

DOI: <https://doi.org/10.52428/20758944.v12i38.662>

Artículo Científico

## DISEÑO DE UNA CÁMARA TÉRMICA PARA PRUEBAS DE OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA SENSORES INDUCTIVOS

### HEAT CHAMBER DESIGN FOR INDUCTIVE SENSORS MONITORING SYSTEM AND CONTROL OPERATION TESTS

Ing. Maureen Daniela Arámbulo Hervas 1

#### RESUMEN

El siguiente artículo presenta el diseño de una cámara térmica para pruebas de operación y el funcionamiento de un sistema de monitoreo y control para de sensores inductivos utilizando un equipo automático.

Se buscó una solución para cumplir con la necesidad de movimientos repetitivos de los operarios por periodos largos de tiempo, y realizarlos simulando su funcionamiento bajo la influencia de temperaturas críticas. Estas pruebas fueron basadas en la norma IEC60947-5-2, que indica procedimientos de pruebas para sensores inductivos de proximidad, conmutación y control.

El objetivo de este trabajo fue presentar una solución para la medición automática de distancia diseñando una cámara térmica para pruebas de operación y un sistema de monitoreo y control para sensores inductivos según la norma IEC60947-5-2.

Palabras clave: Sensores inductivos. Cámara térmica. Monitoreo y control automatic.

#### ABSTRACT

The following paper presents the design of a thermal chamber for operation tests and the process of a monitoring and control system for inductive sensors using automatic equipment.

A solution was sought to meet the need for operators' repetitive movements for long periods of time, and to perform them simulating their operation under the influence of critical temperatures. These tests were based on the IEC60947-5-2 standard, which indicates test procedures for inductive proximity sensors, switching and control.

The objective of this work was to present a solution for automatic distance measurement designing a thermal chamber for operation tests and a monitoring and control system for inductive sensors according to the IEC60947-5-2 standard.

Keywords: Inductive Sensors. Thermal camera. Monitoring and automatic control.

#### INTRODUCCIÓN

Con la creciente demanda de producción de los sensores inductivos, se planteó una solución para la evaluación de los sensores inductivos utilizando un equipo capaz de realizar las mediciones de distancia efectiva de operación, según la norma IEC60947-5-2 de forma automática. La norma IEC60947-5-2 es la responsable por la definición de los parámetros de evaluación, siendo así, se utilizan los procedimientos necesarios para la validación del equipo (1).

Páginas 15 a 20

Fecha de Recepción: 25/11/16

Fecha de Aprobación: 01/12/16

1) Ingeniera Mecatrónica. Univalle Cochabamba. maureen@mg.sense.com.br

Por otro lado, el diseño de una cámara térmica es necesario para poder simular las temperaturas críticas a las que puede estar sometido un sensor y que ambos sistemas puedan trabajar simultáneamente.

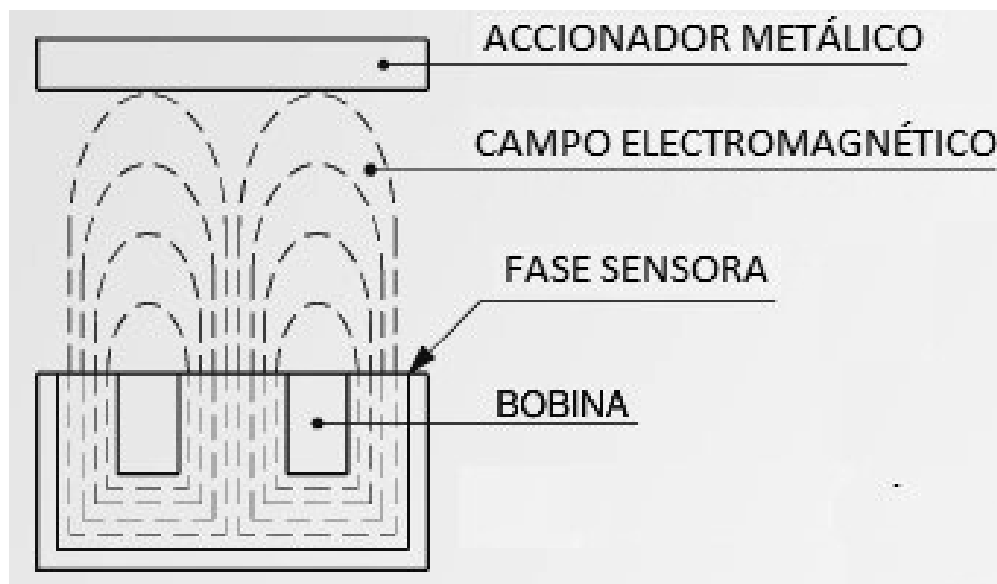
La necesidad de este trabajo fue mejorar el método de evaluación de los sensores ya que se realizaban de forma manual; y también poder efectuar estas evaluaciones dentro de una cámara térmica controlada sin necesidad de retirar el sensor para evaluarlo.

Después de terminar con el ciclo de funcionamiento de la cámara térmica controlada y el equipo de evaluación del sensor inductivo, se presentan los resultados obtenidos de las mediciones; estos resultados serán posteriormente evaluados por los operadores para ver si el sensor cumple con los parámetros definidos por la norma IEC60947-5-2.

• **Sensor Inductivo.** Los sensores inductivos son equipos utilizados en la industria para detectar la proximidad de objetos de material metálico. Son muy utilizados debido al costo-beneficio que presenta, ya que son confiables y precisos en la detección de objetos utilizados en lugares donde se requiere un número elevado de conmutaciones y velocidad de operación.

Los sensores inductivos contienen en su interior un devanado interno y cuando se aplica una tensión de trabajo, genera un campo electromagnético, en el cual, al entrar en contacto con un objeto metálico, provoca una variación en la señal que es comparada con una señal patrón, actuando en el estado de salida conmutando el circuito de disparo (2).

**Figura N°1 Esquema de funcionamiento de un sensor inductivo**



Fuente: (2).

• Norma: IEC 60947-5-2. Comité Internacional de Electrotécnica que establece los procedimientos de realización de ensayos destinados a sensores inductivos cumpliendo los criterios expuestos en la siguiente tabla (1).

Tabla N°1. Criterios de Aceptación de Sensores Inductivos

Pruebas	Criterio de aceptación
Distancia Efectiva ( $S_r$ )	$0.9 S_n \leq S_r \leq 1.1 S_n$
Distancia Usual ( $S_u$ )	$0.81 S_n \leq S_u \leq 1.21 S_n$
Distancia Asegurada ( $S_a$ )	$0 \leq S_a \leq 0.81 S_n$
Repetitividad ®	$R \leq 0.1 S_r$
Histéresis	$H \leq 0.2 S_n$
Rango de Tensión ( $U_e$ )	$(U_e \text{ min}) 10 [V] \leq U_e \leq 30 [V] (U_e \text{ máx})$
Temperatura ambiente	$23^\circ\text{C} \pm 5\%$
Temperaturas extremas	$T_{\text{min}} = -25^\circ\text{C}$ y $T_{\text{máx}} = 70^\circ\text{C}$

Fuente: (1).

#### MATERIALES Y MÉTODOS

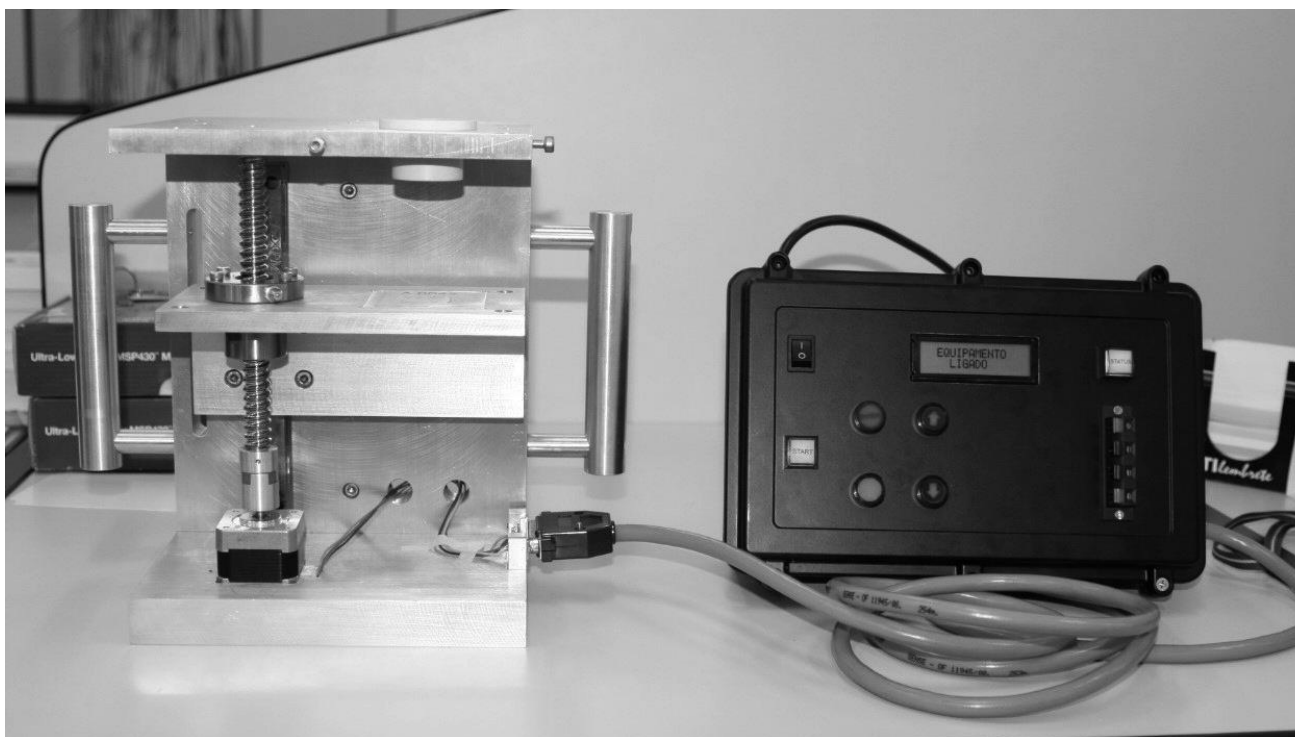
• Equipo de Control y Monitoreo. Para el equipo de monitoreo se utilizó un microcontrolador MSP430G2553 debido al bajo consumo, baja tensión de operación y económicamente accesible (3).

Se utilizó un motor bipolar paso a paso debido a la facilidad de configuración y control; se diseñó un puente H para la inversión de éste y un driver para poder ali-

mentar el motor con el voltaje necesario, ya que el equipo funciona con fuentes de 24 [V] y 5 [V].

Este equipo presenta una caja de configuraciones donde se introduce los parámetros de la cantidad de repeticiones y el funcionamiento del mismo depende de la salida del sensor si este es PNP o NPN. Finalizando el ensayo, se muestran los resultados por el display que tiene incorporado.

Figura N°2. Equipo de Control y Monitoreo



Fuente: Elaboración Propia. 2015.

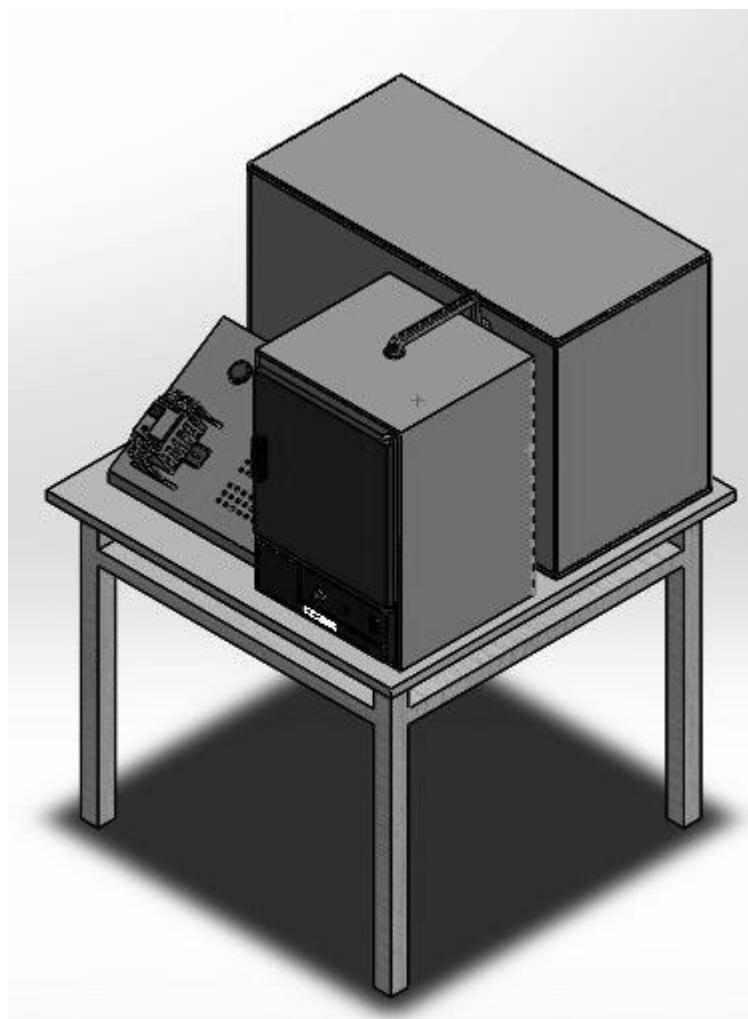
• Cámara Térmica. El diseño de la cámara térmica contempla un sistema de calefacción y un sistema de refrigeración, ya que según la norma la evaluación de sensores, se hace a  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , temperatura ambiente y  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Para el sistema de calefacción fue necesario el cálculo de calor que debería ser producido por las resistencias, para poder tener una temperatura adecuada considerando el material de la cámara, el equipo automático y las pérdidas de calor. Así como el sistema de calefacción, la importancia del sistema de re-

frigeración es imprescindible, puesto que los sensores inductivos deben ser evaluados y funcionar adecuadamente a temperaturas muy bajas.

Para el calcular el sistema de refrigeración se tomaron en cuenta los parámetros ambientales y condiciones establecidos por el sistema de calefacción, para seleccionar el refrigerante y los equipos que se utilizarían como ser: compresor, filtro secador, condensador, válvula de expansión termostática y evaporador (Figura N° 3).

**Figura N° 3. Equipo de Control y Monitoreo**



*Fuente: Elaboración Propia. 2015.*

## RESULTADOS

Las pruebas del equipo de monitoreo fueron realizadas a temperatura ambiente, a  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  y a  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; fueron ensayados varios sensores con diferente distancia nominal. En las siguientes Tablas N° 2, 3 y 4 se muestran los resultados para un sensor de 5 mm de distancia nominal.

**Tabla N°2. Resultados de la medición a temperatura ambiente**

N° de Ensayo	Distancia efectiva de operación Mínima	1° Ensayo Automático	1° Ensayo Manual	2° Ensayo Automático	2° Ensayo Manual	3° Ensayo Automático	3° Ensayo Manual	Distancia efectiva de operación Máxima
1	4,50	4,66	4,65	4,75	4,73	4,63	4,64	5,50
2	4,50	4,64	4,68	4,74	4,75	4,57	4,60	5,50
3	4,50	4,63	4,67	4,76	4,78	4,62	4,62	5,50
4	4,50	4,64	4,66	4,74	4,75	4,64	4,65	5,50
5	4,50	4,66	4,69	4,77	4,76	4,65	4,63	5,50
6	4,50	4,68	4,63	4,78	4,76	4,66	4,61	5,50
7	4,50	4,63	4,66	4,72	4,74	4,63	4,62	5,50
8	4,50	4,68	4,65	4,72	4,78	4,62	4,65	5,50
9	4,50	4,61	4,66	4,76	4,72	4,59	4,62	5,50
10	4,50	4,63	4,68	4,77	4,76	4,61	4,62	5,50
11	4,50	4,64	4,65	4,78	4,77	4,61	4,64	5,50
12	4,50	4,62	4,65	4,75	4,75	4,63	4,64	5,50
13	4,50	4,68	4,63	4,74	4,73	4,65	4,63	5,50
14	4,50	4,67	4,65	4,78	4,76	4,60	4,62	5,50
15	4,50	4,68	4,68	4,77	4,75	4,61	4,63	5,50

Fuente: Elaboración Propia. 2015.

**Tabla N°3. Resultados de la medición a 70 °C**

N° de Ensayo	Distancia Usual de Operación Mínima	1° Ensayo Automático	2° Ensayo Automático	3° Ensayo Automático	Distancia Usual de Operación Máxima
1	4,05	4,26	4,29	4,28	6,05
2	4,05	4,27	4,31	4,27	6,05
3	4,05	4,25	4,30	4,26	6,05
4	4,05	4,28	4,28	4,28	6,05
5	4,05	4,24	4,32	4,29	6,05
6	4,05	4,25	4,31	4,27	6,05
7	4,05	4,28	4,30	4,28	6,05
8	4,05	4,25	4,33	4,25	6,05
9	4,05	4,26	4,34	4,26	6,05
10	4,05	4,25	4,33	4,28	6,05
11	4,05	4,23	4,32	4,27	6,05
12	4,05	4,28	4,31	4,27	6,05
13	4,05	4,25	4,32	4,29	6,05
14	4,05	4,27	4,32	4,30	6,05
15	4,05	4,23	4,29	4,26	6,05

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Tabla N°4. Resultados de la medición a -25 °C

N° de Ensayo	Distancia Usual de Operación Mínima	1° Ensayo Automático	2° Ensayo Automático	3° Ensayo Automático	Distancia Usual de Operación Máxima
1	4,05	4,29	4,33	4,25	6,05
2	4,05	4,28	4,32	4,23	6,05
3	4,05	4,26	4,35	4,27	6,05
4	4,05	4,27	4,34	4,26	6,05
5	4,05	4,26	4,36	4,27	6,05
6	4,05	4,28	4,32	4,24	6,05
7	4,05	4,27	4,32	4,26	6,05
8	4,05	4,29	4,33	4,27	6,05
9	4,05	4,27	4,34	4,28	6,05
10	4,05	4,30	4,35	4,28	6,05
11	4,05	4,28	4,35	4,26	6,05
12	4,05	4,29	4,34	4,25	6,05
13	4,05	4,27	4,35	4,24	6,05
14	4,05	4,28	4,34	4,24	6,05
15	4,05	4,27	4,34	4,24	6,05

Fuente: Elaboración Propia. 2015.

#### DISCUSIÓN

Los resultados muestran cierta estabilidad para los sensores del mismo lote, obteniendo medidas más precisas para poder evaluar los sensores y así ver que sensores cumplen o no con la norma IEC60947-5-2.

#### CONCLUSIONES

El equipo de control y monitoreo hace del proceso un método más eficiente para la evaluación de los sensores inductivos. El proceso de validación se torna más eficiente y confiable debido a que también es un equipo que no arriesga en ningún momento al operador, ya que no tiene que exponerse a las temperaturas extremas a las que estos sensores son sometidos.

El diseño de la cámara y el equipo de monitoreo y control fueron realizados para poder cubrir la necesidad de ejecutar las evaluaciones de forma manual y la carencia de cámaras térmicas debido a su alto precio en el mercado.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) IEC60947. (2007). Norma Internacional. Ginebra, Suiza.
- (2) Catálogo de Sensores "SENSE ELETRÔNICA", recuperado de: <http://www.sense.com.br/produtos>
- (3) INSTRUMENTS, T. (2013). Mixed Signal Microcontrollers. Texas, EEUU.

**Fuentes de financiamiento:** Esta investigación fue financiada con fondos de los autores.

**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran que no tiene ningún conflicto de interés.

Copyright (c) 2016 Maureen Daniela Arámbulo Herbas



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

**Atribución:** Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)