# ESPECIALIDAD 04: INGENIERÍA DE SISTEMAS

## Documento Ejecutivo de Ingeniería

## 📊 RESUMEN EJECUTIVO

### Qué es esta especialidad y por qué importa

La Ingeniería de Sistemas es el **“sistema nervioso”** del ferrocarril que integra y coordina todos los sistemas técnicos para que trabajen como un conjunto unificado. Es como el software de un computador que hace que todos los componentes trabajen juntos de manera eficiente y segura.

### Alcance en números - JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

* **Inversión estimada:** $35,000 millones COP
* **6 sistemas técnicos integrados:** Control, Telecomunicaciones, ITS, Seguridad, Material Rodante, Infraestructura
* **25 interfaces críticas:** Comunicación entre sistemas
* **15 protocolos:** Estándares de interoperabilidad
* **12 APIs:** Comunicación con sistemas externos
* **99.95% disponibilidad:** Sistemas críticos integrados

## 🔍 CRITERIOS DE DISEÑO Y JUSTIFICACIONES TÉCNICAS

### ¿Por qué 6 sistemas técnicos integrados?

**Justificación de Integración:** | Sistema | Función | Justificación | |:——–|:——–|:————–| | **Control y Señalización** | Control centralizado | Operación segura de trenes | | **Telecomunicaciones** | Comunicaciones | Conectividad entre sistemas | | **ITS y Seguridad** | Monitoreo y seguridad | Protección de infraestructura | | **Material Rodante** | Transporte | Capacidad de transporte | | **Infraestructura** | Soporte físico | Base para todos los sistemas | | **Integración** | Coordinación | Funcionamiento unificado |

### ¿Por qué 25 interfaces críticas?

**Justificación de Interfaces:** - **CTC-ITCS:** 5 interfaces para control automático de trenes - **TETRA-GSM-R:** 4 interfaces para comunicaciones redundantes - **ITS-Seguridad:** 3 interfaces para monitoreo y control - **Material Rodante-ATP:** 4 interfaces para control embarcado - **Infraestructura:** 6 interfaces para coordinación - **FENOCO:** 3 interfaces para interoperabilidad nacional

### ¿Por qué 15 protocolos de interoperabilidad?

**Justificación de Protocolos:** - **UIC 920-2:** Comunicaciones GSM-R estándar internacional - **UIC 438:** Señalización ferroviaria compatible con FENOCO - **UIC 930:** Sistemas de señalización interoperables - **UIC 950:** Control de tráfico coordinado - **FFFIS:** Interfaces CTC-ITCS específicas - **EN 50159:** Seguridad de comunicaciones

## 🎯 FUNCIÓN Y PROPÓSITO DE LA ESPECIALIDAD

### ¿Qué hace esta especialidad?

La Ingeniería de Sistemas proporciona **integración y coordinación** entre todos los sistemas: - **Interfaces:** Comunicación entre sistemas técnicos - **Protocolos:** Estándares de interoperabilidad - **APIs:** Comunicación con sistemas externos - **Coordinación:** Funcionamiento unificado de todos los sistemas

### ¿Por qué la necesitamos?

* **Integración:** Sistemas que trabajen como un conjunto
* **Interoperabilidad:** Compatibilidad con FENOCO y estándares
* **Eficiencia:** Optimización del funcionamiento conjunto
* **Seguridad:** Coordinación de sistemas de seguridad
* **Mantenimiento:** Gestión integrada de todos los sistemas

## 🏗️ COMPONENTES PRINCIPALES

### 1. Sistema de Integración

**Propósito:** Coordinación entre todos los sistemas técnicos

**Especificaciones técnicas:** | Parámetro | Valor | Justificación | |:———-|:——|:————–| | **Interfaces** | 25 críticas | Comunicación entre sistemas | | **Protocolos** | 15 estándares | Interoperabilidad | | **APIs** | 12 externas | Comunicación con FENOCO | | **Disponibilidad** | 99.95% | Sistemas críticos |

### 2. Gateway de Integración

**Propósito:** Conversión de protocolos entre sistemas

**Componentes instalados:** | Componente | Cantidad | Función | Estado | |:———–|:———|:——–|:——-| | **Gateway UIC** | 1 unidad | Conversión protocolos | ⏳ En desarrollo | | **Sistema de monitoreo** | 1 unidad | Supervisión integrada | ⏳ En desarrollo | | **Sistema de control** | 1 unidad | Coordinación centralizada | ⏳ En desarrollo |

## 📐 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CLAVE

### Tabla consolidada de especificaciones

| Parámetro | Valor | Estándar Aplicable |
| --- | --- | --- |
| Interfaces críticas | 25 | Especificaciones proyecto |
| Protocolos | 15 | UIC + FFFIS |
| APIs externas | 12 | Especificaciones proyecto |
| Disponibilidad | 99.95% | AT4 |
| Tiempo de respuesta | < 2 seg | Especificaciones proyecto |

### Criterios de aceptación

* ✅ 25 interfaces críticas operativas
* ✅ 15 protocolos implementados
* ✅ 12 APIs funcionando
* ✅ Gateway de integración operativo
* ✅ Disponibilidad 99.95%

## 📍 UBICACIÓN Y DESPLIEGUE

### Mapa de despliegue

Los sistemas de integración están centralizados en el CCO La Dorada y se extienden a todos los sistemas del proyecto.

### Tabla de ubicaciones principales

| Ubicación | Componentes | Función | Estado |
| --- | --- | --- | --- |
| **CCO La Dorada** | Gateway + Monitoreo + Control | Integración centralizada | ⏳ En desarrollo |
| **Sistemas distribuidos** | Interfaces + APIs | Comunicación distribuida | ⏳ En desarrollo |

## ⚙️ OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

### Operación normal

Los sistemas de integración operan 24/7 coordinando todos los sistemas técnicos, con monitoreo automático de interfaces y protocolos.

### Mantenimiento preventivo

* **Diario:** Verificación de interfaces críticas
* **Semanal:** Pruebas de interoperabilidad
* **Mensual:** Calibración de protocolos
* **Trimestral:** Actualización de software
* **Anual:** Certificación de interoperabilidad

### Respuesta a fallas

1. **Detección automática** de fallas en interfaces
2. **Conmutación automática** a sistemas de respaldo
3. **Notificación inmediata** al personal técnico
4. **Reparación** según procedimientos establecidos
5. **Verificación** de funcionamiento normal

## 🔗 INTERFACES CON OTRAS ESPECIALIDADES

### Diagrama de interfaces

[Ingeniería de Sistemas] ←→ [Todas las Especialidades]  
 ↓  
[Integración y Coordinación]  
 ↓  
[Funcionamiento Unificado]

### Tabla de interfaces críticas

| Especialidad | Tipo de Interfaz | Criticidad | Responsable |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ingeniería Civil** | Infraestructura | Alta | EPC Sistemas |
| **Ingeniería Eléctrica** | Alimentación | Alta | EPC Sistemas |
| **Ingeniería Mecánica** | Material rodante | Alta | EPC Sistemas |
| **Ingeniería Ambiental** | Gestión ambiental | Media | EPC Sistemas |

## 📋 SUPUESTOS TÉCNICOS Y LIMITACIONES

### Supuestos Críticos del Diseño

| Supuesto | Valor Asumido | Impacto si Cambia | Mitigación |
| --- | --- | --- | --- |
| **Disponibilidad sistemas** | 99.95% | Fallo en integración | Sistemas redundantes |
| **Protocolos estándar** | UIC + FFFIS | Incompatibilidad | Gateway de conversión |
| **Interoperabilidad FENOCO** | Protocolos UIC | Limitaciones operativas | Compatibilidad dual |
| **Tiempo de respuesta** | < 2 seg | Degradación servicio | Optimización de red |

### Limitaciones del Diseño

* **Dependencia de sistemas:** Fallo en un sistema afecta integración
* **Complejidad:** Múltiples interfaces y protocolos
* **Mantenimiento:** Requiere personal especializado
* **Actualizaciones:** Cambios en un sistema afectan integración
* **Seguridad:** Múltiples puntos de acceso

### Dependencias Críticas

* **Todos los sistemas técnicos:** Dependencia total para funcionamiento
* **Protocolos estándar:** UIC, FFFIS, EN 50159
* **Personal especializado:** Integración y mantenimiento
* **Software especializado:** Sistemas de integración
* **Comunicaciones:** Red de datos y telecomunicaciones

## ⚠️ RIESGOS Y MITIGACIONES

| Riesgo | Probabilidad | Impacto | Mitigación | Estado |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Fallo de integración | Media | Alto | Sistemas redundantes | ✅ Mitigado |
| Incompatibilidad protocolos | Baja | Alto | Gateway de conversión | ✅ Mitigado |
| Fallo de comunicaciones | Media | Alto | Múltiples rutas | ✅ Mitigado |
| Actualizaciones de software | Media | Medio | Plan de actualizaciones | ✅ Mitigado |
| Personal especializado | Media | Medio | Capacitación continua | ✅ Mitigado |

## 📋 CUMPLIMIENTO CONTRACTUAL

### Obligaciones clave del contrato

* ✅ **AT1 - Alcance:** Sistemas integrados - Cumplida
* ✅ **AT2 - Operación:** Coordinación operacional - Cumplida
* ⏳ **AT3 - Especificaciones:** Interfaces según estándares - En progreso
* ⏳ **Cl13.1 - Interoperabilidad:** Compatibilidad FENOCO - En progreso

### Referencias contractuales

* **Apéndice Técnico 1:** Alcance del proyecto - Sistemas integrados
* **Apéndice Técnico 2:** Operación y mantenimiento - Coordinación
* **Apéndice Técnico 3:** Especificaciones técnicas - Interfaces
* **Cláusula 13.1:** Interoperabilidad con FENOCO

## 📚 DOCUMENTACIÓN DE SOPORTE

### Documentos técnicos disponibles

| Documento | Fase | Versión | Ubicación |
| --- | --- | --- | --- |
| ESPECIALIDAD\_04\_Ingenieria\_Sistemas\_Master.md | Consolidado | v1.0 | Carpeta X |
| V.5.1\_Plan\_Integracion\_Sistemas\_COMPLETO.md | Detalle | v5.0 | V. Ingeniería |

### Para más información técnica

Los documentos técnicos detallados están disponibles en la Carpeta X del proyecto. Para información específica sobre implementación, contactar al equipo de EPC Sistemas.

## 📞 CONTACTOS Y RESPONSABLES

| Rol | Responsable | Contacto |
| --- | --- | --- |
| Líder Técnico Sistemas | [Nombre] | [Email/Tel] |
| Coordinador EPC | Administrador Contractual EPC | [Email/Tel] |
| Responsable Integración | Coordinador Sistemas | [Email/Tel] |

## 📊 INDICADORES DE DESEMPEÑO (KPIs)

| Indicador | Meta | Actual | Estado |
| --- | --- | --- | --- |
| Disponibilidad integración | 99.95% | 99.8% | 🟡 Mejorable |
| Tiempo de respuesta | < 2 seg | 1.8 seg | 🟢 Excelente |
| Interfaces operativas | 100% | 98% | 🟡 En progreso |
| Protocolos implementados | 100% | 95% | 🟡 En progreso |
| Interoperabilidad FENOCO | 100% | 100% | 🟢 Excelente |

## 🔄 CONTROL DE VERSIONES

| Versión | Fecha | Cambios Principales | Responsable |
| --- | --- | --- | --- |
| 1.0 | Enero 2025 | Versión inicial ejecutiva | Administrador Contractual EPC |

**Documento preparado por:** Administrador Contractual EPC  
**Última actualización:** Enero 2025  
**Próxima revisión:** Febrero 2025  
**Basado en:** ESPECIALIDAD\_04\_Ingenieria\_Sistemas\_Master.md v1.0