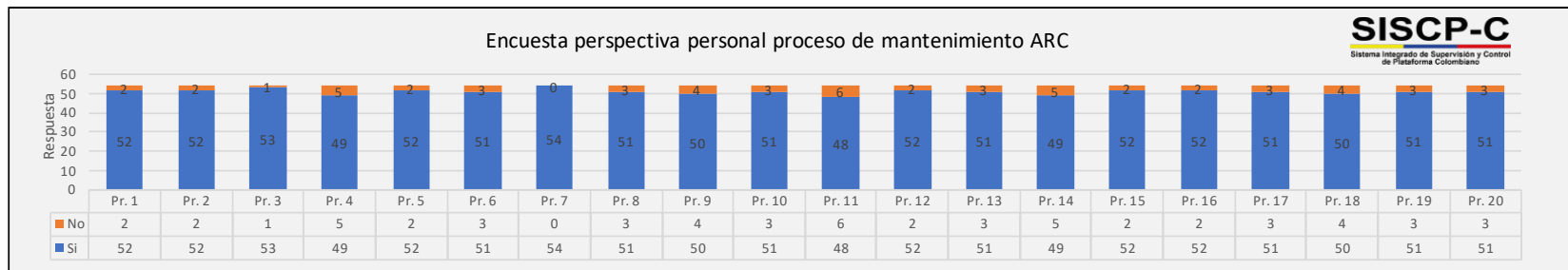
Fuente: Elaboración propia

El grupo muestral es de gran valía, se realizó la encuesta a todos los tripulantes de la OPV, la muestra tomada equivale al 100% de la población de la embarcación.



Objetivo: Análisis de la perspectiva del personal perteneciente al proceso de mantenimiento de la planta de ingeniería de las unidades a flote en la ARC, en relación con la implementación de proyectos tecnológicos con base en ingeniería nacional enfocados a la unificación de sistemas de abordaje, optimización de la gestión de activos y mantenimiento y disminución de la actual dependencia tecnológica.

| Pregunta | | Si | | No | |
|----------|---|--------|---------------|-------------|--------|
| 1. | ¿Considera necesario la implementación de tecnología para mejorar los procesos de operación y mantenimiento de la planta de ingeniería de las unidades a flote? | Pr. 1 | 52 96.15% | 2 3.85% | 3.85% |
| 2. | ¿Considera pertinente unificar los sistemas de supervisión y control de la planta de ingeniería de las unidades a flote? | Pr. 2 | 52 96.15% | 2 3.85% | 3.85% |
| 3. | ¿Considera que los datos adquiridos directamente de los sistemas y equipos de la planta de ingeniería aportan de manera significativa en la gestión de activos y mantenimiento? | Pr. 3 | 53 98.11% | 1 1.89% | 1.89% |
| 4. | ¿Considera que el historial de los datos adquiridos de los sistemas y equipos aportan en la generación de modelos para el mantenimiento predictivo? | Pr. 4 | 49 89.80% | 5 10.20% | 10.20% |
| 5. | ¿Considera que implementar proyectos de base tecnológica con ingeniería nacional disminuye los tiempos de reparación de los sistemas y equipos de abordaje? | Pr. 5 | 52 96.15% | 2 3.85% | 3.85% |
| 6. | ¿Considera que implementar una arquitectura de supervisión y control, común para la planta de ingeniería de las unidades a flote de la ARC aporta en la disminución de tiempo de entrenamiento? | Pr. 6 | 51 94.12% | 3 5.88% | 5.88% |
| 7. | ¿Considera que implementar proyectos de base tecnológica con ingeniería nacional disminuye los costos asociados a mantenimiento? | Pr. 7 | 54 100.00% | 0 0.00% | 0.00% |
| 8. | ¿Considera que la implementación de este tipo de tecnología aporta en la reducción de actividades de mantenimiento correctivo? | Pr. 8 | 51 94.12% | 3 5.88% | 5.88% |
| 9. | ¿Considera que la implementación de este tipo de tecnología permite eliminar los reprocesos para la recolección de información de mantenimiento? | Pr. 9 | 50 92.00% | 4 8.00% | 8.00% |
| 10. | ¿Considera que implementar proyectos de base tecnológica con ingeniería nacional disminuye la dependencia tecnológica? | Pr. 10 | 51 94.12% | 3 5.88% | 5.88% |
| 11. | ¿Considera que al implementar este tipo de tecnología estandarizada se puede generar una economía de escala en el proceso de mantenimiento? | Pr. 11 | 48 87.50% | 6 12.50% | 12.50% |
| 12. | ¿Considera que la implementación de este tipo de tecnología aporta de manera significativa en la toma de decisiones para la asignación de recursos de mantenimiento? | Pr. 12 | 52 96.15% | 2 3.85% | 3.85% |
| 13. | ¿Considera que la implementación de este tipo de tecnología permite una ágil identificación de los medios navales (unidades a flote) disponibles para el desarrollo de la misión? | Pr. 13 | 51 94.12% | 3 5.88% | 5.88% |



Objetivo: Análisis de la perspectiva del personal perteneciente al proceso de mantenimiento de la planta de ingeniería de las unidades a flote en la ARC, en relación con la implementación de proyectos tecnológicos con base en ingeniería nacional enfocados a la unificación de sistemas de abordaje, optimización de la gestión de activos y mantenimiento y disminución de la actual dependencia tecnológica.

| Pregunta | | Si | | No | |
|---|--------|----|--------|----|--------|
| 14. ¿Considera importante incluir en el DNO (Documento de Necesidad Operativa) de futuras unidades a flote como la PES (Plataforma Estratégica de Superficie) los requerimientos para la implementación de este tipo de tecnología para la planta de ingeniería? | Pr. 14 | 49 | 89.80% | 5 | 10.20% |
| 15. ¿Considera importante Implementación del centro de analítica de datos en tierra de las unidades a flote, como apoyo al área de ingeniería de confiabilidad para la toma de decisiones efectivas? | Pr. 15 | 52 | 96.15% | 2 | 3.85% |
| 16. Considera importante el desarrollo de la base tecnológica e industrial nacional del sector defensa para el soporte del Sistema Integrado de Supervisión y Control de Plataforma Colombiano (SISCP-C) que apoye de manera directa el crecimiento económico del país. | Pr. 16 | 52 | 96.15% | 2 | 3.85% |
| 17. ¿Considera que este tipo de proyectos permiten a la ARC desarrollar capacidades en la implementación de tecnología abierta y flexible entorno a los sistemas de ingeniería de las unidades a flote, disminuyendo de esta manera la actual dependencia tecnológica? | Pr. 17 | 51 | 94.12% | 3 | 5.88% |
| 18. ¿Considera que la implementación de este tipo de tecnología aporta de manera significativa, Incrementando el desarrollo e innovación del poder naval? | Pr. 18 | 50 | 92.00% | 4 | 8.00% |
| 19. ¿Considera que la implementación de este tipo de tecnología permite generar autonomía, reducir dependencia tecnológica y obtener ventajas operacionales a través de los procesos de I+D+i? | Pr. 19 | 51 | 94.12% | 3 | 5.88% |
| 20. ¿Considera que la implementación de este tipo de proyectos permite garantizar la sostenibilidad de los buques en el tiempo, aumentar su disponibilidad operativa y optimizar su costo de ciclo de vida, de acuerdo con el direccionamiento estratégico de la institución establecido en el Plan de Desarrollo Naval 2042? | Pr. 20 | 51 | 94.12% | 3 | 5.88% |

Anexo 7. Análisis de gaps

Tabla 10. Análisis de Gaps – Perfil de Usuario 1

| Perfil | Descripción |
|--|---|
| Perfil del Usuario | Ingenieros jefes de unidades a flote Tripulantes de a bordo |
| Beneficios | ERP SILOG |
| Magnificar Beneficios / propuesta de valor | SISCP-C |
| Objetivo | <ul style="list-style-type: none"> • Garantizar la correcta operación y actividades de mantenimiento de los sistemas y equipos de la planta de ingeniería. • Analizar el comportamiento de los sistemas y equipos, optimiza los planes de mantenimiento. • Cargar las horas de operación en el CMMS. • Realizar las ordenes de mantenimiento en el CMMS. • Llevar la documentación del historial de equipos y sistemas. • Verificar el cumplimiento de los planes de mantenimiento. • Responder por la administración y entrenamiento del personal a su cargo. |
| Gap | Eliminador de Gap |
| Sistemas independientes. Múltiples arquitecturas. Plataformas cerradas. Alta dependencia tecnológica. No se encuentran incluidos todos los sistemas de ingeniería. | Arquitectura abierta y flexible |
| Falencia de personal. Reprocesos administrativos. | Automatización del proceso |
| Historiales de mantenimiento. Ausencia de analítica de datos de sistemas y equipos. | Digitalización de la información Implementación de modelos de analítica de datos |
| Altos costos de mantenimiento de sistemas y equipos. Tiempo de reparación de sistemas y equipos prolongados. Alta dependencia tecnológica. | Ingeniería nacional. |

Tabla 11. Análisis de Gaps – Perfil de Usuario 2

| Perfil | Descripción |
|---|---|
| Perfil del Usuario | Jefes Departamentos de Ingeniería Fuerzas Navales |
| Beneficios | ERP SILOG |
| Magnificar Beneficios / propuesta de valor | SISCP-C |
| Objetivo | <p>Centralizar la información de mantenimiento de los buques de la Fuerza Naval.</p> <p>Verificar las novedades de mantenimiento apoyándose en el historial y horas de operación de los equipos.</p> <p>Analizar las novedades asociadas con los sistemas de a bordo.</p> <p>Realizar el análisis comparativo de novedades por unidad tipo.</p> <p>Solicitar la asignación de recursos de las unidades a flote.</p> <p>Verificar el alistamiento de las unidades a flote.</p> |
| Gap | Eliminador de Gap |
| Información no reciente de sistemas y equipos. | Automatización del proceso - Digitalización de la información |
| Falta de información veraz de sistemas y equipos. | |
| Necesidad de información de alistamiento de unidades para planeación. | Implementación de modelos de analítica de datos |
| Ausencia de analítica de datos. | |
| Altos costos de mantenimiento de sistemas y equipos. | Ingeniería Nacional. |
| Tiempo de reparación de sistemas y equipos extensos. | |
| Alta dependencia tecnológica. | |

Tabla 12. Análisis de Gaps – Perfil de Usuario 3

| Perfil | Descripción |
|---|---|
| Perfil del Usuario | Jefe de Material Naval ARC Director de Mantenimiento ARC |
| Beneficios | ERP SILOG Inspecciones de Material Naval |
| Magnificar Beneficios / propuesta de valor | SISCP-C |
| Objetivo | <ul style="list-style-type: none"> • Cumplir los lineamientos para la gestión de activos navales, incluyendo mantenimiento. • Promover al Mando Naval los tableros de alistamiento de unidades a flote. • Mantener operativos los medios y sistemas de las unidades navales. • Administración eficiente de los recursos físicos y tecnológicos. • Priorizar la asignación de recursos para el mantenimiento naval. • Gestionar la asignación de recursos para el sostenimiento de la flota naval. • Planear según las necesidades los planes de mantenimiento según el presupuesto asignado. |
| Gap | Eliminador de Gap |
| Información no reciente de sistemas y equipos. | Automatización del proceso - Digitalización de la información |
| Falta de información veraz de sistemas y equipos. | |
| Tableros de alistamiento con información recolectada manualmente. | |
| Necesidad de información de alistamiento de unidades para planeación. | Implementación de modelos de analítica de datos |
| Gran esfuerzo para sustentar la solicitud de recursos. | |
| Ausencia de analítica de datos. | |
| Alta dependencia tecnológica. | Ingeniería Nacional. |
| Altos costos de mantenimiento de sistemas y equipos. | |
| Tiempo de reparación de sistemas y equipos prolongados. | |

Anexo 8. Análisis de Riesgo

El análisis PESTEL, introduce en la ecuación del desarrollo, las fuerzas externas que se involucran en el desarrollo del proyecto en los aspectos.

Tabla 13. Análisis PESTEL – Aspecto Político

| Positivos | Negativos |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Creación de Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. • Voluntad política para I+D+i. • Continuidad de normatividad y directrices estatales para actividades I+D+i. • Estrategia para política pública I+D+i, establecida en misión internacional sabios Colombia 2019. • Aprobación de CONPES 3990: Colombia Potencia Bioceánica Sostenible 2030. • SCT del ARC no alineado con estrategia naval. | <ul style="list-style-type: none"> • Cambios en políticas públicas que generan incertidumbre en la continuidad de propósitos estratégicos que incumben el desarrollo de I+D+i. • Compromisos políticos en beneficio de la I+D+i que no se realizan. • Dilatación burocrática en la legislación de normatividad que facilite la ejecución de actividades de I+D+i. |

Tabla 14. Análisis PESTEL – Aspecto Económico

| Positivos | Negativos |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Generación de fuerzas económicas en ámbitos marítimo y fluvial. • Financiamiento de proyectos I+D+i con fondo Francisco José de Caldas. • Acceso a instrumentos y organizaciones para financiación de proyectos I+D+i, regalías, cooperación internacional e inversión privada. • Apertura de mercados y servicios técnicos para desarrollo tecnológico. • Retorno de recursos por acuerdos de explotación comercial. • Origen de fuerzas económicas en los ámbitos marítimo y fluvial. • Existencia de empresas del Grupo Social y Empresarial de Defensa – GSED con vocación y capacidad de industrialización de la producción científica. • Incremento de oferta de becas y entidades educativas a nivel mundial. • Amplia oferta para Centros de Desarrollo Tecnológico. • Incentivos tributarios para desarrollo I+D+i. | <ul style="list-style-type: none"> • Aproximación de recesión económica mundial que desplazará actividades de producción científica. • Proyección de reducción presupuestal destinada a operación de la fuerza pública. • Insuficiente retribución (royalties) por producción científica desde sector defensa. • Alto costo de apropiación de tecnología y generación de conocimiento. • Baja promoción de colaboración científica para generar productos con alto valor agregado, susceptibles de ser patentados. • Baja capacidad de adaptación de industrialización de producción científica con acelerados cambios tecnológicos globales. • Rivalidades entre empresas del Grupo Social y Empresarial de Defensa – GSED. • Poca colaboración científica para generar productos con alto valor agregado, susceptibles de ser patentados. |

Tabla 15. Análisis PESTEL – Aspecto Socio Cultural

| Positivos | Negativos |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Acceso acelerado a tecnologías digitales que facilitan el desarrollo de I+D+i. • Incremento de oferta de becas y entidades educativas a nivel mundial. • Aumento de nivel académico y profesional dentro de la ARC para I+D+i. • Adecuadas garantías laborales para el ejercicio de I+D+i. • Acceso a comunidades más vulnerables y aisladas del país. • Diversidad de territorio y cultura colombiana para resultados y productos de I+D+i. | <ul style="list-style-type: none"> • Permanentes conflictos sociales que disminuyen la prioridad e importancia para la comunidad, el desarrollo de tecnología e innovación. • Brechas generacionales entorpecen ideas e impulso de la innovación. • Limitaciones de acceso al territorio colombiano para concienciar e impulsar la I+D+i. |

Tabla 16. Análisis PESTEL – Aspecto Tecnológico

| Positivos | Negativos |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de Transferencia de I+D+i. • Innovación y tecnologías para la fuerza pública basadas en el extenso conflicto bélico del país. • Acceso a información y herramientas tecnológicas digitales que promueven la industria 4.0. • Repotenciación de tecnología para defensa y seguridad, que benefician actividades académicas y científicas. • Buena reputación de Instituciones de Educación Superior de la ARC. • Aliados internacionales para desarrollo de I+D+i. • Alianzas con entidades con alto conocimiento en I+D+i, como COTECMAR y DIMAR. • Acceso acelerado a tecnologías digitales que facilitan el desarrollo de I+D+i. | <ul style="list-style-type: none"> • Limitaciones al acceso de tecnología por desconocimiento y falta de iniciativas de I+D+i. • Escasa posibilidad a modernización de tecnologías obsoletas y laboratorios especializados. • Alta dependencia tecnológica con otros países. • Alta vulnerabilidad tecnológica por ataques cibernéticos. • Atraso tecnológico en el país. • Pérdida de capacidades tecnológicas estratégicas diferenciadoras. |

Tabla 17. Análisis PESTEL – Aspecto Ecológico

| Positivos | Negativos |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Acceso a ecosistemas de difícil alcance que abren la oportunidad para realizar I+D+i con sentido social. • Adopción de normatividad ambiental que incentiva las actividades de I+D+i • Tendencia mundial de protección del medio ambiente. • Biodiversidad del territorio colombiano. • Impulso de la innovación influenciada con modelos de desarrollo basados en la economía circular y azul. | <ul style="list-style-type: none"> • Impactos ambientales por uso de tecnología. • Desinterés por ejecución de actividades de I+D+i para protección de medio ambiente. • Alteraciones en condiciones normales del ambiente que perjudican ecosistemas y seres humanos. |

Tabla 18. Análisis PESTEL – Aspecto Legal

| Positivos | Negativos |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Existencia de marco normativo articulado a las instituciones militares para elaborar planes de ciencia, tecnología e innovación, y generación de propiedad intelectual. • Incentivos tributarios y fiscales para inducir al desarrollo de I+D+i. • Legislación en derechos de autor. • Continuidad de normatividad y directrices estatales para actividades de ciencia, tecnología e innovación. | <ul style="list-style-type: none"> • Normatividad ambigua que dificulta desarrollar proyectos de I+D+i. • Limitantes jurídicas para administración de recursos I+D+i en defensa y seguridad. • Desconocimiento del marco normativo por parte de organismos de control de entidades públicas del país. • Poca efectividad en aplicación de normatividad para I+D+i. • Pérdida de propiedad intelectual y producción científica de I+D+i. • Dilatación burocrática de legislación y normatividad para actividades de I+D+i. • Pérdida de acreditaciones de escuelas de formación por falta de recursos. • Pérdida de reconocimiento y categoría de grupos de I+D+i. |

Anexo 9. Tablero de Visión del Producto

| Grupo objetivo | Necesidades | Producto | Objetivos del negocio |
|---|--|--|--|
| <p>Visión</p> <p>¿Cuál es el propósito de crear el producto?</p> <p>Herramienta tecnológica de soporte fundamental.</p> <p>¿Qué cambios positivos podría traer?</p> <p>* Aportar en la reducción de tiempos de entrenamiento, capacitación e instrucción de las tripulaciones.</p> <p>* Optimizar el proceso de adquisición de datos de sistemas y equipos del “área de ingeniería” de las unidades a flote.</p> | | | |
| <p>¿Qué segmento de mercado ataca el producto?</p> <p>Sector defensa, seguridad nacional, intereses marítimos: políticas de seguridad y defensa de la nación.</p> | <p>¿Qué problema resuelve el producto?</p> <p>*Sistemas independientes. *Múltiples arquitecturas. *Plataformas cerradas. *Alta dependencia tecnológica. *Altos costos de implementación, ampliación, actualización y soporte a la operación. *Tiempos de reparación prolongados. *Falta de analítica de datos de los equipos.</p> | <p>¿Qué producto es?</p> <p>Desarrollar capacidades e implementar tecnologías abiertas y flexibles en torno a los sistemas de ingeniería de las unidades a flote para disminuir la dependencia tecnológica actual.</p> | <p>¿Cómo el proyecto va a beneficiar a la compañía?</p> <p>Con el cumplimiento de este objetivo se busca garantizar la sostenibilidad de los buques en el tiempo, aumentar su disponibilidad operativa y optimizar su ciclo de vida, de acuerdo con el Plan de Desarrollo Naval 2042.</p> |
| <p>¿Quiénes son los clientes objetivo y usuarios?</p> <p>Armada Nacional de Colombia</p> <p>Usuarios:</p> <p>Jefatura de Material ARC. Departamentos de ingeniería. Comandantes de unidades a Flote. Ingenieros jefes de unidades a Flote.</p> | <p>¿Qué beneficios trae el producto?</p> <p>* Aportar en la reducción de tiempos de entrenamiento, capacitación e instrucción de las tripulaciones. * Optimizar el proceso de adquisición de datos de sistemas y equipos del “área de ingeniería” de las unidades a flote, para mejora continua de gestión de activos para toma de decisiones efectivas. * Fortalecer las capacidades de talento humano, infraestructura y equipamiento para realizar actividades de I+D y atender las problemáticas asociadas. * Contribuir al desarrollo y fortalecimiento de capacidades en I+D+i. * Aportar al Sistema de I+D+i de la ARC, y su articulación con escuelas de formación y capacitación.</p> | <p>¿Qué lo hace destacar o diferenciar?</p> <p>Con la integración de áreas de buque usando ingeniería nacional, estandarizar arquitectura tecnológica de las embarcaciones, simplificar operación y gestión de activos y mantenimiento de la ARC.</p> <p>¿Es posible desarrollar el producto?</p> <p>El producto tiene aval de desarrollo por parte de la ARC.</p> | <p>¿Cuáles son los objetivos del negocio?</p> <p>Diseñar e implementar de la arquitectura tecnológica para el piloto del SISCP-C. Desarrollar de la base tecnológica e industrial nacional del sector defensa para el soporte del SISCP-C que apoye al crecimiento económico del país.</p> |

Anexo 10. Planeación de los Sprints

La planeación de los sprints para generar la estructura del proyecto actual se realizó según la siguiente tabla:

Tabla 19. Planeación de Sprints

| Sprint | Nombre | Objetivo | Característica |
|--------|---|--|--|
| 1 | Construcción de Referencias | <p>Resultado: Entrega de capítulo de referencias externas</p> <p>Beneficio: Tener un marco de referencia para elaboración del documento.</p> <p>¿Por qué?: Para la construcción del objetivo del proyecto y en especial de su justificación</p> | Capítulo de referencias externas |
| 2 | Definición del problema | <p>Resultado: Entrega de capítulo de definición del problema, basado en un caso de usuario.</p> <p>Beneficio: Establecer el requerimiento que va a satisfacer el producto.</p> <p>¿Por qué?: El problema a solucionar es la base del desarrollo futuro de los objetivos planteados en el documento.</p> | Capítulo de definición del problema |
| 3 | Descripción de factores relacionados con el problema | <p>Resultado: Entrega de capítulo de referencias externas</p> <p>Beneficio: El problema está dividido en varios frentes, si se aborda inmediatamente, se hace más largo, es necesario abordarlo teniendo en cuenta:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hechos 2. Supuestos 3. Discusión <p>¿Por qué?: Debe tener trazabilidad y ser tratable en el tiempo.</p> | Sección de capítulo con factores relacionados con el problema |
| 4 | Levantamiento de información de los sistemas y equipos por grupos constructivos del área de ingeniería. | <p>Resultado: Entrega de un capítulo que recopila la información de los sistemas y equipos constructivos, de acuerdo con la clasificación de grupos constructivos establecidos por la ARC.</p> <p>Beneficio: Realizar el levantamiento de forma estandarizada con el formato de la ARC de división de equipos de acuerdo con sus grupos constructivos.</p> <p>¿Por qué?: Estandarizar procesos y hacerlo entendible para las personas que usarán la información, así como para los terceros que entren a participar en el proyecto.</p> | Capítulo de levantamiento de información de los sistemas y equipos. |
| 5 | Análisis de sistemas y equipos. | <p>Resultado: Capítulo con los sistemas y equipos que se realizará la intervención y se utilizarán para la acotación del proyecto.</p> <p>Beneficio: Acotar el alcance del proyecto y del levantamiento que se realiza.</p> <p>¿Por qué?: Se entrega la información que se requiere sobre los elementos que se utilizarán para el sistema de información</p> | Capítulo de análisis de los sistemas y equipos. |
| 6 | Diseño conceptual de la arquitectura tecnológica para el SISCP-C. | <p>Resultado: Entrega de capítulo de diseño conceptual de arquitectura tecnológica.</p> <p>Beneficio: Brindar la herramienta de soporte de forma entendible y sin ambigüedades para los posibles oferentes.</p> <p>¿Por qué?: Agilizar el proceso futuro de contratación y de respuesta a requerimientos para los encargados y oferentes.</p> | Capítulo de diseño conceptual de la arquitectura tecnológica para el SISCP-C |
| 7 | Elaboración de documento | <p>Resultado: Entrega de documento final</p> <p>Beneficio: Conclusión del estudio, entregando futuros desarrollos.</p> <p>¿Por qué?: Conclusión del proyecto y acotación de los elementos necesarios para su consolidación.</p> | Documento Final |

Anexo 11. Alineación Estratégica de la Solución

Las unidades a flote de la ARC cuentan con sistemas independientes para supervisar, controlar y administrar sus equipos, no hay una plataforma única que centralice los sistemas de control de maquinaria, y requieren de capacitaciones para el personal con diferentes proveedores tecnológicos.

La ARC ha venido desarrollando programa conocido como: Plataforma Estratégica de Superficie – PES (DNP, 2019), su objetivo es el reemplazar las fragatas Almirante Padilla, con más de 40 años de uso y con un desarrollo local, fortalecer las capacidades marítimas industriales, con una relativa independencia tecnológica, para la sostenibilidad de los buques en el tiempo con menor costo en su ciclo de vida. (Ramírez & Romero, 2020)

La ARC contempla en el programa PES en su etapa de diseño, un proyecto de ingeniería, que involucre las tecnologías enfocadas en la integración de áreas de buque, utilizando talento e ingeniería colombiana.

Proyectos I+D como el SISCP-C, buscan aportar en los objetivos del CONPES 3930 (Cárdenas et al., 2018), con una proyección de Colombia como potencia naval regional. Los objetivos de la Política Nacional del Océano y los Espacios Costeros (Comisión Colombiana del Océano, 2018) buscan:

- Contribuir al desarrollo regional y fortalecer capacidades propias de ciencia, tecnología e innovación.
- Implementar tecnologías abiertas y flexibles alrededor de sistemas de ingeniería de unidades a flote para disminuir la dependencia tecnológica, según el Plan de Desarrollo Naval 2042.
- Reducir tiempos de entrenamiento, capacitación e instrucción de tripulaciones a bordo de las unidades a flote.
- Optimizar el proceso de adquisición de datos de sistemas y equipos del área de ingeniería de las unidades a flote, para gestión de activos.

- Fortalecer capacidades en equipo, infraestructura y talento humano para realizar actividades I+D y revisar problemáticas asociadas.

La centralización de sistemas de control con el uso de arquitecturas abiertas y flexibles es un requerimiento imperativo en el desarrollo y planificación de la ARC. Se busca apoyar el crecimiento y desarrollo de ingeniería naval en el país para un escenario marítimo militar, e integrar áreas del buque con independencia tecnológica.

Tabla 20 Alineación con Plan de Desarrollo Naval 2042

| Alineación | Impacto del proyecto |
|---|---|
| <p>La ARC busca independencia tecnológica mediante el desarrollo I+D+i, en áreas de jurisdicción, usando poder naval sostenible e industrialización de producción científica.</p> <p>Direccionamiento Estratégico de la ARC.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Objetivos estratégicos de largo plazo. • Estrategias. <ul style="list-style-type: none"> ○ Desarrollo tecnológico. <p>Objetivo. Reducir dependencia tecnológica con procesos I+D+i para incrementar el desarrollo tecnológico de la ARC.</p> <p>Meta. Incrementar I+D+i naval.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Consolidación de CTel en la ARC, articulación con escuelas de formación y grupos de I+D+i. • Proyectos I+D+i para desarrollo de industria nacional integrando en medios navales. • Plan de transferencia de conocimiento proyectos I+D+i. • Estructuración de sistema de vigilancia tecnológica para obtención y apropiación tecnológica. • Uso de análisis de datos para operación, mantenimiento y comunicaciones entre los sistemas. |

Tabla 21 Plan Estratégico – Naval 2020-2023

| Alineación | Impacto del proyecto |
|---|--|
| <p>Objetivos Estratégicos (OE)</p> <ul style="list-style-type: none"> • No 2. Desarrollo marítimo del país. • No 4. Proyección regional, cooperación internacional. • No 5. Seguridad integral marítima y fluvial (SIMF). • No 6. Estructura para operaciones navales. • No 7. Aumentar el nivel de alistamiento operacional de las unidades. • No 10. Fomentar la educación naval. • No 11. Incrementar la I+D+i de la ARC. • No 12. Aumentar eficiencia logística naval. | <p>Facilitar condiciones para creación, obtención y explotación de soluciones I+D+i. Aumentar el sostenimiento de buques.</p> <p>Fortalecer el desarrollo económico y social con una conciencia de aprovechamiento del mar. La ARC es garante de la explotación del poder marítimo nacional.</p> |

Tabla 22 Plan Estratégico – CyT

| Alineación | Impacto del proyecto |
|---|--|
| <p>Programa 1: Programa de Superioridad de Combate. Área 1: Ingeniería. Líneas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control inteligente. • Sistema de comunicación. • Gestión de activos navales. <p>Área 2: Ingeniería Naval. Líneas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Electrónica, comunicaciones e informática. <p>Programa 2: Sistemas Aplicados a Toma de Decisiones e Instrucción. Área: Ciencias Navales. Líneas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo institucional, poder marítimo y educación militar. • Herramientas informáticas navales y de defensa. • Comando y control, seguridad y defensa. <p>Programa 3: Gestión de Procesos Logísticos, Operaciones y de Inteligencia. Área: Administración y Logística. Líneas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gestión logística y cadena de suministros. <p>Programa 4: Programa Plataforma Estratégica de Superficie (PES).</p> | <p>Impulsar el crecimiento y desarrollo de la ingeniería naval en Colombia, con enfoque en la integración de áreas de buque, para alcanzar un grado de independencia tecnológica.</p> <p>El Ministerio de Defensa Nacional ha buscado objetivos visibles para incrementar las capacidades de desarrollo y proyección tecnológicos del sector defensa, según la “Visión Compartida de Futuro en I+D+i”, y CTel como eje del desarrollo del sector defensa (Ministerio de Defensa Nacional, 2015).</p> |

Tabla 23 Programa Nacional de Seguridad y Defensa de Minciencias

| Alineación | Impacto del proyecto |
|---|--|
| <p>Plan Estratégico Programa Nacional de CTel en Seguridad y Defensa. Misión: Desarrollar capacidades para creación, transferencia y conocimiento en el sector defensa y seguridad del país y sociedad. Para consolidación de capacidades estratégicas, tácticas y operacionales de las fuerzas, para el desarrollo económico nacional. Acciones para consolidar mayores capacidades científicas y condiciones para desarrollos tecnológicos de impacto para el sector. Líneas estratégicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de comando y control. • Plataformas estratégicas para defensa y seguridad nacional. <p>Desarrollo de capacidad tecnológica empresarial.</p> | <p>Inversión en tecnologías para el sector defensa para obtener:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidades disuasivas. • Autosuficiencia en caso de conflicto. • Generación de capacidades industriales. <p>Creación de I+D+i.</p> |

Tabla 24 Alineación con la política pública

| Alineación | Impacto del proyecto |
|---|--|
| <p>Alineación con la política pública. Condiciones para desarrollos tecnológicos para el sector defensa, transferibles a otros sectores. Líneas estratégicas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Sistemas de comando y control.• Plataformas estratégicas para defensa y seguridad nacional. <p>Desarrollo de la capacidad tecnológica empresarial.</p> | <p>Desarrollo de base tecnológica e industrial para sector defensa que obtenga o potencie capacidades estratégicas para desarrollar la fuerza pública con base en I+D+i de defensa. Se alinea con la política pública de soluciones tecnológicas avanzadas para impulsar la industria nacional, creando encadenamientos productivos.</p> |

Anexo 12. Arquitectura integrada del SISCP-C

Junto con Rockwell Automation, socio clave de la ARC, se desarrolló el piloto de desarrollo del prototipo mínimo funcional para el SCADA, que incluye un actuador básico y el HMI.

El sistema por utilizar cuenta con las ventajas enlistadas a continuación:

Productividad

Mejoras en la productividad de los activos y rendimiento del sistema.

- Se crea un conjunto de objetos de ingeniería para compartir entre todos los sistemas.
- Integrar la planta de producción con los demás sistemas, para mejorar el flujo de datos y tomar decisiones más rápidas y con más información
- Mejorar el tiempo de actividad, aumentar la velocidad y simplificar la integración mediante dispositivos inteligentes
- Aprovechar las ventajas de una única infraestructura de red

Innovación

Mayor flexibilidad en el sistema, disminución de riesgos de tipo técnico.

- Disminución de tareas de desarrollo
- Realizar rápidamente cambios en la planta
- Combinación de tecnologías industriales
- Compartir mejores prácticas

Globalización

Fácil consulta de información de toda la planta.

- Extraer y utilizar información directamente desde la planta, sus controladores y actuadores
- Uso de un estándar único para todos los equipos

Sostenibilidad

Aumento de tiempo de vida de la planta, optimización de los equipos.

- Reducción de residuos de un sistema en un espacio determinado
- Reducción de costes de energía
- Racionalizar activos y reducir almacenamiento y consumo

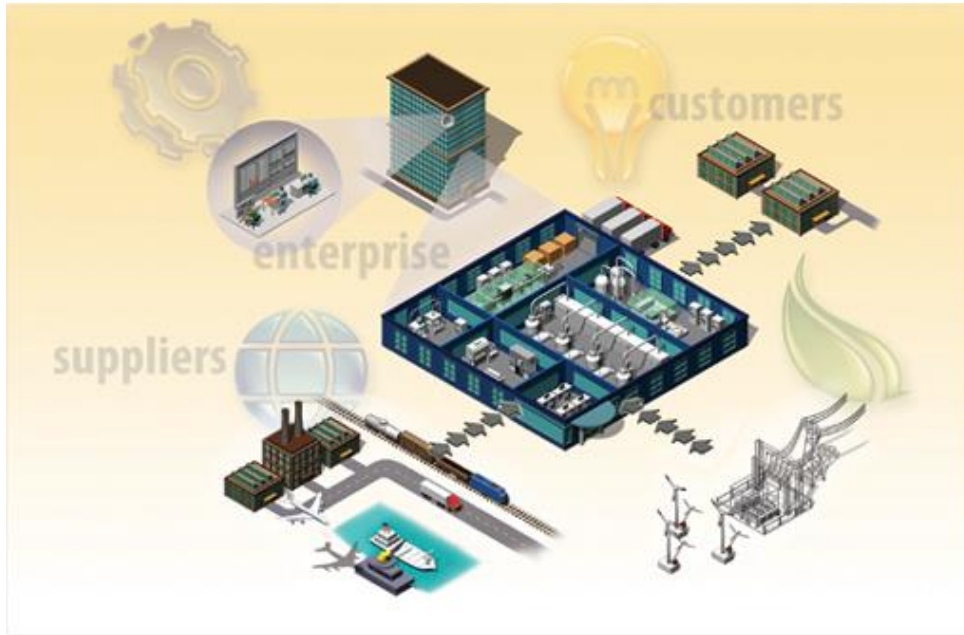


Figura 34. Estructura de servicio del sistema de control
Fuente: Rockwell Automation

Anexo 13. Listado de equipos (Bill of Materials)

| Qty | Catalog # | Description |
|------------------------------------|-------------------------------|--|
| Networks | | |
| Ethernet/IP001: Red Local 0 | | |
| 1 | 1783-BMS12T4E2CGL | Stratix 5700, 12 copper 10/100 ports, 2 combo (copper or SFP slot) 10/100/1000 ports, 4 PoE 10/100 ports, lite SW, Supports DLR |
| 14 | 1585J-M4TBJM-2 | Patch cord: RJ45 Male / RJ45 Male, 4-Conductor, Teal TPE, Flex Rated, 2 meters (6.56 feet) |
| 3 | DESKTOP PC | (Planta Electrical) Desktop PC |
| 3 | Remote Desktop Gateway Server | (FT View SE HMI Server Redundant) Remote Desktop Gateway Server |
| 2 | 5204-DFNT-PDPMV1 | (Protocol Industrial) Ethernet/IP Client/Server to PROFIBUS DP Master V1 Gateway |
| 5 | 6200P-12WS3C1 | (LOP 233_1) Industrial Computer, 12.1 in. Widescreen Display, Projected Capacitive Multi-Touch Screen, 128GB SSD, Dual Port Ethernet, Windows 10 IoT Enterprise 64-bit Operating System, Single Display Output, No Pre-Installed Software, 24 VDC |
| 2 | 5069-L306ER | (PAC Por definir) CompactLogix 5380 Controller, 600KB, 8 I/Os, 16 nodes, Standard |
| | | (PAC por definir) Includes (1) 5069-ECR: 5069 End cap |
| 2 | 1585J-M8TBJM-2 | Patch cord: RJ45 Male / RJ45 Male, 8-Conductor, Teal Robotic TPE, Flex Rated, 2 meters (6.56 feet) |
| Ethernet/IP001: Red Local 1 | | |
| 1 | 1783-BMS12T4E2CGL | Stratix 5700, 12 copper 10/100 ports, 2 combo (copper or SFP slot) 10/100/1000 ports, 4 PoE 10/100 ports, lite SW, Supports DLR |
| 7 | 1585J-M4TBJM-2 | Patch cord: RJ45 Male / RJ45 Male, 4-Conductor, Teal TPE, Flex Rated, 2 meters (6.56 feet) |
| 2 | 5069-L306ER | (CMX SS.1 CMX001 (Copy 1)) CompactLogix 5380 Controller, 600KB, 8 I/Os, 16 nodes, Standard |
| | | (CMX SS.1 CMX001 (Copy 1)) Includes (1) 5069-ECR: 5069 End cap |
| 1 | 1444-DYN04-01RA | (XMCondMon001) Dynamic Measurement Module, 4 Dynamic Inputs, 2 TTL Speed Inputs, 1 Relay, 2-Port Ethernet/IP (DLR), Synchronous or Asynchronous Dynamic Measurements, Position Measurements. Use with 1444-TB-A Base and DYN RPC set. |
| 2 | 5204-DFNT-PDPMV1 | (Industrial Protocol) Ethernet/IP Client/Server to PROFIBUS DP Master V1 Gateway |
| 2 | 1756-EN2TR | (CLX SS.1 CLogix001) Ethernet 10-100M Bridge Module (2-Ports) |
| 1 | 1585J-M8TBJM-2 | Patch cord: RJ45 Male / RJ45 Male, 8-Conductor, Teal Robotic TPE, Flex Rated, 2 meters (6.56 feet) |
| Ethernet/IP001: Red Local 3 | | |
| 1 | 1783-BMS12T4E2CGL | Stratix 5700, 12 copper 10/100 ports, 2 combo (copper or SFP slot) 10/100/1000 ports, 4 PoE 10/100 ports, lite SW, Supports DLR |
| 13 | 1585J-M4TBJM-2 | Patch cord: RJ45 Male / RJ45 Male, 4-Conductor, Teal TPE, Flex Rated, 2 meters (6.56 feet) |
| 2 | 2711P-T9W22D8S | (HMI PAF Proa) Graphic Terminal, PanelView Plus 7 Standard, 900, Wide aspect ratio Color, DC, DLR Ethernet |
| 5 | 1734-AENTR | (DIO SS.2 POINT001) 1734 2-Port Ethernet/IP Adapter |
| 1 | 1794-AENTR | (DIO Flex/O (Op1)) FLEX I/O Dual Port Ethernet/IP Adapter Module |
| 2 | Desktop Client | (Thin Manager Server) Desktop Client |
| 1 | 1769-L33ERMS | (CompactLogix001) Compact Guard Logix 5370 L3 Safety controller, 2 Ethernet/IP ports, User memory w/Super cap Backup:2.0 MB Standard Memory, 1.0 MB safety memory, up to 8 Axis CIP motion, up to 16 1769 I/O Local expansion modules, 32 Ethernet/IP nodes and 120 TCP connection |
| 1 | 1585J-M8TBJM-2 | Patch cord: RJ45 Male / RJ45 Male, 8-Conductor, Teal Robotic TPE, Flex Rated, 2 meters (6.56 feet) |
| 1 | 5094-AENTR | (DIO Tanques de Almacenamiento) Ethernet Adapter supports up to 8 local I/O modules |

| Qty | Catalog # | Description |
|--|-------------------------------|---|
| Ethernet/IP001: Red Local 2 | | |
| 1 | 1783-BMS12T4E2CGL | Stratix 5700, 12 copper 10/100 ports, 2 combo (copper or SFP slot) 10/100/1000 ports, 4 PoE 10/100 ports, lite SW, Supports DLR |
| 16 | 1585J-M4TBJM-2 | Patch cord: RJ45 Male / RJ45 Male, 4-Conductor, Teal TPE, Flex Rated, 2 meters (6.56 feet) |
| 3 | 6200P-12WS3C1 | (Station Control de Averi as Estacio 1) Industrial Computer, 12.1 in. Widescreen Display, Projected Capacitive Multi-Touch Screen, 128GB SSD, Dual Port Ethernet, Windows 10 IoT Enterprise 64-bit Operating System, Single Display Output, No Pre-Installed Software, 24 VDC |
| 6 | 5204-DFNT-PDPMV1 | (Device008) Ethernet/IP Client/Server to PROFIBUS DP Master V1 Gateway |
| 6 | 1734-AENTR | (DIO Ventilation Proa) 1734 2-Port Ethernet/IP Adapter |
| 1 | 1585J-M8TBJM-2 | Patch cord: RJ45 Male / RJ45 Male, 8-Conductor, Teal Robotic TPE, Flex Rated, 2 meters (6.56 feet) |
| Hardware | | |
| Planta Propulsor | | |
| 1 | DESKTOP PC | Desktop PC |
| 1 | NIC-CARD | Ethernet NIC Card for PC |
| Planta Electrical | | |
| 1 | DESKTOP PC | Desktop PC |
| 1 | NIC-CARD | Ethernet NIC Card for PC |
| Sistemas auxiliares | | |
| 1 | DESKTOP PC | Desktop PC |
| 1 | NIC-CARD | Ethernet NIC Card for PC |
| FT View SE HMI Server Redundant | | |
| 1 | Remote Desktop Gateway Server | Remote Desktop Gateway Server |
| FT Historian Server | | |
| 1 | Remote Desktop Gateway Server | Remote Desktop Gateway Server |
| Views HMI Server Redundant | | |
| 1 | Remote Desktop Gateway Server | Remote Desktop Gateway Server |
| CMX SS.1 CMX001 | | |
| 1 | 5069-L306ER | CompactLogix 5380 Controller, 600KB, 8 I/Os, 16 nodes, Standard |
| | | Includes (1) 5069-ECR: 5069 End cap |
| 1 | 5069-RTB64-SCREW | 5069 Compact I/O Power terminal RTB kit for 5069-AEN2TR. Contains both 4 and 6 pin Screw type RTB |
| 1 | 5069-IB16 | 5069 Compact I/O 16 Channel 24VDC Sink Input Module, 100µs response, up to 500hz simple counter |
| 4 | 5069-RTB18-SCREW | 5069 Compact I/O 18 pins Screw type terminal block kit |
| 1 | 5069-OB8 | 5069 Compact I/O 8 Channel 24VDC Source Output Module, 100µs response, 2 tier fault mode, hold last state |
| 1 | 5069-IF8 | 5069 Compact I/O 8 Channel Voltage/Current Analog Input Module, 16-bit resolution, 1ms channel update rate, analog scaling |
| 1 | 5069-OF4 | 5069 Compact I/O 4 Channel Voltage/Current Analog Output Module, 16-bit resolution, 1ms channel update rate, forcing, analog scaling, hold last state |

| Qty | Catalog # | Description |
|---------------------------------|------------------|---|
| CMX SS.1 CMX001 (Copy 1) | | |
| 1 | 5069-L306ER | CompactLogix 5380 Controller, 600KB, 8 I/Os, 16 nodes, Standard |
| | | Includes (1) 5069-ECR: 5069 End cap |
| 1 | 5069-RTB64-SCREW | 5069 Compact I/O Power terminal RTB kit for 5069-AEN2TR. Contains both 4 and 6 pin Screw type RTB |
| 1 | 5069-IB16 | 5069 Compact I/O 16 Channel 24VDC Sink Input Module, 100µs response, up to 500hz simple counter |
| 4 | 5069-RTB18-SCREW | 5069 Compact I/O 18 pins Screw type terminal block kit |
| 1 | 5069-OB8 | 5069 Compact I/O 8 Channel 24VDC Source Output Module, 100µs response, 2 tier fault mode, hold last state |
| 1 | 5069-IF8 | 5069 Compact I/O 8 Channel Voltage/Current Analog Input Module, 16-bit resolution, 1ms channel update rate, analog scaling |
| 1 | 5069-OF4 | 5069 Compact I/O 4 Channel Voltage/Current Analog Output Module, 16-bit resolution, 1ms channel update rate, forcing, analog scaling, hold last state |
| Protocol Industrial | | |
| 1 | 5204-DFNT-PDPMV1 | Ethernet/IP Client/Server to PROFIBUS DP Master V1 Gateway |
| LOP 233 1 | | |
| 1 | 6200P-12WS3C1 | Industrial Computer, 12.1 in. Widescreen Display, Projected Capacitive Multi-Touch Screen, 128GB SSD, Dual Port Ethernet, Windows 10 IoT Enterprise 64-bit Operating System, Single Display Output, No Pre-Installed Software, 24 VDC |
| LOP Sist Illumination | | |
| 1 | 6200P-12WS3C1 | Industrial Computer, 12.1 in. Widescreen Display, Projected Capacitive Multi-Touch Screen, 128GB SSD, Dual Port Ethernet, Windows 10 IoT Enterprise 64-bit Operating System, Single Display Output, No Pre-Installed Software, 24 VDC |
| LOP 300 Dist. Feruza | | |
| 1 | 6200P-12WS3C1 | Industrial Computer, 12.1 in. Widescreen Display, Projected Capacitive Multi-Touch Screen, 128GB SSD, Dual Port Ethernet, Windows 10 IoT Enterprise 64-bit Operating System, Single Display Output, No Pre-Installed Software, 24 VDC |
| LOP 311 | | |
| 1 | 6200P-12WS3C1 | Industrial Computer, 12.1 in. Widescreen Display, Projected Capacitive Multi-Touch Screen, 128GB SSD, Dual Port Ethernet, Windows 10 IoT Enterprise 64-bit Operating System, Single Display Output, No Pre-Installed Software, 24 VDC |
| LOP 233 | | |
| 1 | 6200P-12WS3C1 | Industrial Computer, 12.1 in. Widescreen Display, Projected Capacitive Multi-Touch Screen, 128GB SSD, Dual Port Ethernet, Windows 10 IoT Enterprise 64-bit Operating System, Single Display Output, No Pre-Installed Software, 24 VDC |
| PAC por definir | | |
| 1 | 5069-L306ER | CompactLogix 5380 Controller, 600KB, 8 I/Os, 16 nodes, Standard |
| | | Includes (1) 5069-ECR: 5069 End cap |
| 1 | 5069-RTB64-SCREW | 5069 Compact I/O Power terminal RTB kit for 5069-AEN2TR. Contains both 4 and 6 pin Screw type RTB |
| 1 | 5069-IB16 | 5069 Compact I/O 16 Channel 24VDC Sink Input Module, 100µs response, up to 500hz simple counter |
| 4 | 5069-RTB18-SCREW | 5069 Compact I/O 18 pins Screw type terminal block kit |
| 1 | 5069-OB8 | 5069 Compact I/O 8 Channel 24VDC Source Output Module, 100µs response, 2 tier fault mode, hold last state |
| 1 | 5069-IF8 | 5069 Compact I/O 8 Channel Voltage/Current Analog Input Module, 16-bit resolution, 1ms channel update rate, analog scaling |
| 1 | 5069-OF4 | 5069 Compact I/O 4 Channel Voltage/Current Analog Output Module, 16-bit resolution, 1ms channel update rate, forcing, analog scaling, hold last state |

| Qty | Catalog # | Description |
|---|---------------------|---|
| Protocol Industrial 2 | | |
| 1 | 5204-DFNT-PDPMV1 | Ethernet/IP Client/Server to PROFIBUS DP Master V1 Gateway |
| XMCondMon001 | | |
| 1 | 1606-XLS480E-3 | 3-Phase Power Supply - 480W, 24V DC, 20.0A |
| 1 | 1444-DYN04-01RA | Dynamic Measurement Module, 4 Dynamic Inputs, 2 TTL Speed Inputs, 1 Relay, 2-Port Ethernet/IP (DLR), Synchronous or Asynchronous Dynamic Measurements, Position Measurements. Use with 1444-TB-A Base and DYN RPC set. |
| 1 | 1444-TBA-RPC-SCW-01 | Plug Connector set, Removable, Screw clamp, Includes top and bottom side connectors |
| 1 | 1444-DYN-RPC-SCW-01 | Plug Connector set, Removable, Screw clamp, Includes top and bottom side connectors |
| 1 | 1444-TB-A | Terminal Base A, 18-32V DC max 5A SELV/Class 2 Power Supply, -25 to +70 C, use with 1444-DYN04-01RA Measurement Module, requires 1444-TBA-RPC-* connector set. |
| Industrial Protocol | | |
| 1 | 5204-DFNT-PDPMV1 | Ethernet/IP Client/Server to PROFIBUS DP Master V1 Gateway |
| CMX SS.1 CMX001 (Copy 2) | | |
| 1 | 5069-L306ER | CompactLogix 5380 Controller, 600KB, 8 I/Os, 16 nodes, Standard |
| | | Includes (1) 5069-ECR: 5069 End cap |
| 1 | 5069-RTB64-SCREW | 5069 Compact I/O Power terminal RTB kit for 5069-AEN2TR. Contains both 4 and 6 pin Screw type RTB |
| Industrial Protocol1 | | |
| 1 | 5204-DFNT-PDPMV1 | Ethernet/IP Client/Server to PROFIBUS DP Master V1 Gateway |
| Station Control de Averias Estacio 1 | | |
| 1 | 6200P-12WS3C1 | Industrial Computer, 12.1 in. Widescreen Display, Projected Capacitive Multi-Touch Screen, 128GB SSD, Dual Port Ethernet, Windows 10 IoT Enterprise 64-bit Operating System, Single Display Output, No Pre-Installed Software, 24 VDC |
| Station Control de Averias Estacio 2 | | |
| 1 | 6200P-12WS3C1 | Industrial Computer, 12.1 in. Widescreen Display, Projected Capacitive Multi-Touch Screen, 128GB SSD, Dual Port Ethernet, Windows 10 IoT Enterprise 64-bit Operating System, Single Display Output, No Pre-Installed Software, 24 VDC |
| Device008 | | |
| 1 | 5204-DFNT-PDPMV1 | Ethernet/IP Client/Server to PROFIBUS DP Master V1 Gateway |
| Station CIC | | |
| 1 | 6200P-12WS3C1 | Industrial Computer, 12.1 in. Widescreen Display, Projected Capacitive Multi-Touch Screen, 128GB SSD, Dual Port Ethernet, Windows 10 IoT Enterprise 64-bit Operating System, Single Display Output, No Pre-Installed Software, 24 VDC |
| Protocol Industrial 3 | | |
| 1 | 5204-DFNT-PDPMV1 | Ethernet/IP Client/Server to PROFIBUS DP Master V1 Gateway |
| Protocol Industrial 4 | | |
| 1 | 5204-DFNT-PDPMV1 | Ethernet/IP Client/Server to PROFIBUS DP Master V1 Gateway |
| Protocol Industrial 5 | | |
| 1 | 5204-DFNT-PDPMV1 | Ethernet/IP Client/Server to PROFIBUS DP Master V1 Gateway |
| Protocol Industrial 6 | | |
| 1 | 5204-DFNT-PDPMV1 | Ethernet/IP Client/Server to PROFIBUS DP Master V1 Gateway |
| Protocol Industrial 7 | | |
| 1 | 5204-DFNT-PDPMV1 | Ethernet/IP Client/Server to PROFIBUS DP Master V1 Gateway |

| Qty | Catalog # | Description |
|-----------------------------|-------------|---|
| DIO Ventilation Proa | | |
| 1 | 1734-AENTR | 1734 2-Port Ethernet/IP Adapter |
| 1 | 1734-IB8 | 24V DC 8-Point Sink Input Module |
| 1 | 1734-TOP | One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals |
| DIO Extraction Popa | | |
| 1 | 1734-AENTR | 1734 2-Port Ethernet/IP Adapter |
| 1 | 1734-IB8 | 24V DC 8-Point Sink Input Module |
| 1 | 1734-TOP | One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals |
| DIO Extraction Proa | | |
| 1 | 1734-AENTR | 1734 2-Port Ethernet/IP Adapter |
| 1 | 1734-IB8 | 24V DC 8-Point Sink Input Module |
| 1 | 1734-TOP | One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals |
| DIO Ventilation Popa | | |
| 1 | 1734-AENTR | 1734 2-Port Ethernet/IP Adapter |
| 1 | 1734-IB8 | 24V DC 8-Point Sink Input Module |
| 1 | 1734-TOP | One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals |
| DIO Flaps Proa | | |
| 1 | 1734-AENTR | 1734 2-Port Ethernet/IP Adapter |
| 1 | 1734-IB8 | 24V DC 8-Point Sink Input Module |
| 1 | 1734-TOP | One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals |
| DIO Flaps Popa | | |
| 1 | 1734-AENTR | 1734 2-Port Ethernet/IP Adapter |
| 1 | 1734-IB8 | 24V DC 8-Point Sink Input Module |
| 1 | 1734-TOP | One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals |
| CLX SS.1 CLogix001 | | |
| 2 | 1756-A7 | 1756 Chassis 7 slots |
| 2 | 1756-PA72 | 85-265 VAC Power Supply (5V @ 10 Amp) |
| 2 | 1756-EN2TR | Ethernet 10-100M Bridge Module (2-Ports) |
| 2 | 1756-L73 | Logix5573 Controller With 8 Mbytes Memory |
| 8 | 1756-N2 | Empty Slot Filler for 1756 Chassis |
| 2 | 1756-RM2 | Redundancy Module |
| 2 | 1756-RMC1 | Redundancy Module Cable, 1M |
| DIO SS.2 POINT001 | | |
| 1 | 1734-AENTR | 1734 2-Port Ethernet/IP Adapter |
| 2 | 1734-IB8 | 24V DC 8-Point Sink Input Module |
| 12 | 1734-TOP | One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals |
| 3 | 1734-IE8C | 8-Channel High-Density Analog Current Input Module |
| 2 | 1734-OB8 | 24V DC 8-Point Source Output Module |
| 5 | 1734-OE4C | 4-Point Analog Current Output Module |
| 1 | 1734-EP24DC | 24V DC Expansion Power Module |

| Qty | Catalog # | Description |
|-----------------------------------|----------------|---|
| DIO SS.2 POINT001 (Copy 1) | | |
| 1 | 1734-AENTR | 1734 2-Port Ethernet/IP Adapter |
| 2 | 1734-IB8 | 24V DC 8-Point Sink Input Module |
| 12 | 1734-TOP | One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals |
| 3 | 1734-IE8C | 8-Channel High-Density Analog Current Input Module |
| 2 | 1734-OB8 | 24V DC 8-Point Source Output Module |
| 5 | 1734-OE4C | 4-Point Analog Current Output Module |
| 1 | 1734-EP24DC | 24V DC Expansion Power Module |
| HMI PAF Proa | | |
| 1 | 2711P-T9W22D8S | Graphic Terminal, PanelView Plus 7 Standard, 900, Wide aspect ratio Color, DC, DLR Ethernet |
| HMI PAF Popa | | |
| 1 | 2711P-T9W22D8S | Graphic Terminal, PanelView Plus 7 Standard, 900, Wide aspect ratio Color, DC, DLR Ethernet |
| DIO Flex/O (Op1) | | |
| 1 | 1794-AENTR | FLEX I/O Dual Port Ethernet/IP Adapter Module |
| 2 | 1794-OB16D | 24V DC Source Output Module, 16 Point Diagnostic |
| 2 | 1794-TB3 | 3-wire screw terminal base (16 I/O; 18 common; 18 +V) |
| DIO Point I/O (Op2) | | |
| 1 | 1734-AENTR | 1734 2-Port Ethernet/IP Adapter |
| 3 | 1734-OB8 | 24V DC 8-Point Source Output Module |
| 5 | 1734-TOP | One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals |
| 1 | 1734-IE4C | 4-Channel High-Density Analog Current Input Module |
| 1 | 1734-IB4 | 24V DC 4-Point Sink Input Module |
| DIO SS.5 POINT001 | | |
| 1 | 1734-AENTR | 1734 2-Port Ethernet/IP Adapter |
| 1 | 1734-IE4C | 4-Channel High-Density Analog Current Input Module |
| 2 | 1734-TOP | One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals |
| 1 | 1734-OB8 | 24V DC 8-Point Source Output Module |
| DIO SS.6 POINT001 | | |
| 1 | 1734-AENTR | 1734 2-Port Ethernet/IP Adapter |
| 1 | 1734-IE8C | 8-Channel High-Density Analog Current Input Module |
| 4 | 1734-TOP | One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals |
| 1 | 1734-OB8 | 24V DC 8-Point Source Output Module |
| 2 | 1734-OE4C | 4-Point Analog Current Output Module |
| Thin Manager Server | | |
| 1 | Desktop Client | Desktop Client |
| FT VantagePoint Server | | |
| 1 | Desktop Client | Desktop Client |

| Qty | Catalog # | Description |
|---|----------------------|--|
| CompactLogix001 | | |
| 1 | 1769-ECR | Right End Cap Terminator |
| 1 | 1769-L33ERMS | Compact Guard Logix 5370 L3 Safety controller, 2 Ethernet/IP ports, User memory w/Super cap Backup:2.0 MB Standard Memory, 1.0 MB safety memory, up to 8 Axis CIP motion, up to 16 1769 I/O Local expansion modules, 32 Ethernet/IP nodes and 120 TCP connection |
| 1 | 1769-PA2 | 120/240V AC Power Supply (5V @ 2 Amp) |
| DIO Tanques de Almacenamiento | | |
| 1 | 1606-XLSDNET4 | Single- Phase power supply - 91W, 24V DC, 4.0A Device Net Power Supply |
| 1 | 5094-AENTR | Ethernet Adapter supports up to 8 local I/O modules |
| 5 | 5094-IF8XT | Analog input, 8-channel XT |
| 5 | 5094-MBXT | Mounting base conformal coated |
| 5 | 5094-RTB3XT | Removable Terminal Block XT |
| Rockwell Software | | |
| FactoryTalk VantagePoint | | |
| 1 | 9521-VPSEVERENE | FactoryTalk VantagePoint EMI Server |
| 1 | 9521-VPCL01ENE | FactoryTalk VantagePoint 1 Concurrent User Client |
| FactoryTalk Historian Site Edition | | |
| 1 | 9518-HSE500 | FT Historian SE - 500 points |
| Studio 5000 | | |
| 1 | 9324-RLD300ENE | Studio 5000 Standard Edition |
| FactoryTalk View Studio | | |
| 1 | 9701-VWSTENE | FactoryTalk View Studio for FactoryTalk View Enterprise |
| FactoryTalk View Site Edition Server | | |
| 1 | 9701-VWSS000LENE | FactoryTalk View SE Server Unlimited Display with Risling Enterprise |
| 2 | 9701-VWSS000CW10LENE | ESD - View SE unlimited displays Server, 10 R/W clients, 1 Viewpoint client |
| Factory Talk Network Manager (FTNM) | | |
| 2 | 9313C-NMMS01T11 | FactoryTalk Network Manager node license |
| CYA | | |
| Protection Solutions | | |
| 3 | 1489-M1C040 | Bulletin 1489 Miniature Circuit Breaker, Standard configuration, AC, 1 Pole Configuration, Trip Curve C, 4A |
| 5 | 1489-M1C300 | Bulletin 1489 Miniature Circuit Breaker, Standard configuration, AC, 1 Pole Configuration, Trip Curve C, 30A |
| 4 | 1692-ZRCLSS | Bulletin 1692 Electronic Circuit Protection (ECP), 24V DC Module Voltage, Module Protection and Class 2, (4) NEC Class 2 Circuits |
| 2 | 1692-ZG6666 | Bulletin 1692 Electronic Circuit Protection (ECP), 24V DC Module Voltage, Module Protection, 6 A, 6 A, 6 A, 6 A |
| 3 | 1489-M1C060 | Bulletin 1489 Miniature Circuit Breaker, Standard configuration, AC, 1 Pole Configuration, Trip Curve C, 6A |

Anexo 14. Arquitectura del HMI propuesto

| Conn | Catalog Number | Controller Assignment | Comm Module Assignment | # CIP Connections | # Of Tags (Standard) | # Of Tags (String) | Scan Rate (ms) |
|------|----------------|--|---|-------------------|----------------------|--------------------|----------------|
| 1 | DESKTOP PC | CLX_SS.1_CLogix001 / 1 / 1756-L73 | CLX_SS.1_CLogix001 / 0 / 1756-EN2TR [10.0.2.45] | 5 | 0 | 0 | 500 |
| 1 | DESKTOP PC | CLX_SS.1_CLogix001 / 1 / 1756-L73 | CLX_SS.1_CLogix001 / 0 / 1756-EN2TR [10.0.2.45] | 5 | 0 | 0 | 500 |
| 1 | DESKTOP PC | CLX_SS.1_CLogix001 / 1 / 1756-L73 | CLX_SS.1_CLogix001 / 0 / 1756-EN2TR [10.0.2.45] | 5 | 0 | 0 | 500 |
| 1 | 6200P-12WS3C1 | CMX_SS.1_CMX001 (Copy 1) / 0 / 5069-L306ER | CMX_SS.1_CMX001 (Copy 1) / 0 / 5069-L306ER - A1 [10.0.2.12] | 5 | 1 | 1 | 500 |
| 2 | 6200P-12WS3C1 | CLX_SS.1_CLogix001 / 1 / 1756-L73 | CLX_SS.1_CLogix001 / 0 / 1756-EN2TR [10.0.2.45] | 5 | 1 | 1 | 500 |
| 1 | 6200P-12WS3C1 | CMX_SS.1_CMX001 (Copy 1) / 0 / 5069-L306ER | CMX_SS.1_CMX001 (Copy 1) / 0 / 5069-L306ER - A1 [10.0.2.12] | 5 | 1 | 1 | 500 |
| 2 | 6200P-12WS3C1 | CLX_SS.1_CLogix001 / 1 / 1756-L73 | CLX_SS.1_CLogix001 / 0 / 1756-EN2TR [10.0.2.45] | 5 | 1 | 1 | 500 |
| 1 | 6200P-12WS3C1 | CMX_SS.1_CMX001 (Copy 1) / 0 / 5069-L306ER | CMX_SS.1_CMX001 (Copy 1) / 0 / 5069-L306ER - A1 [10.0.2.12] | 5 | 1 | 1 | 500 |
| 2 | 6200P-12WS3C1 | CLX_SS.1_CLogix001 / 1 / 1756-L73 | CLX_SS.1_CLogix001 / 0 / 1756-EN2TR [10.0.2.45] | 5 | 1 | 1 | 500 |
| 1 | 6200P-12WS3C1 | CMX_SS.1_CMX001 (Copy 1) / 0 / 5069-L306ER | CMX_SS.1_CMX001 (Copy 1) / 0 / 5069-L306ER - A1 [10.0.2.12] | 5 | 1 | 1 | 500 |
| 2 | 6200P-12WS3C1 | CLX_SS.1_CLogix001 / 1 / 1756-L73 | CLX_SS.1_CLogix001 / 0 / 1756-EN2TR [10.0.2.45] | 5 | 1 | 1 | 500 |
| 1 | 6200P-12WS3C1 | CMX_SS.1_CMX001 (Copy 1) / 0 / 5069-L306ER | CMX_SS.1_CMX001 (Copy 1) / 0 / 5069-L306ER - A1 [10.0.2.12] | 5 | 1 | 1 | 500 |
| 2 | 6200P-12WS3C1 | CLX_SS.1_CLogix001 / 1 / 1756-L73 | CLX_SS.1_CLogix001 / 0 / 1756-EN2TR [10.0.2.45] | 5 | 1 | 1 | 500 |
| 1 | 6200P-12WS3C1 | CMX_SS.1_CMX001 (Copy 2) / 0 / 5069-L306ER | CMX_SS.1_CMX001 (Copy 2) / 0 / 5069-L306ER - A1 [10.0.2.26] | 5 | 1 | 1 | 500 |
| 2 | 6200P-12WS3C1 | CLX_SS.1_CLogix001 / 1 / 1756-L73 | CLX_SS.1_CLogix001 / 0 / 1756-EN2TR [10.0.2.45] | 5 | 1 | 1 | 500 |
| 1 | 6200P-12WS3C1 | CMX_SS.1_CMX001 (Copy 2) / 0 / 5069-L306ER | CMX_SS.1_CMX001 (Copy 2) / 0 / 5069-L306ER - A1 [10.0.2.26] | 5 | 1 | 1 | 500 |
| 2 | 6200P-12WS3C1 | CLX_SS.1_CLogix001 / 1 / 1756-L73 | CLX_SS.1_CLogix001 / 0 / 1756-EN2TR [10.0.2.45] | 5 | 1 | 1 | 500 |
| 1 | 6200P-12WS3C1 | CMX_SS.1_CMX001 (Copy 2) / 0 / 5069-L306ER | CMX_SS.1_CMX001 (Copy 2) / 0 / 5069-L306ER - A1 [10.0.2.26] | 5 | 1 | 1 | 500 |
| 2 | 6200P-12WS3C1 | CLX_SS.1_CLogix001 / 1 / 1756-L73 | CLX_SS.1_CLogix001 / 0 / 1756-EN2TR [10.0.2.45] | 5 | 1 | 1 | 500 |
| 1 | 2711P-T9W22D8S | CLX_SS.1_CLogix001 / 1 / 1756-L73 | CLX_SS.1_CLogix001 / 0 / 1756-EN2TR [10.0.2.45] | 5 | 1 | 1 | 500 |
| 1 | 2711P-T9W22D8S | CLX_SS.1_CLogix001 / 1 / 1756-L73 | CLX_SS.1_CLogix001 / 0 / 1756-EN2TR [10.0.2.45] | 5 | 1 | 1 | 500 |

Anexo 15. Vista de red de la Arquitectura Tecnológica Propuesta

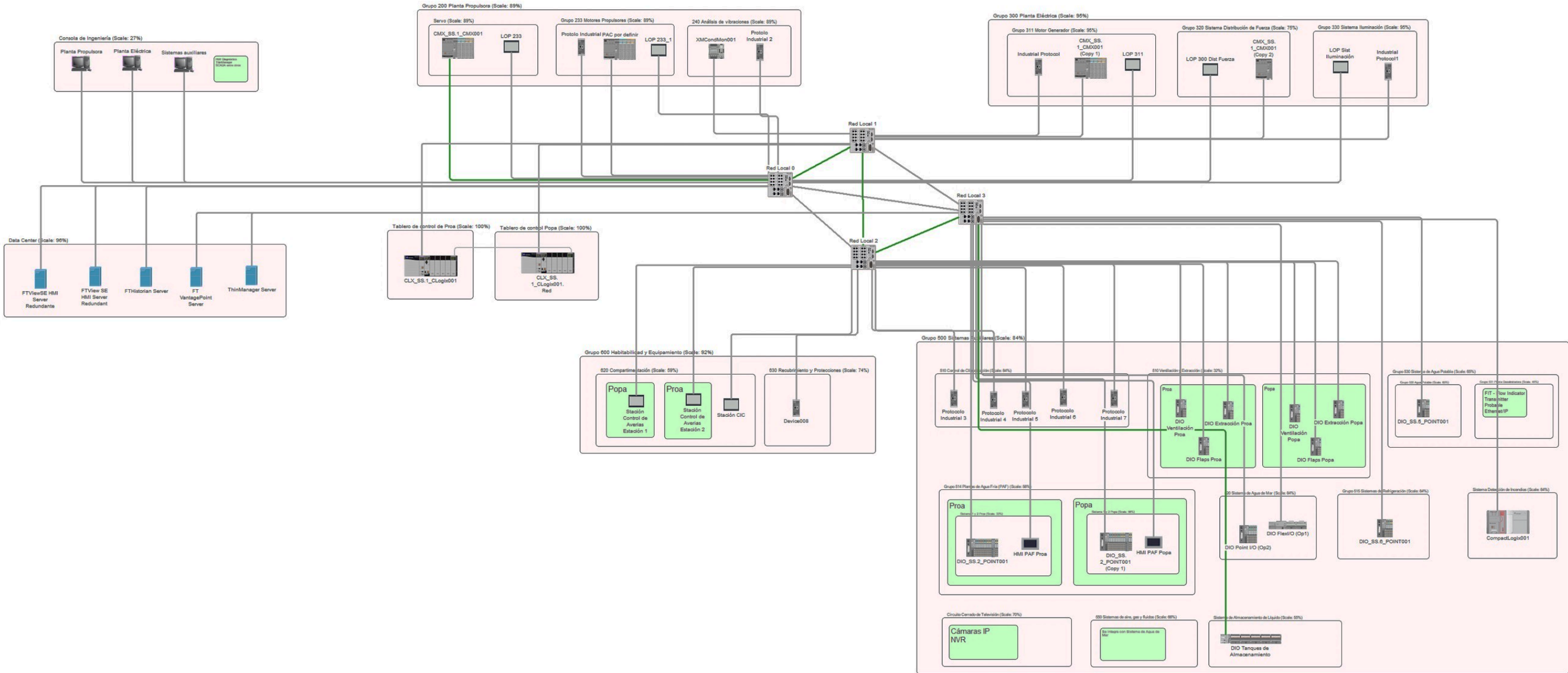


Figura 35. Vista de red
Fuente: Elaboración propia con información de ARC

Anexo 16. Vista de la Arquitectura Tecnológica Propuesta

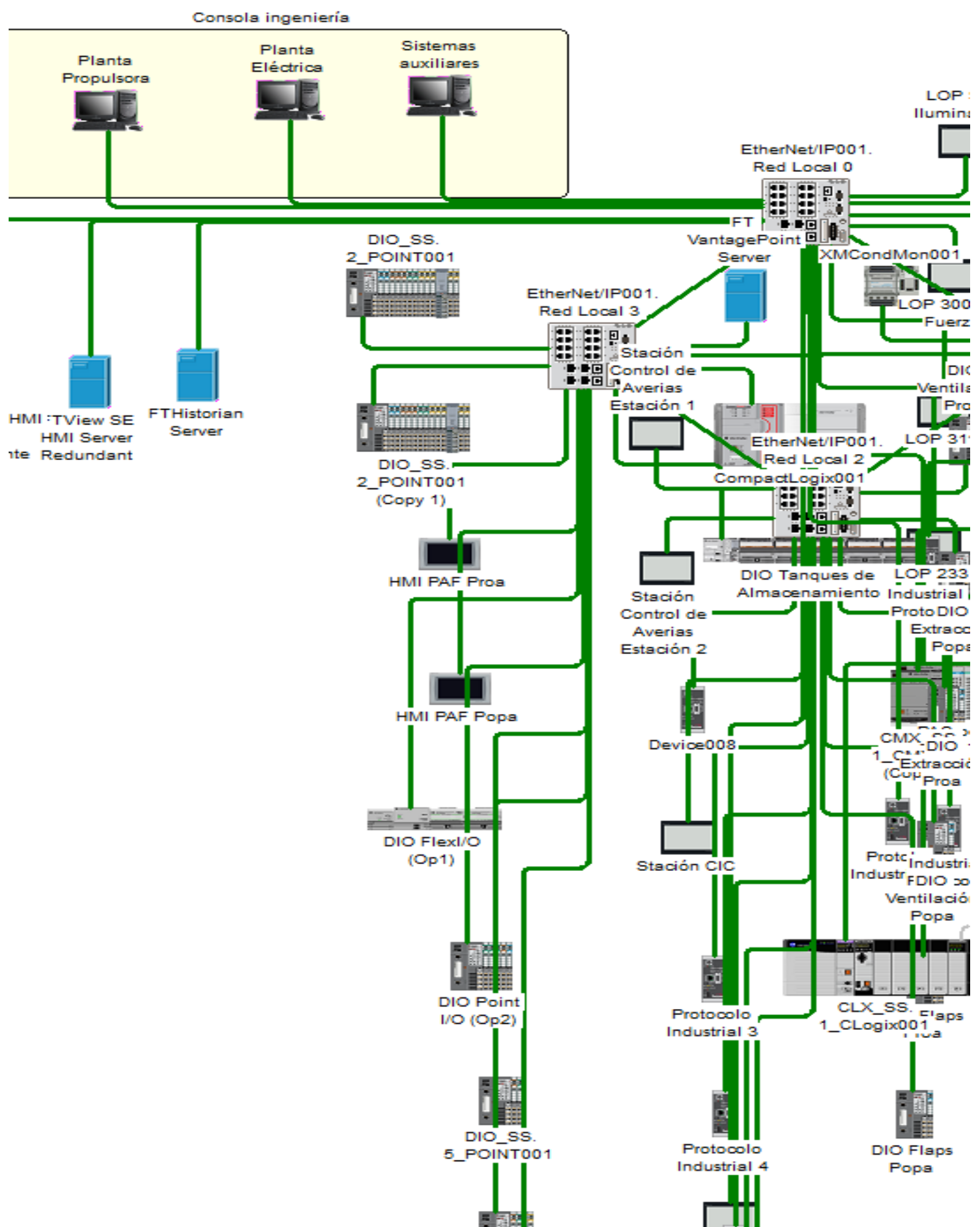


Figura 36. Vista de Arquitectura
Fuente: Elaboración propia con información de ARC