

Diseño y construcción de prototipo para el proceso de inspección de calidad de sellos para rodamientos

Francisco Miguel Hernández López¹, Marco Antonio Celis Crisóstomo², Jorge Alberto Cárdenas Magaña³, Emmanuel Vega Negrete⁴.

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Tamazula.

Resumen -

El presente artículo muestra el desarrollo del Diseño y construcción de un prototipo para el proceso de inspección de calidad de sellos para rodamientos.

Este proyecto surge a partir de la problemática detectada en el proceso de inspección de calidad que realiza una empresa ubicada en la zona sur de Jalisco, México, dedicada a la manufactura de sellos para rodamientos para el sector automotriz principalmente, al no contar con una herramienta eficiente que les permita realizar la inspección de manera efectiva, se han presentado casos de rechazos en los lotes ya entregados lo cual repercute en sanciones económicas para la empresa.

Primeramente, se analizó el proceso de inspección que realiza la empresa para posteriormente realizar un levantamiento de datos sobre los requerimientos para llevar a cabo el proyecto, tales como; medidas, componentes, materiales y características generales.

Con la información recabada se realizó el diseño y modelado tridimensional en SolidWorks y posteriormente la construcción del prototipo para el proceso de inspección de calidad, obteniendo como resultado una herramienta de apoyo en el proceso de identificación de los componentes defectuosos.

Índice de Términos - Prototipo, Inspección, Sellos, Rodamientos, Manufactura, Calidad, Diseño, Modelado Tridimensional.

Abstract -

The present article demonstrates the development of the design and construction of a prototype for the quality inspection process of bearing seals.

This project arises from the issues identified in the quality inspection process conducted by a company located in the southern region of Jalisco, Mexico. The company, primarily dedicated to the manufacture of bearing seals for the automotive sector, lacks an efficient tool to carry out inspections effectively. As a result, there have been cases of rejections in delivered batches, leading to financial penalties for the company.

First, the company's inspection process was analyzed to subsequently gather data on the requirements for the project, such as measurements, components, materials, and general characteristics.

With the collected information, the design and three-dimensional modeling were carried out using SolidWorks, followed by the construction of the prototype for the quality inspection process. The result is a support tool in the process of identifying defective components.

Key words: Prototype, Inspection, Seals, Bearings, Manufacture, Quality, Design, Three-dimensional modeling.

¹Francisco Miguel Hernández López, Docente del departamento de Electromecánica. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Tamazula. francisco.hernandez@tamazula.tecmm.edu.mx

²Marco Antonio Celis Crisóstomo, Docente del departamento de Innovación Agrícola Sustentable. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Tamazula. marco.celis@tamazula.tecmm.edu.mx

³Jorge Alberto Cárdenas Magaña, Docente del departamento de Electromecánica. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Tamazula. jorge.cardenas@tamazula.tecmm.edu.mx

⁴Emmanuel Vega Negrete, Docente del departamento de Electromecánica. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Tamazula. emmanuel.vega@tamazula.tecmm.edu.mx

I. INTRODUCCION

El concepto de calidad se ha aplicado desde tiempos prehistóricos, ya que los seres humanos han requerido productos o servicios que cumplan con sus expectativas. El contar con un producto bien hecho, funcional y duradero es sinónimo de calidad, es por ello por lo que contar con un departamento de inspección para el control de la calidad es indispensable, puesto que este tiene la finalidad de separar los productos en buen estado de los que presentan algún desperfecto y así evitar que estos no lleguen al cliente.

Tradicionalmente, estas inspecciones se realizan a través del ojo humano, dependiendo directamente de la experiencia y conocimiento del inspector, estas inspecciones pueden presentar errores de percepción debido a la fatiga, enfermedad, desórdenes ópticos o falta de entrenamiento. Al ser este proceso una piedra angular de cualquier industria productiva, sin importar el sector, lo que la hace una actividad exigente y compleja que debe ser llevada con precisión [1].

La inspección automatizada es la aplicación de herramientas tecnológicas, que puedan inspeccionar y evaluar las características determinadas de un producto, con el objetivo de cumplir los requerimientos esperados al salir de las líneas de producción. Para llevar a cabo estas inspecciones se han perfeccionado métodos que permiten estudiar, analizar y someter a inspección los componentes internos y externos del producto. Eliminando totalmente la subjetividad de un inspector [2].

Algunas ventajas principales que tiene el uso de las tecnologías en el proceso de inspección de calidad son:

- **Adaptabilidad:** Pueden moverse y configurarse de manera sencilla a otras áreas.
- **Operatividad:** Pueden ser operados por cualquier persona capacitada.
- **Consistencia:** los resultados arrojados son constantes.

Para llevar a cabo la inspección de calidad se deben realizar una serie de pasos y procedimientos los cuales permitan revisar y examinar las diferentes características que debe cumplir la mercancía, esta revisión se puede realizar desde la materia prima, durante el proceso de manufactura o hasta tener el producto finalizado. La inspección debe apegarse a los estándares y requerimientos de calidad que la empresa y clientes requieren.

Un control de calidad bien estructurado es fundamental para cualquier proceso industrial, ya que permite hacer un seguimiento a las acciones productivas y con ello eliminar errores, fallas o defectos. Para ejecutar este proceso es necesario contar con 3 inspectores que de manera visual estén identificando posibles fallos en los elementos, al realizar esta tarea de forma repetitiva hasta 5,000 veces se vuelve una actividad tediosa para el

personal, ocasionando que esta revisión no sea efectiva.

El contar con un de “Prototipo para el proceso de inspección de calidad de sellos para rodamientos” ayudará a identificar los componentes defectuoso reduciendo los tiempos y personal en el proceso de inspección, ya que solo será necesario un operador.

II. DEFINICIONES DE CONCEPTOS TÉCNICOS

Para la comprensión adecuada de este artículo, se definen los siguientes conceptos técnicos utilizados:

- **CAD (Computer-Aided Design):** Software que facilita el diseño y documentación técnica. En este proyecto, se utilizó SolidWorks [3].
- **SolidWorks:** Software de diseño mecánico asistido por computadora que permite la creación de modelos tridimensionales y planos detallados [4].
- **Automatización:** Uso de tecnologías para realizar procesos con mínima intervención humana, mejorando eficiencia y precisión [5].
- **Sensores ópticos:** Dispositivos que detectan la presencia o ausencia de un objeto mediante la luz. Utilizados en sistemas de visión artificial para inspección de calidad [6].
- **Visión artificial:** Tecnología que permite a las máquinas interpretar y procesar imágenes del mundo real para realizar tareas complejas, como la inspección de calidad [7].

III. DESARROLLO DEL TEMA

A. Materiales y Métodos.

El software CAD SolidWorks es una aplicación de automatización de diseño mecánico que les permite a los diseñadores croquizar ideas con rapidez, experimentar con operaciones y cotas, y producir modelos y dibujos detallados. SolidWorks contiene herramientas y posibilidades de interfaz de usuario que le facilitarán la creación y edición de los modelos de forma eficiente [3].

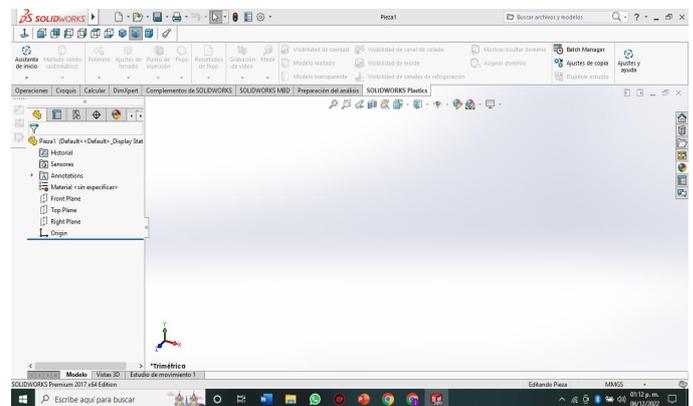


Fig. 1. Interfaz principal SolidWorks.

El concepto de automatización se asocia con la eliminación o disminución de la participación humana en los diferentes procesos productivos teniendo en cuenta la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos y computarizados, con el fin de operar y controlar la producción con mayor eficiencia y eficacia [4].

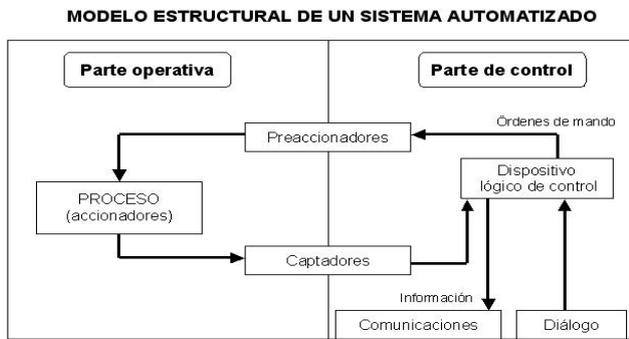


Fig. 2. Modelo estructural de un sistema automatizado.

Existen diferentes tipos de tecnologías utilizadas en los procesos de automatización entre los cuales se destacan la neumática, hidráulica, mecánica y electrónica. En la actualidad existen diversos tipos de sensores entre los cuales están los sensores capacitivos, inductivos, sensores ópticos, sensores ultrasónicos.

Para la selección del sensor adecuado para cierta aplicación es importante tener en cuenta el material a ser detectado. Para aplicaciones como la detección de objetos a través de una plataforma de transporte, el conteo de piezas y la detección de la posición de un material, el sensor óptico es el más utilizado.

Dadas las características de inspección visual propias de clasificación de productos de calidad, en el campo de la ingeniería se están aplicando diversas técnicas de visión artificial [5], [6], a fin de automatizar el proceso. Tales desarrollos se derivan de que la inspección de procesos industriales, como el control de calidad realizado por personas, en ocasiones resulta deficiente y subjetivo, ya sea por factores laborales, motivacionales o personales entre otros [5].

Los sistemas de visión artificial son muy sensibles a los cambios de luz que inciden en la superficie de los objetos, por lo que es necesario incluir en el diseño de un sistema de control de calidad un grado de robustez que le permita trabajar bajo perturbaciones de iluminación, sin que estas afecten los resultados de selección. Una alternativa para solucionar el ruido lumínico que pueda generar el ambiente es incluir un medio de iluminación constante y uniforme al sistema [7]. Los diodos LED son una fuente de luz económica, segura y energéticamente eficiente, si es comparado con una lámpara incandescente de filamento.

En algunos procesos, como en la inspección de calidad
 REVISTAINCAING ISSN24489131 (Julio - Agosto 2024) pp 39-47

en soldaduras [8], es necesario utilizar cámaras e iluminación a frecuencias de onda diferentes a la luz visible; en estos casos se utiliza tecnología infrarroja. Este sistema tiene la característica de ser menos susceptible a perturbaciones luminosas del ambiente y se utiliza con regularidad en procesos en los que la temperatura debe ser inspeccionada constantemente [9].

Partiendo de los datos recolectados en la investigación y analizado el proceso que realizan en la empresa para inspeccionar los sellos, el cual consiste que por medio de un dispositivo giratorio manual con un foco led en su interior y así observar si el sello tenía defectos.



Fig. 3. Proceso de inspección tradicional de la empresa.

Una vez que se analizó el proceso, se determinó seguir el mismo principio, pero de manera automatizada. En lugar de girar con la mano, uno motor y para la inspección visual un circuito con fotorresistencias que determinan si pasa luz por la pieza y detectar el estado de estas por unas luces indicadoras, Led verde para pieza en buen estado y Led rojo para pieza con defecto. Todo el proceso se tiene iniciar con oprimir un botón, dejando al operador solo colocar y retirar la pieza a inspeccionar.

B. Diseño del prototipo.

Una vez que se establecieron las características, funciones específicas y entorno para el proyecto, se realizó un diseño del prototipo apoyado del software SolidWorks. Para proceder con el diseño se partió de las acotaciones que se proporcionaron de la pieza a inspeccionar. Se dibujo en el programa para usarse como referencia en los diseños del prototipo.

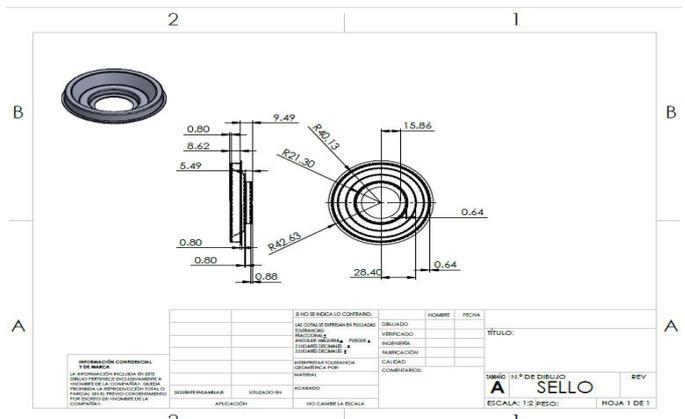


Fig. 4. Diseño y medidas del sello.

Se diseño el cilindro donde se encontrará el foco Led tipo MR16 y se colocará el adaptador del sello, así como la Tapa de detectado que es donde se montaran las fotorresistencias y tiene como objetivo bloquear la luz externa al momento del proceso de inspección.

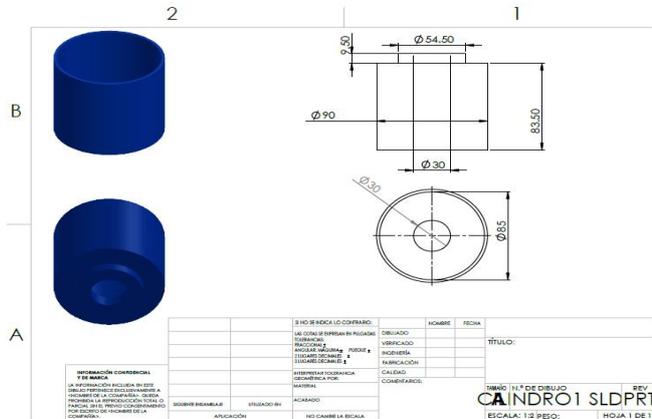


Fig. 5. Diseño y medidas del cilindro.

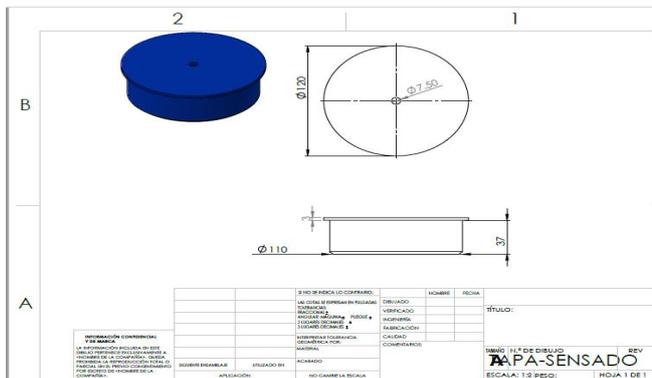


Fig. 6. Diseño y medidas de la Tapa de Detectado.

Se diseño una caja para montar los componentes del prototipo. La caja cuenta con las siguientes medidas.

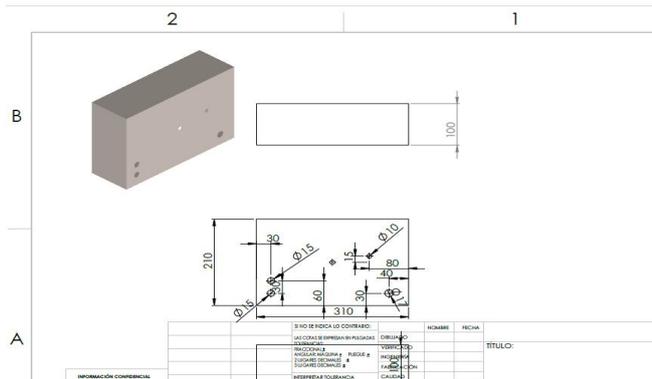


Fig. 7. Diseño y medidas de la caja.

Se diseño una base para montar la caja y un mecanismo de palanca para fijar la Tapa de detectado y esta no se gire cuando se esté haciendo el procedimiento de inspección.

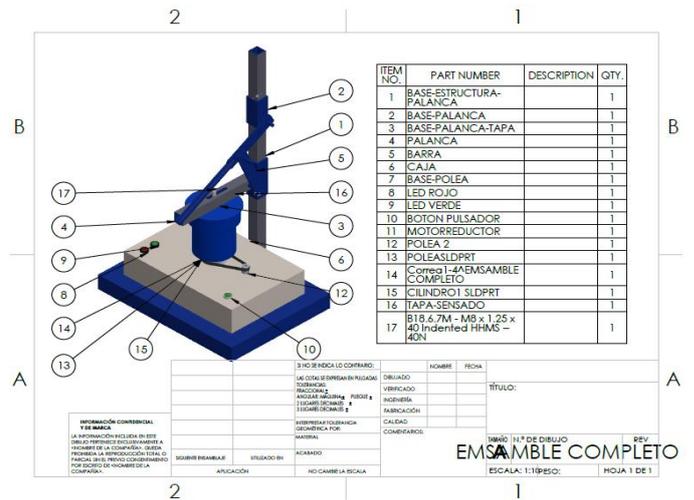


Fig. 8. Partes externas del prototipo.

IV. RESULTADOS

Una vez obtenido el diseño, se realizaron los cortes del material necesario para el armado de la estructura en PTR de 1 1/2, 1 1/4 y 1 pulgada dependiendo las partes.

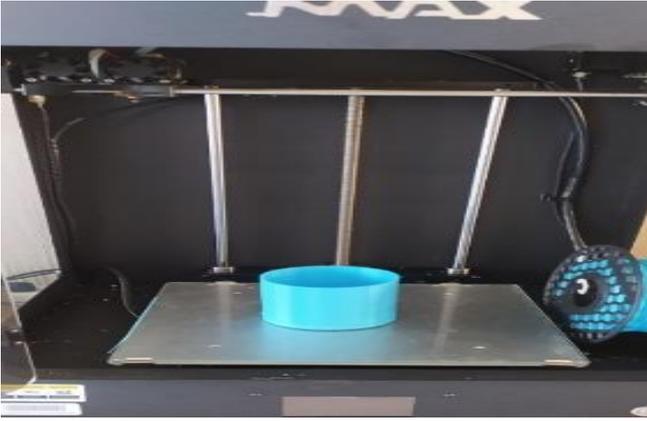


Fig. 9. Piezas de la estructura Base-Palanca.

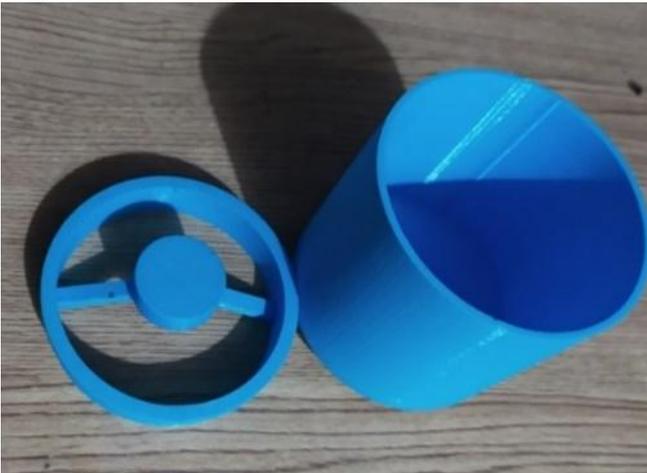


Fig. 10. Estructura montada.

Se elaboro mediante impresión 3D el Cilindro y el adaptador Cilindro-sello.



a) Impresión 3D de cilindro.



b) Adaptador y cilindro impreso en 3D.



c) Sello montado en Cilindro.

Fig. 11. Fabricación de piezas en impresión 3D.

Para la caja se utilizó acero inoxidable de 0.74mm de espesor. Se cortó con pulidora y disco de corte y se dobló de forma manual. Para unirla se utilizaron pijas punta de broca de $\frac{1}{2}$ pulgada.



a) Armado de caja de acero inoxidable.



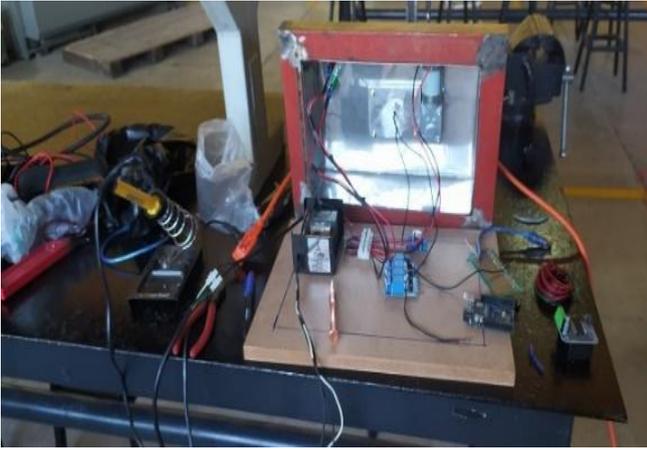
b) Armado de caja de acero inoxidable.

Fig. 12. Caja de acero inoxidable.

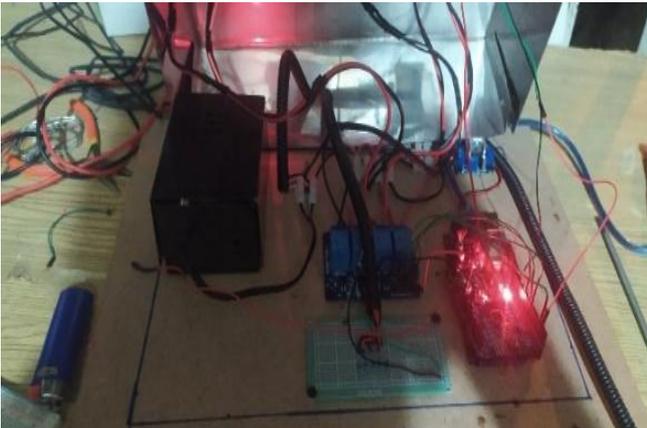
Se realizó el montaje del cableado general e instalación de los diversos componentes.



a) Montaje de componentes.



b) Cableado de componentes.



c) Armado de caja de acero inoxidable.

Fig. 13. Montaje de circuitería y componentes al prototipo.

Una vez montados cada uno de los componentes tanto eléctricos, electrónicos y mecánicos, se llevó a cabo la programación del código para la comunicación de la placa electrónica y los componentes para el funcionamiento del prototipo.

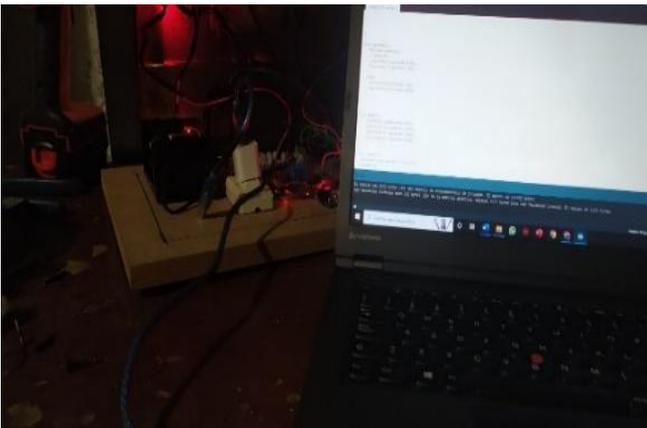


Fig. 14. Comunicación entre ordenador y placa electrónica.

Para realizar el programa se comenzó declarando las variables, que vienen siendo los componentes que controlaremos, led verde, led rojo, foco led blanco, botón pulsador y motor. Las variables restantes son elementos que actúan como almacenamiento para guardar valores, Una vez declaradas las variables se establecieron las

entradas y salidas. Se crearon funciones específicas para el proceso:

- Función void proceso (); para activar el led blanco y el motor pulsando el botón.
- Función void sensando (); para la lectura de las fotorresistencias y activa y desactiva los leds verde y rojo según sea el caso.
- Función void paro (); para detener el motor y apagar los leds.

En la función void loop (); se llaman las anteriores funciones bajo una condición usando la función if y se comparan variables donde asignaron valores específicos que pueden ser modificados según el tiempo que se requiera haciendo un contador de tiempo.

```

codigo_con_milis_3 Arduino 1.8.19
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
codigo_con_milis_3
int pinledv=12;
int pinledr=9;
int pinledb=8;
int pinmotor=3;
int pinpulsador=0;
int estado=0;
int val0=0;
const unsigned long tiempo_proceso =15000UL;
const unsigned long tiempo_sensado = 10UL;
unsigned long evento_proceso;
unsigned long evento_sensado;
    
```

a) Declaración de variables

```

codigo_con_milis_3 Arduino 1.8.19
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
codigo_con_milis_3
void setup() {
  Serial.begin (9600);
  pinMode(pinledr,OUTPUT);
  pinMode(pinledv,OUTPUT);
  pinMode(pinledb,OUTPUT);
  pinMode(pinmotor,OUTPUT);
  pinMode(pinpulsador,INPUT);
}

void proceso() {
    
```

b) Entradas y salidas.

codigo_con_millis_3 Arduino 1.8.19
 Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

```

codigo_con_millis_3$
void proceso() {
    estado = digitalRead(2);
    if ( estado==HIGH) {

        digitalWrite(pinledb,LOW);
        digitalWrite(pinmotor,0);

    }

}

void sensado() {
    val0=analogRead(0);
    if (val0<5){
        digitalWrite(pinledr,HIGH);
        digitalWrite(pinledv,LOW);
    }
    else{
        digitalWrite(pinledr,LOW);
        digitalWrite(pinledv,HIGH);
    }
}
    
```

c) Funciones void proceso y void sensado.
 Fig. 15. Código del programa.

Como resultado principal se obtuvo un prototipo de inspección de calidad de sellos para rodamientos, que, por medio de sus componentes mecánicos y electrónicos, ayuda al operador a determinar el estado del producto.

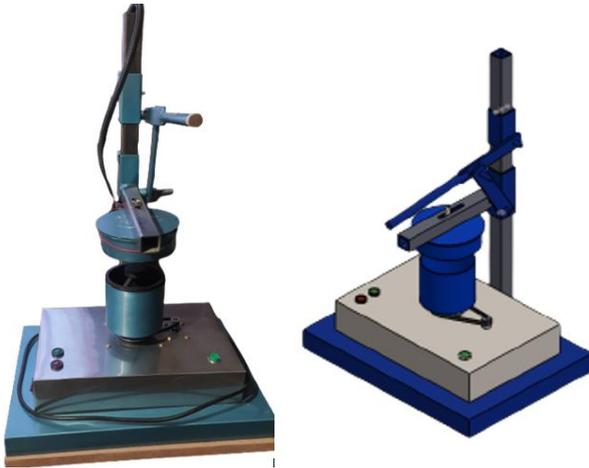


Fig. 16. Prototipo de inspección de calidad.

Para probar que el prototipo funciona se hicieron pruebas con los sellos, estos presentaban distintos defectos que son los más comunes que se presentan en el proceso de inspección de calidad en la empresa.



Fig. 17. Sellos con distintos defectos.

Se procedió a poner los sellos en cilindro para exponerlos a la luz sin bajar la tapa de detectado para
REVISTAINCAING ISSN24489131 (Julio - Agosto 2024) pp 39-47

demonstración de como la luz se puede observar tal y como se realiza en el proceso de inspección de la empresa.



Fig. 18. Sellos con defectos expuestos a la luz.

Después de comprobar que la luz es totalmente visible en las fisuras de los sellos se le practicaron las puebas de inspección con la tapa de detectado que es donde se encuentran las fotorresistencias que actúan como sensores en el prototipo.

Primero se procedió a inspeccionar un sello sin defecto, obteniendo así el resultado esperado el led indicador verde activado.

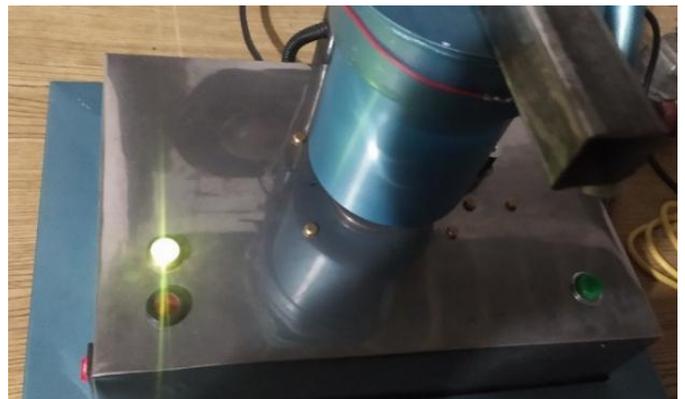


Fig. 19. Resultado de inspección led verde.

Posteriormente se le realizaron las pruebas de inspección a los sellos con defectos, obteniendo el mismo resultado en todas ellas, el led indicador rojo activado.

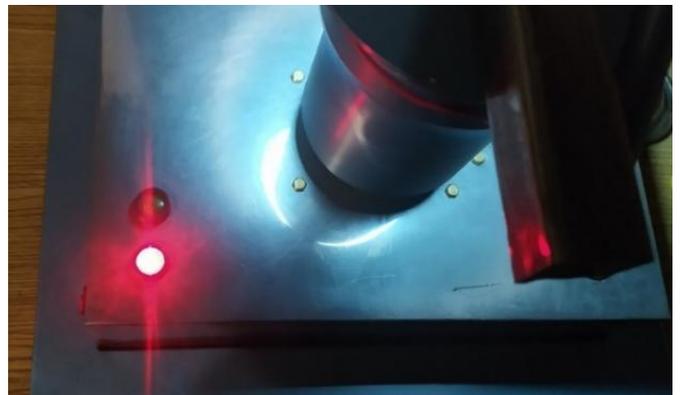


Fig. 20. Resultado de inspección led rojo.

V. CONCLUSIONES

En este proyecto se desarrolló un prototipo de inspección de calidad de sellos para rodamientos. A través de una investigación detallada y el uso de herramientas de diseño como SolidWorks, se logró construir un dispositivo eficiente para la inspección automatizada. El prototipo logró una mejora del 50% en la eficiencia de la inspección respecto a los métodos tradicionales basados en la inspección visual manual. Esta mejora se traduce en una reducción significativa de errores y tiempos de inspección, así como en la disminución del personal requerido de tres inspectores a solo uno.

Antes, de manera tradicional, se revisaban 8 botes de 800 piezas en un turno de 8 horas. Con el prototipo, se lograron revisar 12 botes de 800 piezas en el mismo turno de 8 horas.

Para validar el funcionamiento del prototipo, se realizó una serie de pruebas con muestras de sellos, identificando los defectos más comunes. Los resultados indicaron una alta precisión en la detección de defectos, con un índice de acierto del 98%.

Se llevó a cabo una investigación para determinar los componentes necesarios, tomando como referencia el proceso que se realizaba en la empresa fabricante de estas piezas. Se realizó un diseño en software CAD para tener una idea de cómo sería el modelo y poder determinar el material para su elaboración. Algunas piezas fueron elaboradas mediante impresión 3D utilizando los diseños realizados en SolidWorks. Además, se diseñaron los circuitos de control y fuerza, así como la conexión de los distintos componentes del prototipo. Se realizó un programa para el control de la placa electrónica. Una vez finalizado el ensamblaje, se realizaron pruebas de inspección de calidad a distintos sellos para comprobar el funcionamiento del prototipo, obteniendo resultados positivos y logrando así los objetivos propuestos.

Adicionalmente, se cuenta con una carta por parte de la empresa figura 21, donde se menciona que la máquina está en uso, lo que confirma la implementación exitosa del prototipo en un entorno de producción real.



Ciudad Guzmán, Jalisco, 11/Marzo/2024

Asunto: Carta de Aplicación "Máquina de Inspección"

A quien corresponda;

PRESENTE

Por medio de la presente carta, establece que la compañía JC FABRICA DE TROQUELES, MOLDES Y TROQUELADO, ubicado en Cd. Guzmán, en el estado de Jalisco, que la máquina de Inspección de Calidad esta en funcionamiento, para aumentar la eficiencia de inspección, contribuyendo con ello al aumento de la inspección por hora de los operadores. Por lo cual contribuyo; M.E.M. Francisco Miguel Hernández López, docente Investigador del Instituto Tecnológico Superior de Jalisco Unidad Académica Tamazula.

Sin otro particular, le reitero mi confianza y agradecimiento

ATENTAMENTE

LAURA DELGADO JIMENEZ

ENCARGADA DE ASEG. CALIDAD

Fig. 21. Carta de aplicación del prototipo por la empresa.

VI. TRABAJO A FUTURO

Se contempla mejorar el prototipo mediante:

- Automatización completa del proceso para aumentar el rendimiento.
- Sustitución de piezas impresas en 3D por componentes mecanizados de mayor durabilidad.
- Monitoreo y mejora de componentes electrónicos críticos para garantizar su fiabilidad a largo plazo.

REFERENCIAS

- [1] "Inspección y control de calidad automatizados 2022 - EDS Robotics". EDS Robotics. [https://www.edsrobotics.com/blog/inspeccion-automatizada-control-calidad/#:~:text=La%20inspección%20automatizada%20es%20la,de%20la%20línea%20de%20producción.\(accedido el 23 de mayo de 2024\).](https://www.edsrobotics.com/blog/inspeccion-automatizada-control-calidad/#:~:text=La%20inspección%20automatizada%20es%20la,de%20la%20línea%20de%20producción.(accedido%20el%2023%20de%20mayo%20de%202024).)
- [2] "Control de calidad por Visión Artificial: Aplicaciones y ventajas". EDS Robotics. <https://www.edsrobotics.com/blog/control-calidad-vision-artificial/> (accedido el 16 de diciembre de 2023).
- [3] I. I. Experts, "Qué es CAD, para qué sirve y qué ventajas tiene", Integral Innovation Experts Blog. Consultado: el 23 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://integralplm.com/blog/2019/08/20/que-es-cad/>
- [4] "CAD 3D de SOLIDWORKS", SOLIDWORKS. Consultado: el 23 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.solidworks.com/es/product/solidworks-3d-cad>

- [5] "Automatización: ¿qué es y qué ventajas ofrece?" Consultado: el 23 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.redhat.com/es/topics/automation>
- [6] "Contact us via LiveChat!" Consultado: el 1 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://secure.livechatinc.com/>
- [7] "¿Qué es la visión artificial? | IBM". Consultado: el 23 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/mx-es/topics/computer-vision>
- [8] INTRODUCCIÓN A SOLIDWORKS. (n.d). https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_ES.pdf (accedido el 16 de diciembre de 2023). Consultado: el 23 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en:
- [9] E. G. Moreno, *Automatización de Procesos Industriales*. Alfaomega Grupo Editor, 2001.
- [10] "A real time artificial vision implementation for quality inspection of industrial products". El Portal de Investigadores del Instituto Politécnico Nacional. <https://ipn.elsevierpure.com/es/publications/a-real-time-artificial-vision-implementation-for-quality-inspecti> (accedido el 23 de mayo de 2024).
- [11] "Inspection system based on artificial vision for paint defects detection on cars bodies". IEEE Xplore. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5980570> (accedido el 23 de mayo de 2024).
- [12] Z. Hocenski, I. Aleksy y R. Mijakovic, "Ceramic tiles failure detection based on FPGA image processing", en 2009 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2009), Seoul, South Korea, 5–8 de julio de 2009. IEEE, 2009. Accedido el 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1109/isie.2009.5219911>
- [13] Y. Li, Q. L. Wang, Y. F. Li, De Xu y M. Tan, "On-line Visual Measurement and Inspection of Weld Bead Using Structured Light", en 2008 IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference - I2MTC 2008, Victoria, BC, Canada, 12–15 de mayo de 2008. IEEE, 2008. Accedido el 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1109/imtc.2008.4547383>
- [14] H. GholamHosseini y S. Hu, "A High Speed Vision System for Robots Using FPGA Technology", en 2008 15th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP), Auckland, New Zealand, 2–4 de diciembre de 2008. IEEE, 2008. Accedido el 24 de mayo de

2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1109/mmvip.2008.4749511>

Biografía Autores

Francisco Miguel Hernández López. Docente del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez –Unidad académica Tamazula, Jalisco, C.P 49650 email: francisco.hernandez@tamazula.tecmm.edu.mx, Maestro en Enseñanza de las Matemáticas. Docente del departamento de Ingeniería Electromecánica.

Marco Antonio Celis Crisóstomo. Docente del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez –Unidad académica Tamazula, Jalisco, C.P 49650 email: marco.celis@tamazula.tecmm.edu.mx, Maestro en Ingeniería en Sistemas. Docente del departamento de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable.

Jorge Alberto Cárdenas Magaña. Docente del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez –Unidad académica Tamazula, Jalisco, C.P 49650 email: jorge.cardenas@tamazula.tecmm.edu.mx, Maestro en Energías Renovables. Docente del departamento de Ingeniería Electromecánica.

Emmanuel Vega Negrete. Docente del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez –Unidad académica Tamazula, Jalisco, C.P 49650 email: emmanuel.vega@tamazula.tecmm.edu.mx, Maestro en Ingeniería Electrónica. Docente del departamento de Ingeniería Electromecánica.