techno
TECHNOLOGY & INNOVATION





**E-BOOK BÁSICO**

# Conexiones eléctricas industriales

El eslabón que protege la confiabilidad de su operación

20 páginas | 13 capítulos | Checklist básico

CONTENIDO TÉCNICO
**Mario Adinolfi**
Director de Techno do Brasil

ANÁLISIS Y CURADURÍA
**Prof. Vagner Soares**
Manufatura Enxuta

Esta es la versión básica, para una primera lectura. También existe el **e-book completo**, guía técnica de referencia de 66 páginas.

# Presentación

Una línea de producción moderna depende de miles de puntos donde un cable termina y otro comienza. Casi nadie piensa en ellos mientras funcionan. Cuando uno falla, la línea se detiene, y la búsqueda de la causa suele empezar por el lugar equivocado: el motor, el sensor, la tarjeta del PLC.

Esta guía fue escrita para cambiar ese orden. En pocas páginas explica qué es una conexión eléctrica industrial, dónde trabaja, por qué falla y cómo elegirla bien. El lenguaje es directo, y los conceptos sirven para cualquier fabricante de conexiones.

Al final tendrá un checklist sencillo para llevar a su próxima especificación.

> **SOBRE LAS FUENTES DE ESTA GUÍA**
>
> Los datos de producto provienen del catálogo general y de la presentación técnica de Techno. Los conceptos de grado de protección provienen de las normas IEC citadas en las referencias. Los números usados en los ejemplos de cálculo son didácticos y siempre están identificados como tales.

**Contenido técnico:** Mario Adinolfi, Director de Techno do Brasil. **Análisis y curaduría:** Prof. Ing. Vagner Soares, portal Manufatura Enxuta (manufaturaenxuta.com.br).



Conector de derivación listo para instalar en una caja de registro. Foto: presentación técnica Techno.

CAPÍTULO 01

# El eslabón que nadie ve

El cable es continuo, protegido por aislamiento y cubierta. El motor es cerrado. El tablero tiene puerta y sello. La fragilidad de un circuito está en los puntos donde el cable se interrumpe: el empalme, la derivación, la entrada al tablero, la conexión al equipo.

Cada interrupción es una abertura en la protección. Es ahí donde el agua busca camino, donde la vibración afloja el contacto y donde un error de montaje queda oculto durante meses.

Por eso la conexión merece el mismo cuidado que el equipo que alimenta. Cuesta poco, pero decide si el equipo costoso va a trabajar.

**IDEA CENTRAL**

Un circuito es tan confiable como su conexión más débil.



**VISIÓN DEL INGENIERO**

El proyecto eléctrico detalla cargas, protecciones y calibres, pero casi nunca indica cuántas veces se interrumpe el cable en una línea crítica. Sin ese número, nadie puede calcular la confiabilidad del circuito ni decidir dónde invertir primero.

**Prof. Vagner Soares, Manufatura Enxuta**




Cada punto verde es una interrupción del cable, donde la protección original debe reconstruirse en campo.

CAPÍTULO 02

# Las conexiones en la operación

Una conexión eléctrica industrial cumple tres funciones al mismo tiempo.

**Conducir.** Los contactos metálicos garantizan el paso de corriente o de señal con baja resistencia. Un contacto oxidado o flojo se calienta y hace caer la tensión.

**Aislar.** El cuerpo del conector separa los polos entre sí y del medio externo, incluso con polvo y humedad alrededor.

**Sellar.** Los sellos impiden la entrada de agua, polvo y productos químicos. El prensacables sujeta el cable y cierra el paso a su alrededor.

Cuando la conexión debe deshacerse con frecuencia, entra una cuarta función: **desconectar**. Un conector macho y hembra permite cambiar un motor o un sensor sin abrir cajas ni rehacer bornes.

| FUNCIÓN DEL PUNTO | TIPO DE SOLUCIÓN |
|---|---|
| **Unir dos cables de forma permanente** | Empalme en línea |
| **Sacar una o más salidas de un cable** | Derivación en T, Y o H |
| **Conectar y desconectar con frecuencia** | Conector macho y hembra |
| **Atravesar la pared de un tablero** | Conector de panel |
| **Alojar bornes o electrónica** | Caja de derivación |
| **Fijar y sellar el paso de un cable** | Prensacables |

CAPÍTULO 03

# Dónde trabajan

Las conexiones de alta protección aparecen donde el ambiente no perdona. El catálogo de Techno y la presentación técnica de la empresa muestran aplicaciones como estas TECHNO:

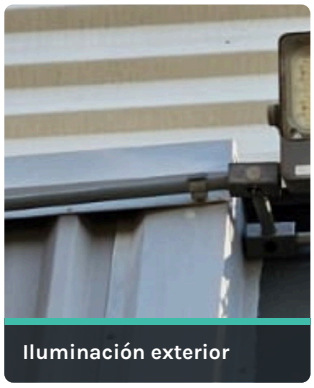
- **Alimentos y plantas cárnicas:** equipos lavados todos los días con agua caliente y productos de limpieza.
- **Saneamiento:** telemetría de ductos de agua y alcantarillado, sondas y bombas.
- **Papel y celulosa:** humedad constante, calor y productos químicos.
- **Alumbrado público y deportivo:** redes subterráneas y cajas de registro que se inundan.
- **Máquinas y motores:** polvo, vibración y cambios frecuentes.
- **Instrumentación de campo:** transmisores y sensores expuestos a la intemperie.
- **Infraestructura:** túneles, puertos y obras.
- **Aplicaciones IoT:** sensores y electrónica integrada en exteriores.

En todos estos casos el punto común es el mismo: el ambiente ataca la conexión todos los días, y el ensayo de laboratorio dura poco tiempo.


Planta cárnica


Red subterránea


Iluminación de piso


Iluminación exterior

Fotos de aplicaciones reales. Fuente: presentación técnica Techno.

CAPÍTULO 04

# Lo que suele salir mal

La mayoría de las fallas de conexión nace de cuatro causas.

**1. Producto inadecuado para el ambiente.** Un conector para interiores instalado en un área de lavado. Un grado de protección contra chorros usado en un punto que queda sumergido.

**2. Cable y conector que no combinan.** El prensacables solo sella dentro de un rango de diámetro. Fuera de él, la goma no se comprime lo suficiente y el agua entra.

**3. Error de montaje.** Anillo de sello olvidado, apriete incorrecto, conector a medio encajar. Cuantas más piezas sueltas, más posibilidad de error.

**4. Envejecimiento.** Sol, ozono, calor y productos químicos resecan las gomas y debilitan los plásticos comunes con los años.

Los síntomas son conocidos por cualquier equipo de mantenimiento:

- contactos oxidados y calentamiento;
- caída de tensión y lecturas inestables de sensores;
- disparo de protecciones sin causa aparente;
- la falla intermitente, que desaparece cuando llega el técnico.

> **ATENCIÓN**
>
> La falla intermitente es la más costosa. Consume horas de diagnóstico, lleva a cambiar piezas buenas y desgasta la confianza en mantenimiento.

CAPÍTULO 05

# Los agresores del ambiente

Techno organiza el análisis del ambiente en siete agentes TECHNO:

| AGENTE | QUÉ PROVOCA EN LA CONEXIÓN |
|---|---|
| **Humedad** | Oxidación lenta de los contactos |
| **Agua** | Cortocircuito, fuga de corriente, corrosión |
| **Química** | Ataque a plásticos y gomas |
| **Presión** | Fuerza el agua hacia adentro, por chorro o inmersión |
| **Calor** | Envejece sellos y aislantes |
| **Variación de temperatura** | Dilata y contrae, crea holguras |
| **Condensación** | Forma agua por dentro, sin entrada visible |

A ellos se suman dos agentes mecánicos: el **polvo**, que entra en las rendijas y contamina los contactos, y la **vibración y el impacto**, que aflojan conexiones y pueden agrietar el cuerpo del conector.

## El agua que nace por dentro

La condensación merece atención porque engaña. Una envolvente bien sellada se calienta durante el trabajo y se enfría en la parada. Al enfriarse, el aire interno pierde presión y el conjunto empieza a aspirar aire húmedo por cualquier microcamino, incluso por dentro del cable, entre los hilos del conductor.

Un ejemplo de orden de magnitud: el aire que se enfría de 60 °C a 20 °C pierde cerca del 12% de la presión EJEMPLO DIDÁCTICO, CALCULADO CON LA LEY DE LOS GASES. Es suficiente para aspirar humedad en cada ciclo.

El resultado es agua dentro de un conector que nunca se mojó por fuera.




La respiración térmica de la envolvente. Ilustración esquemática.

CAPÍTULO 06

# IP e IK sin misterio

## El código IP

El grado de protección IP está definido por la norma IEC 60529, adoptada en Brasil como ABNT NBR IEC 60529 NORMA. Son dos cifras:

- la **primera** indica la protección contra sólidos y polvo. El nivel 6 significa totalmente protegido contra el polvo;
- la **segunda** indica la protección contra el agua.

| MARCADO | PROTEGE CONTRA | DÓNDE TIENE SENTIDO |
|---|---|---|
| **IP66** | Polvo y chorros potentes de agua | Áreas exteriores, lavado con manguera |
| **IP67** | Polvo e inmersión temporal | Puntos sujetos a inundación breve |
| **IP68** | Polvo e inmersión continua, en condiciones acordadas con el fabricante | Cajas subterráneas, bombas, sondas |
| **IP69** | Polvo y chorros de alta presión y alta temperatura | Higienización en alimentos y plantas cárnicas |



### IP66

CHORRO POTENTE

Áreas exteriores y lavado con manguera



### IP67

INMERSIÓN TEMPORAL

Puntos sujetos a inundación breve



### IP68

INMERSIÓN CONTINUA

Cajas subterráneas, bombas y sondas



### IP69

ALTA PRESIÓN Y TEMPERATURA

Higienización en alimentos y plantas cárnicas

Tres cuidados evitan la mayor parte de los errores:

1. **Chorro e inmersión son ensayos distintos.** Un producto IP68 no es automáticamente adecuado para chorros. Por eso existen marcados dobles, como IP66/IP68.
2. **IP68 no es un valor único.** La profundidad y el tiempo de inmersión los define el fabricante. Pida esos datos.
3. **El grado vale para el conjunto montado.** Cable dentro del rango de diámetro, conector totalmente acoplado, tapa en su lugar.

> **¿IP69 O IP69K?**
>
> La "K" viene de la norma de vehículos de carretera ISO 20653. La IEC 60529 incorporó un ensayo equivalente como segunda cifra 9. En el día a día, las dos formas indican resistencia al lavado con alta presión y alta temperatura.

## El código IK

El IP no dice nada sobre golpes. Para eso existe el código IK, de la norma IEC 62262 NORMA, que clasifica la energía de impacto que soporta la envolvente.

| GRADO | ENERGÍA DE IMPACTO |
|---|---|
| **IK07** | 2 J |
| **IK08** | 5 J |
| **IK09** | 10 J |
| **IK10** | 20 J |

CAPÍTULO 07

# Cómo elegir en tres pasos

Techno propone un método simple, en tres etapas, para una instalación correcta y durable TECHNO.

## Paso 1: analice el ambiente

Recorra los siete agentes del capítulo 5 y describa la **peor condición real** del punto, no el promedio. Un equipo que pasa el año seco y se lava con chorro caliente una vez por semana debe especificarse para el lavado.

## Paso 2: elija y armonice el cable

Cable y conector se eligen juntos. Reúna cuatro datos:

- diámetro exterior del cable;
- número de polos;
- sección de cada polo;
- especificación técnica del cable, incluido el material de la cubierta.

## Paso 3: elimine los puntos débiles

Dibuje el plano del circuito y cuente todas las interrupciones del cable. Anote el tipo de cada una (empalme recto, derivación en T, Y, H o múltiple), los cambios de calibre y las distancias.

Menos interrupciones, y mejores interrupciones, significan un circuito más confiable.

CAPÍTULO 08

# El precio de equivocarse

El precio de un conector es pequeño. El costo de una falla puede ser grande. Comparar los dos cambia la conversación de compra.

Vea un cálculo simple EJEMPLO DIDÁCTICO, VALORES HIPOTÉTICOS:

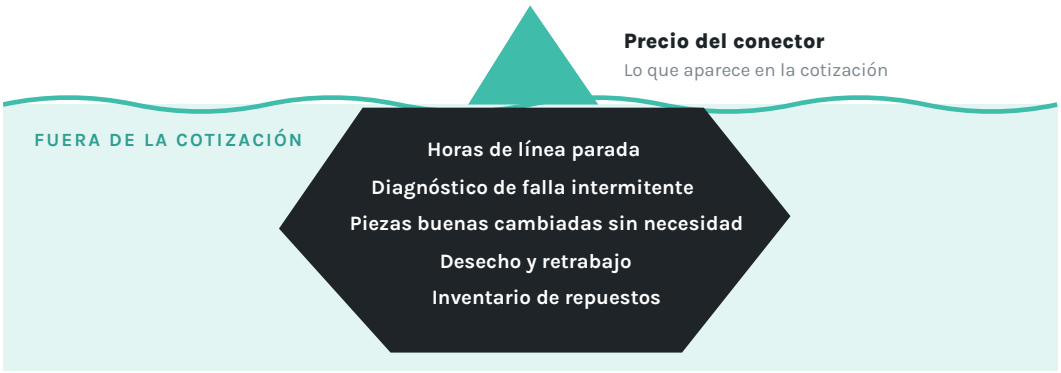
| ÍTEM | VALOR |
|---|---|
| **Costo de la hora de línea parada** | R$ 8.000 |
| **Duración de la parada** | 3 horas |
| **Costo de la parada** | **R$ 24.000** |

La conexión que causó la parada cuesta una fracción mínima de ese valor. Y la cuenta aún no incluye mano de obra de reparación, desecho, retrabajo y atraso en la entrega.

Una conexión inadecuada pesa en los tres factores del OEE, el indicador de eficiencia global de los equipos:

- **Disponibilidad:** paradas por falla eléctrica.
- **Rendimiento:** microparadas y operación a ritmo reducido.
- **Calidad:** lecturas inestables de sensores y básculas, que generan desecho.

> **PREGUNTA ÚTIL PARA LA PRÓXIMA COMPRA**
>
> En lugar de "¿cuánto cuesta este conector?", pregunte "¿cuánto va a costar este punto de conexión en los próximos años?".



CAPÍTULO 09

# Confiabilidad y continuidad

Las conexiones de un circuito trabajan en serie. Si una falla, el circuito se detiene. Por eso la confiabilidad del conjunto es el producto de las confiabilidades individuales LITERATURA.

Un ejemplo muestra el efecto EJEMPLO DIDÁCTICO:

> Un circuito con 20 conexiones, cada una con 99% de probabilidad de pasar el año sin fallar, tiene cerca de 82% de probabilidad de pasar el año entero sin paradas. Es casi 18% de probabilidad de al menos una falla.

Hay dos palancas para mejorar ese número:

1. **Reducir el número de interrupciones** en el diseño del circuito.
2. **Elevar la confiabilidad de cada una**, con un producto adecuado al ambiente y un montaje con menos posibilidad de error.

Para mantenimiento, tres características ayudan en el día a día:

- **Conexión reinspeccionable.** Los empalmes sin resina ni gel pueden abrirse, verificarse y cerrarse de nuevo.
- **Macho y hembra con traba.** El cambio de un motor o sensor es más rápido y sin riesgo de invertir conexiones.
- **Estandarización.** Pocas familias de conector por función reducen el inventario y simplifican la capacitación.



$0{,}99^{20} \approx 0{,}82$

20 conexiones en serie, cada una con 99% de confiabilidad al año. Basta que un eslabón falle para que el circuito se detenga.

CAPÍTULO 10

# La tecnología de Techno

Techno do Brasil, con sede en Curitiba, es la operación brasileña del fabricante italiano Techno Srl. En 2026 la empresa cumplió 40 años de actividad en inyección de plástico. Los productos se diseñan y fabrican en Italia TECHNO.

Tres tecnologías resumen la propuesta de la marca.

## Sellado co-moldeado

Plástico y goma se inyectan juntos y forman una pieza única. Según Techno, el resultado es una instalación más rápida, con pocos componentes, y menos errores de montaje, porque no hay un anillo de sello suelto que olvidar o colocar mal.




Prensacables TEEGLAND® con sellado co-moldeado. El anillo verde agua se inyecta junto con el cuerpo: no existe pieza suelta que colocar ni anillo de sello que olvidar en el montaje. Fotos: Techno do Brasil.

## Conexión sin resina y sin gel

Los empalmes y cajas de la marca sellan por diseño mecánico, sin encapsulado. Por eso pueden reabrirse para inspección y reutilizarse.

## xDRY®, la barrera anticondensación

Es una barrera ubicada entre el conector y el equipo, descrita en el catálogo como sistema patentado. Bloquea el paso de humedad por dentro del cable, el camino que el sello externo no cierra. El catálogo informa una reducción del 90% en las infiltraciones de agua, sin caída de tensión TECHNO.

## Las familias de producto

| FAMILIA | FUNCIÓN |
|---|---|
| **TEETUBE®** | Empalmes en línea y derivaciones en T, Y y H |
| **TEEPLUG®** | Macho y hembra desconectables |
| **TEEBOX®** | Cajas de derivación y distribuidores |
| **TEEGLAND®** | Prensacables co-moldeados |
| **IoTH®** | Plataforma para integrar electrónica y sensores |

Datos generales informados en el catálogo: desempeño eléctrico de hasta 41 A y 690 V, protección de hasta IP69 y resistencia al impacto de hasta IK10, según la serie TECHNO.



Caja TEEBOX® con electrónica integrada y entradas desconectables. Foto: presentación técnica Techno.

CAPÍTULO 11

# Un caso real

En una cancha de fútbol, los empalmes de la iluminación están en cajas de registro enterradas, que se llenan de agua con cada lluvia fuerte. La instalación usó la derivación en T modelo THB.402, con grado IP68 TECHNO.

Cuatro años después, el instalador abrió el conector por iniciativa propia y publicó el resultado:

> "Después de 4 años de haber instalado el conector impermeable de Techno do Brasil decidí abrirlo para ver su eficiencia y me sorprendió el resultado: ningún rastro de agua. Un detalle: esta caja de registro queda llena de agua en época de lluvias."
>
> Relato del instalador, reproducido en la presentación técnica de Techno (traducción)

Es un relato único, sin medición de laboratorio. Aun así, muestra lo que importa en la práctica: la conexión siguió seca después de años en una condición que el ensayo de tipo solo simula por poco tiempo.



Día de la instalación



Cuatro años después



Conector abierto: seco por dentro

Fuente: presentación técnica Techno.

CAPÍTULO 12

# Caja de herramientas: por dónde empezar

La elección de la conexión es más fácil de defender cuando viene acompañada de método. Seis herramientas clásicas de la ingeniería de producción bastan para pasar de la opinión al dato.

| HERRAMIENTA | PREGUNTA QUE RESPONDE | CÓMO USARLA EN LAS CONEXIONES |
|---|---|---|
| **Gemba** | ¿Qué ocurre realmente en el punto? | Ir a la máquina el día de lavado o de lluvia y observar |
| **Pareto** | ¿Dónde está la mayor parte de las fallas? | Separar las paradas eléctricas por causa y por punto |
| **5 porqués** | ¿Por qué ocurrió la falla? | Ir más allá de "entró agua" hasta la causa de diseño o de instalación |
| **Poka-yoke** | ¿Cómo impedir que el error se repita? | Preferir sellado co-moldeado, traba y llaves que impiden el montaje incorrecto |
| **OEE** | ¿Cuánto cuesta la falla en eficiencia? | Registrar la conexión como causa específica de parada |
| **Costo de la hora-máquina** | ¿Cuánto vale una hora de parada? | Convertir horas de parada en dinero para comparar con el precio del conector |



VISIÓN DEL INGENIERO

La conexión suele volverse tema solo después de varias paradas por la misma causa. La herramienta más barata es la primera de la tabla: ir al punto, mirar y fotografiar. El resto del método depende de lo que se ve allí.

**Prof. Vagner Soares, Manufatura Enxuta**

PARA PROFUNDIZAR

- Serie completa sobre conexiones en el portal Manufatura Enxuta (en portugués): Techno do Brasil: tecnologia em conexões elétricas
- Diagrama de Pareto
- 5 porqués
- Poka-yoke
- OEE, con calculadora
- Costo de la hora-máquina
- Sitio de Techno do Brasil: technodobrasil.com.br
- Líneas de producto: technodobrasil.com.br/produtos

CAPÍTULO 13

# Checklist básico de especificación

Use esta lista antes de pedir cotización.

## AMBIENTE

- [ ] ¿El punto recibe lluvia, salpicaduras, chorro o queda sumergido?
- [ ] ¿Hay lavado con alta presión o agua caliente?
- [ ] ¿Qué productos químicos entran en contacto?
- [ ] ¿Cuál es la temperatura mínima, la máxima y la variación diaria?
- [ ] ¿Hay ciclo térmico con humedad que favorezca la condensación?
- [ ] ¿Existe riesgo de impacto o vibración?

## ELÉCTRICA

- [ ] Corriente y tensión del circuito.
- [ ] Número de polos, separando potencia y señal.
- [ ] Sección de los conductores en $mm^2$.

## CABLE

- [ ] Diámetro exterior medido, dentro del rango del conector.
- [ ] Material de la cubierta compatible con el ambiente.

## FUNCIÓN

- [ ] ¿Empalme, derivación, macho y hembra, panel o caja?
- [ ] ¿Con qué frecuencia se desconectará el punto?
- [ ] ¿El punto debe ser reinspeccionable?

## CIRCUITO

- [ ] ¿Se contaron todas las interrupciones del cable?
- [ ] ¿Alguna puede eliminarse en el diseño?

# Conclusión

La conexión eléctrica es pequeña, barata y fácil de olvidar. También es el punto por donde entra el agua, donde trabaja la vibración y donde se esconde la falla intermitente.

Tratar la elección de la conexión como decisión técnica, y no como un ítem de la lista de compras, protege lo que realmente cuesta caro: el tiempo de producción.

Tres ideas para llevarse de esta guía:

1. Especifique para la peor condición real del ambiente.
2. Elija cable y conector juntos.
3. Cuente las interrupciones del circuito y elimine las que pueda.

**¿QUIERE IR MÁS ALLÁ?**

El e-book completo, "Conexiones eléctricas industriales: ingeniería, confiabilidad y eficiencia en la industria", profundiza en cada uno de estos temas, con criterios de dimensionamiento, rutinas de mantenimiento, cálculo de costo total y aplicaciones en ambientes hostiles.

# Créditos



CONTENIDO TÉCNICO

## Mario Adinolfi

Director de Techno do Brasil

Autor de la presentación técnica "Aplicaciones complicadas y hostiles", base de los datos de producto y de las aplicaciones reunidas en esta guía.



ANÁLISIS TÉCNICO Y CURADURÍA

## Vagner Soares

Profesor e Ingeniero de Producción

Especialista en Lean Manufacturing y Gestión del Comportamiento, con más de 20 años de experiencia en la industria automotriz y metalmecánica, en empresas como General Motors y Dana. Instructor y mentor del SENAI en el programa Brasil Mais Produtivo. Responsable del análisis técnico y de la curaduría de contenido de esta guía.

**Manufatura Enxuta**
manufaturaenxuta.com.br

# Sobre Techno do Brasil

Techno nació como fabricante de artículos técnicos de plástico y se especializó en conexiones eléctricas de alta protección contra agua y polvo. El catálogo general registra 20 patentes, 12 marcas, cerca de 3.000 códigos de producto y presencia en 80 países, con producción certificada como "Made in Italy" TECHNO.

En Brasil la empresa opera desde Curitiba, con soporte técnico para especificación, productos precableados y soluciones a medida.

**Techno do Brasil**
Rua Antonio Lacerda Braga, 960, CIC, Curitiba, PR
Teléfono: +55 41 98791 5907
E-mail: vendas@technodobrasil.com.br
Sitio: technodobrasil.com.br

# Referencias

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 60529**: graus de proteção providos por invólucros (códigos IP). Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 60529**: degrees of protection provided by enclosures (IP Code). Ed. 2.2. Geneva: IEC, 2013. Disponible en: https://webstore.iec.ch/en/publication/2452. Consultado el 12 nov. 2026.

CONEXÕES elétricas industriais: ponto fraco da produção. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponible en: https://manufaturaenxuta.com.br/conexoes-eletricas-industriais-ponto-fraco-da-producao.html. Consultado el 12 nov. 2026.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 62262**: degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code). Geneva: IEC, 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 20653**: road vehicles: degrees of protection (IP code): protection of electrical equipment against foreign objects, water and access. Geneva: ISO, 2023.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introduction to TPM**: total productive maintenance. Cambridge: Productivity Press, 1988.

TECHNO. **Aplicações complicadas e hostis**. Presentación técnica de Mario Adinolfi, Director. Marechal Cândido Rondon: Mundo SENAI, 6 nov. 2026.

TECHNO. **Catálogo general**: soluciones en conexiones eléctricas de alta protección, resistentes al polvo, al agua y al impacto mecánico. Código CATGENIT102024. Disponible en: https://www.techno.it. Consultado el 12 nov. 2026.

SOARES, Vagner. **Sobre o autor**. Manufatura Enxuta, 2026. Disponible en: https://manufaturaenxuta.com.br/sobre.html. Consultado el 12 nov. 2026.

TECHNO do Brasil: tecnologia em conexões elétricas industriais. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponible en: https://manufaturaenxuta.com.br/techno-do-brasil-tecnologia-em-conexoes-eletricas-industriais.html. Consultado el 12 nov. 2026.