

La especificación técnica como decisión estratégica

Cómo las decisiones de especificación impactan el valor empresarial en
el sector energético

José A. Padilla
AMPP Senior Certified Coatings Inspector # 1535

Especificación de Recubrimientos

Objetivos

- Revisar/repasar la importancia de las especificaciones técnicas en un proyecto de recubrimientos
- Describir las diferentes secciones de una especificación y su impacto en la durabilidad de los recubrimientos
- Estudios de casos
- Conclusiones

Especificación de Recubrimientos

Procedimiento detallado, específico a la estructura que se va a recubrir y al ambiente de trabajo donde estará operando, que indica al contratista qué hacer y dónde hacerlo. Incluyendo las pautas para un control de calidad efectivo.

La especificación debe ser concisa y precisa, y no dejar espacio a varias interpretaciones.

Hija, en la cocina
están las papas, pela
la mitad y las pones a hervir.

Especificación de Recubrimientos

Abarca todos los aspectos de un trabajo de recubrimientos:

1. Alcance
2. Términos y Definiciones
3. Normas de referencia
4. Seguridad, Salud y Ambiente
5. Materiales
6. Preparación de la Superficie
7. Aplicación
8. Control de Calidad

Puntos Críticos a Considerar

Operación:

- Temperatura de Operación
- Fluidos en contacto con la estructura
- Condiciones de operación:
 - Aéreo
 - Enterrado
 - Sumergido
 - Bajo aislamiento térmico
- Tipo de trabajo que se va a hacer:
 - Mantenimiento vs. Obra nueva
 - Restricciones en la preparación de la superficie/aplicación

Tipo de ambiente:

- Costero marino
- Offshore
- Industrial
- Rural

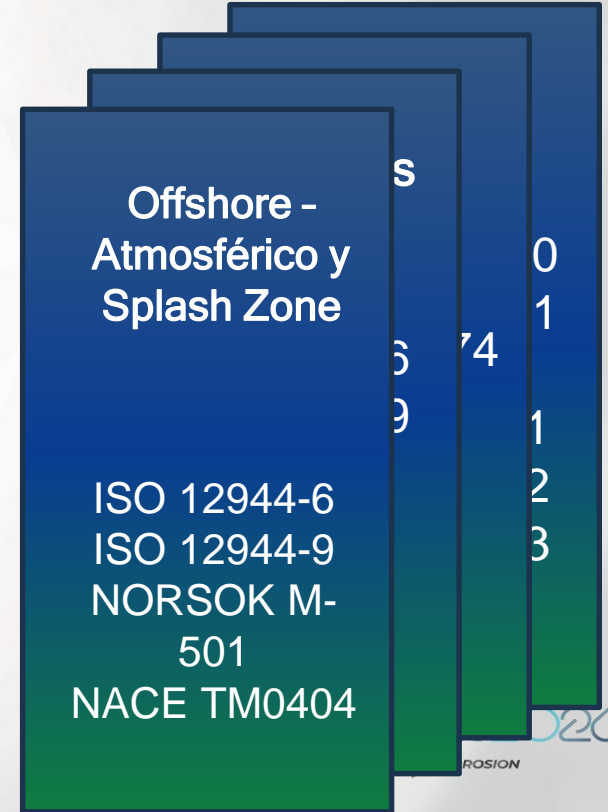
Puntos Críticos a Considerar

- Calificación de materiales y materias primas
- Calificación de operadores
- Consideraciones del diseño de la estructura - ¿Cómo afecta al buen desempeño del sistema de recubrimientos?
- Preparación de la superficie
 - Bordes filosos
 - Corrección de defectos
 - Sales solubles
 - Grado de limpieza
- Aplicación
- Control de calidad

Puntos Críticos a Considerar

Calificación de Materiales

1. Permite seleccionar el material más adecuado para alcanzar la protección deseada.
2. Metodología objetiva y probada.
3. Evaluaciones en laboratorio de corto y mediano plazo.
4. Evaluaciones en sitio de largo plazo, expuestas al ambiente real de trabajo.





Puntos Críticos a Considerar



1. Programa QP de AMPP

- a. Diversos programas para certificar empresas contratistas - QP 1, QP 2, QP 3, QP 5, QP 6, QP 8, QP 9, QS 1, QN 1.
- b. Evalúa los sistemas de gestión de calidad, seguridad y protección ambiental de la empresa.
- c. Permite a los propietarios de activos encontrar empresas competentes para sus proyectos.

2. Programa Train the painter de Corrodere

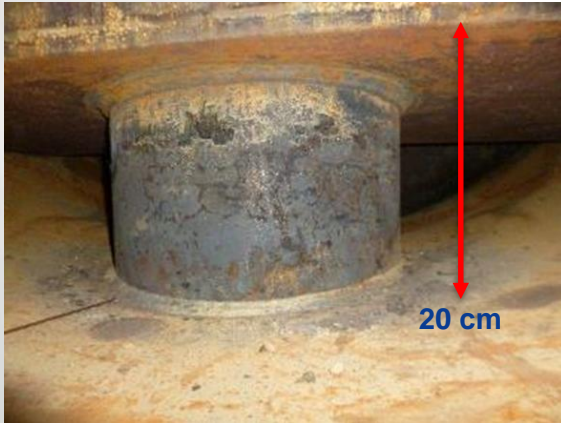
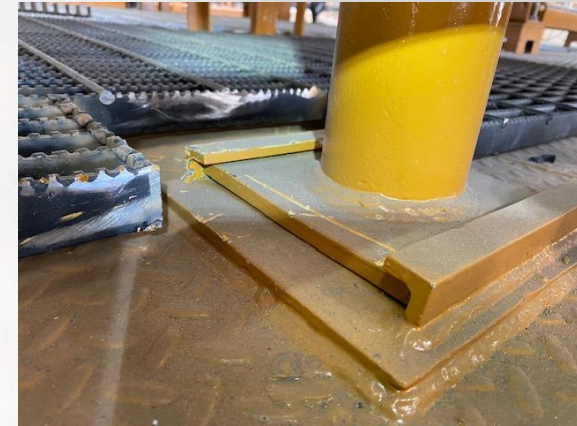
- a. Tres módulos de acreditación y certificación de pintores industriales con reconocimiento mundial.



Puntos Críticos a Considerar

Evitar los siguientes defectos comunes:

1. Cavidades producto de soldaduras discontinuas y otros factores.
2. Par galvánico (metales disímiles).
3. Bordes filosos.



Puntos Críticos a Considerar

Corrosión en cavidades



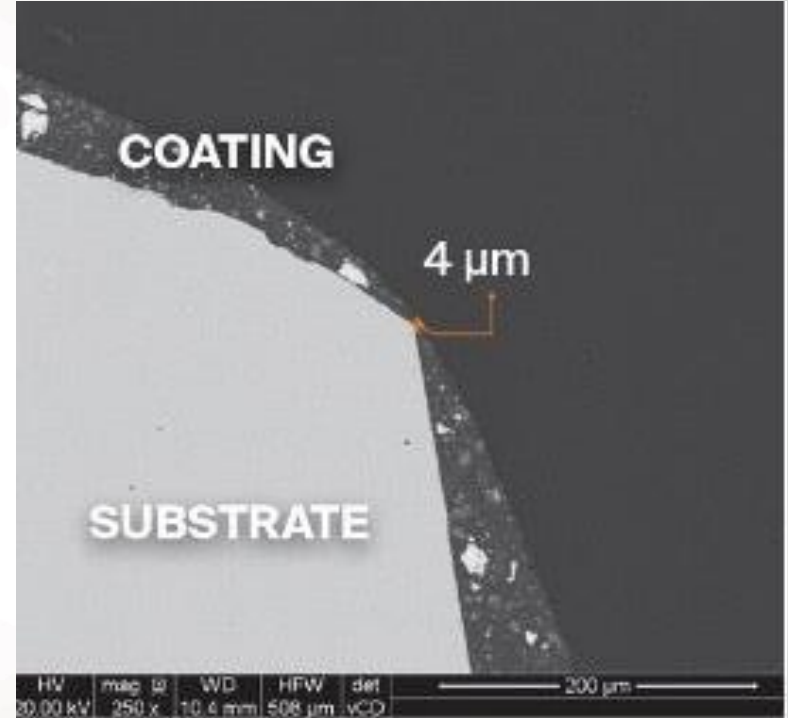
Puntos Críticos a Considerar

Corrosión galvánica



Puntos Críticos a Considerar

Bordes filosos



Buenas Prácticas de Preparación de la Superficie

1. Redondear bordes filosos - mínimo 2 mm de radio
2. Conductividad del abrasivo $< 150 \mu\text{S}/\text{cm}$ (ASTM D 4042 para partes)
3. Densidad de sales en la superficie $< 20 \text{ mg}/\text{m}^2$ (ISO 8502-1)
4. Evitar/Reparar defectos de fabricación como: Soldaduras defectuosas, empalmes, poros, socavaciones, escoria, etc.
5. Desengrasado de la superficie
6. Grado de limpieza mínimo según NACE No. 2/SSPC-SP 10
7. Perfil de anclaje angular
8. SSPC-SP 11 para reparaciones

NACE SP0108

Corrosion Control of
Offshore Structures by
Protective Coatings

NORSOK STANDARD M-501

Surface preparation and
protective coating

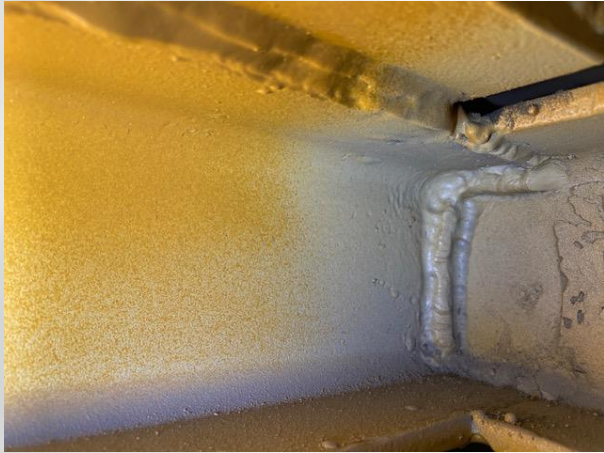


summit2026

by CORROSION

Malas Prácticas a Evitar

Defectos de Fabricación



Sales Solubles

Consecuencias

- Corrosión prematura
- Ampollamiento



Sales Solubles

Dos opciones a seguir:



Opción 1 – Sales totales

- Normas: ISO 8502-6/ISO 8502-9
- Indicación en mg/m^2



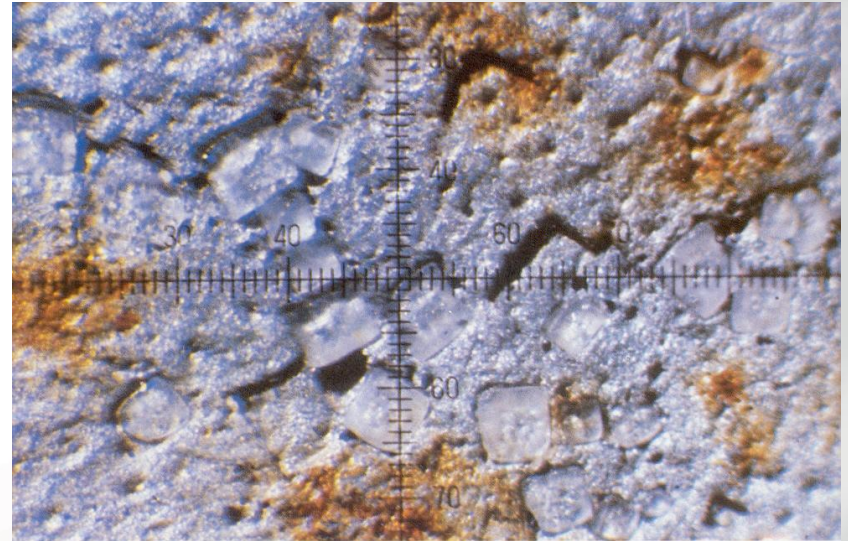
Opción 2 – Sales específicas

- Cloruros (Cl^-), Nitratos (NO_3^-), Sulfatos (SO_4^-)
- Indicación en $\mu\text{g}/\text{cm}^2$

Sales Solubles

La especificación de indicar lo siguiente:

1. Método de medición y extracción
2. Máxima cantidad de sales permitidas
3. Frecuencia de las pruebas
4. Ubicación de las zonas a evaluar
5. Método de corrección



Buenas Prácticas de Aplicación

Respetar aspectos fundamentales como:

1. Capa franja (stripe coat)
2. Uso de materiales especificados (incluyendo los solventes).
3. Equipos de aplicación adecuados, que no afecten la calidad de la película.



Métodos y Pruebas de Control de Calidad

La especificación de indicar lo siguiente:

1. Método de prueba
2. Normas asociadas a cada prueba
3. Criterios de aceptación
4. Frecuencia de las pruebas
5. Plan de puntos de inspección



El Dilema Estratégico

Cada empresa enfrenta una decisión fundamental:

➤ ¿Especificación económica?

- Costo inicial bajo
- Riesgo de falla alto

➤ ¿Especificación rigurosa?

- Costo inicial más alto
- Riesgo de falla bajo

Casos de Estudio

Caso 1: Tanque de agua en planta termoeléctrica

- **Líquido almacenado:** Aguas negras de población cercana “semitratadas” para el uso de la planta
- **Ambiente:** Zona desértica que puede alcanzar los 50 °C en verano
- **Evento:** 2009 - Corrosión interna en menos de 7 años con pérdida de espesor > 60% en zonas del techo
- **Causa:** No hubo una especificación. Aplicador seleccionó el recubrimiento interno.
- **Costo de Falla:** US\$1.421 millones

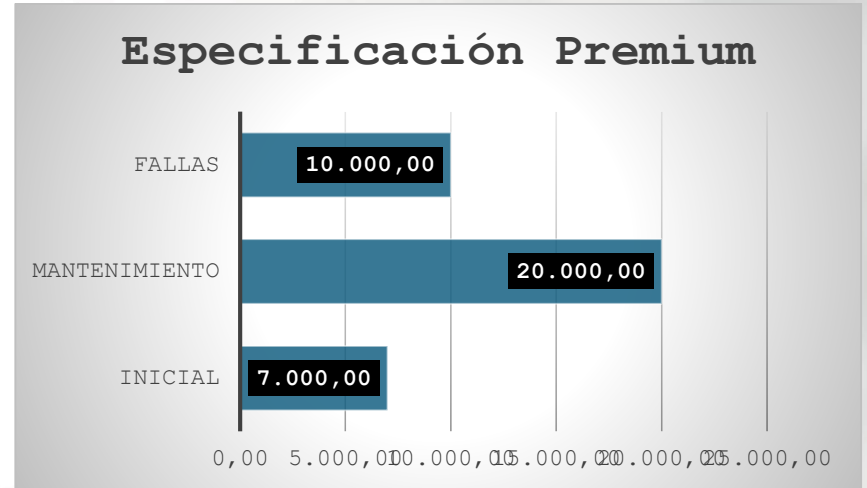
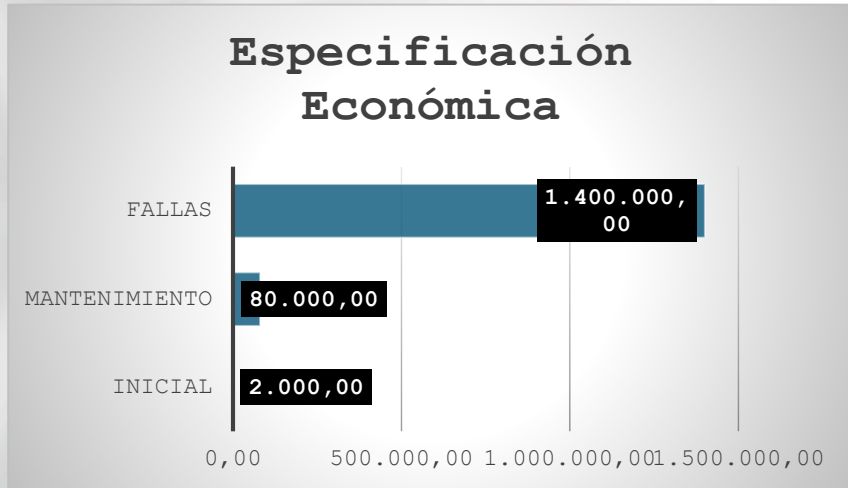
Caso 1



Causas

- ✘ No se consultó a un experto en recubrimientos para seleccionar el material
- ✘ No hubo una especificación técnica que rigiera los trabajos
- ✘ No hubo una inspección capacitada durante los trabajos
- ✘ Espesores de película seca muy bajos

Impacto Financiero

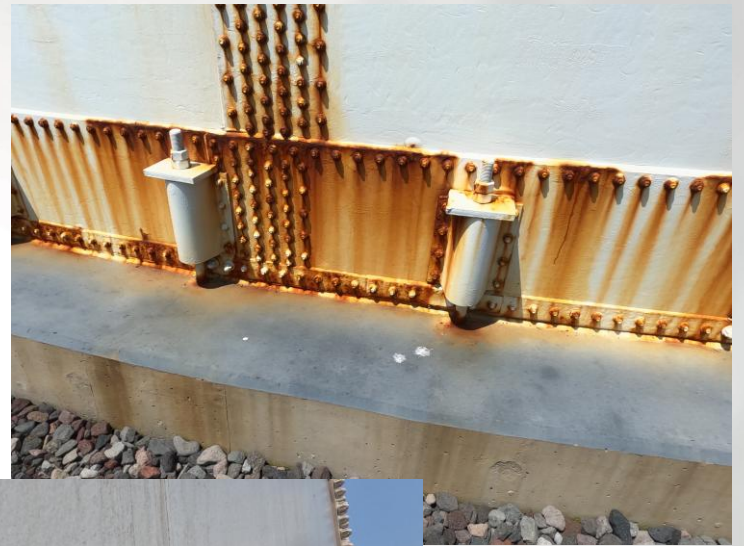
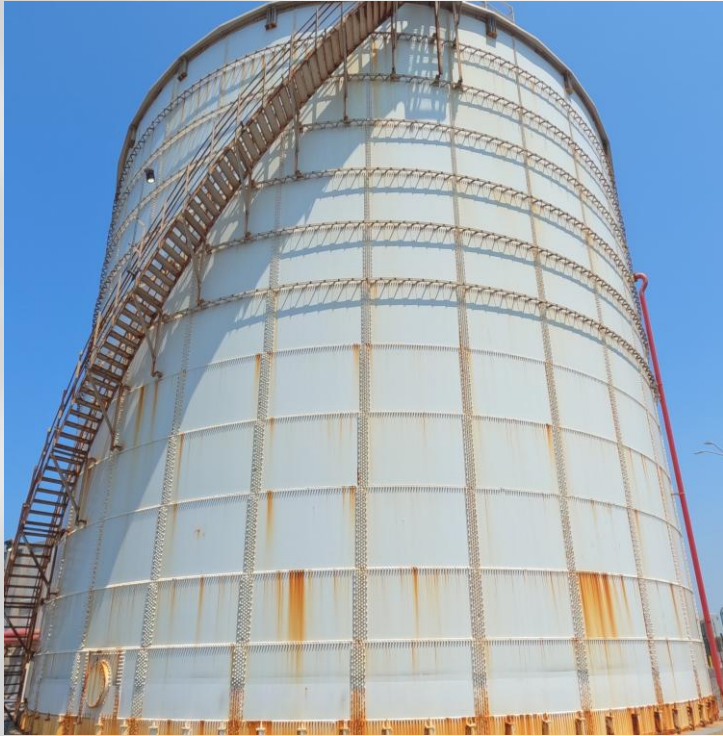


AHORRO: US\$ 1,45M

Caso 2: Tanque de agua

- **Ubicación:** Planta de almacenamiento de combustibles en zona costera
- **Líquido almacenado:** Agua dulce para sistema contra incendios
- **Ambiente:** C5 - Ambiente marino/industrial
- **Antecedentes:** Durante la construcción del tanque se decidió cambiar el método constructivo usando placas atornilladas en lugar de soldadas
- **Efecto:** Cientos de cavidades internas que presentan corrosión y fugas continuas
- **Costo de Falla:** US\$1,4 millones

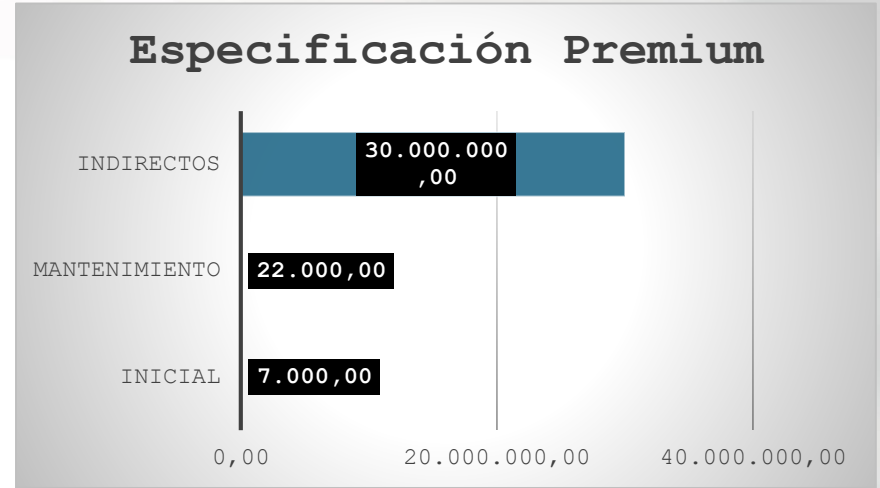
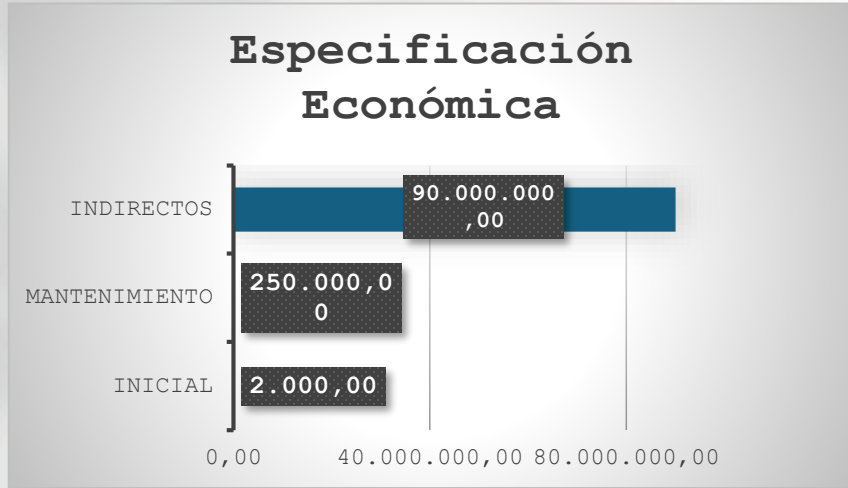
Caso 2



Causas

- ✘ No se consideraron los efectos a mediano y largo plazo de esta opción
- ✘ El material usado para sellar las cavidades no soportó 5 años de servicio
- ✘ El mantenimiento hasta ahora se basa en el ingreso de buzos para sellar cavidades que presenten fugas
- ✘ El mantenimiento mayor amerita vaciar el tanque (parar el 100% de actividades en la terminal) para tomar acciones correctivas

Impacto Financiero



Periodo de mantenimiento calculado para 20 años

AHORRO: US\$ 60,2M | ROI: 11.13% e.a.

Caso 3: Puente vehicular

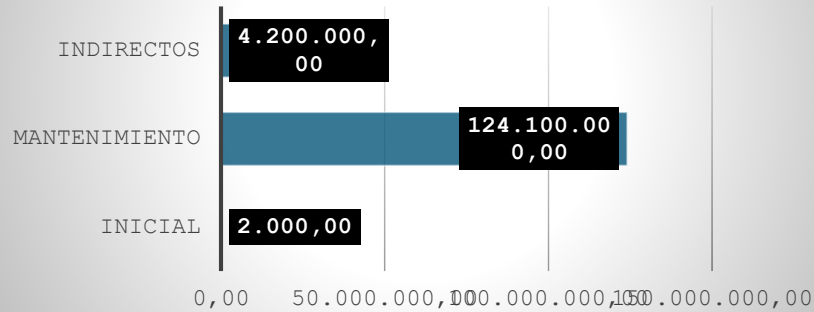
- **Proyecto:** Puente vehicular en zona industrial costera
- **Vida útil esperada:** 50 años
- **Ambiente:** C5 (corrosión muy alta - zona marino/industrial)
- **Criticidad:** Alta (infraestructura crítica)
- **Año de decisión:** 2006

Caso 3

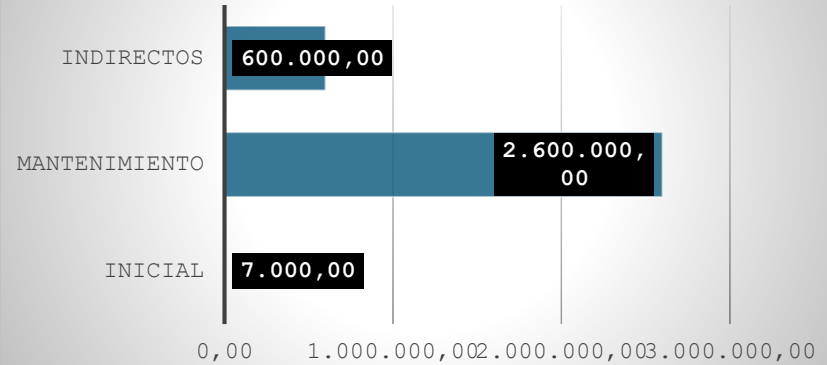


Caso 3: Puente vehicular

Especificación Económica



Especificación Premium



Periodo de mantenimiento calculado para 50 años

AHORRO: US\$125M | ROI:10.5% e.a.

Matriz de decisión: Cuándo Invertir en Premium

PREMIUM ES OBLIGATORIO CUANDO:

- Vida útil > 10 años
- Ambiente C5 - CX (corrosión muy alta)
- Activos enterrados o sumergidos
- Criticidad alta:
 - Riesgos de seguridad
 - Falla=parada
- Costo de falla 5x el costo inicial

ECONÓMICA ES SUFICIENTE SI:

- Vida útil < 10 años
- Ambiente C3 (corrosión baja)
- Activos aéreos
- Criticidad media-baja:
 - Bajos riesgos de seguridad
 - Bajo riesgo a la operación
- Presupuesto limitado

Conclusiones

Implicaciones estratégicas

1. La especificación NO es decisión técnica, es **ESTRATÉGICA**
2. Costo inicial bajo \neq Valor empresarial
3. Análisis riguroso = Confiabilidad asegurada
4. Prevención es 100x más barata que reparación
5. ROI de especificación Premium: 1.900% +

Conclusiones

Implicaciones estratégicas

1. La especificación NO es decisión técnica, es **ESTRATÉGICA**
2. Costo inicial bajo \neq Valor empresarial
3. Análisis riguroso = Confiabilidad asegurada
4. Prevención es 100x más barata que reparación
5. ROI de especificación Premium: 1.900% +

Conclusiones

6. Una mala especificación se traduce en:

- Mayor riesgo a la seguridad de las personas, el ambiente y a los activos
- Mayor inversión en mantenimiento
- Mayores gastos operativos

**Una buena especificación reduce
incertidumbre y protege la inversión**

Próximo Pasos

OPCIÓN 1: MÓDULO EJECUTIVO (4 horas)

- Profundiza en decisiones estratégicas
- Análisis de casos reales
- Matriz de decisión personalizada

OPCIÓN 2: Curso completo (40 horas)

- Diploma de participación
- Metodología completa de especificación
- Consultoría personalizada

¿Preguntas?