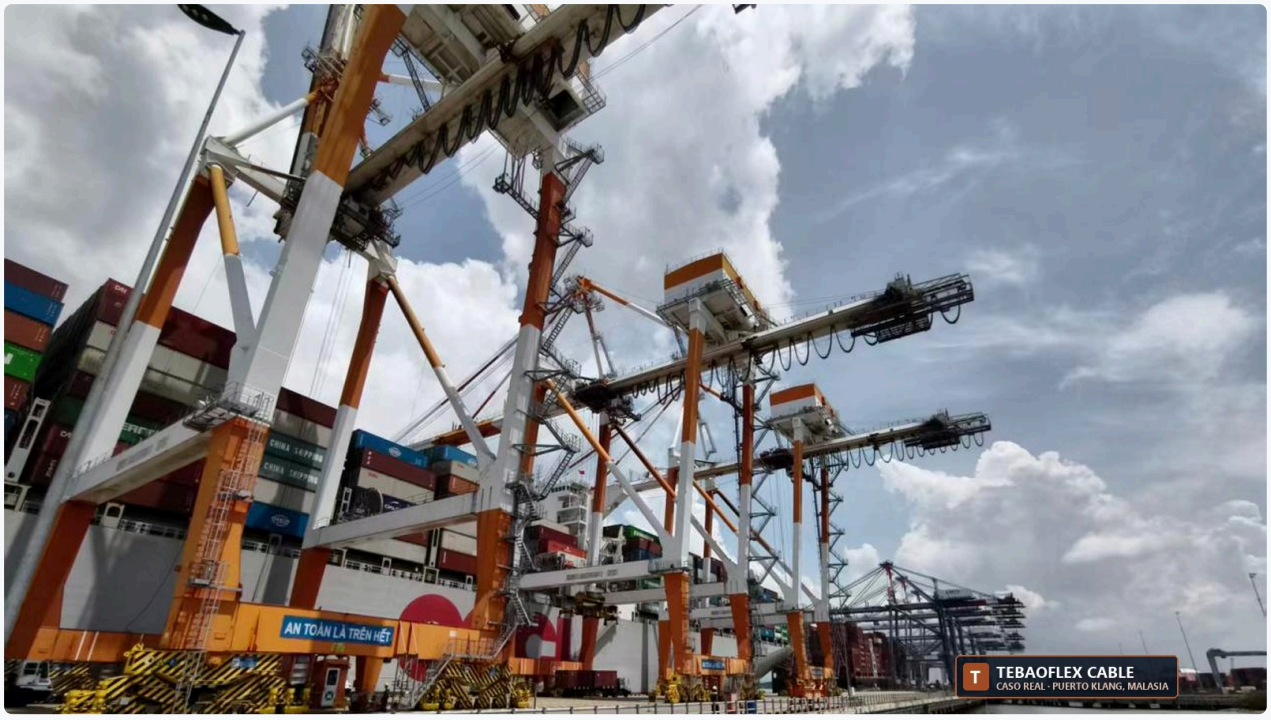
EXPEDIENTE TÉCNICO DE SUMINISTRO · PUERTO KLANG, MALASIA

Especificación, Inspección y Embarque: Cable Festoon Apantallado PUR-C-HF 1×10 mm² (8 AWG) para Grúas STS/RTG

Autor del expediente técnico: TEBAOFLEX CABLE-MIA · Fecha de registro: 3 de noviembre de 2026 · Normativa: IEC 60228 Clase 5 · IEC 60502-1 · Libre de Halógenos PUR-HF



Vista panorámica real de grúas portuarias Ship-to-Shore (STS) en el muelle de contenedores de Puerto Klang, Malasia, donde opera el cable festoon apantallado TEBAOFLEX PUR-C-HF 1×10 mm².

En la modernización y mantenimiento eléctrico de grúas de contenedores en **Puerto Klang (Malasia)** —uno de los doce complejos portuarios de mayor tráfico marítimo del mundo sobre el Estrecho de Malaca, supervisado por la Port Klang Authority (consultado el 2026-11-03)— se suministró y verificó en planta un lote completo del **cable festoon apantallado PUR-C-HF 1×10 mm²** (sección métrica equivalente al **calibre 8 AWG**, tensión nominal `0.6/1 kV`). La construcción con doble cubierta de poliuretano libre de halógenos y pantalla trenzada de cobre estañado fue seleccionada para erradicar la degradación prematura por niebla salina, hidrólisis tropical y ruido electromagnético en variadores de frecuencia (`VFD`).

Para los ingenieros de mantenimiento portuario e industrial en México, este caso ejecutado ofrece una referencia directa de especificación. El microclima ecuatorial de Puerto Klang —humedad relativa constante del **80 % al 100 %**, radiación solar intensa y atmósfera marina de corrosividad extrema `C5` según ISO 12944-2— reproduce exactamente las condiciones severas que enfrentan las terminales de **Manzanillo, Lázaro Cárdenas, Veracruz y Altamira**, así como los puentes de **grúa viajera** en plantas siderúrgicas, cementeras y talleres de equipo móvil industrial y portuario.

> **Puntos Clave del Caso Puerto Klang (Resumen Ejecutivo)**
>
> **1) Configuración entregada:** Cable monopolar flexible `PUR-C-HF 1×10 mm²` (600/1000 V, prueba dieléctrica AC de **3.5 kV / 5 min**), diámetro exterior compacto de **9.91 mm** y masa total de **191.4 kg/km** (1 kg equivale a **5.22 metros**). **2) Doble defensa ambiental y EMC:** Cubierta interna y externa de poliuretano sin halógenos (`PUR-HF` , grado de inmersión `AD8`) combinada con malla trenzada de cobre estañado contra interferencias PWM de inversores. **3) Régimen dinámico verificado:** Marcado en línea para servicio `FESTOON` con radio mínimo de curvatura móvil de **8×D (≈ 79 mm)** entre -40 °C y +80 °C, y tracción máxima admisible sobre el cobre de **150 N**.

¿Por qué fallan los cables convencionales en grúas portuarias STS/RTG y grúas viajeras costeras?

Los cables suspendidos en vigas de grúas Ship-to-Shore (`STS`) y de pórtico sobre neumáticos (`RTG`) fallan prematuramente cuando se instalan cubiertas comerciales de PVC o elastómeros sin barrera antihidrólisis ni pantalla metálica anticorrosiva. En terminales tropicales como Puerto Klang o el Pacífico mexicano, el cable soporta simultáneamente ciclos mecánicos de flexión continua y ataque químico marino las 24 horas.

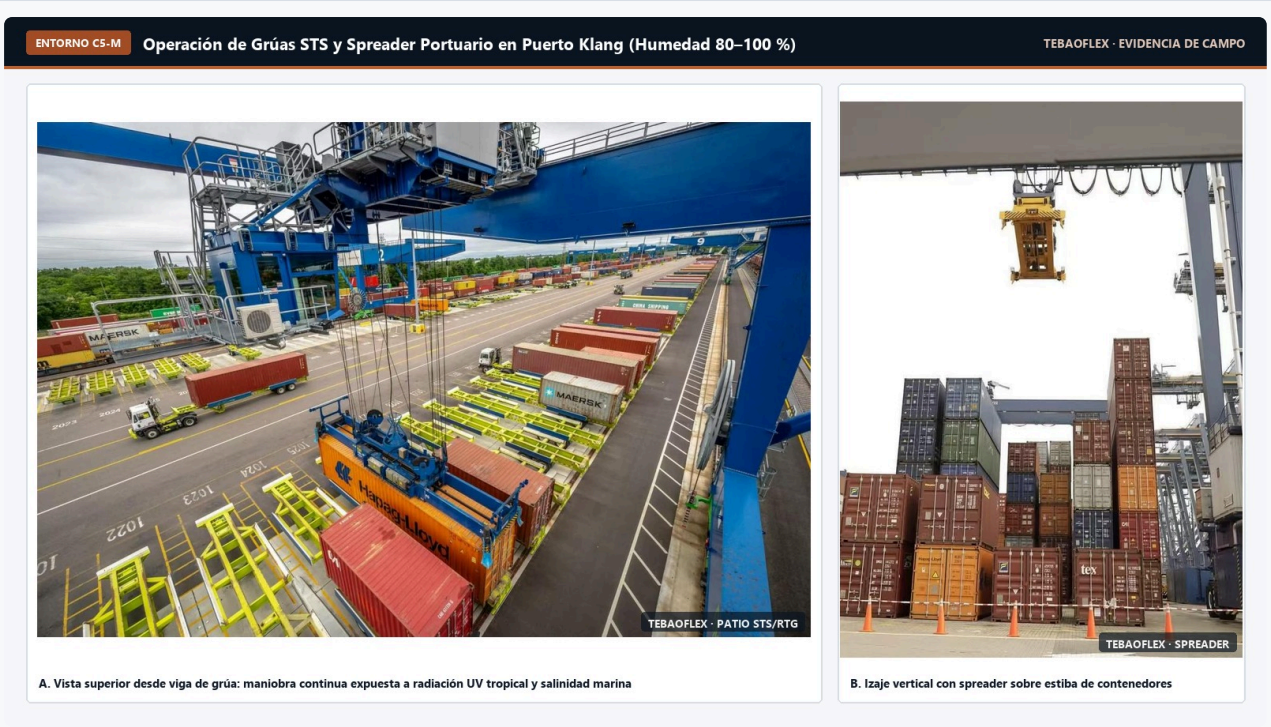


Figura 1 · Entorno operativo real en Puerto Klang, Malasia: maniobra continua de contenedores sobre muelle (izquierda) e izaje vertical con spreader expuesto a brisa marina y radiación UV ecuatorial (derecha).

En la inspección de campo previa al suministro se identificaron tres mecanismos críticos de deterioro sobre el **sistema festoon** (carros portacables rodantes que recorren la viga principal de la grúa):

- **Rigidización y agrietamiento de cubiertas plásticas:** La combinación de radiación ultravioleta, sal adherida y grasas lubricantes de los rieles extrae los plastificantes de un cordón de PVC estándar. Al cerrarse los bucles del carro portacables, la cubierta rígida se fisura y abre paso al agua salada (véase nuestra comparativa técnica de cubiertas de poliuretano TPU/PUR frente a neopreno PCP y CPE).
- **Corrosión electroquímica («síndrome del cable negro»):** Con humedad relativa del 80 % al 100 %, la condensación salina penetra por capilaridad y oxida los alambres de cobre sin recubrimiento, elevando la resistencia de contacto y provocando puntos calientes en terminales, fenómeno detallado en el estudio sobre cobre estañado frente a cobre desnudo en ambientes corrosivos.
- **Acoplamiento de ruido electromagnético (EMI) desde variadores VFD:** Los motores de izaje, carro (trolley) y traslación operan mediante inversores IGBT con conmutación PWM de alta pendiente `dV/dt`. Un **cable para grúa** sin apantallamiento irradia interferencia de alta frecuencia hacia cables vecinos de encoders, celdas de carga y redes PLC.

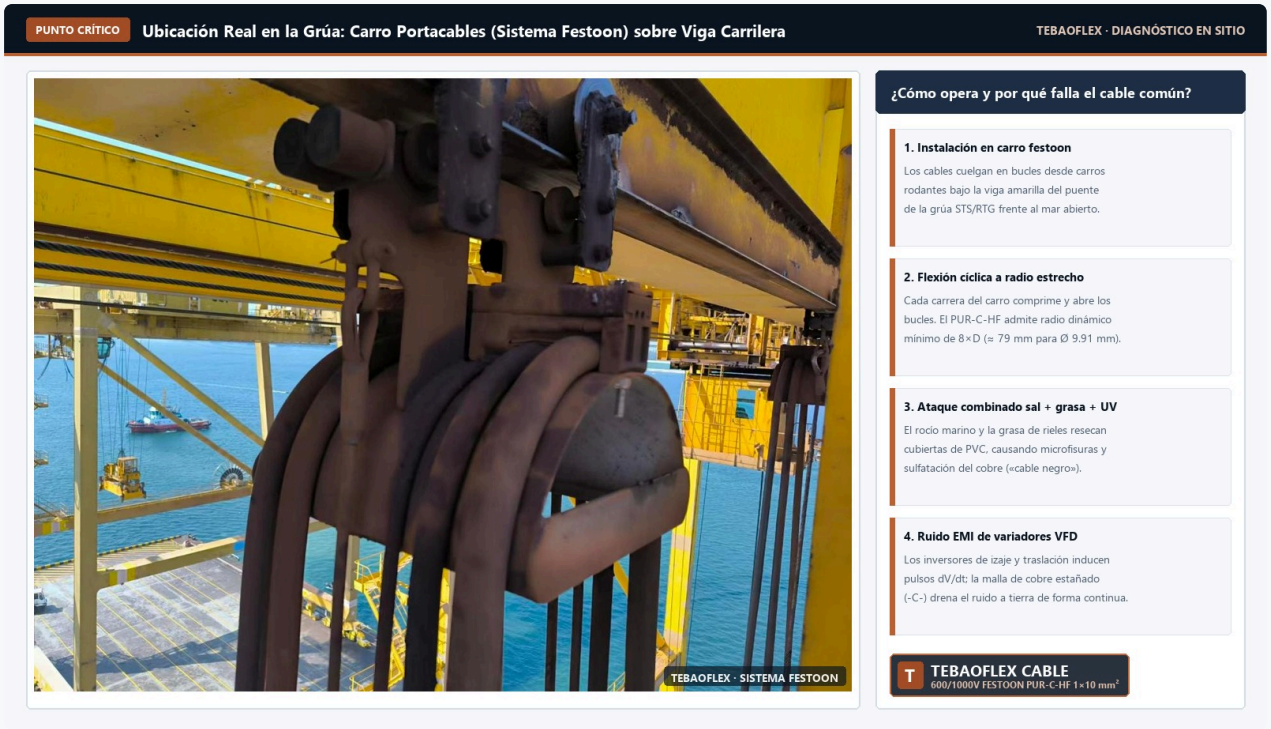


Figura 2 · Ubicación exacta de trabajo en la grúa portuaria: carro portacables (sistema festoon) desplazándose bajo la viga carrilera frente al mar, donde los bucles exigen radio dinámico compacto y resistencia a niebla salina.

¿Qué significa PUR-C-HF y cómo funciona su arquitectura de 6 capas (cable apantallado 1000 V)?

La designación `PUR-C-HF` define un **cable apantallado** flexible de baja tensión (`0.6/1 kV`) construido específicamente para equipamiento móvil pesado: **«PUR»** identifica el compuesto de poliuretano de alta resistencia mecánica; **«-C-»** indica la pantalla concéntrica trenzada de cobre para compatibilidad electromagnética (`EMC`); y **«HF»** señala una formulación libre de halógenos (*Halogen-Free*) con baja emisión de humos.

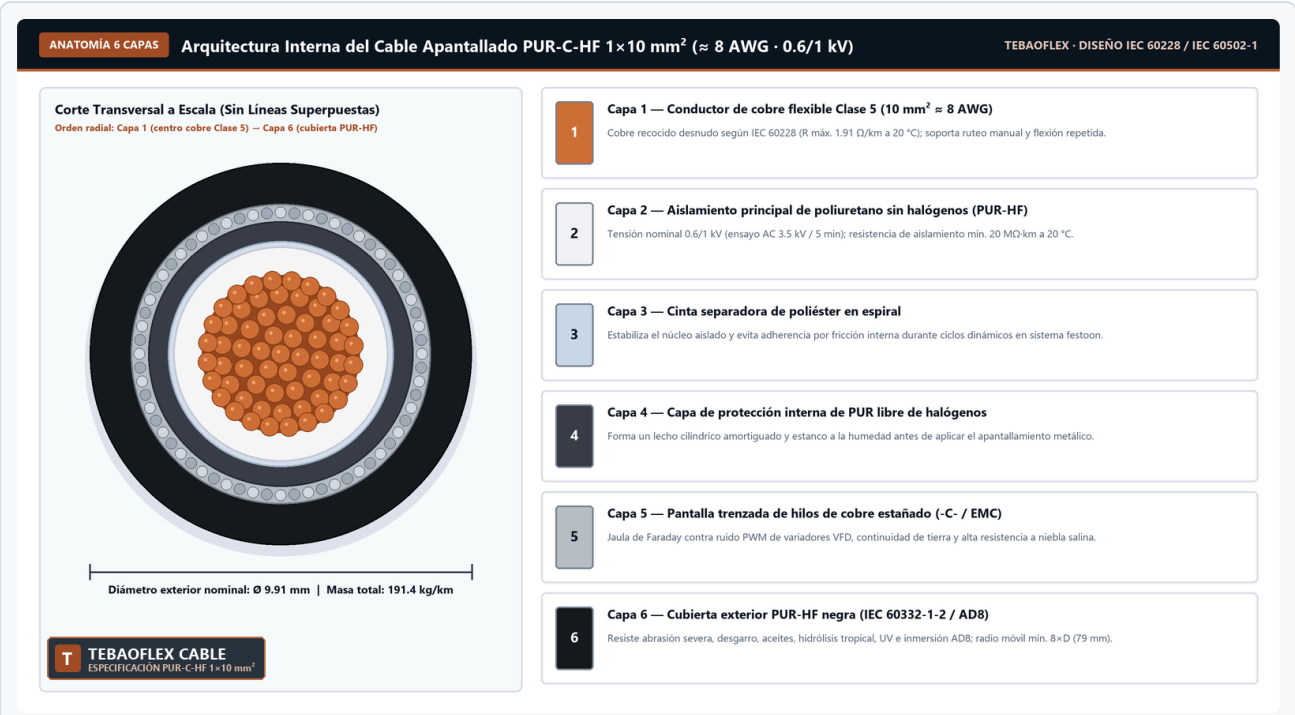


Figura 3 · Ingeniería constructiva de 6 capas del modelo TEBAOFLEX PUR-C-HF 1×10 mm² (Ø nominal 9.91 mm): doble barrera de poliuretano libre de halógenos con pantalla intermedia de cobre estañado.

A diferencia de un cable unipolar común de una sola capa aislante, esta construcción incorpora **seis estratos funcionales concéntricos** verificados bajo lineamientos constructivos IEC 60502-1 e IEC 60228 (consultados el 2026-11-03): el conductor flexible Clase 5 trabaja envuelto en aislamiento principal de PUR, cinta separadora de poliéster para eliminar fricción torsional, cubierta interna amortiguadora de PUR, malla trenzada de hilos de cobre estañado y cubierta exterior negra de **cable PUR** resistente a desgarro, aceites, rayos UV e inmersión grado `AD8`.

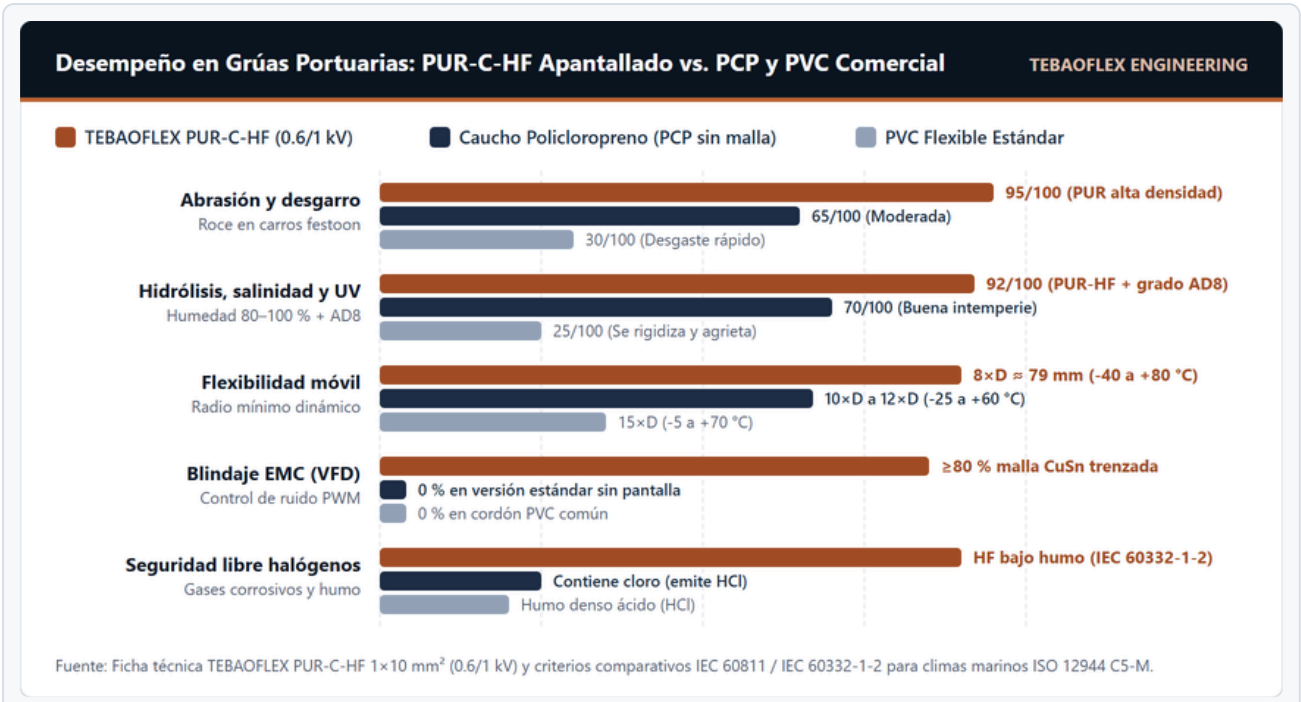


Figura 4 · Comparativa multidimensional de materiales para sistemas festoon y grúas portuarias: ventaja del compuesto PUR-C-HF en abrasión, hidrólisis, radio dinámico 8×D, blindaje EMC y ausencia de halógenos.

Cable apantallado vs. cable blindado en México: por qué un cable de datos no sirve para fuerza 0.6/1 kV

En las requisiciones industriales de México y América Latina es muy frecuente buscar indistintamente **cable apantallado** o **cable blindado** (incluso bajo el término comercial *cable blindado 1000V*). Sin embargo, confundir un cable electrónico blindado de instrumentación (por ejemplo, `2×18 AWG` o `2×16 AWG` de 300 V con cinta aluminizada) con un cable industrial de potencia y tierra EMC de `0.6/1 kV` constituye un riesgo grave de perforación dieléctrica e incendio.

En un **cable VFD** o de conexión equipotencial en grúas, la tensión máxima admisible en operación alcanza **0.7/1.2 kV en CA** y **0.9/1.8 kV en CC**, con picos transitorios de conmutación que perforan en segundos un aislamiento delgado de datos. Además, la malla trenzada de cobre estañado del `PUR-C-HF` mantiene baja impedancia de transferencia en alta frecuencia sin fracturarse tras miles de ciclos de flexión, cumpliendo los principios de compatibilidad electromagnética (EMC) y control de ruido VFD y de selección de cables apantallados para motores con variador de frecuencia.

Especificaciones eléctricas y mecánicas: equivalencia 1×10 mm² vs. calibre 8 AWG y cálculo de amperaje

Cuando una terminal portuaria o planta industrial en México reemplaza cableado en grúas de fabricación europea o asiática (ZPMC, Konecranes, Liebherr, Demag), los planos originales especifican secciones métricas en `mm²`. El modelo **1×10 mm²** corresponde funcionalmente al **cable calibre 8 AWG** utilizado en normativa norteamericana, pero ofrece un **19.5 % más de área efectiva de cobre** (10.0 mm² frente a 8.37 mm² del 8 AWG). Esto lo convierte en una solución sobresaliente tanto para líneas unipolares de potencia auxiliar como para **cable puesta a tierra 8 AWG** de baja inductancia (bonding EMC) entre carros móviles, spreaders y carcasas de motores.

Tabla 1 · Parámetros Eléctricos, Térmicos y Mecánicos Verificados — TEBAOFLEX PUR-C-HF 1×10 mm²

PARÁMETRO DE INGENIERÍA	VALOR NOMINAL / LÍMITE GARANTIZADO	NORMA O CONDICIÓN DE REFERENCIA
Designación y configuración	TEBAOFLEX FESTOON PUR-C-HF · 1 × 10 mm² (≈ 8 AWG)	Monopolar apantallado flexible
Tensión nominal Uo/U (Umáx)	0.6/1 kV (máx. 0.7/1.2 kV CA · 0.9/1.8 kV CC)	Referencia IEC 60502-1
Tensión de prueba dieléctrica	3.5 kV CA durante 5 minutos sin perforación	Ensayo en aislamiento principal PUR
Conductor y resistencia CC (20 °C)	Cobre desnudo flexible Clase 5 · máx. 1.91 Ω/km	IEC 60228 Clase 5 (ref. teórica 1.83–1.91 Ω/km)
Amperaje base admisible (IB)	Aprox. 45 A al aire libre a 30 °C ambiente	Conductor a 90 °C máx.; aplicar derrateo IEC 60364
Rango térmico de operación	-40 °C a +80 °C (fijo y móvil) · 90 °C en conductor	Cortocircuito máx. 250 °C; resistencia mín. 20 MΩ·km
Diámetro exterior y radios mínimos	Ø 9.91 mm nominal · Fijo: 6×D (59 mm) / Móvil: 8×D (79 mm)	Apto para bucles compactos en sistema festoon
Carga máxima de tracción axial	15 N/mm² sobre sección de cobre = 150 N máx.	Evitar tirones superiores durante tendido dinámico
Índice de cobre y peso total	Cobre: 87.3 kg/km · Cable completo: 191.4 kg/km	Rendimiento másico: 5.22 metros por cada 1 kg

PARÁMETRO DE INGENIERÍA	VALOR NOMINAL / LÍMITE GARANTIZADO	NORMA O CONDICIÓN DE REFERENCIA
Comportamiento químico y al fuego	PUR-HF libre de halógenos, no propagador de llama, agua AD8	IEC 60332-1-2; verificar IEC 60754 / IEC 61034 por lote

Para responder con rigor técnico a la consulta habitual sobre **cable 8 AWG amperaje** (o capacidad de corriente de `10 mm²`), nunca debe tomarse el valor de catálogo a 30 °C sin corregir por el calor radiante de una estructura metálica portuaria. Conforme a la tabla B.52.14 de IEC 60364-5-52 para aislamientos de 90 °C, en una viga de grúa expuesta al sol a **45 °C** el factor de corrección es `0.87` (amperaje continuo seguro de **39.2 A**), y a **50 °C** desciende a **36.9 A**. Si el proyecto requiere calibres monopolares superiores (de 2 AWG hasta 500 kcmil) sin pantalla bajo estándar norteamericano MSHA/ICEA, consulte también nuestra línea Cable Type W 2000 V monopolar y multiconductor y su guía de selección para alta corriente móvil.

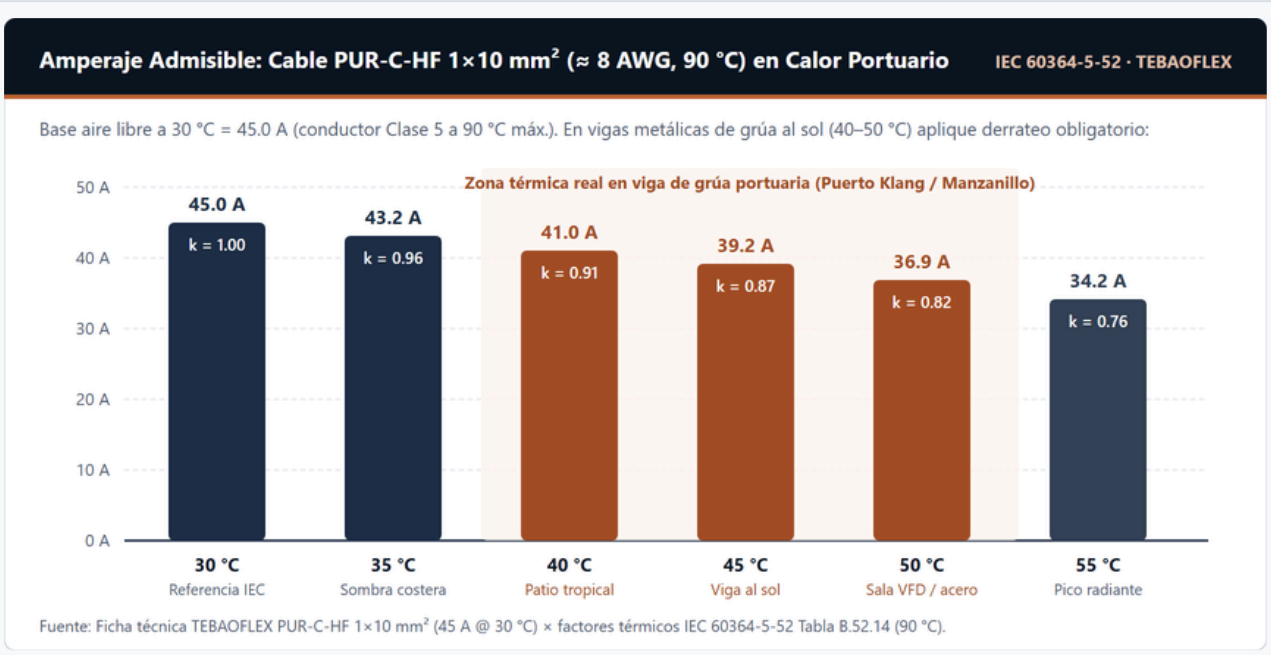


Figura 5 · Curva de amperaje admisible para 1×10 mm² (≈ 8 AWG, conductor 90 °C) según temperatura ambiente en viga de grúa: zona crítica de diseño entre 40 °C y 50 °C para puertos tropicales.

¿Sirve para sistema festoon y para cadena portacables («oruga para cables»)?

Durante la ingeniería de detalle del pedido para Malasia surgió una pregunta clave de planta: *¿puede instalarse la misma versión de cable flexible directamente dentro de una cadena portacables?* En el lenguaje de mantenimiento en México, este componente

guiado se conoce como **cadena portacables**, **cadena de arrastre para cable** u **oruga para cables**. Un cable flexible para **sistema festoon** no es automáticamente intercambiable con un **cable para cadena portacables** de alta aceleración sin validar antes la cinemática del recorrido.

Tabla 2 · Criterios de Validación Mecánica: Sistema Festoon vs. Cadena Portacables (Oruga de Arrastre)

VARIABLE OPERATIVA	SISTEMA FESTOON (CARROS PORTACABLES EN VIGA)	CADENA PORTACABLES / ORUGA PARA CABLES
Modo de soporte y movimiento	Suspensión libre en bucles verticales bajo carros rodantes	Guiado confinado dentro de eslabones articulados plásticos o de acero
Esfuerzo mecánico dominante	Tracción por peso propio del bucle, viento lateral y cierre suave	Flexión alternante repetitiva a radio fijo y fricción contra travesaños
Radio mínimo dinámico (PUR-C-HF)	8×D ≈ 79 mm garantizado en servicio móvil estándar	Confirmar con ingeniería según carrera; suele exigirse 7.5×D a 10×D
Datos obligatorios antes de ordenar	Longitud del bucle, velocidad del carro (m/min) y ambiente químico	Carrera total (m), velocidad, aceleración (m/s^2), ciclos/año y radio interior

Inspección real de fábrica, marcado FESTOON y embarque marítimo a Puerto Klang

Antes de liberar el embarque hacia Malasia, el protocolo de aseguramiento de calidad documentó fotográficamente cuatro hitos solicitados por el cliente: geometría del corte transversal terminado, densidad de la pantalla de cobre estañado, exactitud de la leyenda impresa sobre la cubierta y embalaje marítimo de exportación. Esta trazabilidad respalda todos nuestros casos internacionales de suministro industrial.



Figura 6 · Lote terminado en planta TEBAOFLEX: acabado mate de la cubierta exterior PUR-HF resistente al corte (izquierda) y concentricidad entre núcleo Clase 5, aislamiento blanco y pantalla trenzada (derecha).

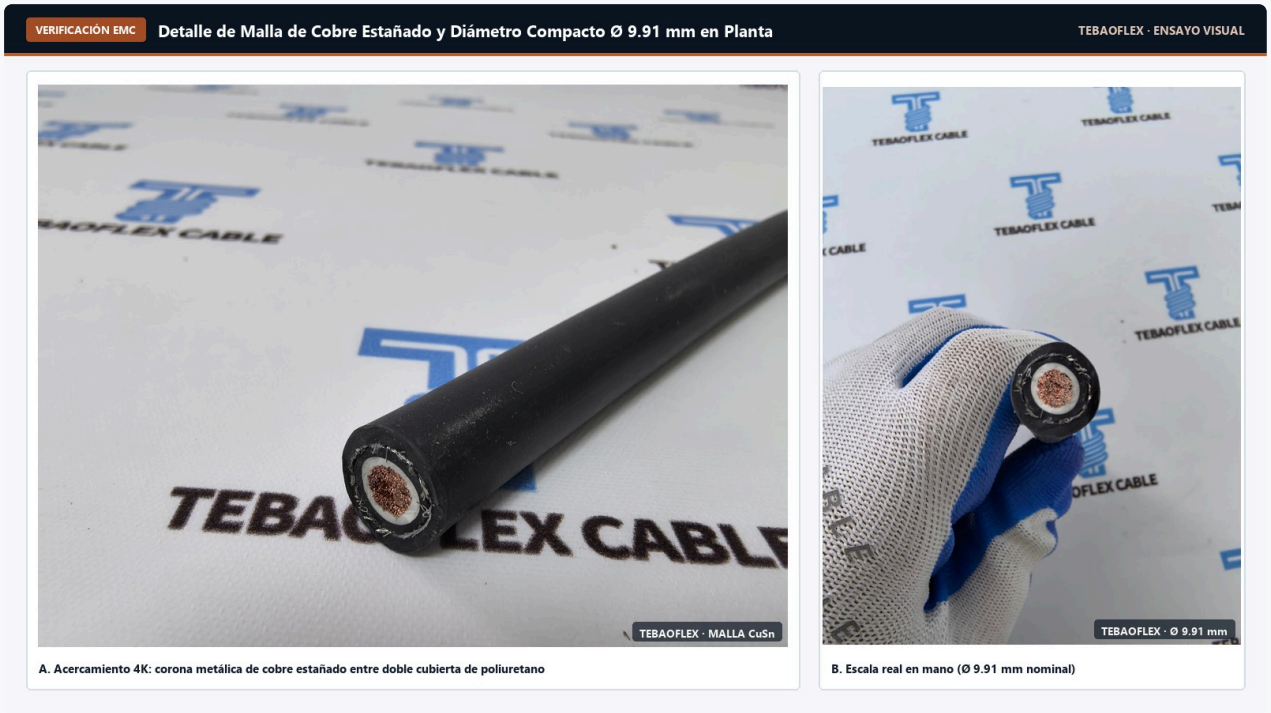


Figura 7 · Verificación física de la corona trenzada de cobre estañado (-C-) alojada entre la capa interna y externa de poliuretano, junto con comprobación manual del diámetro compacto de 9.91 mm.

El control de línea confirmó el grabado láser/tinta indeleble con la secuencia exacta `TEBAOFLEX CABLE 600/1000V FESTOON PUR-C-HF 1*10mm² IEC Standard 0307M`. Disponer

de marca métrica continua sobre un **cable libre de halógenos** agiliza las paradas programadas de mantenimiento en muelle: las cuadrillas cortan tramos idénticos para cada bucle del carro portacables sin errores de medición.

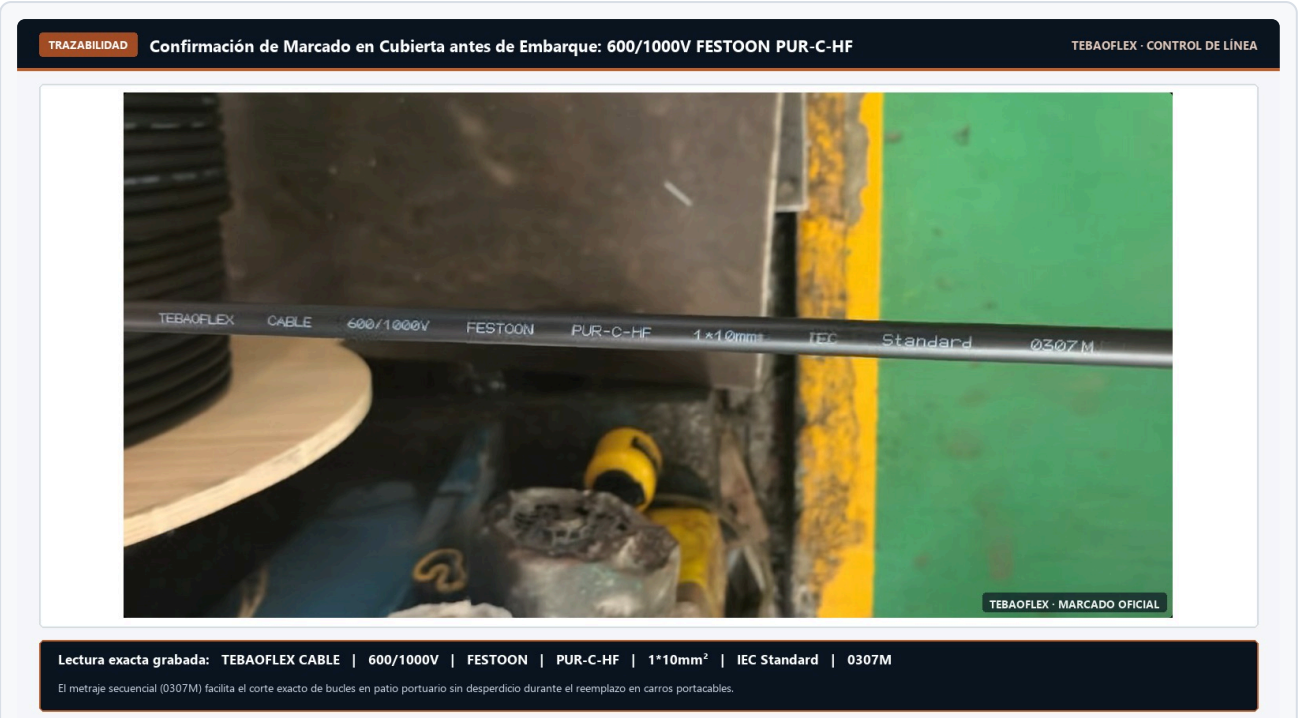


Figura 8 · Inspección de marcado previo al bobinado final: identificación explícita de tensión 600/1000V, régimen FESTOON, código PUR-C-HF, sección 1×10 mm² y metraje secuencial.

Finalmente, las bobinas se acondicionaron sobre carretes y tarimas de madera fumigada con sello fitosanitario internacional NIMF-15, envueltas en película barrera contra la humedad salina y estibadas en contenedor marítimo cerrado hacia Puerto Klang. Para envíos directos desde nuestra planta hacia puertos mexicanos (Manzanillo, Lázaro Cárdenas o Veracruz), aplicamos el mismo estándar de protección junto con la documentación aduanal detallada en nuestra guía de **importación de cables especiales a México bajo fracción TIGIE 8544**.



Figura 9 · Acondicionamiento final para exportación: carretes de madera tratada flejados sobre pallets reforzados para maniobra segura con montacargas en puerto.



Figura 10 · Cierre logístico del proyecto: protección con film antihumedad en almacén (izquierda) y trincado de carretes dentro del contenedor marítimo despachado a Malasia (derecha).

Preguntas frecuentes de ingeniería y compras sobre el cable PUR-C-HF 1×10 mm²

¿A cuántos metros equivale 1 kg de cable PUR-C-HF 1×10 mm² (equivalente a 8 AWG)?

Con un peso nominal verificado de **191.4 kg/km** (0.1914 kg/m), **1 kg de cable PUR-C-HF 1×10 mm² equivale exactamente a 5.22 metros lineales** (de los cuales 87.3 kg/km corresponden al índice de cobre). Es más robusto que un cable doméstico THW-LS calibre 8 AWG sin pantalla (~9.2 m/kg) porque integra doble cubierta de poliuretano de alta densidad y malla trenzada de cobre estañado.

¿Para qué se blindan los cables en grúas y cómo debe conectarse la pantalla (-C-)?

Los cables de potencia y control cercano a inversores `VFD` se apantallan para confinar las corrientes parásitas de alta frecuencia generadas por la modulación PWM y evitar fallos erráticos en sensores y PLCs. Para que la pantalla funcione en alta frecuencia, debe aterrizarse en **360 grados mediante prensaestopas metálicos EMC** resistentes a la corrosión (latón niquelado o acero inoxidable SS316), evitando retorcer la malla en forma de «cola de cochino» (*pigtail*).

¿Un cable blindado de datos (2×16 o 2×18 AWG) sirve para electricidad en equipos industriales?

No. Los cables apantallados para datos o audio están diseñados para 150 V o 300 V y corrientes de miliamperios. Alimentar circuitos de fuerza o tierras dinámicas de motores en 440 V / 600 V exige un aislamiento industrial categoría `0.6/1 kV` ensayado a **3.5 kV CA**, como la serie `PUR-C-HF`.

¿Cómo se verifica que el compuesto PUR-C-HF es libre de halógenos?

La sigla `HF` indica formulación libre de halógenos con retardo a la llama individual conforme a IEC 60332-1-2. Cuando el pliego licitatorio portuario o de túneles exija certificación de acidez de gases y opacidad de humos, debe solicitarse en el pedido la validación expresa de ensayos `IEC 60754` e `IEC 61034` asociada al código de lote liberado.

¿Soporta instalación a la intemperie, aceites hidráulicos y químicos de lavado?

Sí. El poliuretano exterior negro está formulado contra radiación UV, ozono, hidrólisis permanente (`AD8`), grasas minerales y fluidos hidráulicos habituales en grúas. Si el cable estará en contacto directo con solventes clorados o detergentes alcalinos concentrados a

alta temperatura, comparta la concentración química para confirmar compatibilidad antes de fabricar.

¿Qué información técnica se requiere para cotizar cables festoon o de cadena portacables hacia México?

Envíe a través de nuestra página de contacto directo con ingeniería de fábrica cinco datos básicos: 1) número de polos y sección en `mm²` o `AWG`; 2) tensión de servicio y presencia de variador VFD; 3) tipo de guiado (carro *festoon*, tambor enrollador u *oruga portacables* con radio y velocidad); 4) temperatura y agentes químicos del sitio; y 5) metraje total y puerto de destino en México.

Para instalaciones fijas o de movimiento ocasional con inversores de alta potencia en salas mecánicas y centros de datos, consulte también nuestro caso ejecutado de cable VFD doble blindaje 2YSLCYK-J 4×120 mm² (4/0 AWG) suministrado en Singapur.

Referencias normativas y técnicas

1. Port Klang Authority (Lembaga Pelabuhan Klang). Infraestructura de terminales de contenedores (Northport / Westports) en el Estrecho de Malaca, Malasia.
2. International Organization for Standardization. ISO 12944-2: Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures — Classification of environments (categorías costeras y marinas de alta salinidad C5 / CX).
3. International Electrotechnical Commission. IEC 60228: Conductors of insulated cables — Conductores flexibles de cobre recocido Clase 5 (10 mm², R máx. 1.91 Ω/km a 20 °C).
4. International Electrotechnical Commission. IEC 60502-1: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV (Um = 1.2 kV) up to 30 kV — Ensayo dieléctrico CA de 3.5 kV / 5 min.
5. International Electrotechnical Commission. IEC 60364-5-52: Low-voltage electrical installations — Selection and erection of electrical equipment — Wiring systems (Tabla B.52.14, factores de corrección por temperatura ambiente para 90 °C).
6. International Electrotechnical Commission. IEC 60332-1-2 (no propagación vertical de la llama), IEC 60754 (ausencia de halógenos) e IEC 61034 (baja densidad de

humos).