

# **Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente**

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 29 de noviembre de 1976.

Departamento de Electrónica, Sistemas e Informática  
**Maestría en Electrónica Industrial**



## **Análisis de Predicción de Tendencia en Acciones Financieras empleando el método de Prony**

---

**TRABAJO RECEPCIONAL** que para obtener el **GRADO** de  
**MAESTRO EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL**

Presenta: **ING. ADRIANA ARIZAGA JASSO**

Director **DR. LUIS RIZO DOMINGUEZ**

Tlaquepaque, Jalisco. 10 de febrero de 2020.



Gracias Universidad Jesuita de Guadalajara, ITESO, por proveerme las herramientas educativas, así como excelentes maestros, tutores y amigos.

Gracias Omar E. Castro por brindarme siempre tu apoyo.

Gracias José Antonio Monrie por introducirme al interesante mundo de la negociación de acciones financieras.

Gracias Dr. Luis Rizo, por aceptar trabajar conmigo en este divertido trabajo recepcional.



# Resumen

*El método de Prony fue pensado originalmente para tratar de explicar las leyes de la expansión de los gases, mediante la suma de exponenciales amortiguadas.*

*En la actualidad, se ha empleado para el diseño de filtros, y procesamiento de señales.*

*En este estudio de caso se emplea el método de Prony para corroborar si la tendencia de los mercados podría ser pronosticada.*

*Existen varias técnicas de estimación espectral, y en este caso de estudio se emplea el algoritmo de Prony para predecir tendencias futuras en el mercado bajo análisis, se analizan 4 diferentes stocks, se realizan varias pruebas variando el número de datos con el fin de encontrar una respuesta aproximada.*

*En las gráficas resultantes se aprecia un retardo en la señal predicha, y una respuesta amplificada. Los resultados son favorables.*

*Además, se revisan técnicas actuales de análisis de señales financieras como lo es el MACD Técnica de soportes y resistencias, y el Retroceso de Fibonacci.*

*Se procesan datos del sitio quandl.com, obteniendo de dicho sitio los precios diarios de diferentes productos de la bolsa de valores. Una vez obtenidos los datos, estos se importan como archivo cvs. Estos datos se emplean en el algoritmo de Matlab que calcula la señal de Prony, así como la señal de predicción.*

*Adicionalmente se generó un programa en Python para encontrar la tendencia usando la técnica del Retroceso de Fibonacci.*

*Los pocos artículos que existen sobre el tema solo hacen referencia a fórmulas y ecuaciones empleadas, asimismo muestran las gráficas resultantes. La principal contribución de este trabajo es que de una manera simple y clara se ejecuta el algoritmo de Prony utilizando la herramienta de Matlab y se comprueba que efectivamente puede aplicarse a la estimación de la tendencia en las acciones financieras*



# Contenido

<b>Resumen .....</b>	<b>v</b>
<b>Contenido .....</b>	<b>vii</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Antecedentes .....</b>	<b>3</b>
1.1. TÉCNICA DE RESISTENCIAS Y SOPORTES .....	3
1.2. MACD (MEDIANA) WM MEDIANA PONDERADA .....	4
1.3. RETROCESO DE FIBONACCI.....	4
<b>2. Método de Prony .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Metodología Empleada.....</b>	<b>11</b>
<b>4. Resultados .....</b>	<b>13</b>
<b>5. Conclusiones .....</b>	<b>17</b>
<b>Apéndices .....</b>	<b>19</b>
A. CODIGO EN PHYTON PARA OBTENER LAS GRAFICAS DEL RETROCESO DE FIBONACCI .....	21
B. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA EN MATLAB PARA EL CALCULO DEL METODO DE PRONY Y LA PREDICCIÓN DE LA TENDECIA FUTURA ....	25
C. LISTADO DEL PROGRAMA EN MATLAB PARA EL CALCULO DEL METODO DE PRONY Y DE LA PREDICCIÓN DE LA TENDECIA FUTURA.....	27
D. GRÁFICAS ADICIONALES RESULTANTES .....	29
<b>Bibliografía .....</b>	<b>33</b>
<b>Índice .....</b>	<b>35</b>



# Introducción

En este trabajo se emplea el método de Prony, para comprobar si el modelo exponencial determinístico se ajusta a datos financieros de manera satisfactoria. Gaspard Riche de Prony (1795) propuso el método para deducir valores de datos en sus mediciones relacionadas con la expansión de gases. Para ello, Prony adecuó un modelo exponencial a algunos puntos de datos de sus mediciones y calculó los valores adicionales evaluando el modelo exponencial propuesto en los puntos de datos intermedios.

El método de Prony resulta muy interesante ya que se adecua a los puntos disponibles de datos  $N$ . Asimismo, se admite que este método puede ser sensible al ruido. La idea de este trabajo es implementar las ecuaciones de Prony en las acciones financieras para corroborar si tendencias pueden ser pronosticadas satisfactoriamente.

Si se cuentan con varias herramientas de predicción determinística, existen mayores posibilidades de que la tendencia calculada sea la correcta. En este reporte se listan algunas de las técnicas comunes que utilizan los comerciantes en línea como son las Técnicas de soportes y resistencias, el MACD, y el Retroceso de Fibonacci. Y aunque estas técnicas ayudan a predecir la tendencia, si se toma un punto de referencia erróneo, los resultados pueden ser incorrectos. En algunas ocasiones la decisión es correcta sobre si la tendencia va hacia arriba o hacia abajo, pero el miedo logra confundir al comerciante, haciendo que abandone la posición con pérdidas. Si esto se hace continuamente se va perdiendo de poco en poco hasta agotar el capital. La idea de utilizar la predicción de la tendencia mediante la implementación del método de Prony es para disponer de una herramienta extra que corrobore la tendencia. Asimismo, cubrir el propósito de este estudio que es comprobar si el algoritmo de Prony además de ser una herramienta para análisis y optimización de señales aporta utilidad también en el análisis financiero.

Para realizar dicho análisis, se obtienen precios diarios de acciones de un sitio web, el cual contiene los precios diarios de diferentes compañías. Para verificar la aplicación del algoritmo de Prony en Matlab, se emplearon 4 acciones diferentes. Adicionalmente se varió el número de datos  $N$  con la finalidad de encontrar una aproximación más cercana de la gráfica original respecto a la

predicha. Finalmente se muestran varias gráficas y el resultado de la predicción de la tendencia mediante Prony resulto ser satisfactoria.

# 1. Antecedentes

Las técnicas más comúnmente utilizadas para analizar los precios de las acciones financieras son; Técnica de Soportes y Resistencias, MACD y el Retroceso de Fibonacci. A continuación, se describen brevemente en qué consisten:

## 1.1. Técnica de Resistencias y Soportes

El análisis técnico está basado en la repetición de patrones de precios, volumen, etc. El soporte es el nivel que apoya la caída del precio. Es un punto donde la cotización deja de caer y comienza un rebote. Por el contrario, la resistencia es el punto que se opone a las subidas, y donde empieza un retroceso [Figura 1-1]. Cuando se traspasa un soporte éste pasará a ser una resistencia, igual que al romperse una resistencia ésta se convertirá en soporte. Si el mercado interpreta que a un determinado precio la acción está cara o barata se actúa en consecuencia, comprando o vendiendo, y haciendo que se gire la tendencia. Mientras tanto, si esta motivación ya no existe debido a una operación corporativa, una presentación de resultados o un simple cambio en las perspectivas publicadas este nivel se rompe. [García Langa-17]

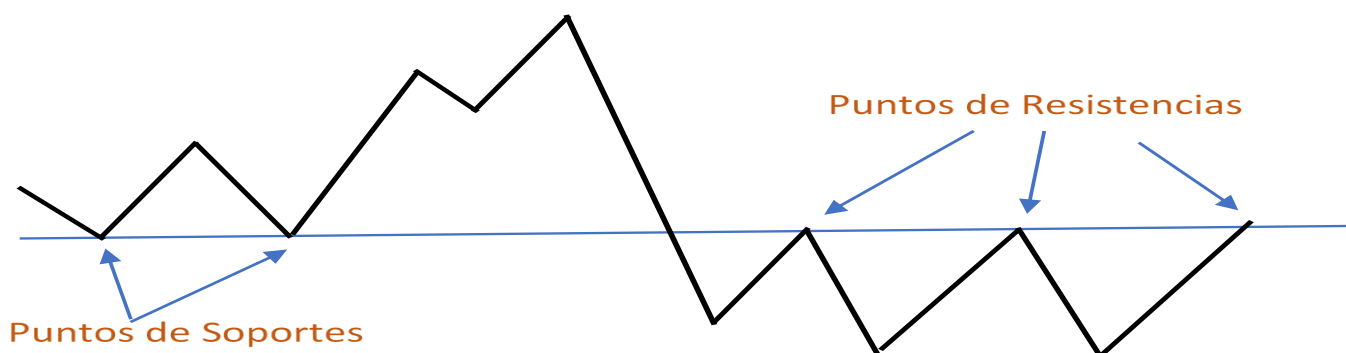


Figura 1-1 Puntos de Soporte y Resistencia. En los primeros dos puntos de soporte la cotización deja de caer y empieza a subir hasta que llega a un punto que se resiste a subir más, e inicia el retroceso hasta llegar nuevamente a formar otros puntos de soporte. Al comenzar la subida de nuevo se forma otra resistencia y el proceso se repite.

## 1. ANTECEDENTES

### 1.2. MACD (mediana) WM Mediana Ponderada

El MACD es la diferencia entre 2 Promedios Móviles (PM) o Medias Móviles de precios de un título de distintas duraciones. Por lo general se toma el PM del precio de cierre de los últimos 12 días y se le resta el PM de 26 días, donde PM está asociada a [Bind-159] :

$$MACD = PM(12) - PM(26) \quad (1-1)$$

Los PM suavizan la curva de precios del activo bajo análisis. Cuanto más largo el promedio más suave la curva, es decir, menos reactiva a los últimos cambios. Si suponemos un período de precios que se mantienen muy estables y luego se disparan en los últimos días, al restar un promedio de 12 días (más volátil) con uno de 26 (menos volátil) el indicador dará un valor positivo. Esto se debe a que los mayores precios recientes impactan más sobre el período más corto y volátil y, por lo tanto, este promedio será mayor que el más largo. Un MACD positivo dice que se está acelerando la subida de precios del activo. De manera similar, un cruce de la línea de 0 del MACD indica un cambio de tendencia. Si cruza la línea del 0 desde abajo (es decir cambia de valores negativos a positivos) es un indicio de cambio de tendencia bajista a tendencia alcista del activo. Cambios de valores positivos a negativos del MACD hablan de un cambio de tendencia alcista a una bajista. [Bind-159]

### 1.3. Retroceso de Fibonacci

La sucesión de Fibonacci se define en matemáticas como una sucesión infinita de números naturales de la forma:

$$0,1,1,2,3,5,8,13,21,34,55,89,144\dots$$

Esta sucesión inicia con 0 y 1 y a partir de estos, cada número es el resultado de la suma de los dos anteriores. A cada uno de los elementos de esta sucesión se le conoce como número de

## 1. ANTECEDENTES

Fibonacci. La Teoría de Fibonacci tiene múltiples aplicaciones en el campo de las matemáticas, teoría de juegos, computación y en el trading. [Técnicas Trading-10]

La sucesión de Fibonacci cuenta con las siguientes características:

1. La proporción existente entre cada número (n) y el siguiente (n+1) en la serie es siempre igual a 61.80%.

2.- La proporción existente entre cada número (n) y el que le sigue al siguiente (n+2) en la serie siempre es igual a 38.19%.

3.- Si se efectúa la división de cualquier número de la serie de Fibonacci entre el número anterior, como por ejemplo  $34/21$ ,  $21/13$ ,  $144/89$ ,  $8/5$ , etc., el resultado siempre tenderá a 1.618, el cual es el inverso de 0.618.

4.- Si se efectúa la división de cualquier número de la sucesión entre el siguiente número más bajo no consecutivo, como por ejemplo  $144/55$ ,  $55/21$ ,  $13/5$ ,  $21/8$ , etc., el resultado siempre tiende a 2.618, el cual es el inverso de 0.382. [Técnicas Trading-10]

En este caso, la diferencia entre el resultado de esas razones y valores como 0.618 o 1.618, es más grande conforme sean más pequeños los números empleados. Por lo que entre mayor sean los números empleados de la sucesión más se van a acercar a esos límites. Estas proporciones eran conocidas desde la antigüedad y los griegos le dieron el nombre de “razón áurea” a la proporción 1.618 y su inversa 0.618. Este radio, que es igual a su inverso más la unidad caracteriza a todas las sucesiones de su tipo, sin importar cual sea el número inicial. [Técnicas Trading-10]

Las relaciones de los números de Fibonacci se utilizan para determinar niveles de resistencia o soporte, localizar rangos de precios, identificar precios objetivos a los cuales deberían llegar las cotizaciones de determinado activo financiero y determinar el periodo de tiempo que posiblemente durará un movimiento específico del mercado. Esta información puede ser utilizada por el analista para crear estrategias y profundizar el análisis del mercado. [Técnicas Trading-10]

Los niveles o relaciones más utilizados por los operadores en el Forex y otros mercados son: 23.6%, 38.2%, 61.8% y 161.8%. Algunos operadores también suelen usar los niveles 50% y 100%. Generalmente (aunque no siempre lógicamente) la corrección que se produce después de un movimiento de tendencia fuerte (alcista o bajista) finaliza cuando esta corrección se aproxima

## 1. ANTECEDENTES

a los números de Fibonacci 0.318 o 0.618 del movimiento del precio. En caso de que la tendencia general sea alcista, estos niveles funcionarán como soportes, pero si es bajista funcionarán como resistencias. Esto no significa que la corrección en el mercado vaya a acabar en esos niveles con total exactitud, pero como niveles de soporte o de resistencia debe considerarse que existe una alta probabilidad de que la corrección acabe en su cercanía y el mercado retome su tendencia general. Estos niveles se conocen como Retrocesos de Fibonacci. Para visualizar los retrocesos de Fibonacci en el gráfico se deben seleccionar dos puntos extremos en el mismo. Generalmente son aplicados a periodos en los que el mercado demuestra tener una clara tendencia y son empleadas para determinar los niveles en los cuales el precio al efectuar retrocesos tiene alta probabilidad de rebotar para darle continuación a la tendencia. El principio básico es que estos movimientos de contra tendencia normalmente se detienen en alguno de los niveles de Fibonacci. En medio de los niveles de 38.2 y 61.8 suele formarse una zona de consolidación sin tendencia clara en la cual finalmente se produce un giro que permite a los precios continuar con la tendencia principal. Pero si el nivel 61.8% de Fibonacci es atravesado, es muy probable que la corrección en curso sea aún mayor y termine corrigiendo un tramo más grande de la tendencia mayor [Figura 1-2]. Cuando esto ocurre debe ser tomado como una señal de que podemos estar ante un cambio en la tendencia principal del mercado por lo cual debemos tener más cuidado en nuestras operaciones. [Técnicas Trading-10]

Se codificó en Python el método de Fibonacci (Apéndice A). Se obtuvo una tendencia a la baja [Figura 1-3] y una al alza en [Figura 1-4].

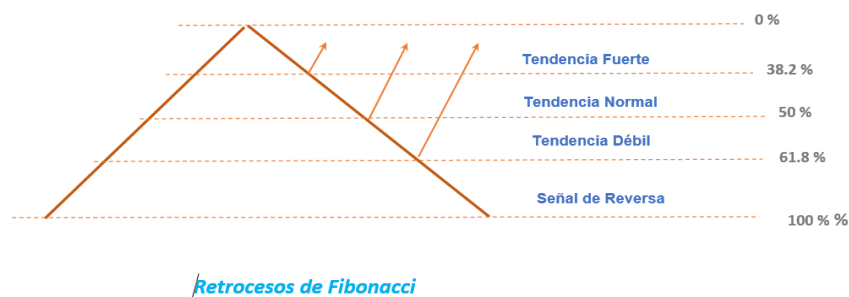


Figura 1-2 Los Retrocesos de Fibonacci se identifican en los niveles del 0%, 38.2%, 61.8% y 100%, según el nivel donde rebote la señal, se considera tendencia Fuerte, Normal, Débil o de Reversa.

## 1. ANTECEDENTES

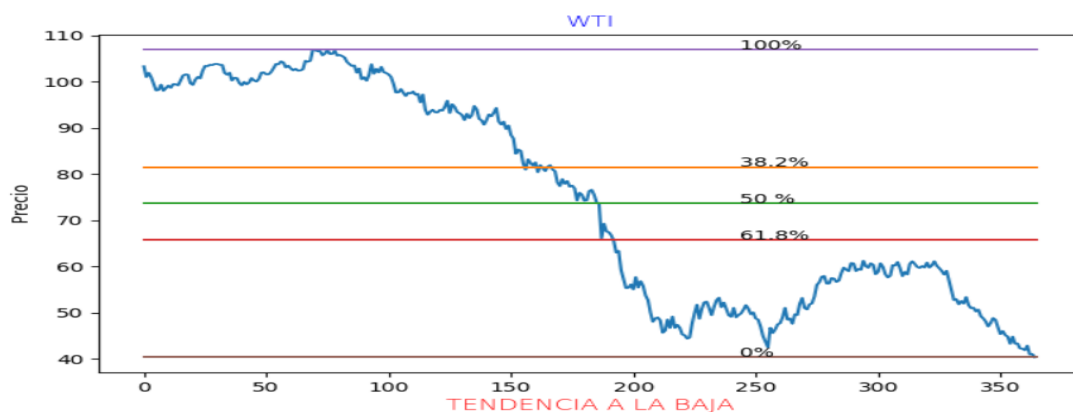


Figura 1-3 Con el WTI (Western Texas Instrument) el método de Fibonacci indicó que entre el intervalo de fechas del 05 de marzo del 2014 al 24 de agosto del 2015 la tendencia fue hacia la baja. Se observa como el rebote de 60 dólares no supera el nivel de 61.8%, regresando al 0%.



Figura 1-4. Se muestra una clara tendencia a la alza, presentándose el rebote en el 50%, que como lo indica la Figura 1-2 es la tendencia normal.

## 1. ANTECEDENTES

Entre los trabajos relacionados que abordan el análisis de datos financieros utilizando algoritmos, se encuentra el artículo “*Stock Market Prediction using Digital Signal Processing Models*” [Iyer S-15]. Este trabajo utiliza conceptos de filtros adaptivos y modelado de señales con el fin de predecir precios futuros a corto plazo y emplea dos procesos estadísticos, el algoritmo de regresión lineal y la extrapolación normal de Prony, y finalmente los utilizan en la bolsa de valores, en particular con las acciones de Microsoft.

Posteriormente, los datos de precios los envían a Excel, donde se ejecutan los algoritmos. Cabe mencionar que reconocen que su modelo falla cuando hay picos en las gráficas.

El artículo “*Forecasting of Random sequences and Prony Decomposition of finance data*” [Nigmatullin-15] propone un método para prever datos basada en la descomposición de Prony. Los autores aclaran que los límites de la predicción pueden ser influenciados por eventos futuros y hacer que la tendencia cambie o se extienda. Además combinan y unifican dos conceptos de predicción, la teoría de las ondas de Elliot y los procesos cuasi periódicos los cuales pueden observarse y justificarse en muchos procesos aleatorios.

La teoría de las ondas de Elliot se fundamenta en el principio de que los movimientos de las cotizaciones en los mercados financieros se dan a través de ondas que lo forman. La Teoría de Ondas de Elliot busca estudiar estos movimientos por medio de su formación gráfica. [Técnicas Elliot-10]

## 2. Método de Prony

El método de Prony es una técnica para modelar datos muestreados como una combinación lineal de exponenciales. A pesar de que no es una técnica de estimación espectral, el método de Prony tiene una relación cercana al algoritmo de predicción lineal de mínimos cuadrados usados por los parámetros AR (Modelo Auto Regresivo) y ARMA (Auto Regressive Moving Average). [Laurence Marple-87]

El método de Prony busca ajustar un modelo exponencial determinístico a los datos, en contraste a los métodos AR y ARMA, que tratan de ajustarse a un modelo aleatorio a una estadística de datos de segundo orden. Gaspard Riche, Barón de Prony (1795) creía que las leyes que gobernaban la expansión de varios gases podían representarse por la suma de exponenciales amortiguadas y propuso un método para interpolar puntos de datos en sus mediciones adecuando un modelo exponencial a algunos puntos de datos de mediciones igualmente espaciadas y luego calcular los valores adicionales evaluando el modelo exponencial en los puntos intermedios. La versión moderna de los mínimos cuadrados del método de modelado exponencial ha evolucionado significativamente desde el procedimiento original de Prony. El artículo de Prony presentó un método que se ajusta con las exponenciales puramente amortiguadas necesarias para adecuarse a los puntos disponibles de datos  $N$ . La versión moderna del método de Prony, generaliza para modelos sinusoidales amortiguados. También usa el análisis de mínimos cuadrados para aproximadamente ajustarse a un modelo exponencial para casos donde hay más puntos de datos que los necesarios para adecuarse al número que se asume de los términos exponenciales. Una modificación del método moderno de Prony puede adecuarse a un modelo puramente sinusoidal sin componentes de amortiguamiento. Hay tres pasos básicos en el método de Prony; el primero determina los parámetros de predicción lineal que se ajustan a los datos disponibles, el segundo las raíces de un polinomio formado de los coeficientes de predicción lineal va a producir las estimaciones de las frecuencias amortiguadas y sinusoidales de cada uno de los términos

## 2. MÉTODO DE PRONY

exponenciales. El paso tres involucra la solución de ecuaciones lineales estimando la amplitud y fase de las senoidales analizadas. [Laurence Marple-87]

El método de Prony puede ser sensible al ruido, como ha sido documentado en la literatura de procesamiento de señales. [Carriere Moses-92]

$$y[n] = \sum_{k=1}^M A_k e^{\alpha_k + j\omega_k(n-1)T_p + j\Psi_k} \quad (2-1)$$

Donde:

$n=1,2,\dots,N$

$T_p$  = Periodo de muestreo

$A_k$  = Amplitud

$\alpha_k$  = Factor de amortiguamiento

$\omega_k$  = Velocidad Angular

$\Psi_k$  = Fase Inicial

### 3. Metodología Empleada

Para este análisis se utilizaron las siguientes bases de datos:

#### 1.- Microsoft

Nombre del archivo EURONEXT-MSF.csv con datos de fechas diarias del 21/06/2019 al 14/02/2014 con un total de 476 datos. De esta base de datos se obtienen tres gráficas empleando una N de 50, 150 y 180.

2.- Petróleo Crudo (Western Texas Instrument WTI), datos diarios de precio de apertura del 05/03/2014 al 26/06/2019, nombre del archivo CHRIS-CME\_QM1.csv, con un total de 1332 datos. De aquí se obtienen dos gráficas con resultados, empleando el código generado para demostrar el método de Fibonacci, y una gráfica con N=30 para predicción de tendencia con Matlab.

#### 3.- SP500

Nombre del archivo ECB-RTD\_M\_S0\_N\_C\_SP500\_X.csv con fechas del 30/11/2018 al 31/12/1972, con un total de 552 datos. Se graficaron 2 ejemplos, uno considerando N=100 y otro N=50.

#### 4.- EURO-USD

Nombre archivo ECB-EURUSD.csv, con fechas diarias desde el 26/062019 al 04/01/1999, con un total de 5243 datos. La N tomo los valores de 130 y 150.

Los datos se extraen utilizando Quandl (sitio que comparte información financiera) y organiza los datos principalmente en tablas, las cuales pueden ser filtradas para extraer la información requerida.

### **3. METODOLOGÍA EMPLEADA**

Se utilizó el formato CSV (Comma Separate Values), que es el más importante de los formatos para exportar bases de datos y hojas de cálculo.

En el apéndice C se muestra el código en Matlab para predecir Prony, donde se varia la N para diferentes stocks.

## 4. Resultados

Se varía el valor de N para los stocks de Microsoft, WTI Crude Oil, SP500, y el Euro Dollar y se observan las siguientes gráficas. Las flechas señalan el retardo de la señal original con respecto a la señal de predicción.

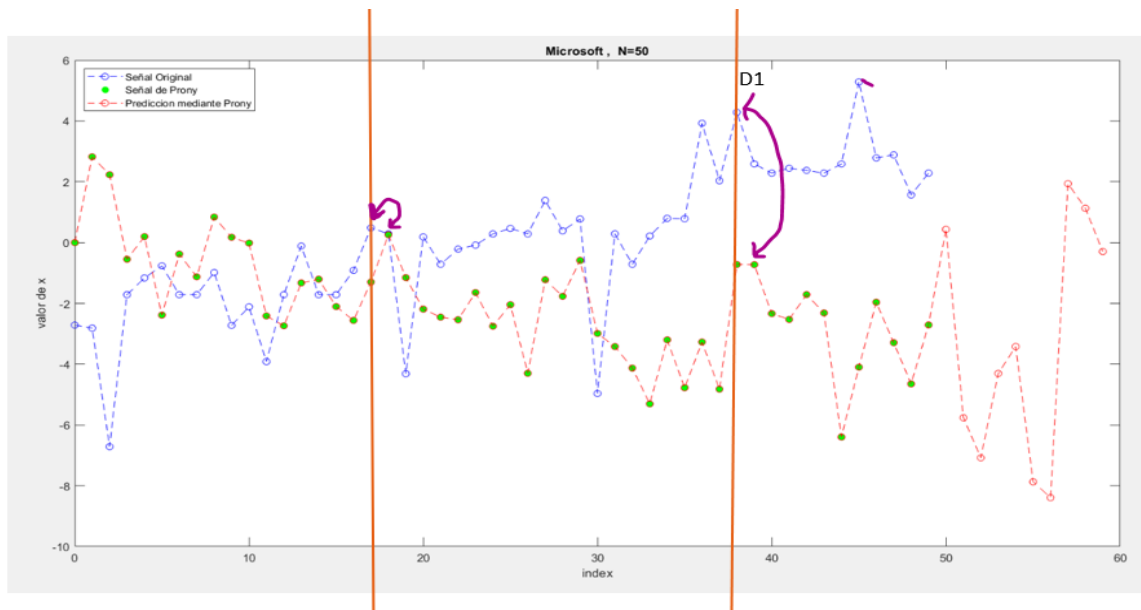


Figura 4-1.- Predicción del stock de Microsoft mediante Prony empleando un número de datos igual a 50 muestras

Cada círculo sobre la gráfica representa un día. Se observa entonces que el desplazamiento de la predicción es de un día.

En la figura 4-1 se analiza el comportamiento de las acciones de Microsoft. Se observó en algunas ocasiones que cuando el número de datos es mayor a 100 puede generarse un overflow que no genera información relevante. En cambio, considerando muestras entre 40 y 60 la señal predicha tiende a imitar mejor a la señal original.

## 4. RESULTADOS

Aunado a lo anterior, en este experimento se observa una repuesta amplificada para el método de Prony. Además, se puede observar un desfase de un día en la respuesta de predicción de Prony, sin embargo, conociendo el método se puede generalizar de manera que el método propuesto en este trabajo presenta generalmente este retardo.

Una observación adicional es que en los extremos se tiende a tener una menor precisión a diferencia de las predicciones centrales. Todas estas percepciones aplican para las gráficas resultantes siguientes que a continuación se presentan.

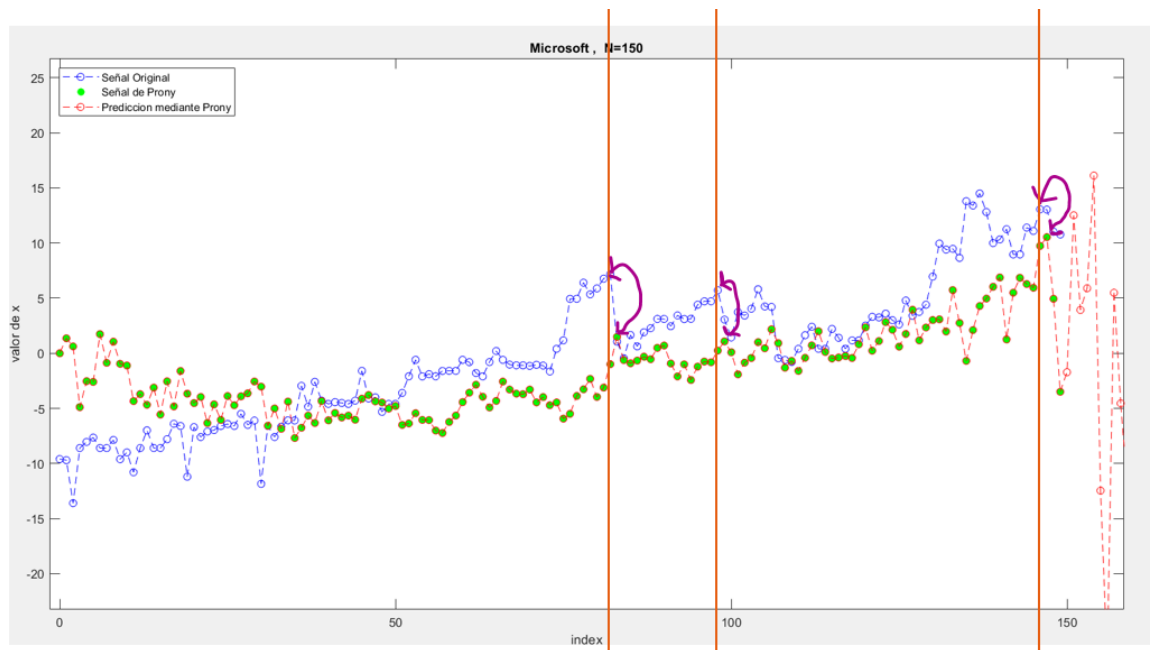


Figura 4-2. Microsoft con N=150

En la Figura 4-2, se observa que la predicción de Prony sigue la tendencia, amplificando la señal predicha. Asimismo, se aprecia un desplazamiento entre la señal original y la predicción. Mas resultados de análisis pueden observarse en las gráficas del Apéndice D.

A diferencia de otros métodos en los que solamente se observa la tendencia de la señal, en el caso de Prony se consideran 4 aspectos: periodicidad la cual se captura en la frecuencia de la señal, atenuación que está relacionado al factor de amortiguamiento de la señal, momento de inicio

## **4. RESULTADOS**

de las señales que impacta directamente a la fase de la señal y la amplitud, tanto de la periodicidad como de la atenuación.



## **5. Conclusiones**

En este trabajo se aplicó el método no paramétrico de Prony al estudio de los mercados. Los resultados fueron satisfactorios ya que, en las gráficas resultantes, la señal de predicción sigue claramente a la señal original. En todos los resultados se presentó un retardo de un punto posterior, el cual representa un día, ya que las mediciones son de precios diarios.

El método de Prony se basa en la observación y captura de los periodos; sin embargo, para el caso mostrado en este estudio de caso se busca encontrar una tendencia futura basada en las observaciones previas.

La aplicación del método de Prony muestra una predicción de la tendencia congruente a los datos futuros. Sin embargo, existe un retardo de la señal de predicción, además de que en todos los casos se muestra amplificada la señal resultante. En el Apéndice D se presentan más gráficas resultantes donde la señal predicha va concorde con la tendencia futura.



# Apéndices



## A. CODIGO EN PHYTON PARA OBTENER LAS GRAFICAS DEL RETROCESO DE FIBONACCI

```
# Fibonacci Retracement
import csv
from collections import defaultdict
from datetime import date
# Librerias necesarias para graficar
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
columns = defaultdict(list)
count = 0
suma = 0
date=' '
with open('CHRIS-CME_QM1.csv') as f:
    reader = csv.DictReader(f)
    for row in reader:
        count = (count)+ 1
        for (k,v) in row.items():
            columns[k].append(v)
# Guardar últimos m valores de precios en una arreglo
m=1000
List_precio=[]
List_fechas=[]
List_Volume=[]
for x in range(0,m):
    List_precio.append(float(columns['Open'][x]))
    List_fechas.append(str(columns['Date'][x]))
    List_Volume.append(str(columns['Volume'][x]))
for x in range(0,m):
    print(List_precio[x])
```

```

    print(List_fechas[x])
    print(List_Volume[x])
# ciclo para vals max y min.
for i in range(0, m):
    suma = float(columns['Open'][i]) + suma
# Calcula valor Maximo
max= 0
max_count=0
min_count=0
for i in range(0, m):
    valor = float(columns['Open'][i])
    if valor > max:
        max=valor
        max_count=i # identifica en que lugar esta el val. maximo
print("Valor maximo: " + str(max))
# Calcula valor Minimo
min=200
for j in range(0, m):
    valormin = float(columns['Open'][j])
    if valormin < min:
        min=valormin
        min_count=j # identifica en que lugar esta el val. minimo
print("Valor minimo: " + str(min))
# compara si Vmax esta despues que Vmin,
# Calcula Diferencias entre Val Max y Min
dif= (max-min)
print ("Diferencia Vmax-Vmin:" + str(dif))
print (dif)
# Calcula Niveles de Fibonacci
nivel1 = (max - 0.236*dif)

```

```

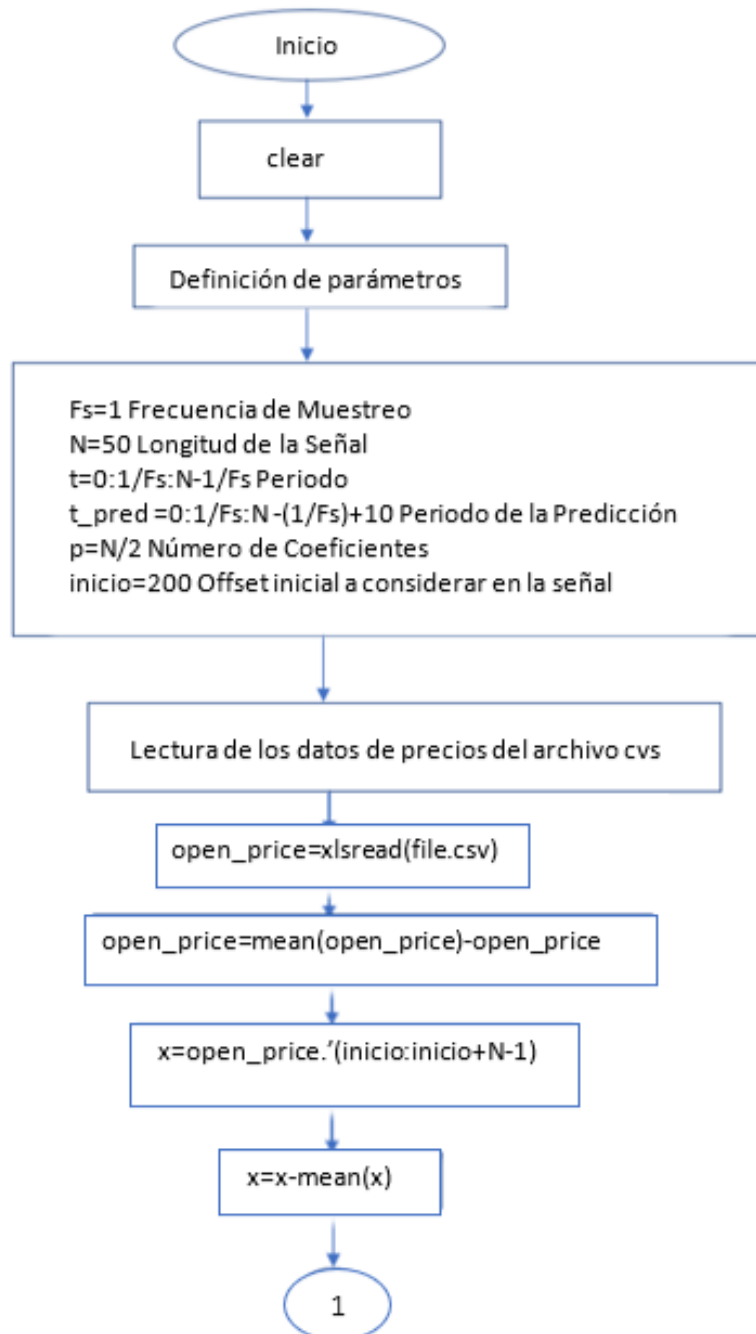
nivel2 = (max - 0.382*dif)
nivel3 = (max - 0.50*dif)
nivel4 = (max - 0.618*dif)

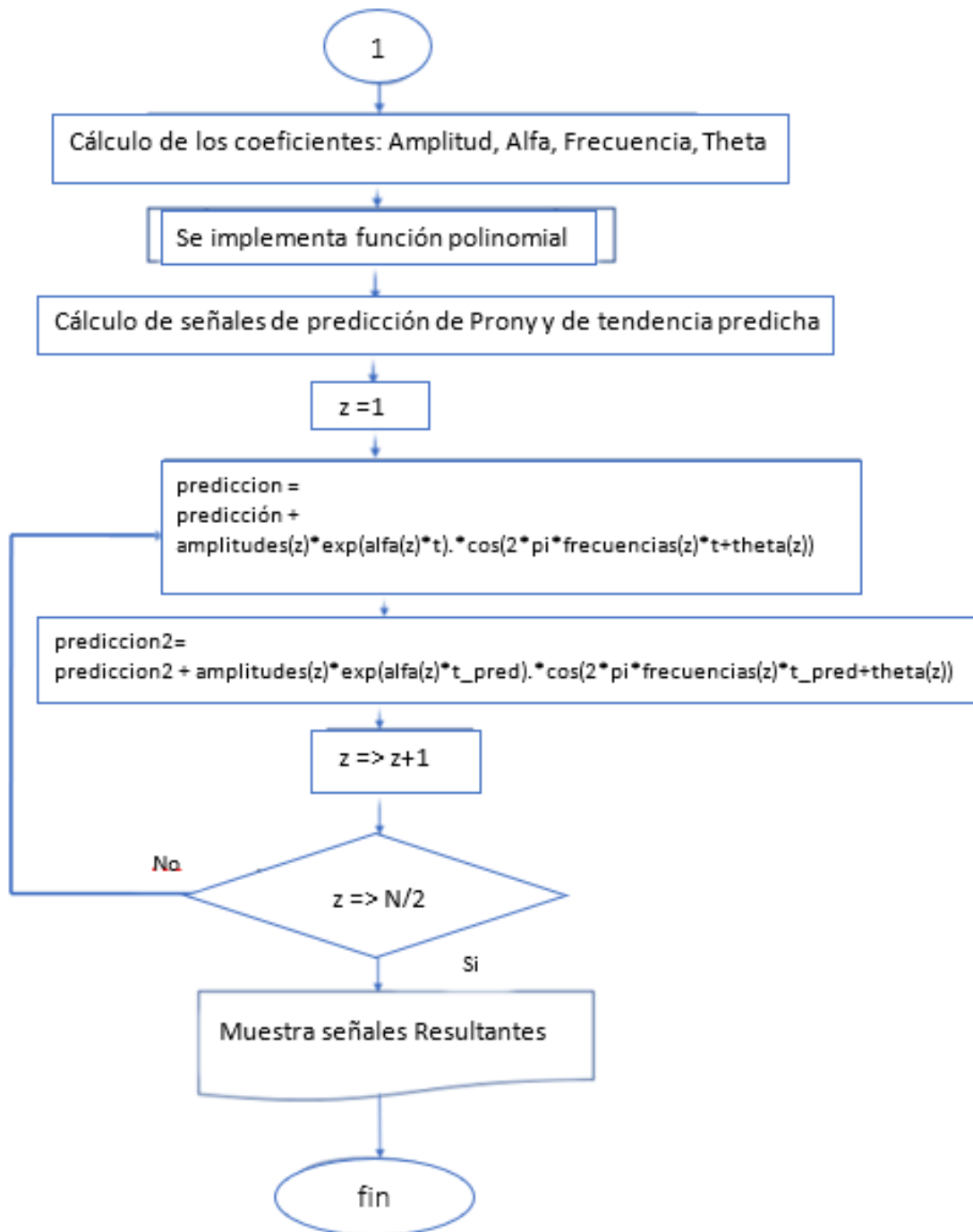
print ("Nivel 1 de Fibon (23.6%):" +str(nivel1))
print ("Nivel 2 de Fibon (38.2%):" +str(nivel2))
print ("Nivel 3 de Fibon: (50%)" +str(nivel3))
print ("Nivel 4 de Fibon: (61.8%)" +str(nivel4))
plt.title("WTI", loc='center', fontsize=12, fontweight=0, color='blue')
# plt.xlabel("Ultimos M valores ")
if max_count>min_count:
    plt.xlabel("TENDENCIA A LA ALZA", fontsize=12, fontweight=0, color='green')
if min_count>max_count:
    plt.xlabel ("TENDENCIA A LA BAJA", fontsize=12, fontweight=0, color='red')
plt.ylabel(" Precio ")
plt.plot(List_precio) # grafica ultimos m valores
# grafica nivel 1 de fibo
x1 = [0,m]
y1 = [nivel1,nivel1]
plt.text(m/1.5,nivel1+0.1, '23.6% Alza / 76.4% Baja')
plt.plot(x1, y1)
# grafica nivel 2 de fibo
x2 = [0,m]
y2 = [nivel2,nivel2]
plt.text(m/1.5,nivel2+0.1, '38.2% Alza / 61.8% Baja')
plt.plot(x2, y2)
# grafica nivel 3 de fibo
x3 = [0,m]
y3 = [nivel3,nivel3]
plt.text(m/1.5,nivel3+0.1, '50 % Alza o Baja')

```

```
plt.plot(x3, y3)
# grafica nivel 4 de fibo
x4 = [0,m]
y4 = [nivel4,nivel4]
plt.text(m/1.5,nivel4+0.1, '61.8% Alza / 38.2% Baja')
plt.plot(x4, y4)
# linea de soporte
y5 = [max,max]
plt.text(m/1.5,max+0.1, '0% Alza / 100% Baja' )
plt.plot(x1, y5)
# linea de resistencia
y6 = [min,min]
plt.text(m/1.5,min+0.1, '100% Alza / 0% Baja' )
plt.plot(x1, y6)
plt.show()
```

**B. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA EN MATLAB PARA EL CALCULO DEL METODO DE PRONY Y LA PREDICCIÓN DE LA TENDECIA FUTURA**





### C. LISTADO DEL PROGRAMA EN MATLAB PARA EL CALCULO DEL METODO DE PRONY Y DE LA PREDICCIÓN DE LA TENDECIA FUTURA

```
%%Definición de parámetros
clear; clc; close all;
Fs=1; % Frecuencia de muestreo de la señal
N=50; % Longitud de la señal, se realizan pruebas con diferentes valores de N
t=0:1/Fs:N-(1/Fs); % periodo
t_pred=0:1/Fs:N-(1/Fs)+10; % periodo de la prediccion

p=N/2; % Número de coeficientes
inicio=200; % Offset inicial a considerar en la señal

% % Generacion de señal con archivo de Excell
file= 'EURONEXT-MSF.csv';
xlRange='A2:B476'
open_price= xlsread(file,xlRange )
open_price = mean(open_price) - open_price;
y = open_price.'; % transpuesta
x=y(inicio:inicio + N-1);
x=x-mean(x)

% Prony para calcular los coeficientes
[Amp, alfa, freq, theta] = polynomial_method(x,p,(1/Fs),'CLASSIC');
% CLASSIC, librería Open Access Software de %
%https://link.springer.com/article/10.1186%2F12859-018-2473-y
% Generación de señal basada en los parámetros estimados de Prony
prediccion=zeros(1,N);
prediccion2=zeros(1,length(t_pred));
acumulado=0;
% Priorizando componentes por amplitud
[amplitudes,sortIdx]=sort(Amp,'descend');
frecuencias=abs(freq(sortIdx));
alfa=alfa(sortIdx);
theta=theta(sortIdx);

for z=1:N/2
```

```

z
prediccion=prediccion + amplitudes(z)*exp(alfa(z)*t).*cos(2*pi*frecuencias(z)*t+theta(z));
prediccion2=prediccion2 +
amplitudes(z)*exp(alfa(z)*t_pred).*cos(2*pi*frecuencias(z)*t_pred+theta(z));
end

% Graficado de la señal
plot(t,x); hold on; % Señal a analizar
plot(t,prediccion,'g*', 'LineWidth',2); hold on; % Señal de Prony
plot(t_pred,prediccion2,'r--o'); hold on; % Señal de Prediccion
plot(t_pred,y(inicio:inicio+length(t_pred)-1)-mean(y(inicio:inicio+length(t_pred)-1)), 'm:',
'LineWidth',2); hold on; % Datos reales para verificar la prediccion
xlabel('index')
ylabel('valor de x')
legend('Original','Prony', 'Forecasting', 'datos futuros reales')

%Graficando características de la señal
figure()
subplot(1,3,1)
stem(freq,Amp)
xlabel('Frecuencia')
ylabel('Amplitud')
subplot(1,3,2)
stem(freq,alfa)
xlabel('Frecuencia')
ylabel('factor atenuacion')
subplot(1,3,3)
stem(freq,theta)
xlabel('Frecuencia')
ylabel('fase')

```

## D. GRÁFICAS ADICIONALES RESULTANTES

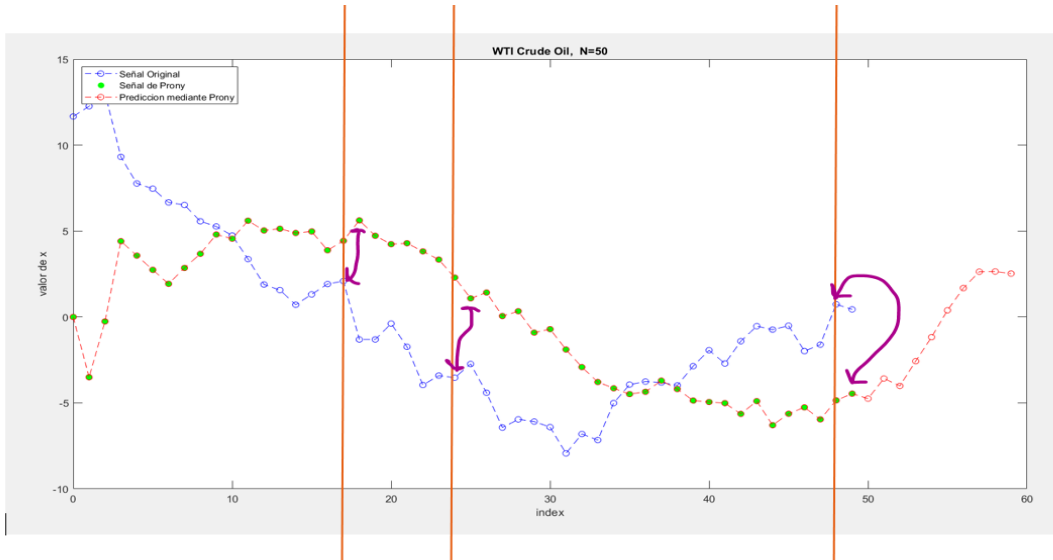


Figura D-1. Se representa el WTI crude Oil con N=50. Se observa que la señal de predicción persigue claramente a la original con su respectivo retardo, la amplitud en la señal es mayor.

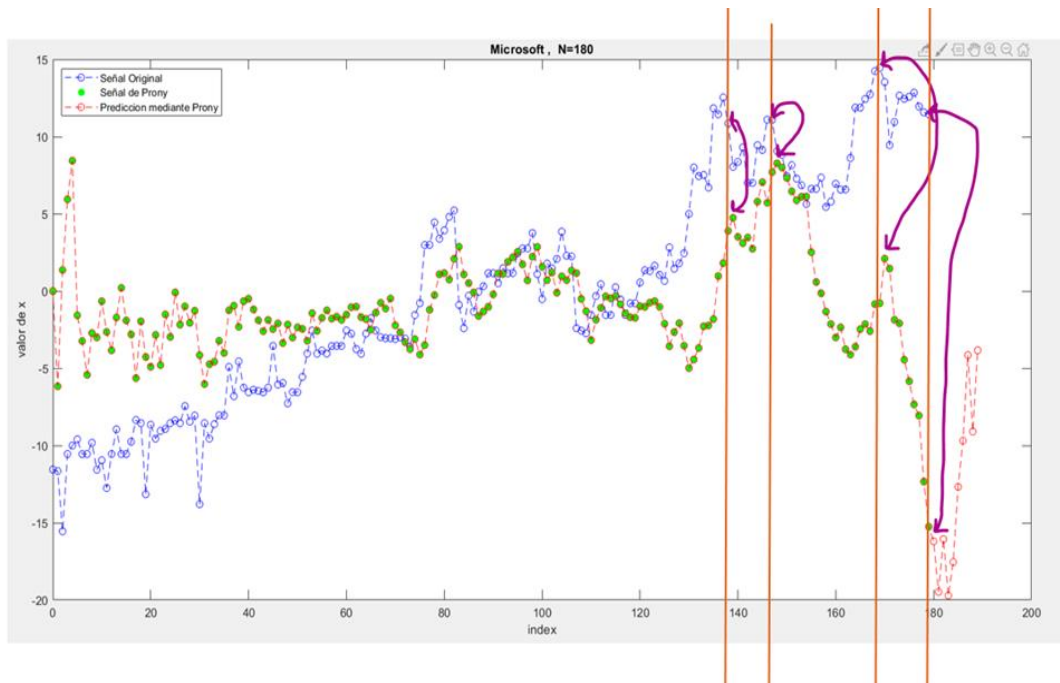


Figura D-2. Microsoft con N=180. La gráfica resultante muestra que la predicción sigue la tendencia. En todos los casos simulados la amplitud esta alargada y presenta un retardo.

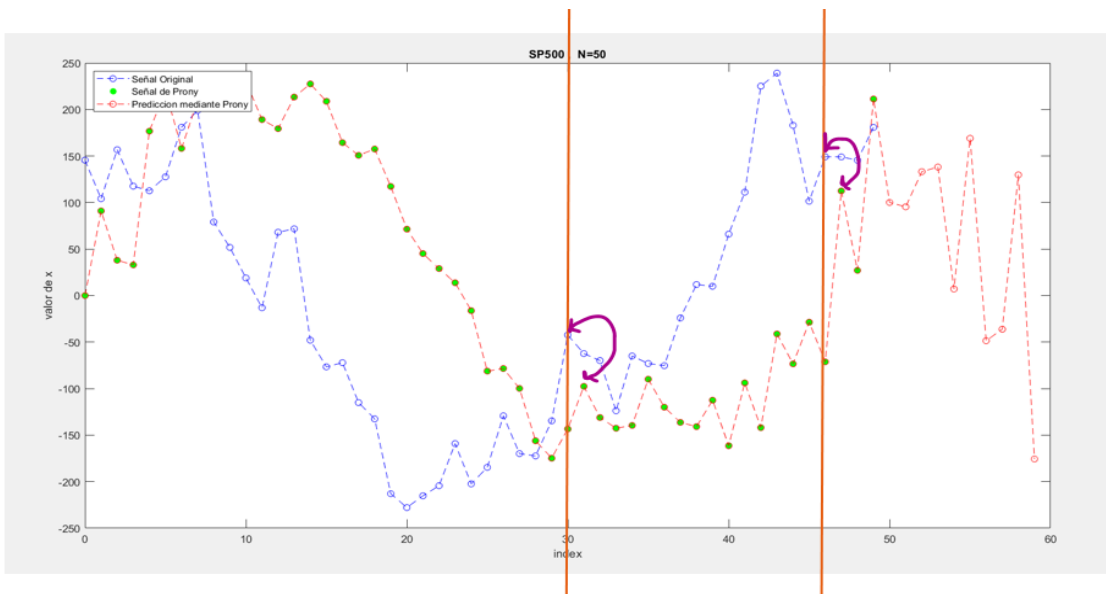


Figura D-3. El stock SP500 con N=50. La señal resultante de predicción imita a la señal original con su respectivo retardo, y amplificación.

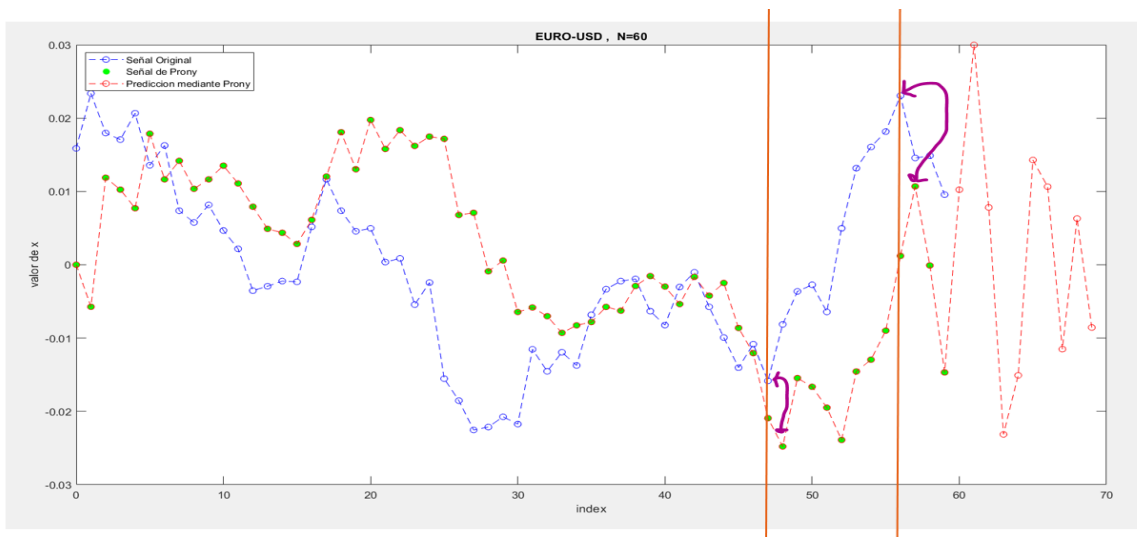


Figura D-4. Se representa el Euro\_dolar con N=60. La señal resultante sigue claramente la tendencia y forma de la señal, con su respectivo retardo y amplitud.

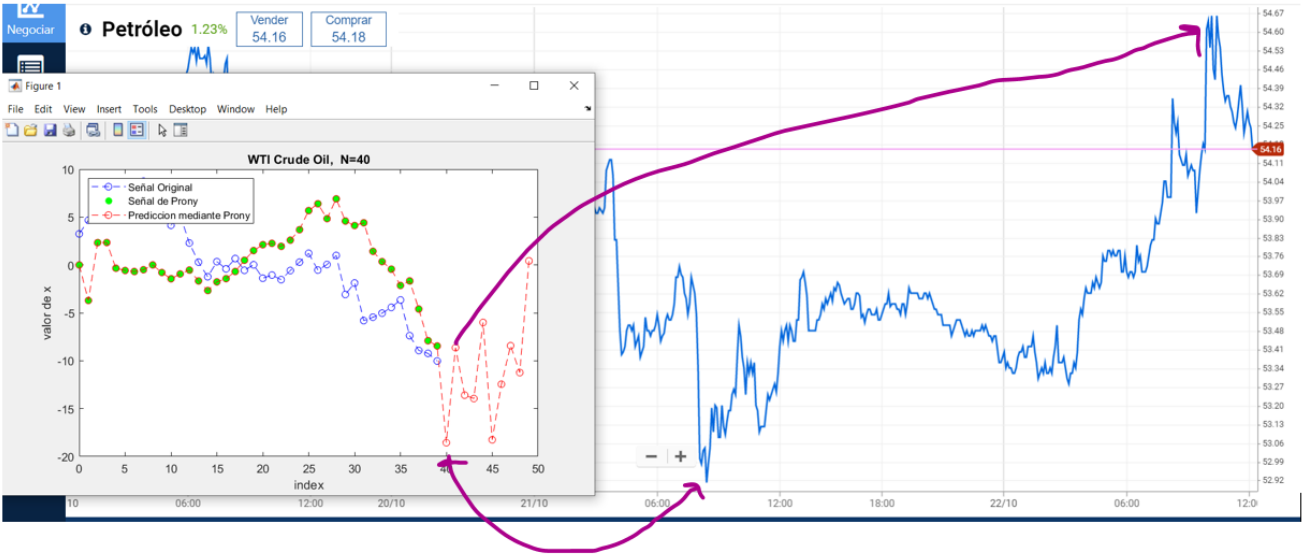


Figura D-5. La predicción indicó una próxima bajada. Un día después se cumplió. Asimismo, la predicción, predijo una subida, que se cumplió también en el WTI los días 21 y 22 de octubre del 2019. Cabe mencionar que la gráfica que está en la parte de atrás se obtuvo el día 22 de octubre, y la predicción de Prony tiene datos hasta el 20 de octubre. Lo que demuestra que el método fue confiable.



# Bibliografía

- [Nigmatullin-15] Nigmatullin R, Tenreiro Machado J. Analysis; aop “Forecasting of random sequences and Prony decomposition of finance data.” Analysis. 2015;36. doi:10.1515/anly-2015-5008
- [Ponce-Dávalos-05] Ponce-Dávalos JL. Caracterización Espectral Mediante el Método Modificado por Regularización de Prony Fusionado con Estimadores Espectrales No Paramétricos de Alta Resolución. IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS. 2005;3(3):13.
- [Fernández-18] Fernández Rodríguez A, de Santiago Rodrigo L, López Guillén E, Rodríguez Ascariz JM, Miguel Jiménez JM, Boquete L. Coding Prony’s method in MATLAB and applying it to biomedical signal filtering. BMC Bioinformatics. 2018;19(1):451. doi:10.1186/s12859-018-2473-y
- [Laurence Marple-87] S. Lawrence Marple. Digital Spectral Analysis with Applications. New York, United States: Dover Publications Inc.
- [Hauer-90] Hauer JF, Demeure CJ, Scharf LL. Initial results in Prony analysis of power system response signals. IEEE Trans Power Syst. 1990;5(1):80-89. doi:10.1109/59.49090
- [paperblog-19] La Teoría de Fibonacci - Paperblog. <https://es.paperblog.com/la-teoria-de-fibonacci-4269501/>.
- [Técnicas Trading-10] La Teoría de Fibonacci en el Forex Trading. Técnicas de Trading. June 2010. <https://www.tecnicasdetrading.com/2010/06/fibonacci-forex-trading.html>.
- [Bind-159] MACD - Indicador de Análisis Técnico - Industrial Valores S.A. <https://www.industrialvalores.com.ar/formacion/macd-indicador-tecnico>
- [Garcia Langa-17] Soportes y resistencias: lo simple siempre funciona. <http://www.finanzas.com/noticias/mercados/bolsas/20170614/soportes-resistencias-simple-siempre-3638214.html>.
- [Iyer S-15] Iyer S. Stock Market Prediction using Digital Signal Processing Models. International Journal of Computer Applications.:5.
- [Carriere Moses-92] Rob Carriere, Randolph L. Moses. High Resolution Radar Target Modeling Using a Modified Prony Estimator. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol 40. No 1 January 1992.
- [Técnicas Elliot-10] Teoría de Ondas de Elliot. Técnicas de Trading. May 2010. <https://www.tecnicasdetrading.com/2010/05/teoria-ondas-de-elliott.html>
- [plus500-20] <https://app.plus500.com/trade/oil>



# Índice

	<b>A</b>		<b>L</b>
Apéndices, 19			LISTADO DEL PROGRAMA EN MATLAB PARA EL CALCULO DEL METODO DE PRONY Y DE LA PREDICCIÓN DE LA TENDECIA FUTURA, 27, 29
	<b>B</b>		
Bibliografía, 33			
	<b>C</b>		<b>M</b>
CODIGO EN PHYTON PARA OBTENER LAS GRAFICAS DEL RETROCESO DE FIBONACCI, 21			MACD (mediana) WM Mediana Ponderada, 4 Método de Prony, 9
Conclusiones, 17			
Contenido, vii			<b>P</b>
	<b>D</b>		
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA EN MATLAB QUE CALCULA EL METODO DE PRONY y LA PREDICCIÓN DE LA TENDECIA FUTURA, 25			Prony, 9
	<b>I</b>		<b>R</b>
Introducción, 1			Resultados, 13 Resumen, v Retroceso de Fibonacci, 4
			<b>T</b>
			Técnica de Resistencias y Soportes, 3