

# Desarrollo de un sistema de analgesia por vibración en aplicaciones de rehabilitación neuromotriz.

## Development of a vibration analgesia system in neuromotor rehabilitation applications.

Jesús Alejandro Ramírez Guapillo (1).  
Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba.  
[jesusalejandrorg96@hotmail.com](mailto:jesusalejandrorg96@hotmail.com).

Rubén Posada Gómez\* (2). Tecnológico Nacional de México/ CRODE de Orizaba,  
[ruben.pg@crodeorizaba.tecnm.mx](mailto:ruben.pg@crodeorizaba.tecnm.mx).

Albino Martínez Sibaja (3). Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba,  
[ruben.pg@crodeorizaba.tecnm.mx](mailto:ruben.pg@crodeorizaba.tecnm.mx).

Alberto Alfonso Aguilar Lasserre (4). Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba,  
[albertoaal@hotmail.com](mailto:albertoaal@hotmail.com).

Miriam Cristina Reyes Fernández (5). Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba,  
[mcrefer@gmail.com](mailto:mcrefer@gmail.com).

\*corresponding author.

**Artículo recibido en enero 12, 2021; aceptado en febrero 26, 2021.**

### Resumen.

*El dolor es producido por una señal del sistema nervioso, para señalar que algo dentro o fuera del sistema, no funciona correctamente. Su presencia en los pacientes se ha estudiado ampliamente, a fin de reducirlo y mejorar la calidad de vida de quienes lo padecen. Diversas investigaciones han mostrado que las vibraciones percutáneas pueden generar la interrupción en las señales de dolor que se envían hacia el sistema nervioso central, por lo que se consideran adecuadas para el tratamiento de esta “experiencia sensorial o emocional desagradable”, como la define la Asociación Internacional del Estudio del Dolor. Este artículo presenta el desarrollo de un sistema basado en el uso de las vibraciones, a través de una herramienta que genera una secuencia vibratoria, aplicada en una zona corporal focalizada, durante las sesiones de rehabilitación, para reducir el dolor y permitir que el paciente realice la terapia de una manera más agradable. De igual forma, se muestran los resultados obtenidos durante la prueba del sistema, para conocer y determinar su eficacia en la disminución del dolor, el tiempo de respuesta del paciente tratado y el impacto que tiene durante el tratamiento de la rehabilitación.*

**Palabras clave:** Reducción del dolor, vibración focal, Rehabilitación motriz.

### Abstract.

*Pain is caused by a signal from the nervous system, to signal that something, inside or outside the system, is not working properly. Its presence in patients has been studied extensively, in order to reduce it and improve the quality of life of sufferers. Different investigations have shown that percutaneous vibrations can generate the interruption in*

*the pain signals that are sent to the central nervous system, therefore, they are considered adequate for the treatment of this “unpleasant sensory or emotional experience”, as defined by the “International Association for the Study of Pain”. This paper presents the development of a system based on the use of vibrations, through a tool that generates a vibratory sequence, applied to a focused body area, during rehabilitation sessions, to reduce pain and allow the patient to perform therapy in a more pleasant way. In the same way, the results obtained during the system test are shown, to know and determine its effectiveness in reducing pain, the response time of the treated patient and the impact it has during the rehabilitation treatment.*

**Keywords:** Pain reduction, focal vibration, motor rehabilitation.

## 1. Introducción.

La Asociación Internacional para el Estudio del Dolor, lo define “una experiencia sensorial o emocional desagradable, asociada a un daño tisular, real o potencial”, de manera que el dolor da la señal de advertencia ante una situación en la que es posible un daño. Se han realizado muchos estudios sobre el tema; por otro lado, se ha utilizado fármacos, rehabilitación, anestesia, procedimientos quirúrgicos, ergoterapia, buscando mejorar la calidad de vida de las personas, mitigando o eliminando el dolor. (Murillo et al., 2014),(Saggini et al., 2017) (L. Maroto & M. Muñoz, 2014).

En este sentido, se ha comprobado la utilidad de las vibraciones percutáneas en la mitigación del dolor, debido a sus propiedades de analgesia, así como también, sus beneficios en el entrenamiento físico, apoyando el crecimiento muscular y la fuerza (Martínez-Pardo et al., 2015).

El uso de las vibraciones como tratamiento se remonta a 1880, cuando el neurólogo francés Jean-Martin Charcot, observó que los pacientes que sufrían Parkinson, tenían una reducción en su temblor después de una cabalgata. A partir de esto, se desarrolló el primer mecanismo que permite la reproducción de vibraciones semejantes a las generadas por la silla de montar.(Saggini et al., 2017).

Los receptores corpúsculos, que detectan las vibraciones en el cuerpo, se clasifican en dos grupos: los corpúsculos de Meissner, que perciben la sensibilidad para el tacto suave (30-40Hz), y los corpúsculos Pacini, que se encargan de la detección de las vibraciones rápidas y las presiones mecánicas profundas, con frecuencias que rondan los 250hz (Saggini et al., 2017), (Morishita et al., 2018),(Gonzalez, 2012).

Cabe mencionar que hay partes del cuerpo humano que pueden amplificar la intensidad de una vibración recibida, por la propiedad de resonancia. Tórax y abdomen, por ejemplo, son partes importantes de estudio debido al efecto resonante que se genera a frecuencias entre los 3 y 6Hz. Por esta razón, esta área constituye un punto clave para la aplicación de las vibraciones focales utilizadas en este prototipo. (Soto, 2012), (Facultad de Ingeniería industrial, 2011).

## 2. Métodos.

Para el desarrollo de este prototipo, se contempló la utilización de un motor vibratorio con desbalance en el vástago, por lo que se midieron los parámetros eléctricos del mismo. Estos datos sirvieron para el desarrollo del encapsulado, que se hizo con el software AutoCAD, y fue impreso en 3D, usando plástico PLA (ácido Poliláctico). Tras varias pruebas se logró un diseño viable para el manejo del motor vibrador en el prototipo funcional.

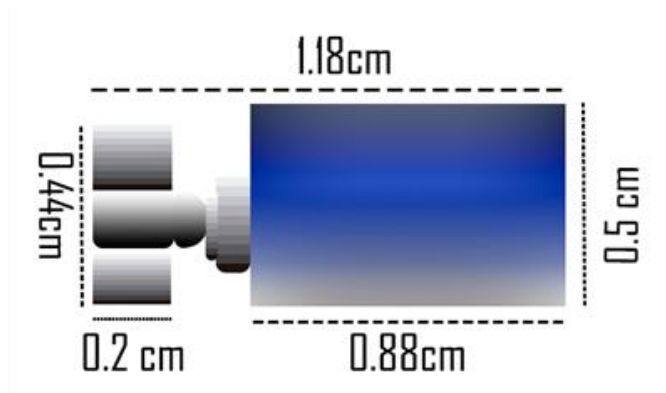
Con el fin de fijar el elemento vibrante se eligió un parche adherente, para la transmisión de las señales en la zona del cuerpo humano preseleccionada. Después, con el fin de llevar a cabo las pruebas de sensibilidad, se definieron los elementos a utilizar.

Para estas pruebas, se utilizaron tres objetos distintos, que provocaron reacciones en el sujeto de prueba: un objeto punzante, un trozo de tela y un bolígrafo, este último, fue considerado el estímulo promedio, y permitía comparar las sensaciones de manera más objetiva.

### 3. Desarrollo.

El primer paso del desarrollo de este dispositivo, fue obtener los valores eléctricos del motor, siendo su impedancia de 38 Ohms, 5V de voltaje y 350 mA, requeridos para iniciar su función. Ofrece 18500 rpm, una aceleración en la vibración por si solo de 5.2m/s<sup>2</sup> y sus medidas físicas se muestran en la figura 1:

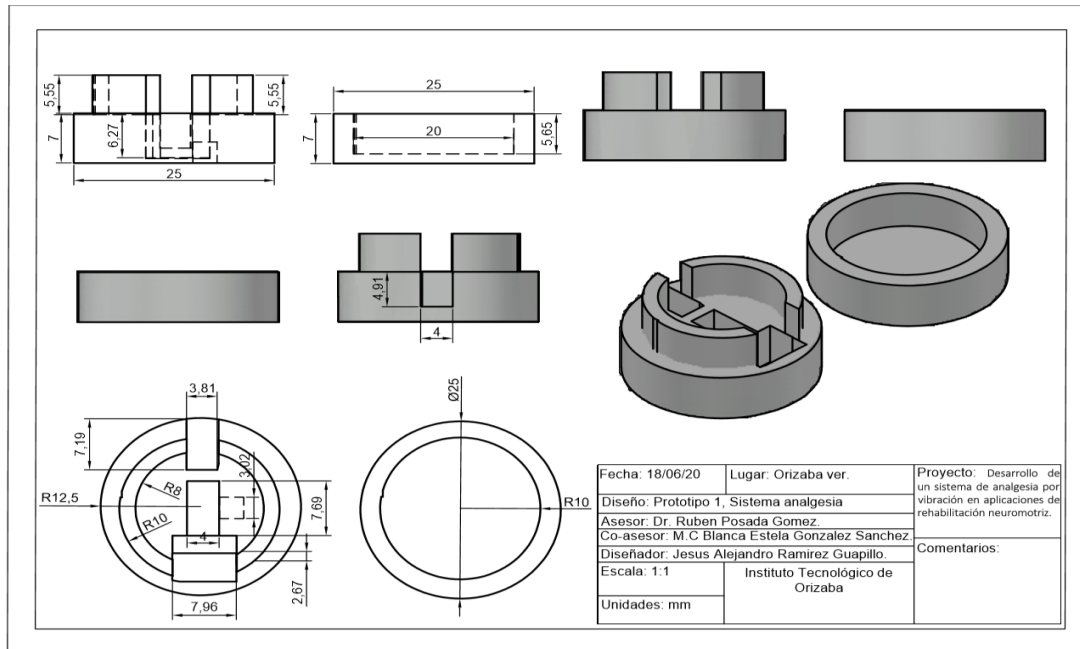
Después tomando en cuenta las medidas y requerimientos del motor vibrador, se diseñó e imprimió una carcasa, con plástico PLA. (Figura 2).



**Figura 1.** Motor vibrador implementado.

En seguida, se colocó dentro de la carcasa, dejando un espacio libre para el vástago, para poder transmitir la vibración y poder moverse de manera libre. Sin embargo, se observó que el encapsulado genera una atenuación en la aceleración de la vibración hasta 3.8m/s<sup>2</sup>.

El motor vibrador se excita mediante un voltaje de alimentación de 10 volts con las respectivas adecuaciones eléctricas, en este caso se colocó un divisor de voltaje con resistencias de 5 W y un diodo de protección para corriente de retorno parásita.



**Figura 2.** Planos de encapsulado para prototipo 1 de elemento.

Para la adhesión del dispositivo se implementaron parches de electrodos. Los electrodos con adherente en la superficie permiten la transmisión de las vibraciones a puntos específicos del cuerpo, conocidas como vibraciones focales (Figura 3).

Para la prueba inicial, se contó con la participación de tres sujetos, de características variadas, quienes por su propia voluntad accedieron a participar en ella. Se les indicó que recibirían estímulos en el brazo derecho.

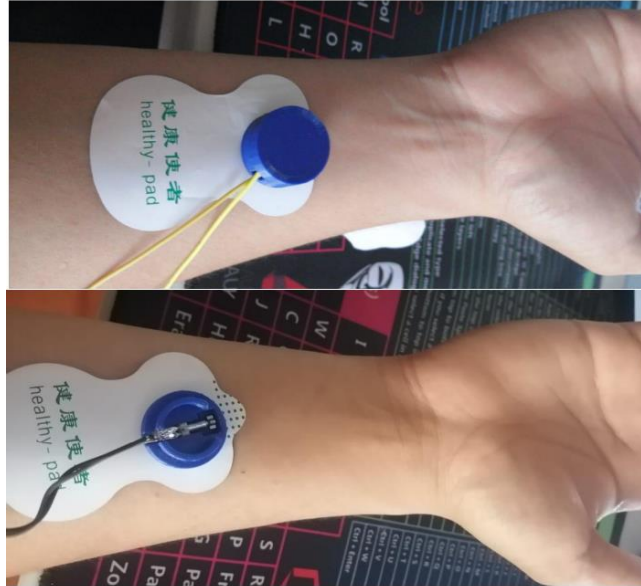
Los estímulos fueron generados utilizando tres objetos distintos: uno de ellos, era un objeto punzocortante, para dar un estímulo más fuerte; el segundo, era un trozo de tela suave, para ver la respuesta a un estímulo suave; el último, era un bolígrafo, como estímulo promedio.

Se aplicaron los estímulos a cada sujeto de prueba, antes de aplicar el motor vibrador. Se pidió a cada uno de ellos que definiera, en escala del 0 al 10, el nivel de percepción del elemento, con los ojos vendados, siendo 0 la pérdida de sensibilidad, y 10 la percepción completa. Tras la estimulación, se colocaron los electrodos del prototipo, por un lapso de dos minutos.

Los datos obtenidos de los sujetos de prueba, antes de la aplicación de las vibraciones (color azul) y durante su aplicación (color verde), se observan en la tabla 1. La percepción del dolor en cada uno de los sujetos varía notablemente tras haber recibido las vibraciones, disminuyendo la sensibilidad al dolor.

**Tabla 1.** Resultados de la estimulación de los 3 sujetos de prueba.

Estímulos.	Sensibilidad en una escala de 0 al 10.					
	Sujeto 1.		Sujeto 2.		Sujeto 3.	
Objeto punzante.	8	5	8	8	8	6
Trozo de tela.	7	3	6	2	5	0
Lapicero.	6	3	7	4	6	2



**Figura 3.** Prototipo adherido al brazo del sujeto de prueba.

Es importante mencionar que se dijo a los sujetos de prueba que habría un estímulo con algún elemento; el cual no existía, con el fin de eliminar el efecto de la influencia imaginaria ante alguna respuesta. Con esto, pudo observarse que cada elemento que participó en el experimento presenta una valoración objetiva ante los verdaderos estímulos.

### **Conclusiones.**

La estimulación mediante un elemento vibratorio, por un período determinado, puede reducir la sensibilidad de las personas; variando de acuerdo al tipo de estimulación, y del umbral de dolor de la persona misma.

Este prototipo atenúa las vibraciones, ocasionado por la estructura y adherencia del parche utilizado, pasando de una aceleración de 5.2m/s<sup>2</sup> a 2.4m/s<sup>2</sup>. A pesar de ello, se logra aminorar la sensación del dolor indicada por el sujeto de prueba, confirmando así la capacidad de analgesia de las vibraciones. En este caso, se hará la mejora del prototipo para obtener el máximo beneficio las vibraciones, transmitiéndolas de una manera más eficiente.

La utilidad de la analgesia mediante las vibraciones, hará más fácil a una persona llevar a cabo ciertas actividades, aquellas incómodas como la vacunación, caminar teniendo parkinson, disminución del dolor muscular tardío, actividades en una rehabilitación motriz, etc.

### **Agradecimientos.**

Este proyecto ha sido desarrollado con el apoyo del Tecnológico Nacional de México campus Tecnológico de Orizaba y CRODE de Orizaba, así como del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACyT.

### **Referencias Bibliográficas.**

**Facultad de Ingeniería industrial, L. de P. (2011).** Vibración protocolo curso de condiciones de trabajo. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

- Gonzalez, P. A. (2012).** Los corpusculos sensitivos en los vertebrados: corpusculos de Meissner y Pacini en humanos y otros primates.
- L. Maroto, A. M., & M. Muñoz, N. S. (2014).** Dolor. Definición y Clasificación. In Ilustre Colegio Oficial de Médicos de Segovia. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2005.03.004>
- Martínez-Pardo, E., Martínez-Ruiz, E., Alcaraz, P. E., & Rubio-Arias, J. A. (2015).** Efectos de las vibraciones de cuerpo completo sobre la composición corporal y las capacidades físicas en adultos jóvenes físicamente activos. *Nutricion Hospitalaria*, 32(5), 1949–1959. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.5.9672>
- Morishita, S., Sai, K., Maeda, S., Kuwahara-Otani, S., Minato, Y., & Yagi, H. (2018).** Distribution of Pacini-Like Lamellar Corpuscles in the Vascular Sheath of the Femoral Artery. *Anatomical Record*, 301(11), 1809–1814. <https://doi.org/10.1002/ar.23934>
- Murillo, N., Valls-Sole, J., Vidal, J., Opisso, E., Medina, J., & Kumru, H. (2014).** Focal vibration in neurorehabilitation. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 50(2), 231–242. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24842220>
- Saggini, R., Bellomo, R. G., & Cosenza, L. (2017).** Vibration in Neurorehabilitation: a narrative review. *Medical Research Archives*. <https://doi.org/10.18103/mra.v5i11.1563>
- Soto, A. D. Á. (2012).** Procedimiento de Evaluacion de Riesgos Ergonomicos y psicosociales [Procedimiento de Evaluacion de Riesgos Ergonomicos y psicosociales]. In Universidad de Almeria (Ed.), Universidad de Almeria. <https://w3.ual.es/GruposInv/Prevencion/evaluacion/procedimiento/descargacompleta.pdf>

### Información de los autores.



**Jesús Alejandro Ramírez Guapillo** es Ingeniero en Electrónica y Maestro en Ingeniería Electrónica por el Instituto Tecnológico de Orizaba.



**Rubén Posada Gómez** es Ingeniero en Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Orizaba. Obtuvo el grado de Maestría en Ingeniería Electrónica con especialidad en Bioelectrónica en el CINVESTAV y el Doctorado en Automatización y Procesamiento de Señales en el INPL, Francia.



**Albino Martínez Sibaja** es Ingeniero en Industrial por el Instituto Tecnológico de Veracruz, Obtuvo el grado de Maestro en ciencias y el Doctorado en Ingeniería Electrónica en el CENIDET.



**Alberto Alfonso Aguilar Lasserre** es Ingeniero en Mecánica-Eléctrica por la Universidad Veracruzana, Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial por el Tecnológico de Orizaba y el Doctorado en Ingeniería de Procesos y Medio Ambiente por el Institut National Polytechnique de Toulouse, Francia.



**Miriam Cristina Reyes Fernández** es Doctorante en Ciencias de la Ingeniería, Maestra en Ingeniería Electrónica y Licenciada en Informática por el Instituto Tecnológico de Orizaba.