



Doi: <https://doi.org/10.70577/ASCE/1139-1148/2025>

Recibido: 2025-04-15

Aceptado: 2025-05-15

Publicado: 2025-06-17

**Estudio de familias de aproximantes para la detección de fallas verticales
en superficies discontinuas**
**Study of families of approximants for the detection of vertical faults
on discontinuous surfaces**

Autor

Franklin Marcelo Coronel Maji

Dirección de Posgrado, Programa de Maestría en Matemática aplicada con mención en Matemática
Computacional

<https://orcid.org/0000-0002-0352-4382>

fcoronel@unach.edu.ec

Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH)

Riobamba – Ecuador

Autor

Ramón Antonio Abancín Ospina

Facultad de Ciencias, Carrera de Matemática

<https://orcid.org/0000-0002-2417-6671>

ramon.abancin@epoch.edu.ec

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH),

Grupo de Investigación CIDED,

Riobamba – Ecuador

Universidad Simón Bolívar (USB), Doctorado en Matemáticas

Caracas – Venezuela

Cómo citar

Coronel Maji, F. M., & Abancín Ospina, R. A. (2025). Estudio de familias de aproximantes para la detección de fallas verticales en superficies discontinuas. *ASCE*, 4(2), 1139–1148.

Resumen

A partir del conocimiento de un conjunto de datos irregulares y dispersos de tipo Lagrange, para una función definida explícitamente por $z = (x, y)$, conocida solo para el conjunto de nodos, se puede construir una familia de funciones aproximantes (curvas poligonales) para aproximar el conjunto de discontinuidad (falla vertical). Esta técnica se suele encontrar en un importante número de aplicaciones a través de problemas concretos, tales como son: la modelación en geología, entre otras. En este contexto, el propósito de la investigación será el estudio de las familias de aproximantes para fallas verticales presentes en superficies discontinuas de tipo explícito. El enfoque metodológico consistió en realizar pruebas a partir de conjunto sintético de datos irregulares y dispersos de tipo Lagrange, con la finalidad de obtener curvas poligonales que aproximen la falla vertical de la superficie estudiada, para realizar un análisis del comportamiento de estas aproximantes. Como principal aporte se obtuvo resultados con una perspectiva crítica sustentada teórica y numéricamente para validar la calidad de la familia de aproximantes. Se concluye que las pruebas realizadas con datos sintéticos utilizando el lenguaje de programación *Python* en cada una de las etapas de la metodología utilizada, fueron exitosas y confiables teóricamente, permitiendo una transición fluida y efectiva desde el enfoque teórico hacia el numérico. Esto garantiza una construcción efectiva y consistente de la familia de aproximantes a través de curvas poligonales que detectan y aproximan las fallas verticales latentes en superficies discontinuas.

Palabras clave: Superficies Discontinuas; Fallas Verticales; Detención de Fallas; Aproximación de Fallas; Curvas Poligonales; Implementación Numérica.



Abstract

From the knowledge of a set of irregular and sparse Lagrange-type data, for a function explicitly defined by $z = (x, y)$, known only for the set of nodes, a family of approximating functions (polygonal curves) can be constructed to approximate the discontinuity set (vertical fault). This technique is usually found in a significant number of applications through specific problems, such as: modeling in geology, among others. In this context, the purpose of the research will be the study of the families of approximants for vertical faults present on discontinuous surfaces of explicit type. The methodological approach consisted of carrying out tests based on a synthetic set of irregular and dispersed Lagrange-type data, with the purpose of obtaining polygonal curves that approximate the vertical failure of the studied surface, to carry out an analysis of the behavior of these approximants. As the main contribution, results were obtained with a critical perspective supported theoretically and numerically to validate the quality of the family of approximants. It is concluded that the tests carried out with synthetic data using the Python programming language in each of the stages of the methodology used were theoretically successful and reliable, allowing a fluid and effective transition from the theoretical to the numerical approach. This guarantees an effective and consistent construction of the approximant family through polygonal curves that detect and approximate latent vertical faults on discontinuous surfaces.

Keywords: Discontinuous surfaces; Vertical faults; Fault detection; Fault approximation; Polygonal curves; Numerical implementation.

Introducción

Las técnicas para la detección y aproximación del conjunto de discontinuidades en funciones no regulares (funciones discontinuas), tienen aplicaciones en problemas específicos, y su implementación práctica puede variar según el contexto de estudio y la distribución de los datos. Por ejemplo, en problemas de procesamiento de imágenes se utilizan datos regularmente distribuidos, correspondientes a los píxeles de la imagen, donde la detección de discontinuidades implica la extracción de contornos y perfiles (Parra, 1999; Bozzini y Rossini, 2013). Esto está presente en el análisis de infografías, reconocimiento de patrones, en aplicaciones satelitales y médicas, entre otra. En contraste, el procesamiento de datos dispersos, es común en la localización de fallas (*e.g.*, verticales) en el campo de la geología (Parra, 1999; Parra et al. 1996).

Dentro del contexto anterior, el problema que se presenta es la detección o aproximación del conjunto de discontinuidad al procesar datos para funciones no regulares, con el propósito de obtener información sobre su localización exacta o aproximada. Donde, la relevancia de este proceso radica en que, una vez identificada, se pueden considerar las previsiones necesarias, en cuanto a técnicas o estrategias más convenientes, para una segunda etapa dedicada a la aproximación de la función irregular observada. Estas consideraciones *a priori* podrían evitar o controlar la aparición del fenómeno de Gibbs que, es persistente cuando se utilizan técnicas clásicas para funciones regulares.

Con respecto a este problema de investigación en la literatura científica se encuentran trabajos como los de: Palma *et al.* (2021), Lino *et al.* (2022) y Córdova *et al.* (2022) propusieron una estrategia (o metodología) para la detección (o localización) de puntos de discontinuidad de una función definida de un intervalo real a valores reales (curvas), que consta de cuatro pasos (o etapas): primero, construcción un espacio de aproximación de funciones (tipo elementos finitos) con un número finito de discontinuidades; segundo, obtención de una función de aproximación mediante un proceso de ajuste de mínimos cuadrados con la utilización de un conjunto de datos (dispersos o regularmente distribuidos), $\mathbb{D} = \{(x_i, y_i) \in \mathbb{R}^2: i = 1, 2, \dots, N\}$ con $x_i \in [a, b]$ y una función desconocida f discontinua que satisface $f(x_i) = y_i$, para todo $i = 1, 2, \dots, N$; tercero, detección de las discontinuidades a través de la localización de las oscilaciones relacionadas con el fenómeno de Gibbs, para después realizar un análisis de los puntos de \mathbb{D} involucrados, puesto que, estos sobreimpulsos y subimpulsos son indicativos de presencia de puntos de discontinuidad de la función desconocida f ; y cuarto, localización de los puntos de discontinuidad mediante un análisis de error

(Z –forma) sobre los puntos identificados como candidatos en \mathbb{D} , (cfr. [PGM2021, LGM2022, CMR2022]).

Asimismo, recientemente Abancín et al. (2024) presentaron una metodología teórica que, a partir del conocimiento de un conjunto de datos irregulares y dispersos de tipo Lagrange, permite la detección y aproximación del conjunto de discontinuidades asociadas a fallas verticales latentes en funciones explícitas no regulares. Adicionalmente, ejecuta la construcción de un cubrimiento sobre el conjunto de discontinuidades obtenido. Específicamente, estos autores adaptaron aspectos del método de detección de fallas verticales propuesto por Gutzmer e Iske (1997), cuya implementación genera una curva poligonal que aproxima el conjunto de discontinuidades, inicialmente desconocido. Posteriormente, muestran una técnica de construcción de discos con radios dependientes de la ubicación de sus centros en la curva poligonal aproximante, con el fin de lograr un cubrimiento completo del conjunto de discontinuidades. Donde, este último paso se presentó solo de manera teórica en Abancin et al. (2024) y la implementación computacional en Abancín y Parra (2024).

Por tanto, el propósito de la presente investigación fue analizar el comportamiento de la familia de aproximantes derivadas de la metodología de aproximación para fallas verticales latentes en superficies discontinuas, utilizando un conjunto de datos sintéticos irregulares y dispersos de tipo Lagrange, con la finalidad de validar la consistencia de los resultados a través del lenguaje de programación *Python*. Para lograrlo se realizó lo siguiente: Estudiar la metodología de aproximación de fallas verticales latentes en superficies discontinuas; Analizar las componentes de la metodología de aproximación de fallas verticales latentes en superficies discontinuas mediante la implementación numérica; y, Validar la consistencia del comportamiento de la familia de aproximantes obtenida mediante los resultados numéricos generados por la metodología para la aproximación de fallas verticales latentes en superficies discontinuas.

Material y métodos

En esta sección se discuten los materiales y métodos utilizados para alcanzar los objetivos propuestos en la presente investigación.

Material

Para realizar el estudio, se utilizó una implementación computacional dentro del entorno de trabajo de *Google Colab*. La cual es una plataforma gratuita que permite programar en el lenguaje de programación *Python* directamente en el navegador. Este lenguaje fue la principal herramienta utilizada para la cristalización de los resultados encontrados para su posterior análisis. Donde, se utilizaron bibliotecas de código abierto, tales como *NumPy*, *SciPy* y *Plotly*, que facilitaron el cálculo numérico, manipulación, graficación y visualización del conjunto de datos sintéticos de tipo Lagrange considerados.

Métodos

La metodología que se utilizó fue el algoritmo de Guezmer y Iske (1997) para detectar las líneas de falla de un conjunto de datos dispersos. Este método bajo razonables suposiciones en los datos dados, genera curvas poligonales aproximando las discontinuidades desconocidas. Esta técnica de detección se complementara con la información del trabajo de Abancín et al. (2024). Ambos artículos permitieron fortalecer el estudio de familias de aproximantes para la detección de fallas verticales en superficies discontinuas. Específicamente, en la Figura 1 se esquematiza en la metodología de Guezmer & Iske (1997) para la detección de fallas verticales latentes en superficies discontinuas¹.

¹ E_i denota la etapa i de la metodología de detección del conjunto de discontinuidad \mathcal{D} ; mientras que $P_{i,j}$ correspondiente al paso j de la etapa i del mismo método; y asimismo, $P_{i,j,k}$ significa el subpaso k del paso j de la etapa i .

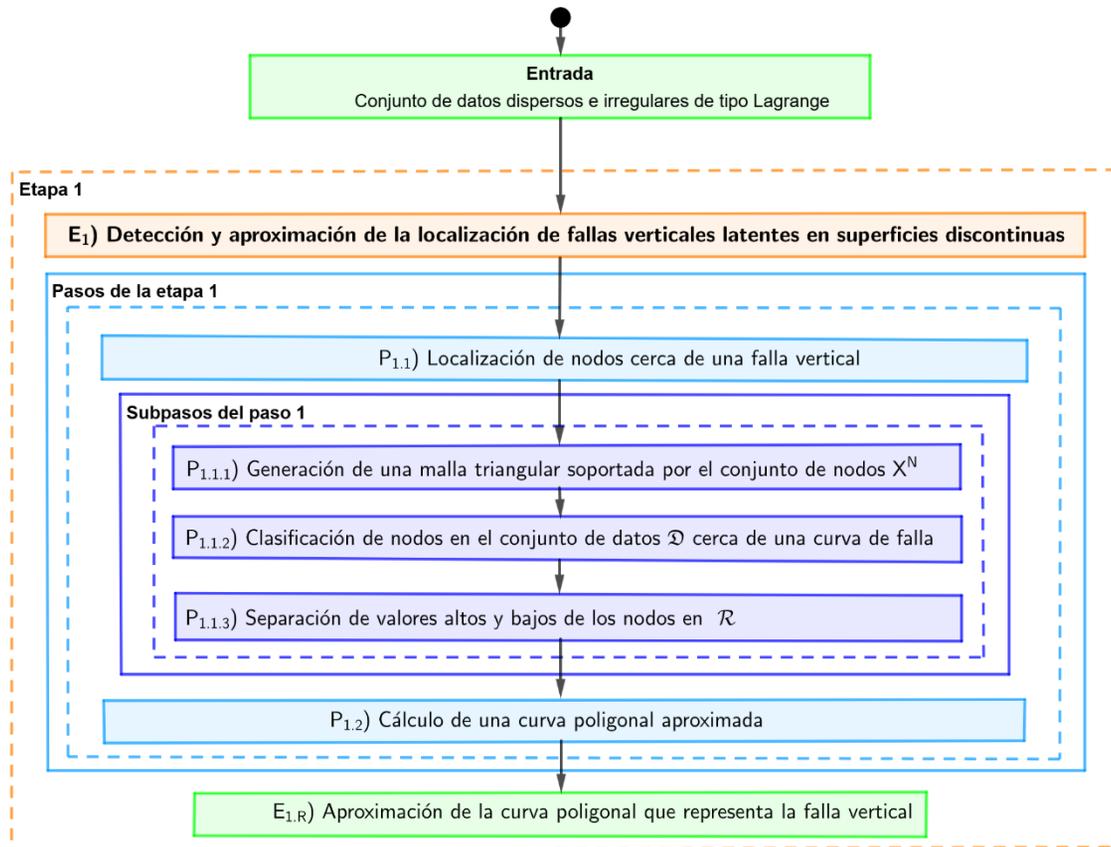


Figura 1

Algoritmo de detección de fallas verticales latentes en superficies discontinuas. Fuente: Adaptado de Abancín et al. (2024) y Abancín (2024)

Resultados

Esta sección está dedicada a exponer los principales resultados obtenidos a través de una implementación computacional para la familia de aproximantes que, fueron utilizadas para la detección de fallas verticales latentes en superficies discontinuas. Esto con la finalidad de realizar un análisis e interpretación que cristalizará una perspectiva crítica sustentada teórica y numéricamente para validar la calidad de la familia de aproximantes.

Análisis de resultados

Para iniciar la implementación numérica, se utilizaron como datos de entrada un conjunto de datos sintéticos dispersos e irregularmente distribuidos, denotado por: $\mathcal{D} = \{(\xi_j, f(\xi_j)) \in \mathbb{R}^2 \times \mathbb{R} : j = 1, 2, \dots, 62\}$, con nodos $\xi_j = (x_j, y_j) \in X^{62} \subset \mathbb{R}^2$, compuesto por 62 muestras. En este sentido, en

la Figura 2 se muestra un conjunto de datos sintéticos \mathcal{D} dispersos e irregulares de tipo Lagrange de forma gráfica. Mientras que, desde otra perspectiva en la Figura 3 se ilustra el conjunto de nodos correspondiente al conjunto de datos \mathcal{D} .

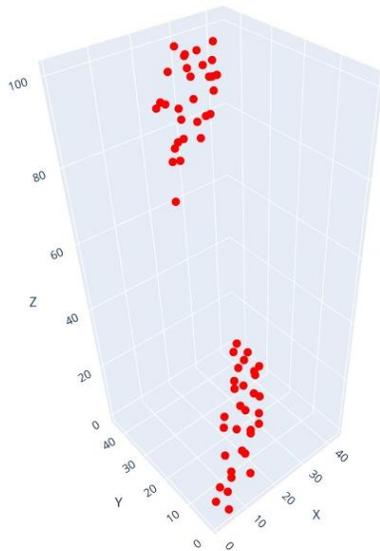


Figura 2

Conjunto \mathcal{D} de datos de tipo Lagrange en \mathbb{R}^3

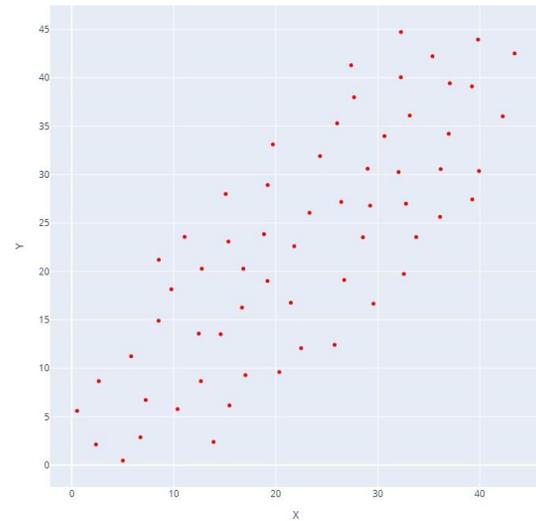


Figura 3

Conjunto de nodos correspondientes al conjunto \mathcal{D}

Antes de comenzar con la aplicación de la metodología para la detección y representación de la falla vertical latente en la superficie $z = f(x, y)$, se aplica una interpolación de *spline* cubico al conjunto de datos \mathcal{D} para ilustrar su comportamiento. Este resultado se puede observar en la Figura 4.

Para comenzar la implementación numérica, los datos \mathcal{D} ingresan en la etapa E_1) de *Detección y aproximación de la localización de fallas verticales latentes en superficies discontinuas*. Específicamente, el primer paso $P_{1,1}$) *Localización de nodos cerca de una curva de falla vertical*, se subdivide en tres subpasos tal y como se muestra en la Figura 1. Para ello, se parte del conjunto de nodos de \mathcal{D} , representado en la Figura 3. Así, el subpaso $P_{1,1,1}$) *Generación de una malla triangular soportada por el conjunto X^N* , se ilustra en la Figura 5 mediante una triangulación de *Delaunay*.

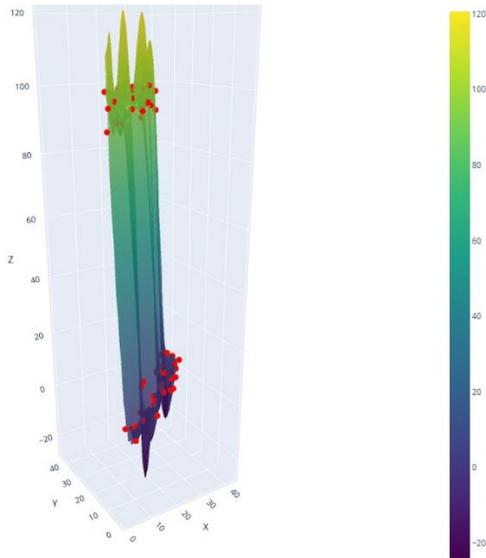


Figura 4
Aproximación de la función f por una interpolación de *spline* cubico

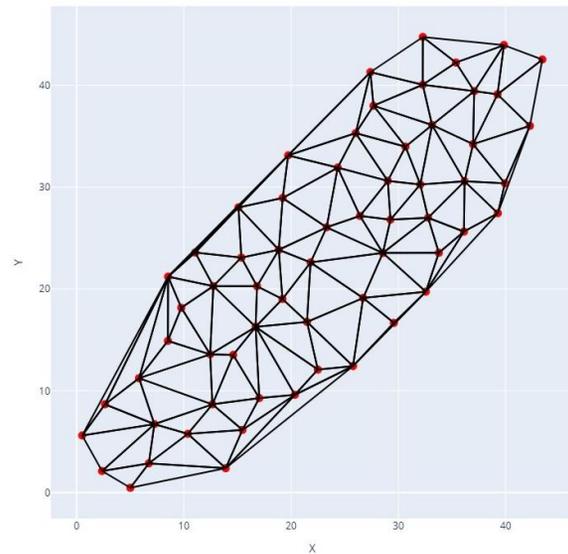


Figura 5
Triangulación $\mathcal{T}(X^{62})$ basada en el conjunto de datos \mathcal{D} . Fuente: Abancín et al. (2024)

Seguidamente, se realiza el subpaso $P_{1,1,2}$) *Clasificación de nodos en el conjunto de datos \mathcal{D} cerca de una curva de falla*, en el cual se identifican los nodos interiores de la triangulación $\mathcal{T}(X^{62})$ que están cercanos a la curva de falla desconocida Γ , con el propósito de coleccionarlos en el conjunto \mathcal{R} . Posteriormente, se ejecuta el subpaso $P_{1,1,3}$) *Separación de valores altos y bajos de los nodos en \mathcal{R}* , clasificando estos nodos en valores altos (color rojo) y bajos (color azul), representados en la Figura 6.

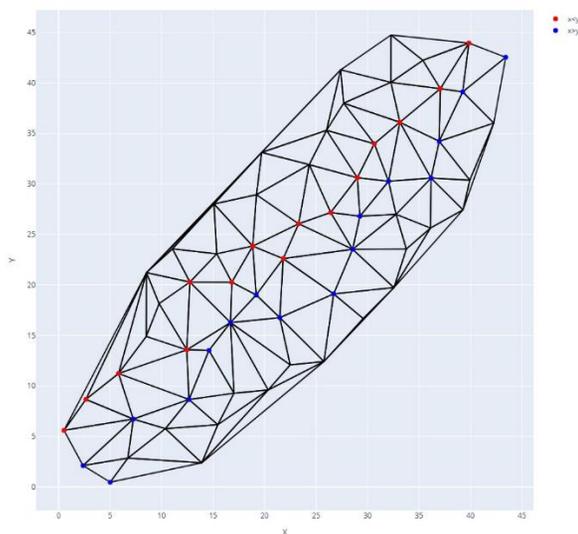


Figura 6
Identificación de nodos con valores altos y bajos en el conjunto de datos \mathcal{D} . Fuente: Abancín et al. (2024)

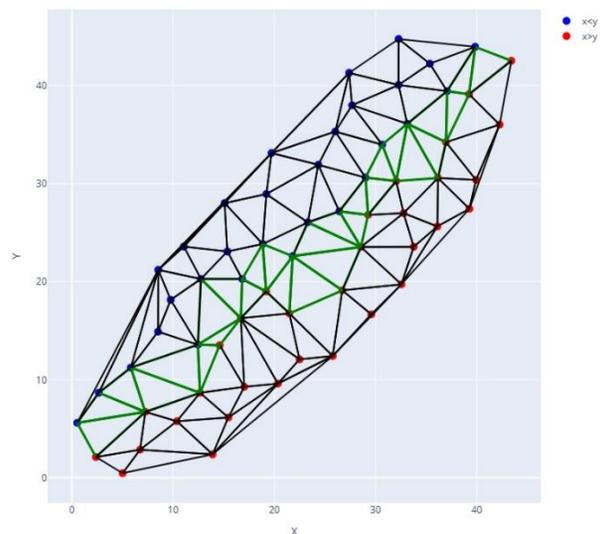
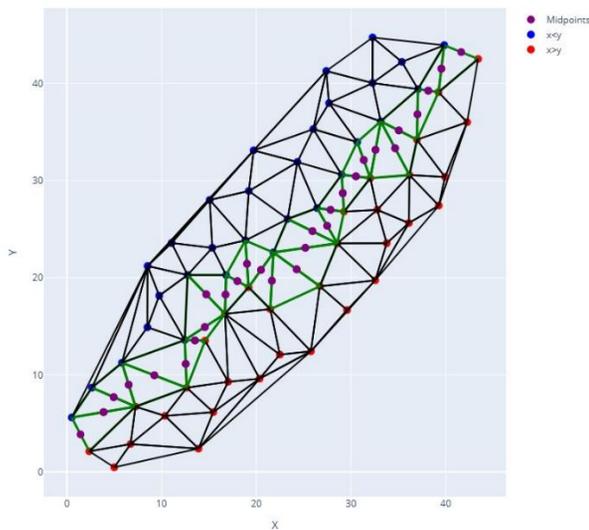
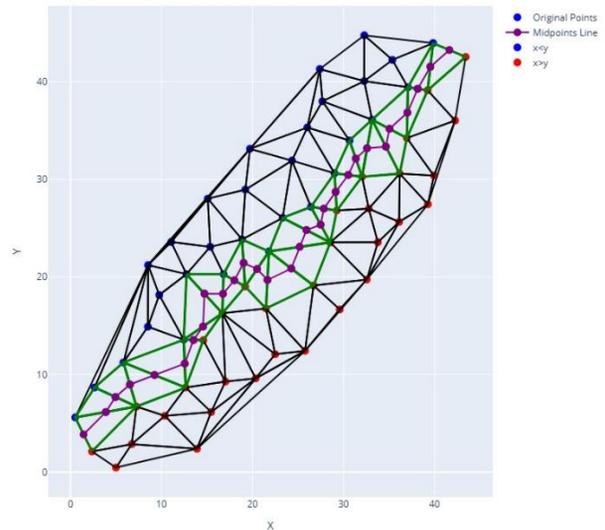


Figura 7
Identificación de triángulos divisibles en el mallado $\mathcal{T}(X^{62})$. Fuente: Abancín et al. (2024)

Dando continuidad al proceso, a partir del conjunto \mathcal{R} , se procede al segundo paso $P_{1,2}$) Cálculo de una curva poligonal que representa la falla vertical, enfocado en el cálculo de la aproximante Γ_p . En particular, al disponer en el conjunto \mathcal{R} de los nodos cercanos a la curva de falla vertical Γ_p , es posible identificar los triángulos involucrados, conocidos como *triángulos divisibles*, representados en la Figura 7 en color verde. Estos triángulos permiten calcular e identificar los puntos medios entre los valores altos (color rojo) y bajos (color azul) en cada uno de ellos, como se muestra en la Figura 8.

**Figura 8**

Determinación de los puntos medios en los triángulos divisibles. Fuente: Abancín et al. (2024)

**Figura 9**

Construcción de la curva poligonal aproximante. Fuente: Abancín et al. (2024)

Esta etapa se concreta con la obtención de la curva poligonal aproximante Γ_p de Γ , mediante la unión consecutiva de los puntos medios de los triángulos divisibles (color verde), como se muestra en la Figura 9. Finalmente, la etapa $E_{1,R}$) es la *Aproximación de la curva poligonal que representa la falla vertical*, se concreta con la obtención de la curva poligonal aproximante se muestra en la Figura 10.

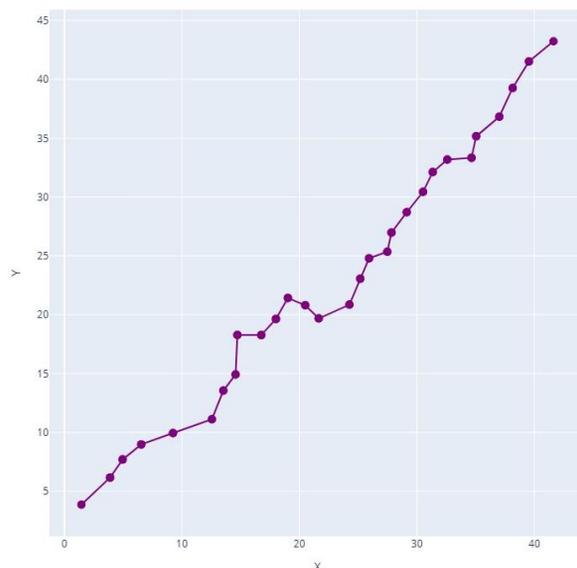


Figura 10
Curva poligonal aproximante de la falla vertical

Discusión

En esta sección se expone la discusión de los resultados obtenidos en el apartado anterior. Específicamente, se comienza presentando el análisis de las gráficas resultantes de la implementación numérica y, después algunas consideraciones generales con respecto las mismas.

Dentro de este contexto, se comenzó graficando en la Figura 2 el conjunto \mathcal{D} de datos sintéticos dispersos e irregulares de tipo Lagrange. Concretamente, se observa que \mathcal{D} se divide en dos nubes de muestras, las cuales representan que existe una variación rápida dentro del conjunto de datos. Esto garantiza la presencia de una falla vertical (conjunto de discontinuidad). Desde otra perspectiva, en la Figura 3 se muestra el conjunto de nodos dispersos, los cuales sirven de punto de partida para la detección y aproximación deseada para la falla desconocida. En la Figura 4 al aplica un método clásico de aproximación como lo es la interpolación a través de un *spline* cubico al conjunto de datos \mathcal{D} , se observa en el comportamiento de la aproximante la aparición del fenómeno de Gibbs. Esto se debe a que, se está tratando de aproximar funciones irregulares con métodos para funciones regulares. Es decir, aproximar superficies discontinuas con técnicas para superficies continuas.

En la Figura 5 se muestra el resultado de la utilización de la triangulación de *Delaunay*, la cual permitió realizar una triangulación $\mathcal{T}(X^{62})$ soportada en el conjunto de datos \mathcal{D} . Esta triangulación cumple con todos los requisitos teóricos dados en la definición XX. Esto verifica la relevancia de la

utilidad de aplicaciones computacionales para la generación de mallas adaptativas, especialmente dentro de la investigación en análisis numérico. Específicamente, la implementación numérica en *Python* de la fórmula XXX de Gutzmer & Iske (1997) permitió identificar eficientemente los nodos con valores altos y bajos en el conjunto de datos \mathcal{D} como se ilustra en la Figura 6. Estos autores desarrollaron un método simple de detección de datos de variación rápida, destacando el uso del mallado triangular para la detección de estas singularidades durante el procesamiento de las muestras. Esta técnica para identificar nodos que están cerca de una curva de falla, es una estrategia muy popular en el análisis de datos dispersos.

Estos nodos coleccionados en el conjunto \mathcal{R} , permiten determinar los triángulos divisibles en el mallado $\mathcal{T}(X^{62})$ como se ilustra en la Figura 7. Así, una vez identificados estos triángulos, en la Figura 8 se procedió a la determinación de los puntos medios de dos de los lados de los triángulos, para separar los vértices correspondientes a los valores altos y bajos. Por tanto, la unión de estos puntos generó la construcción de la curva poligonal aproximante como se observa en la Figura 9. Finalmente, en la Figura 10 se obtiene una curva poligonal aproximante Γ^p deseada de la falla vertical desconocida Γ .

De manera general, a continuación se presentan los aspectos más relevantes encontrados en la investigación. Específicamente, primero, los resultados obtenidos a través de metodología para detección de fallas verticales latentes en superficies discontinuas, mostró ser una técnica eficaz para la construcción de una familia de aproximantes. Segundo, la implementación en *Python* permitió programar todo el proceso, ayudando a ilustrar cada uno de los pasos desde localización de los nodos cerca de una curva de falla, hasta la aproximación de la curva que representa la falla vertical. Tercero, los resultados demostraron ser consistente con investigaciones previas sobre familias de aproximantes para la detección de fallas verticales en superficies discontinuas (ver por ejemplo, Gutzmer & Iske, 1997; Abancin et al. 2024; Abancín & Paredes, 2024).

Conclusiones

El estudio de familias de aproximantes para la detección de fallas verticales en superficies discontinuas, utilizando la implementación numérica basada en la metodología para detectar curvas poligonales asociadas a fallas verticales latentes en superficies discontinuas explícitas, a partir de un conjunto de datos sintéticos dispersos e irregulares de tipo Lagrange, se materializó de manera exitosa, siendo el aporte más destacado de esta investigación.

En este contexto, las pruebas realizadas con datos sintéticos utilizando el lenguaje de programación *Python* generaron las siguientes consideraciones: en primer lugar, la implementación en *Python* en cada una de las etapas de la metodología fue exitosa, permitiendo una transición fluida y efectiva desde el enfoque teórico hacia el numérico; en segundo lugar, la triangulación basada en el conjunto de nodos y la detección de triángulos divisibles cristalizaron la curva poligonal; y tercero, el procedimiento presentado permitió realizar un refinamiento de la malla para construir la familia de curvas poligonales aproximantes.

Toda la investigación se llevó a cabo en el marco de un conjunto de actividades numéricas diseñadas para un análisis matemático y crítico, lo que permitió adoptar una postura sólida respecto a la efectividad de la metodología en su implementación numérica.

Cabe resaltar que, aunque los resultados obtenidos son satisfactorios, en un primer momento, el uso de datos sintéticos limita su generalización. Esto se debe a que, estudios sobre interpolación y ajuste de datos, recomiendan validar los algoritmos con datos reales para asegurar su aplicabilidad en entornos prácticos. De manera similar, utilizar otros lenguajes de programación podría enriquecer la metodología utilizada.

Finalmente, como recomendación, se explicita el estudio de convergencia para esta familia de aproximantes, ya que garantiza la robustez y confiabilidad del método en la detección de fallas verticales. Un análisis riguroso de la convergencia permitirá validar bajo qué condiciones los esquemas de aproximación reconstruyen adecuadamente las discontinuidades, asegurando que el error disminuya sistemáticamente con el refinamiento de la discretización. Este paso es fundamental para consolidar el método como una herramienta precisa en el análisis de superficies discontinuas, con posibles aplicaciones en geociencias, procesamiento de señales e ingeniería.

Referencias bibliográficas

- Abancín, R. A., Dávalos, M. & Morocho, J. (2024). Detection and coverage of polygonal curves derived from vertical faults present on discontinuous surfaces. *Bull. Comput. Appl. Math. (CompAMA)*, 12(2), 1–25. Obtenido de: https://drive.google.com/file/d/1anbfrg7zt-YGo3TaAO_niPRt7ncGNA3f/view
- Abancín, R. A. (2024). Algorithm for the detection and covering of latent vertical faults in discontinuous surfaces. *VI Jornadas Ecuatorianas de Matemáticas (JEM)*. 25 al 29 de Noviembre de 2024. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH).
- Abancín, R. A. & Paredes, J. (2024). Detection and convergence of approximants for latent vertical faults in discontinuous surfaces. *VI Jornadas Ecuatorianas de Matemáticas (JEM)*. 25 al 29 de Noviembre de 2024. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH).
- Abancín, R. A. & Parra, M. (2024). Numerical implementation of an algorithm for detection and covering of latent vertical faults in discontinuous surfaces. *VI Jornadas Ecuatorianas de Matemáticas (JEM)*. 25 al 29 de Noviembre de 2024. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH).
- Bozzini, M. & Rossini, M. (2013). The detection and recovery of discontinuity curves from scattered data. *Journal of Computational and Applied Mathematics*. 240, 148-162. <https://doi.org/10.1016/j.cam.2012.06.014>
- Córdova, H.J., Manzanilla, R., Gallo, R. (2022). Aproximación de fallas, utilizando el método de elementos finitos no conformes. *Revista Bases de la Ciencia*, 7(Especial), 166-183. DOI: <https://doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v7iESPECIAL.4247>
- Gutzmer, T. & Iske, A. (1997). Detection of discontinuities in scattered data approximation. *Numerical Algorithms*, 16(2), 155–170.
- Lino, V.A., Gallo, R., Manzanilla, R. (2022). Detección de discontinuidades en funciones de una variable utilizando espacios de tipo elementos finitos. *Revista Bases de la Ciencia*, 7, (Especial), Diciembre, 135-152. DOI: <https://doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v7iESPECIAL.4148>
- Palma, P.F., Gallo, R. and Manzanilla, R. (2021). Detection of Discontinuity Points in one Variable Functions using Spaces of Trigonometric Functions. *Bull. Comput. Appl. Math. (CompAMA)*, 9(2), pp. 9-22. Hal-03566889. DOI: <https://hal.science/hal-03566889>
- Parra Chávez, M. V. y Abancin Ospina, R. A. (2024). Implementación numérica del algoritmo de detección y cubrimiento de fallas verticales latentes en superficies discontinuas. *Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo*, 5(13), 269-280. DOI: <https://doi.org/10.56519/6c4w6d27>
- Parra, M.C. (1999). Sobre detección de discontinuidades y aproximación de funciones no regulares. Tesis de Doctorado. España: Universidad de Zaragoza.
- Parra, M. López, M. & Torrens, J. (1996). Vertical fault detection from scattered data. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 73(5), 225–239.

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

Este trabajo agradece el respaldo brindado por los Programas de Maestría en Matemática aplicada con mención en Matemática Computacional de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), el Doctorado en Matemáticas de la Universidad Simón Bolívar (USB) y la carrera de Matemáticas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), fundamentales para la realización de esta investigación.

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.