

## Resumen

En este trabajo se propone el desarrollo de un sistema de reconocimiento automático de señales sísmicas que consta de tres etapas: pre procesamiento, detección y clasificación.

En la etapa de pre procesamiento se propone considerar el trayecto o canal de propagación como un sistema lineal e invariante con el tiempo para estimar la señal sísmica producida en el punto de origen del sismo, reduciendo las perturbaciones provocadas por el canal.

En la etapa de detección se propone dos técnicas: una modificación del algoritmo STA/LTA (detector MarGra) y también se propone un segundo detector basado en redes neuronales convolucionales (detector C2N), los dos sistemas cumplen con las métricas establecidas por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IGEPN).

En la tercera etapa, se propone la clasificación de eventos utilizando redes neuronales convolucionales. Para entrenar las redes neuronales se propone el uso de espectrogramas, y para superar el problema de un conjunto de datos limitados, se utiliza la técnica de transferencia de aprendizaje; para generar los espectrogramas se realiza un análisis de las bandas de frecuencia de cada tipo evento sísmico para resaltar las bandas de frecuencia que diferencia a los distintos tipos de eventos con funciones de ventana distintas.

Finalmente, se evalúa el sistema propuesto con distintas bases de datos previamente analizadas por expertos, consiguiendo una mejora en la relación señal a ruido de 10dB, una probabilidad de detección de 99% para los dos detectores propuestos, y una exactitud en clasificación de 97.5% entre eventos de largo periodo y eventos volcano tectónicos.

### **Palabras Claves:**

- **DECONVOLUCIÓN HOMOMÓRFICA**
- **REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES**
- **MICROSISMOS VOLCÁNICOS**

## **Abstract**

In this work, the automatic recognition system design of seismic signal is proposed, this system have three stages: pre processing, detection and classification.

In the pre processing stage, it is proposed to consider the path or channel of propagation of the microearthquake as a convolutional channel to recover the seismic signal produced at the source or point of origin of the microearthquake, reducing the disturbances caused by the channel or path that the signal travels. seismic, improving the signal to noise ratio.

In the detection stage, two techniques are proposed: a modification of the STA / LTA algorithm (MarGra detector) and a second detector based on convolutional neural networks (C2N detector) is also proposed, the two systems satisfy the metrics established by the Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IGEPN).

In the classification stage, the classification of events using convolutional neural networks is proposed, to train the neural networks, spectrograms are used, and to overcome the problem of a limited data set, the transfer learning technique is implemented; To generate the spectrograms, an analysis of the frequency bands of each type of seismic event is carried out to highlight the frequency bands that differentiate the different types of events with different window functions.

Finally, the proposed system is evaluated with different databases previously analyzed by experts, achieving an improvement in the signal to noise ratio of 10dB in pre processing stage, a detection probability of 99% for the two proposed detectors, and a classification accuracy of 97.5% between long period events and volcano tectonic events.

### **Keywords:**

- **HOMOMORPHIC DECONVOLUTION**
- **CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS**
- **MICROEARTHQUAKES**