

**Licenciatura:** Ingeniería Mecánica.

**Nombre del Proyecto de Integración:** Evaluación de la eficiencia y efectividad de absorbedores de vibración dinámicos para el tratamiento de la enfermedad de Parkinson.

**Modalidad:** Proyecto de investigación.

**Versión:** Primera.

**Trimestre Lectivo:** 19O.

**Datos del Alumno: Nombre:** Luis Rafael Calzada González.

**Matricula:** 2153033626.

**Correo:** al2153033626@azc.uam.mx

**Firma:** \_\_\_\_\_



**Datos del Asesor:**

**Asesor:** Dr. Francisco Beltrán Carbajal

**Departamento de adscripción:** Energía.

**Categoría:** Titular.

**Teléfono:** 5533344375

**Correo electrónico:** fbeltran@azc.uam.mx

**Firma del asesor:** \_\_\_\_\_

13 de febrero de 2020

## **Declaratoria**

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.

---

Luis Rafael Calzada González

---

Dr. Francisco Beltrán Carbajal

Profesor Titular C

## **1. Introducción**

La neurología es la parte de la medicina encargada de analizar el funcionamiento del sistema nervioso, sus patologías y tratamientos, por ende, el cerebro es el principal órgano estudiado en esta rama de la ciencia; se pueden encontrar distintos métodos clínicos para detectar enfermedades neurológicas, de las cuales, un gran número son degenerativas o hereditarias, que se dan en mayor medida en adultos a partir de los 50 años de vida.

Con el aumento del porcentaje de población (según el INEGI [1], para 2015, este dato correspondía a 38 adultos mayores por cada 100 personas), también van aumentando los casos de enfermedades neurológicas degenerativas, entre ellas la enfermedad de Parkinson y su principal síntoma, los temblores.

El temblor es un movimiento oscilatorio rítmico, la mayoría de las veces involuntario producido por contracciones musculares alternas o irregulares, debido a la pérdida de neuronas y dopamina. El temblor parkinsoniano en reposo presenta frecuencias entre los 3 a 5 Hertz [2], estas vibraciones afectan en gran medida la calidad de vida del paciente, quien no puede valerse por sí mismo para realizar actividades en su cotidianidad, aunado a que los tratamientos para reducirlas, como son las cirugías (estimulación cerebral profunda), las cuales pueden tener un largo tiempo de recuperación y un costo no apto para todos los pacientes, así como medicamentos como la Carbidopa-levodopa, este fármaco puede traer efectos secundarios negativos como náuseas o aturdimiento y que con el paso del tiempo y el avance de la enfermedad, deja de tener el resultado deseado [3].

En la ingeniería mecánica existe el concepto del absorbedor de vibración, teóricamente, este sistema opera generando fuerzas inerciales o elásticas, reduciendo los niveles de la respuesta producida por el efecto de vibraciones externas (o internas) [4-5].

Este concepto se emplea exitosamente en la amortiguación de muchos objetos utilizados en la ingeniería, pero desde hace dos décadas aproximadamente, se ha trabajado en el diseño de dispositivos para amortiguar los temblores de la enfermedad de Parkinson, y con mucha razón, un objeto de esta índole reduciría el costo del tratamiento, no tiene secuelas negativas y permitiría al paciente realizar tareas cotidianas sin necesidad de una segunda persona. Lo que conlleva a preguntarse ¿Qué tan eficientes pueden ser? ¿Son una alternativa realmente viable?.

## **2. Antecedentes**

Se han dado estudios relativamente recientes donde se propone el uso de absorbedores de vibraciones para atenuar las amplitudes generadas por la enfermedad de Parkinson. Por ejemplo, en [6], se analiza el principio de absorción de vibraciones mediante un modelado de masa-resorte-amortiguador de dos grados de libertad, teniendo como la principal estructura dos masas, una que representa la extremidad del usuario, y la segunda, cuya función es la de amortiguamiento, así como una base de soporte.

Se observa la patente [7] en donde se trabaja con el mismo principio de dos grados de libertad, pero esta vez sin contar con un marco de referencia (base); sino que se modela el brazo del paciente como primer masa.

También se cuentan con dispositivos eléctricos que usan el mismo principio de amortiguación, pero pueden cumplir con funciones definidas, por ejemplo, para alimentación, en donde se atenúa la vibración mientras el paciente sostiene el dispositivo (una cuchara) [8].

## **3. Justificación**

El llevar a cabo este proyecto, surge de la necesidad de brindar una opción adicional a los pacientes que sufren de la enfermedad de Parkinson, hasta ahora incurable y con un tratamiento químico que puede ser contraproducente a lo largo del tiempo. Además de brindar un enfoque distinto al análisis de vibraciones, ya que normalmente se utiliza en el diseño de maquinaria.

También es necesario verificar que el dispositivo sea una alternativa viable para mejora de la calidad de vida del usuario y brindar una propuesta de solución, ya que el tema es relativamente reciente a diferencia de otros tratamientos.

## **4. Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar la eficiencia y la efectividad de la aplicación de los absorbedores de vibración dinámicos del tipo masa-resorte-amortiguador, para reducir los movimientos oscilatorios en los brazos, ocasionados por la enfermedad de Parkinson.

### **Objetivos particulares**

Obtener un modelo matemático que permita describir la respuesta vibratoria del absorbedor de vibraciones acoplado a el brazo de un ser humano con la enfermedad de Parkinson.

Evaluar mediante simulación computacional la eficiencia y la efectividad de un absorbedor para reducir la amplitud de los temblores.

## **5. Metodología**

A continuación, se describen las principales fases metodológicas para el desarrollo del proyecto.

### **Fase 1. Formulación general del problema de absorción de vibraciones**

En esta etapa se realizará la formulación general del problema de atenuación de vibraciones indeseables ocasionados por la enfermedad de Parkinson, usando dispositivos de absorción de vibraciones.

### **Fase 2. Modelado matemático del sistema vibratorio**

En esta fase se realizará el modelado matemático que describa la dinámica vibratoria del brazo de una persona con la enfermedad de Parkinson (sistema mecánico primario o principal). Se desarrollará también el modelado matemático extendido de la dinámica del sistema primario con un absorbedor de vibraciones (sistema secundario). Los modelos matemáticos se utilizarán para evaluar la efectividad de los dispositivos de control basados en absorción de vibraciones para reducir las amplitudes de los temblores involuntarios de una persona que presenta la enfermedad de Parkinson.

### **Fase 3. Análisis de la eficiencia y la efectividad del absorbedor de vibraciones**

Aquí, se desarrollará un estudio sobre la eficiencia y la efectividad de un absorbedor de vibraciones para reducir las amplitudes de las oscilaciones indeseables de una persona con la enfermedad de Parkinson. Se propondrán indicadores para medir la eficiencia energética, así como para cuantificar la efectividad para atenuar las amplitudes de los temblores

mediante la implementación de un absorbedor pasivo de vibraciones. Se revisará cómo se puede extender la capacidad de un absorbedor pasivo de vibraciones, usando técnicas de control activo para desarrollar en estudios posteriores.

#### **Fase 4. Cierre del Proyecto**

Finalmente, en esta fase se elaborará el reporte final del proyecto de integración. Se considera la documentación de los productos entregables del proyecto.

## **6. Normatividad**

NORMA Oficial Mexicana NOM-241-SSA1-2012 : establece las prácticas de fabricación de dispositivos médicos [9].

NORMA Oficial Mexicana Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002: Norma mexicana sobre metrología y normalización, a tomar en cuenta en la presentación de resultados del proyecto [10].

NORMA Oficial Mexicana NOM-017-SSA2-2012, Para la vigilancia epidemiológica, en el apéndice A, establece que se debe vigilar al paciente con enfermedad de Parkinson semanalmente [11].

## 7. Cronograma de Actividades

Se solicita autorización a la UEA

### Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I.

Para cumplir con los objetivos del presente proyecto en un período de un trimestre, se considera el desarrollo de las siguientes actividades principales.

No.	Actividades del trimestre 20-I	semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Realizar una descripción del movimiento oscilatorio generado por la enfermedad del Parkinson.	■	■										
2	Determinar la configuración de un dispositivo de absorción de vibraciones del tipo masa-resorte-amortiguador, viable de ser usado como una alternativa de solución para reducir los temblores inducidos por la enfermedad del Parkinson.			■	■								
3	Obtener las ecuaciones de movimiento del dispositivo de control de vibraciones				■								
4	Obtener un modelo matemático que describa las oscilaciones involuntarias de un brazo de una persona con la enfermedad del Parkinson.					■	■						
5	Obtener un modelo dinámico del sistema compuesto por el absorbedor de vibraciones acoplado al brazo de una persona con esta enfermedad.							■					
6	Evaluar mediante simulación computacional el desempeño dinámico de un absorbedor para reducir los temblores.								■				
7	Determinar el nivel de atenuación de vibraciones que se puede obtener mediante un absorbedor del tipo masa-resorte-amortiguador pasivo.									■			
8	Determinar la eficiencia del absorbedor de vibraciones dentro de una banda de frecuencias de operación.										■		
9	Elaborar un póster para difundir los principales resultados del proyecto.											■	■
11	Elaborar y entregar el reporte del proyecto de integración.		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

## 8. Entregables

1. Reporte final del proyecto de integración concluido.
2. Descripción del modelo matemático de la dinámica del sistema compuesto por el absorbedor de vibraciones acoplado al brazo de una persona con la enfermedad de Parkinson.
3. Reporte de la evaluación numérica del desempeño dinámico del control pasivo de absorción de vibraciones para atenuar los temblores de esta enfermedad.
4. Un póster para difusión de los principales resultados del proyecto.

## 9. Referencias Bibliográficas

- [1] Inegi, 2015, "Censo de población", México, <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/>.
- [2] Ropper, A. H. and Samuels, M. A., 2011, "Adams y Victor, principios de neurología", 9na edición, McGraw Hill, México DF, México, McGraw-Hill.
- [3] Mayo Clinic, 1998, "Enfermedad de Parkinson", de <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/parkinsons-disease/diagnosis-treatment/drc-20376062?p=1>
- [4] Rao, S.S. Navarro, R. Ed., 2012, "Vibraciones Mecánicas", 5ta Edición, Pearson Education, Estado de México, México.
- [5] Beltran, F. and Silva, G., 2019, "Output feedback dynamic control for trajectory tracking and vibration suppression", Applied Mathematical Modelling, vol 79, pp 793-808.
- [6] Buki, E., Zacksenhouse, R., Katz, R. and Schlesinger, 2017, "Vib-bracelet: a pasive absorber for attenuating forearm tremor", CrossMark, pp 923-930.
- [7] Ziv-Av, A., 2002, "Methods and devices for reducing Trembling", US Patent no. 6,458,089.
- [8] Abbasi, M. and Afsharfard, A., 2018, "Modeling and experimental study of a hand tremor suppression system", Mechanism and Machine Theory, Vol. 126, pp. 189-200.
- [9] Diario oficial de la Federación, 2012, "Norma Oficial Mexicana NOM-241-SSA1-2012" de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5272051](http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5272051).



[10] Diario Oficial de la Federación, 2002, “Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002” de <http://www.anpact.com.mx/marco/normas/NOM-008-SCFI-2002.pdf>.

[11] Diario Oficial de la Federación, 2013, ” Norma Oficial Mexicana NOM-017-SSA2-2012” de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5288225&fecha=19/02/2013](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5288225&fecha=19/02/2013)

## **10. Terminología**

No es necesaria

## **11. Infraestructura**

No es necesaria

## **12. Asesoría complementaria**

No es necesaria

## **13. Publicación o difusión de los resultados**

Se elaborará un póster para propósitos de difusión de los principales resultados obtenidos en el proyecto de integración.