

# Sistema anticolidión para grúas puente

## Anti-collision system for bridge cranes

Presentación: 04/09/2023

### Eduardo Rey

Docente investigador (UTN-FRH)

[erey@frh.utn.edu.ar](mailto:erey@frh.utn.edu.ar)

### Sergio Cortese

Docente investigador (UTN-FRH)

[scortese@frh.utn.edu.ar](mailto:scortese@frh.utn.edu.ar)

### Resumen

Este informe presenta una opción para reducir el riesgo y mejorar la seguridad en el transporte de mercadería que se realiza a partir del uso de grúas puentes y, principalmente, en lo que refiere a la operación de 2 o más grúas puente de manera simultánea en la misma estructura de vías.

Mediante el uso de las Normas internacionales de referencia para el caso presentado, se describen los sistemas controlados de seguridad y se calculan los valores que determinan el nivel de performance que pueden entregar en cada caso.

Como conclusión, se demuestra que los sistemas son aptos para reducir de forma efectiva el riesgo de colisión entre ellos.

Palabras clave: seguridad, grúas, anticolidión, UNE-EN 15011

### Abstract

This paper presents an option to reduce the risk and improve the safety in the transport of merchandise that is carried out by using of overhead cranes (bridge cranes) and, mainly, in what refers to the operation of 2 or more of it simultaneously in the same track structure.

By using the international reference standards, the controlled safety systems are described and the values that determine the level of performance that can be delivered in each case are calculated.

In conclusion, it is shown that the systems are apt to effectively reduce the risk of collision between them.

Keywords: safety, cranes, anti-collision, UNE-EN 15011

### Introducción

En muchas Plantas se suelen montar en la misma estructura de vías 2 o más grúas puente.

Estas grúas puente trabajan simultáneamente y uno de los mayores riesgos durante ese tipo de operación, es la colisión inadvertida entre sí.

Para reducir este riesgo, actuando sobre el factor de probabilidad de ocurrencia, es que se propone un sistema anticolidión basado en el uso de equipamiento específico con 2 tecnologías: laser y radar, para lograr una redundancia diversitaria por el uso de 2 tecnologías de naturaleza diferente.

Este trabajo presentará una síntesis de la problemática y el análisis pormenorizado del nivel de performance del sistema basado en las normas: ISO 12100:2010, ISO 13849-1:2015, ISO 13849-2:2012, UNE-EN 15011:2011+A1:2014, UNE-EN 60204-1:2007

Supongamos que una planta de una nave con 2 grúas puente en la misma estructura en cada una.

Las grúas puente no poseen un sistema de alarma o disminución de velocidad y frenado cuando están muy cerca con riesgos de colisión.

Además, no existen cortes de alimentación que aseguren la no invasión de la zona de seguridad para realizar mantenimientos.



Figura 1: 3 grúas puente montadas en la misma estructura de rieles superiores

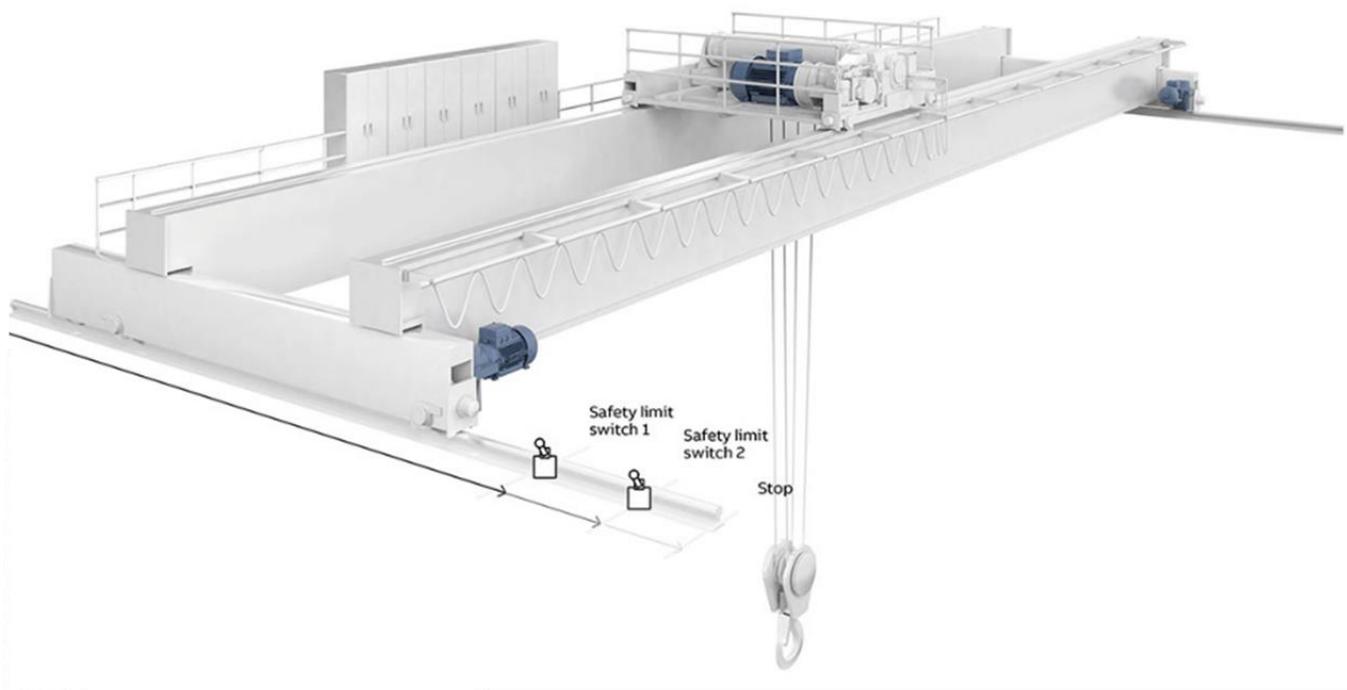


Figura 2: ejemplo de grúa puente para grandes cargas

### Objetivo

Evitar las colisiones entre grúas puente en operación normal de la planta y con grúas puente detenidas por mantenimiento con personal trabajando en la misma. Las grúas puente tendrán una distancia mínima de acercamiento a partir de la cual no se permitirá movimiento en esa dirección. (de 3 m a 4 m)

Reemplaza el seccionamiento de seguridad de los rieles de alimentación y debe funcionar como capa de protección independiente (sin intervención del operador o mantenimiento).

El sistema anticolidión se desarrollará de acuerdo a la norma Diseño Seguridad Funcional en Maquinas ISO 13849-1 utilizando preferentemente componentes certificados en seguridad. El sistema deberá tener un nivel de seguridad **PL “c”**.

Por diseño se permite que el sistema pueda dar falsos positivos (aproximación peligrosa a otra grúa) pero no negativos (falla peligrosa), aunque para el primer caso se acordará el número de eventos por unidad de tiempo (por ejemplo: por turno de operación) y por grúa que son tolerables. Si el número es menor no requerirá intervención de mantenimiento para mejoría (reparación o ajustes) del sistema.

### Componentes del sistema

Utilización de dispositivos como PLC o sensores preferentemente certificados para uso en seguridad.

El sistema no debe tener puntos de ajuste accesibles en la grúa; si los tiene se debe establecer un método de control.

El sistema debe tener dos sensores con modo de falla y tecnología de funcionamiento diferente para generar lo que se denomina **redundancia diversitaria** de forma a robustecer el sistema de control.

### Parámetros de servicio

Los parámetros de servicio tales como: distancias de inicio de frenado, distancia mínima de acercamiento, cantidad de pasos de control etc. se definirán de acuerdo con las velocidades y masas de las grúas puente, pudiendo ser distintas según sea el uso de las mismas en la planta.

El sistema será adecuado para actuar según la velocidad relativa de aproximación entre dos grúas puente y comenzar con desaceleraciones de acuerdo con los parámetros de funcionamiento prefijados; por ejemplo, a mayor velocidad de acercamiento se debe empezar el frenado con anterioridad.

El programa de la aplicación de seguridad que reside en el PLC de seguridad deberá estar bloqueado por al menos dos niveles de acceso, usuario y contraseña.

El sistema tiene que trabajar como capa de protección independiente.

Básicamente tiene las siguientes características:

1. Chequeo inicial del estado del sistema de seguridad en cada reposición de grúa y lámparas indicadoras de estado incluidas en las listas de chequeo por turno de operación, lo que brinda un control permanente sobre la integridad del sistema.
2. Redundancia con enclavamientos de incongruencias tanto en la medición como en los comandos al drive
3. HMI para control de inspección y diagnóstico de fallas.
4. Punto de parada en función de la velocidad de acercamiento entre grúas.
5. Baja complejidad de instalación y puesta en marcha.
6. Sistema armado con componentes de seguridad, a excepción de los elementos sensores, los cuales se utilizan de distinta tecnología para evitar fallas de causa común.

## Desarrollo

### Componentes utilizados en la propuesta

El sistema propuesto, consta de la instalación por cada grúa puente de los siguientes elementos (en negrita los elementos principales que lo conforman):

Referencia	Módulo	Función	Qty.
<b>GII-1054-2 (Grúa-Grúa)</b>	<b>GIGASENSE ANTICOLISION (2ACT)</b>	<b>ENTRADA</b>	<b>1</b>
GIIBACKUP-1000	GIGASENSE BANCO BATERIA	ENTRADA	4
<b>GII-1054-1A (Grúa-Pared)</b>	<b>GIGASENSE ANTICOLISION (1ACT)</b>	<b>ENTRADA</b>	<b>1</b>
<b>DT500 - A111 : 1026515</b>	<b>SENSOR LASER SICK</b>	<b>ENTRADA</b>	<b>2</b>
<b>6ES7510-1SJ01-0AB0</b>	<b>CPU</b>	<b>LÓGICA</b>	<b>1</b>
6ES7136-6BA00-0CA0	Módulo I/O	LÓGICA	2
6ES7131-6BF00-0CA0	Módulo I/O	LÓGICA	5
6ES7136-6AA00-0CA1	Módulo I/O	LÓGICA	1
6ES7136-6DB00-0CA0	Módulo I/O	LÓGICA	3
6ES7132-6BF00-0CA0	Módulo I/O	LÓGICA	2
6EP1334-2BA20	Fuente	LÓGICA	1
6ES7954-8LC03-0AA0	memoria	LÓGICA	1
6ES7193-6AR00-0AA0	accesorio conexión	LÓGICA	1
6ES7193-6BP00-0DA0	bornera	LÓGICA	3

Referencia	Módulo	Función	Qty.
6ES7193-6SC00-1AM0	accesorio conexión	LÓGICA	1
6ES7 134-6HD01-0BA1	Módulo I/O	LÓGICA	1
6ES7193-6BP00-0BA0	bornera	LÓGICA	13
<b>6AV2124-0GC01-0AX0</b>	<b>MULTIPANEL SIEMENS</b>	<b>LÓGICA</b>	<b>1</b>
3AUA0000089109	Modulo Comunicación FENA 21	SALIDA	4
ABB FEN-31	ENCODER HTL ADAPTER PARA ACS880	SALIDA	1
<b>ACS880-01-038A-3+D150</b>	<b>Drive Puente 18,5 kW</b>	<b>SALIDA</b>	<b>1</b>
<b>ACS880-01-12A6-3+D150</b>	<b>Drive Carro 5,5 kW</b>	<b>SALIDA</b>	<b>1</b>
<b>ACS880-01-145A-3+D150</b>	<b>Drive Izaje 75 kW</b>	<b>SALIDA</b>	<b>1</b>
3AXD50000042622	TARJETA DE MEMORIA ABB P/ACS880 (GRUAS)	SALIDA	1
SAFUR 125F500	RESISTOR DE FRENADO	SALIDA	1
JBR-03	RESISTOR DE FRENADO - Carro	SALIDA	1
SACE15RE22	RESISTOR DE FRENADO - Puente	SALIDA	1
GV2-ME16	Guarda Motores Puente	SALIDA	2
GV2-ME10	Guarda Motores Carro	SALIDA	2
<b>XVB-C21+ XVB-C2G4 + XVB-C2G3 + XVB-C2G8 + XVB-Z02 + XVB-C9M</b>	<b>COLUMNA SEÑALIZACION AUDIO VISUAL</b>	<b>SALIDA</b>	<b>1</b>

Tabla 1: componentes del sistema de seguridad anticolidión

**Croquis de instalación**

■ Radar Grúa/Pared      ■ Radar Grúa/Grúa      ■ Laser

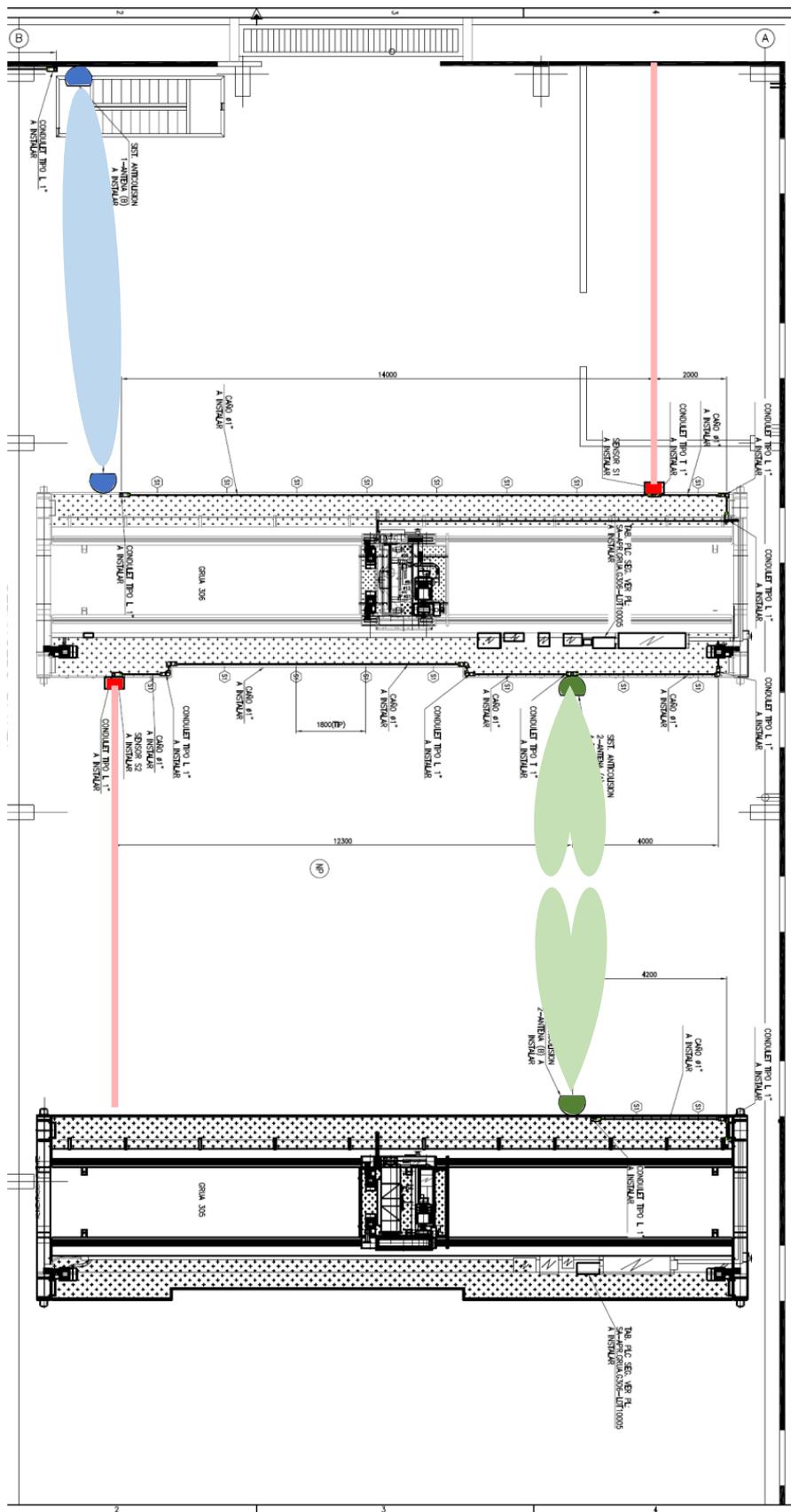


Figura 3: croquis de instalación

Esquema de funcionamiento

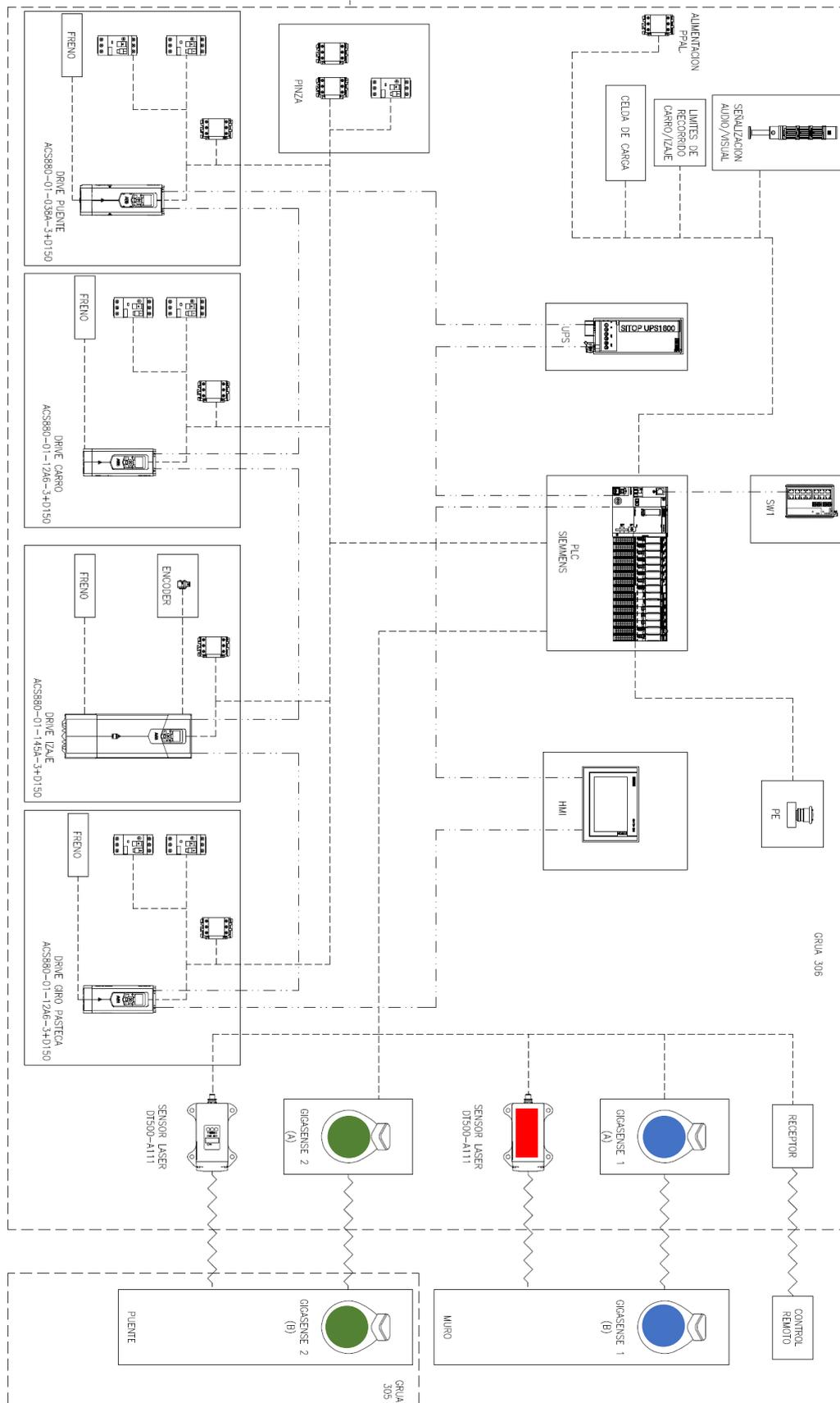


Figura 4: esquema de funcionamiento

### Descripción general de funcionamiento del SIS (Sistema Instrumentado de Seguridad)

El sistema anticolidión propuesto debe reunir estas 2 principales características:

- **Utilizar la máx. velocidad permitida durante la operación normal**
- **Reducir la velocidad y detenerse de forma automática y de manera segura ante la proximidad de un obstáculo**

Para alcanzar estas condiciones se necesitan establecer lo siguiente:

#### 1. Identificar los límites de distancia segura (Safely Limited Position – SLP)

- **LIM 1** (distancia para inicio de reducción de velocidad) = **8 metros**
- **LIM 2** (distancia para inicio de la detención) = **5 metros**
- **LIM C** (distancia crítica a partir de la cual se deberá iniciar una parada de tipo STO) = **4 metros**
- **Valor de Compensación** (incremento de los valores de LIM 1 y LIM 2 en función de la velocidad y el nivel de compensación) =>

$$\text{Valor de Compensación} = \frac{(Vel_{Absoluta Actual} - Vel_{Inicio Compensación}) * Nivel_{Comp.}}{100}$$

#### 2. Establecer la Máx. velocidad permitida (Safely Limited Speed – SLS)

- El alcance de este trabajo no permite establecer los valores máximos de velocidad permitida durante la operación, aunque se recomienda establecer los mismos durante la puesta en marcha

#### 3. Definir la dirección permitida (Safe Direction – SDI)

- La SIF deberá tener la capacidad de determinar la dirección en la cual el movimiento es seguro permitiendo que se desplace en esa dirección.

#### 4. Establecer una parada segura (SS1)

- Se establecerán 2 niveles de parada: la parada segura (SS1) al llegar a LIM 2 y la parada de emergencia (STO) al alcanzarse LIM C.

Además, la SIF que se implemente, deberá asegurar un continuo suministro de energía hasta alcanzar la condición segura de la grúa puente, siendo esta su detención total en una posición que no conlleve un riesgo inherente.

### Requisitos normativos

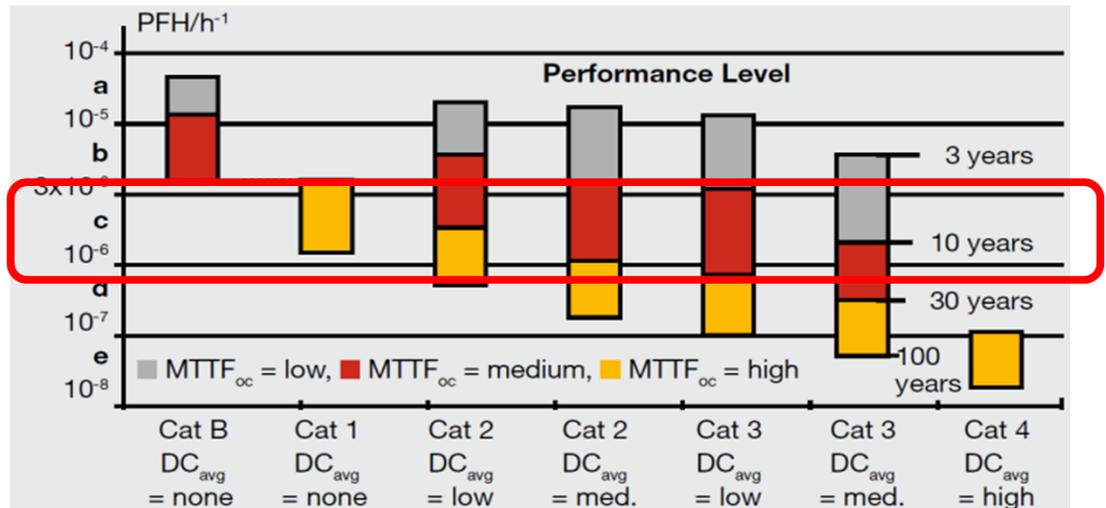
Se establece como normas de aplicación, las siguientes:

- **DIRECTIVA 2006/42/CE – ANEXO I:** Requisitos esenciales de seguridad y de salud relativos al diseño y la fabricación de las máquinas
- **ISO 12100:2010 – Seguridad de máquinas:** principios generales de diseño, evaluación y reducción de riesgos
- **ISO 13849-1:2015 – Seguridad de máquinas:** Sistemas de mandos relativos a la seguridad - Parte 1: principios generales de diseño
- **ISO 13849-2:2012 – Seguridad de máquinas:** Sistemas de mandos relativos a la seguridad - Parte 2: Validación
- **UNE-EN 15011:2011+A1:2014 – Grúas - Grúas puente y pórtico.**
- **UNE-EN 60204-1:2007 – Seguridad de máquinas.** Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requisitos generales.

Entre todas, se destaca la UNE-EN 15011:2011+A1:2014 ya que esta es una norma tipo “C” de aplicación específica para grúas puente.

También es conveniente recordar lo estipulado por la norma ISO 13849-1:2015 en lo referente a los valores de Performance Level (PL) que se obtienen para una determinada SIF (Función Instrumentada de Seguridad) según los valores de  $MTTF_d$ , CAT y  $DC_{avg}$  de cada canal.

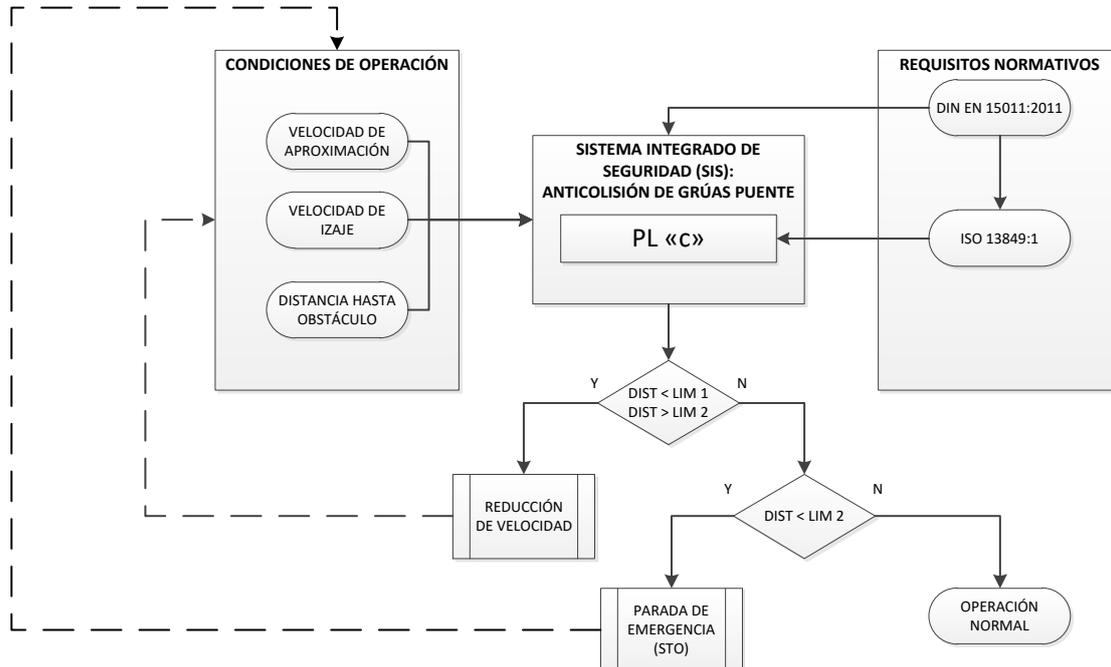
Ejemplo:  
PLr = c



Del ejemplo, se concluye que no es posible alcanzar un PL = “c” si los elementos que conforman el canal no son de, al menos, Cat 1. Quedando fuera, por lo tanto, la Cat. B que se permite conformar con elementos no certificados en seguridad.

## Resultados

### Flujograma de análisis



### Análisis del nivel de prestación (PL) de la SIF presentada

En base a los datos procesados en el software **SISTEMA** del “Instituto para la seguridad y la sanidad laboral (IFA)”, se obtuvieron los siguientes resultados para la Función Instrumentada de Seguridad (SIF):

**SF** Nombre: Anticolisión Radar + Laser [AVEC\_TER\_1\_1]

Requerido: PLr c

Encontrado: PL: b

PFHD [1/h]: 8,5E-6

Estado: rojo

**Subsistemas contenidos**

**SB** Nombre: RADAR\_1\_2

Resultando PL: b

PFHD [1/h]: 4,2E-6

Categoría: B

MTTFD [a]: 69,1 (Alta)

DCavg [%]: sin relevancia

Puntos CCF: sin relevancia

**Canales / bloques contenidos / Elemento**

**CH** Nombre: Canal 1 (MTTFD [a]: 69,1)

**BL** Nombre: RADAR 1 [R1\_2]

MTTFD [a]: 69,1 (Alta)

DC [%]: sin relevancia

**EL** Nombre: RADAR GIGASENSE

MTTFD [a]: 69,1 (Alta)

DC [%]: sin relevancia

**SB** Nombre: RADAR\_2\_2

Resultando PL: b

PFHD [1/h]: 4,2E-6

Categoría: B

MTTFD [a]: 69,1 (Alta)

DCavg [%]: sin relevancia

Puntos CCF: sin relevancia

**Canales / bloques contenidos / Elemento**

**CH** Nombre: Canal 1 (MTTFD [a]: 69,1)

**BL** Nombre: RADAR 2 [R2\_2]

MTTFD [a]: 69,1 (Alta)

DC [%]: sin relevancia

**EL** Nombre: RADAR GIGASENSE

MTTFD [a]: 69,1 (Alta)

DC [%]: sin relevancia

**SB** Nombre: PLC SIEMENS

Resultando PL: e

PFHD [1/h]: 3,2E-8

Categoría: 4

MTTFD [a]: sin relevancia

DCavg [%]: sin relevancia

Puntos CCF: sin relevancia

**SB** Nombre: DRIVER ABB

Resultando PL: e

PFHD [1/h]: 3,2E-8

Categoría: 4

MTTFD [a]: sin relevancia

DCavg [%]: sin relevancia

Puntos CCF: sin relevancia

El PL obtenido (b) es menor al PLr (c) porque los Elementos que conforman el bloque de **ENTRADA NO están certificados en seguridad** y, por lo tanto, la máxima categoría que se puede asignar es: CAT. B.

Sin embargo, el fabricante informa datos de  $MTTF_d$  y  $DC_{Avg}$  en su hoja técnica de datos que, habiendo hecho una simulación en el software SISTEMA, otorgan un  $PL = d$ , superando el PLr, si el elemento estuviera certificado en seguridad.

## Conclusiones

De los resultados obtenidos se concluye que la solución propuesta cumple con los requisitos normativos aplicables donde  $PLr = c < d = PL$ .

Se debe tener en cuenta que este nivel de performance level no se puede asignar de forma directa ya que los elementos del bloque de ENTRADA no presentan certificados de seguridad.

Sin embargo, el uso combinado de sensores tipo Laser y de sensores por sonido tipo radar, generan una redundancia diversitaria que aumenta el grado de confiabilidad del sistema y, por consiguiente, se puede elevar el nivel de PL del sistema propuesto.

Los otros elementos que conforman la arquitectura de la SIF, como así también los parámetros de distancias de decisión, las velocidades y los bloques de programación definidos son lo suficientemente adecuados como para ser implementados y que la solución permanezca robusta en su constitución.

El uso de unidades de suministro de energía auxiliares (UPS) aseguran la SIF de anticolisión junto con la capacidad de parada de emergencia (STO) siendo, por lo tanto, un elemento clave en el funcionamiento seguro de la SIF.

## Referencias

Comité Técnico AEN/CTN 203, UNE-EN 60204-1:2007 – Seguridad de máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requisitos generales.

Comité Técnico ISO/TC 199 (2010), ISO 12100:2010 – Seguridad de máquinas: principios generales de diseño, evaluación y reducción de riesgos

Comité Técnico ISO/TC 199 (2012), ISO 13849-2:2012 – Seguridad de máquinas: Sistemas de mandos relativos a la seguridad - Parte 2: Validación

Comité Técnico ISO/TC 199 (2015), ISO 13849-1:2015 – Seguridad de máquinas: Sistemas de mandos relativos a la seguridad - Parte 1: principios generales de diseño

Comité Técnico Normativa 58/SC1, UNE-EN 15011:2011+A1:2014 – Grúas - Grúas puente y pórtico.

Instituto para la seguridad y la sanidad laboral – IFA (2015), Manual de uso del software SISTEMA

Parlamento Europeo (2006), DIRECTIVA 2006/42/CE – ANEXO I: Requisitos esenciales de seguridad y de salud relativos al diseño y la fabricación de las máquinas