Propuesta de Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica

Nombre del proyecto:

Análisis de requerimientos mecánicos de una máquina herramienta e implementación de un sistema de predicción de fallas.

Licenciatura: Ingeniería Mecánica **Modalidad:** Proyecto tecnológico

Versión: Primera **Trimestre lectivo:** 2022 Primavera.

Nombre: Carlos Gutiérrez Contreras. Matrícula: 2182002957

Correo electrónico: carlosguiterrezc1999@gmail.com **Tel.:** 5567582977

_____Firma

Nombre: César Raymundo Tapia Aguilar. Matrícula: 2182003310

Correo electrónico: raytapia9908@gmail.com **Tel.:** 7751545609

_____Firma

Asesor: M. en C. Alejandro León Galicia. Profesor Titular. **Departamento de Energía.**

Correo electrónico: alg@azc.uam.mx **Teléfono:** 5553189057

_____Firma

Co asesor: Dr. Israel Barragán Santiago. Profesor Asociado. **Departamento de Energía.**

Correo electrónico: isbasa@azc.uam.mx **Teléfono:** 555318906

_____Firma

Co asesor: Dr. Jonathan Manrique Garay. **OVGU Magdeburg, Germany.**

Correo electrónico: jonathan230485@gmail.com **Teléfono:** 1744659701

_____Firma

02/09/2022

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

Carlos Gutiérrez Contreras.

César Raymundo Tapia Aguilar.

Dr. Israel Barragán Santiago.

M. en C. Alejandro León Galicia.

Dr. Jonathan Manrique Garay.

1.-Introducción

Una máquina automática desarrolla una tarea útil de forma precisa, apegándose a un ciclo que se repite con un tiempo regular y debe producir resultados idénticos. Su funcionamiento y desempeño se puede evaluar mediante el monitoreo de diversas variables del proceso, para mantenerla en condiciones de trabajo óptimas, reducir los tiempos muertos, prevenir fallas en la producción y evitar las pérdidas económicas que produciría una descompostura

La operación continua de una máquina herramienta —por ejemplo, una CNC que ejecuta diversas operaciones de maquinado— produce el desgaste y desafilado progresivo de las herramientas, afectando la calidad superficial y la precisión dimensional de las piezas maquinadas. En ocasiones acontece una falla catastrófica cuando se rompe una herramienta de corte y la máquina debe suspender su funcionamiento para ser reajustada.

Este proyecto consiste en el monitoreo en tiempo real de una máquina herramienta, para verificar continuamente su desempeño y desarrollar un procedimiento para prevenir la ocurrencia de una falla. Para ello, se adaptará un sistema de posicionamiento cartesiano formado por tres actuadores electromecánicos impulsados con motores a pasos, en el cual se instalará una herramienta para fresado vertical; Figura 1. La máquina se instrumentará con dispositivos de medición que permitirán registrar diversas variables de funcionamiento (temperatura, demanda de corriente, tiempo de maquinado, velocidad angular de la herramienta) con las cuales se formará una base de datos.

Figura 1. Sistema de posicionamiento cartesiano, basado en tres actuadores electromecánicos con tornillos de bolas.

Se desea efectuar el registro, almacenamiento, procesado e interpretación de las variables de la máquina y la ejecución de acciones de control de manera remota, transmitiendo la información a través de internet. El empleo de las tecnologías denominadas con la expresión *Internet of things* (IoT) permite recabar información y efectuar diversas acciones ordenadas en forma remota, mediante el uso de sensores y actuadores conectados a un dispositivo electrónico de control; por ejemplo, una placa de microcontrolador de código abierto.

Como propuesta inicial se ha elegido una herramienta de corte para maquinar una sucesión de cajas cilíndricas, con cierta diámetro y profundidad invariables, sobre una placa de acero al carbono; Figuras 2 y 3. Para cumplir los objetivos del proyecto será necesario seleccionar los componentes electrónicos para la comunicación WiFi, elegir los sensores que permitan monitorear las variables, desarrollar un programa para el control del sistema de posicionamiento y establecer los protocolos de comunicación a través de Internet, formar una base de datos y diseñar una interfaz gráfica para monitorear y predecir las condiciones de falla.

Figura 2. Fresado de cajas cilíndricas sobre una placa de acero al carbono.

Figura 3. Herramientas de corte para fresado vertical.

2.- Antecedentes

En este Proyecto de Integración (PI) se emplearán recursos tecnológicos de la denominada «Industria 4.0». Estas tecnologías se basan en la introducción masiva de los sistemas “ciber-físicos”, formados por objetos industriales interconectados por medio de sensores y actuadores. En resumen, es la aplicación de IoT en el entorno industrial, lo que se denomina actualmente como el Internet Industrial de las Cosas (*IIoT*, de las siglas en inglés de *Industrial Internet of Things*).

El IIoT se enfoca en las comunicaciones máquina a máquina (*M2M*, del inglés *machine to machine*) a través de sensores y en el llamado Big Data, conectando fases de procesamiento basadas en IoT [2]. Se puede definir el IIoT como un sistema que comprende objetos inteligentes conectados en red, actuadores ciber-físicos, tecnologías de información genéricas asociadas y plataformas informáticas en la nube. Un sistema IIoT permite el acceso, la recopilación, el análisis, las comunicaciones y el intercambio de información en tiempo real, inteligente y autónomo [3].

La empresa de vehículos Volkswagen tiene un Laboratorio de Producción Inteligente (*Smart Production Lab* en inglés), instalado en Wolfsburg, Alemania, donde ingenieros desarrollan software y hardware y construyen pilotos y prototipos. Uno de los proyectos que se desarrollan en la actualidad emplea tecnología de sensores, que miden constantemente diversos parámetros de las máquinas como intensidad de corriente, flujos de aire y presiones. Toda esta información se concentra en un sistema de evaluación que predice cuándo cierta máquina puede fallar. Así, las máquinas pueden recibir mantenimiento preventivo y evitar pérdidas económicas por paros de producción [4]. El proyecto de Volkswagen proporciona un panorama real de la aplicación de la IIoT para enlaces mecánicos de producción.

En el proyecto de integración “Control y monitoreo de una grúa hidráulica” —desarrollado en el 2021 por los ingenieros Itzel Guadalupe Bautista Godínez, Pedro Becerra Martínez y Oscar Fernando Delgado Román— se adaptó el sistema de control de una grúa hidráulica utilizando una tarjeta de código abierto Arduino UNO WiFi Rev2, para conectarse a una interfaz de usuario generada con Node-RED a través del protocolo MQTT y así controlar y monitorear el sistema de potencia de la grúa [5]**.**

Los avances que se establecieron en ese trabajo servirán para diseñar la conexión entre los sistemas mecánicos de la máquina herramienta y las tarjetas de desarrollo, así como para diseñar el sistema de monitoreo y control en la red.

3. Justificación.

En la industria manufacturera de todo el mundo se utilizan máquinas herramientas de control numérico para elaborar trabajos de maquinado en forma repetitiva, que producen un número determinado de piezas por unidad de tiempo, con tolerancias dimensionales y acabados superficiales que deben ser uniformes; Figura 4. Sin embargo, tarde o temprano todas las máquinas herramientas incurren en deficiencias o situaciones de falla ocasionadas por diversas causas.

Un amplio conjunto de industrias desarrolla una producción en serie y emplea numerosas máquinas cuyo funcionamiento depende de la supervisión presencial. Es en estos casos donde el uso del IIoT ofrece una solución viable, para ejercer la supervisión y control de las máquinas de manera remota.

En este proyecto se aplicarán las herramientas que ofrecen las tecnologías IIoT para monitorear un proceso de maquinado, con el propósito de registrar de qué forma se altera el desempeño de la máquina hasta llegar a una condición de falla. El propósito de este proyecto es desarrollar procedimientos que permitan predecir la falla e intervenir la máquina con anticipación, mediante recursos remotos basados en internet.

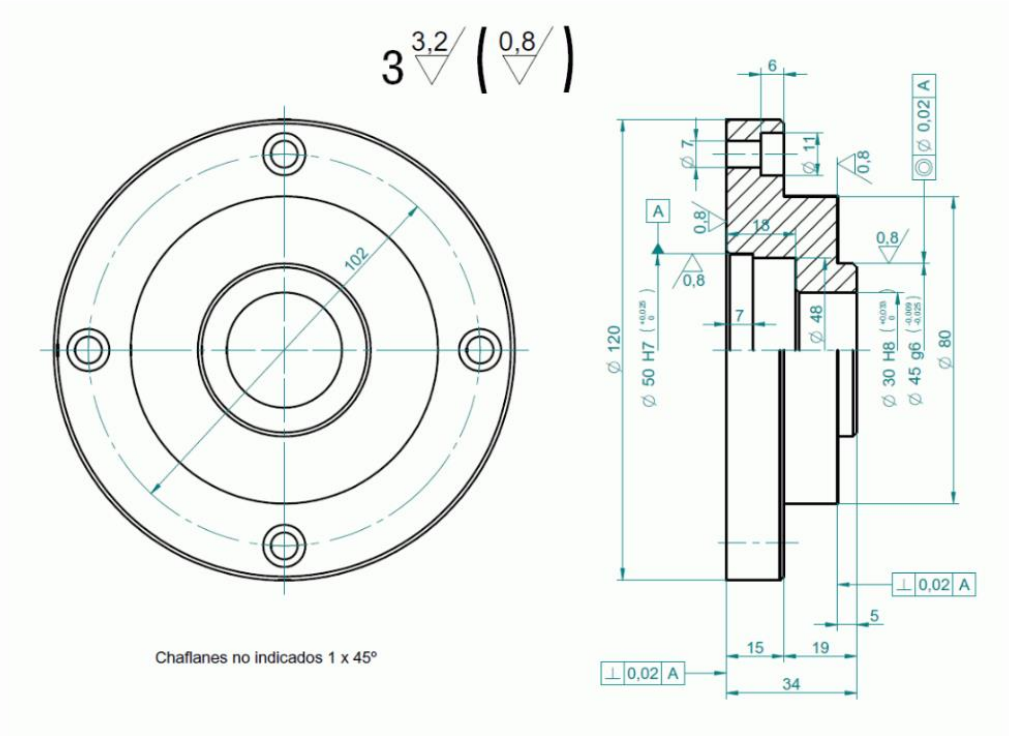

Figura 4. Acotado de tolerancias dimensionales y acabados superficiales en una pieza maquinada.

4.- Objetivos

Objetivo general

Analizar los requerimientos mecánicos de una máquina herramienta para controlar y monitorear de forma remota su desempeño y ejercer acciones que se anticipen a una condición de falla.

Objetivos particulares

Desarrollar un análisis mecánico para mejorar el desempeño del sistema de posicionamiento cartesiano.

Analizar mecánicamente los requerimientos de la herramienta husillo para realizar operaciones de fresado.

Instrumentar una máquina herramienta que hace operaciones de fresado para caracterizar su desempeño.

Determinar experimentalmente las variables que pueden indicar la proximidad de una falla en una máquina herramienta.

Implementar un sistema de recolección de datos para almacenar la información del desempeño de la máquina herramienta en periodos prolongados.

Desarrollar un sistema para predecir las condiciones de falla de la máquina herramienta e intervenirla en forma remota.

5.- Descripción técnica

El proceso automático de maquinado de las cajas cilíndricas se llevará a cabo con un sistema de posicionamiento cartesiano, basado en tres actuadores electromecánicos con tornillos de bolas, impulsados con motores a pasos y controlado en forma electrónica mediante una tarjeta programable de código abierto; Figura 1.

En el eje X se cuenta con 2 actuadores lineales acoplados en paralelo por un eje de transmisión, de la marca Parker modelo ER32, con transmisión de banda dentada y 500 mm de carrera. La fuerza máxima de arrastre de estos actuadores es de 134 N con una velocidad máxima de la correa de 3556 mm/s.

Para el eje Y también se utiliza un actuador marca Parker ER32 con carrera de 500 mm, pero con mecanismo de tornillo de bolas y carro con chumacera de rodillos. Su fuerza máxima de arrastre es de 594 N y la velocidad máxima del carro es de 423 mm/s [6].

El eje Z tiene un actuador electromecánico marca Parker modelo ET32, impulsado por tornillo de bolas con carrera de 200 mm y su vástago apuntando hacia abajo. Puede desarrollar un empuje máximo de 600 N y su velocidad máxima es de 1270 mm/s [7].

Los desplazamientos de los tres ejes se impulsan con servomotores. Para el eje X se utiliza un motor VS22B que desarrolla un par estático de 1.37 Nm. En los ejes Y y Z se cuenta con dos motores VS21B, con un par estático de 0.82 Nm. Los tres motores son de la serie VS de la marca Parker; Figura 5.

Figura 5. Motor Parker de la serie VS.

Arduino Uno: Es una placa basada en el microcontrolador ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada/salida digital, 6 entradas analógicas, conexión USB, conector jack de alimentación, terminales para conexión ICSP y un botón de reseteo. Funciona con un voltaje de entre 7 y 12 volts y una corriente de salida directa de 40 mA [8].

NODE MCU ESP8266: Placa de desarrollo orientada a la tecnología de IoT, tiene un procesador de 32 bits y módulo WiFi de 2.4 GHz Su voltaje de alimentación es de 3.3 y cuenta con un regulador de voltaje para que se pueda alimentar con 5 V y así pueda dar 5 V de salida [9].

La herramienta que se propone utilizar para el fresado será un mototool, que funciona con una potencia nominal de 175 W a una velocidad variable entre 5000 y 35000 rpm; Figura 6. Sin embargo, la selección final de la herramienta se confirmará como parte de los trabajos del proyecto.

Figura 6. Multiherramienta Dremel 400 con velocidad angular variable.

Para el monitoreo de las variables se hará uso de distintos sensores. La selección de los sensores y de los componentes para el acoplamiento de las señales con el microcontrolador se realizará durante el desarrollo del proyecto, ya que es parte de los objetivos a cumplir.

6.- Normatividad

ISO/IEC 30141 Normalización del internet de las cosas.

Esta norma proporciona un vocabulario común para diseñar y desarrollar aplicaciones de Internet de las Cosas. Con ello, se quiere reforzar la seguridad y la protección, permitiendo desplegar sistemas fiables y respetuosos tanto con la privacidad como a la hora de afrontar un ciberataque. [10]

NMX-I-1362-NYCE-2021 Telecomunicaciones-Procedimiento simple de encriptación para entornos de internet de las cosas (IOT)

Esta Norma Mexicana proporciona un procedimiento de encriptación para la seguridad del dispositivo IoT. El procedimiento está destinado para aplicarse a entornos de IoT, especialmente para dispositivos IoT que tienen capacidades obligatorias para comunicación y capacidades opcionales para detección, accionamiento, almacenamiento de datos y procesamiento de datos. [11]

7.- Cronograma de actividades.

Trimestre 22-O													
Actividad		Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Analizar mecánicamente los requerimientos de la herramienta husillo.												
2	Seleccionar, instalar y probar la máquina herramienta en el sistema de posicionamiento cartesiano.												
3	Identificar las variables a monitorear.												
4	Seleccionar la tarjeta principal de control.												
5	Seleccionar los sensores para el monitoreo de las variables físicas.												
6	Diseñar el programa de control.												
7	Establecer los protocolos de comunicación WIFI.												
8	Diseñar la interfaz gráfica de monitoreo remoto.												
9	Realizar pruebas de monitoreo remoto.												

Trimestre 23-I													
Actividad		Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Realizar pruebas de monitoreo.												
2	Redactar el reporte final.												
3	Entrega del reporte final.												

8.- Entregables.

Reporte final del PIIM.

Memoria de diseño del equipo experimental

Equipo funcional monitoreado y controlado de forma remota.

9.-Referencias bibliográficas

[1] Cruz, M. y Oliete, P., 2015, *Las tecnologías IoT dentro de la industria conectada 4.0*, p. 10 y p. 11, Madrid, España.

[2] Trend Micro, n.d., "Industrial Internet of Things (IIoT)" de iiot?irclickid=UMkzDkR8FxyOTiX0EkzjZTwgUki1wAwf7TZW380&irgwc=1

[3] Boyes, H., 2018, *The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework*, University of Warwick, Coventry, UK.

[4] Volkswagen Group, 2019, "Labs around the world" de https://www.volkswagen-newsroom.com/en/stories/labs-around-the-world-5434

[5] Bautista, I., Becerra, P., Delgado, O., 2021, *Control y monitoreo de una grúa hidráulica*, Universidad Autónoma Metropolitana.

[6] Parker. 2022. ER032, Belt Driven, Roller Wheel, Rodless Linear Actuator de https://ph.parker.com/us/es/er032-belt-driven-roller-wheel-rodless-linearactuator?facet:40992764608222547266982&productBeginIndex:0&facetLimit:&orderBy:&pageView:list&minPrice:&maxPrice:&pageSize:&loadProductsList:true&

[7] Parker. 2022. ET32 Screw Driven Electric Cylinder/Linear Actuator with Piston Rod. De https://ph.parker.com/mx/es/et32-screw-driven-electric-cylinder-linear-actuator-with-piston-rod

[8] Arduino. 2022. Arduino Uno de https://arduino.cl/arduino-uno/

[9] Mi Arduino, 2016 "Introducción a la Placa Arduino UNO" de http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/

[10] ISOTOOLS, 2018, "Norma ISO/IEC 30141 sobre Internet de las cosas (IoT)" de https://www.isotools.org/2018/11/21/norma-iso-iec-30141-internet-cosas-iot/

[11] SINEC, 2022 "Detalle de la norma NMX-I-1362-NYCE-2021" de https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/DetalleNMX.xhtml?pidn=YXVVK3M2MFVpNWlSK0JQV2M1RTMxQT09

10.- Terminología.

IoT: Se refiere a un vasto número de objetos que están conectados a la red inalámbrica lo que les permite comunicar información con otros objetos. Entre sus aplicaciones se encuentra la conexión de servicios, máquinas industriales, entre otros.

IIoT: Es el uso de la IoT en el campo de la manufactura y es parte de la tendencia de la industria 4.0. Incorpora el aprendizaje de máquinas, las tecnologías big data y el uso de sensores a través de una comunicación M2M.

M2M: Se refiere a un modo de comunicación dispositivo a dispositivo, el cual tiene como función automatizar y proporcionar comunicación con múltiples servicios.

CNC: El Control Numérico Computarizado es un sistema de automatización de máquinas herramienta operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento.

MQTT: Es un protocolo de red ligero diseñado para conexiones con ubicaciones remotas que tienen dispositivos con restricciones de recursos o ando ce banda de red limitado.

Big data: Conjuntos de datos o combinaciones de conjuntos de datos cuyo tamaño (volumen), complejidad (variabilidad) y velocidad de crecimiento (velocidad) dificultan su captura, gestión, procesamiento o análisis mediante tecnologías y herramientas convencionales.

11.- Infraestructura.

El proyecto se realizará en el Programa de Desarrollo Profesional en Automatización (PDPA), ubicado en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco.

12.- Asesoría complementaria.

No aplica.

13.- Publicación o difusión de los resultados.

Presentación de una ponencia en un congreso internacional de ingeniería.