



**udp** UNIVERSIDAD  
DIEGO PORTALES

Facultad de Ingeniería  
Escuela de Informática y Telecomunicaciones

---

## Metodos Numéricos : Tarea 1

Thomas Muñoz , Diego Vilches , Javiera Araya , Ignacio Yanjari.

6 de octubre de 2016

# 1. Introducción

En el siguiente se informe se mostrarán y analizarán los resultados

## 2. Resolución de sistemas de ecuaciones no lineales:

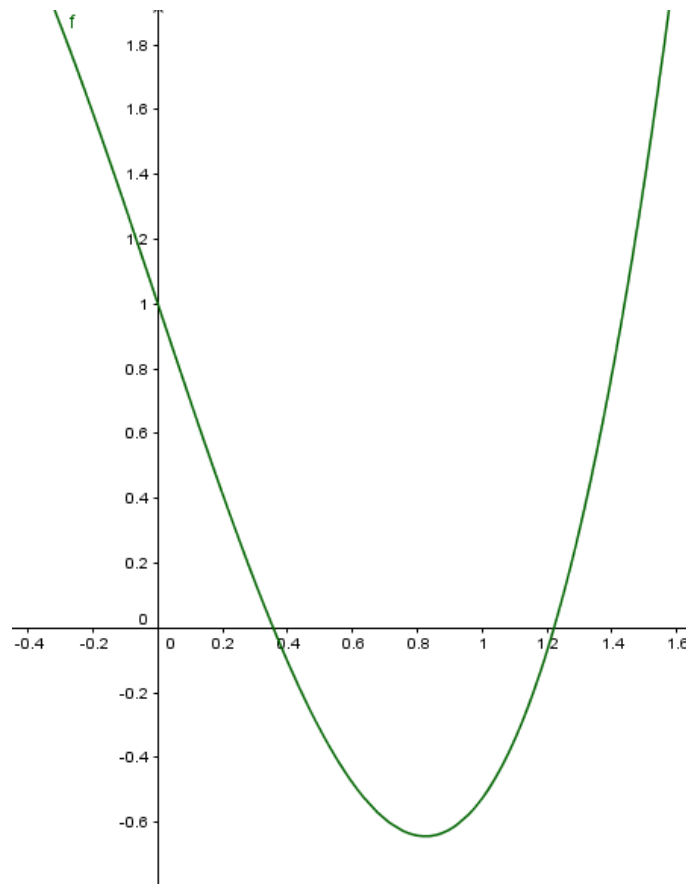
1. Usando los métodos de bisección, falsa posición, y secante, encuentre la raíz aproximada de las siguientes ecuaciones no lineales en los intervalos indicados:

Para realizar estas ecuaciones se utilizaron los programas de :

- Biseccion.m
- Secante.m
- FalsaPosicion.m

y las comparaciones de error se hicieron en base a el resultado de la función fzero de matlab

- a)  $x^3 - 3\sin(x) + 1 = 0$  , sobre  $[0,2]$ .



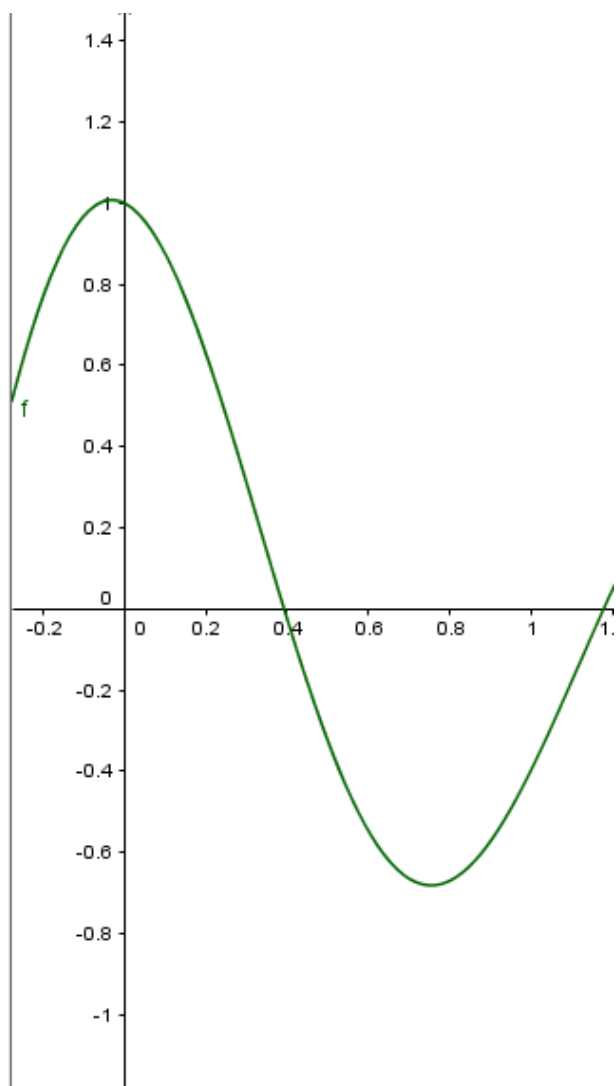
El objetivo es obtener el 0 de la función para resolver la ecuacion lineal, pero esta, como muestra el gráfico tiene 2 soluciones. Para lograr analizar completamente estos 2 casos con los 3 métodos diferentes se tienen que separar en 2 intervalos nuestro intervalo anterior, en este caso lo separaremos en  $[0,0.8]$  y  $[0.8,2]$

---

Intervalo $[0,0.8]$ :	Métodos	Secante	Biseccion	Falsa Posicion
	Cero Obtenido	0,3558	0,3558	0,3558
	Iteraciones	5	13	5
	Error Obtenido	0	0	0

Intervalo $[0.8,2]$ :	Métodos	Secante	Biseccion	Falsa Posicion
	Cero Obtenido	1.2204	1.2204	1.2204
	Iteraciones	8	11	19
	Error Obtenido	0	0	0

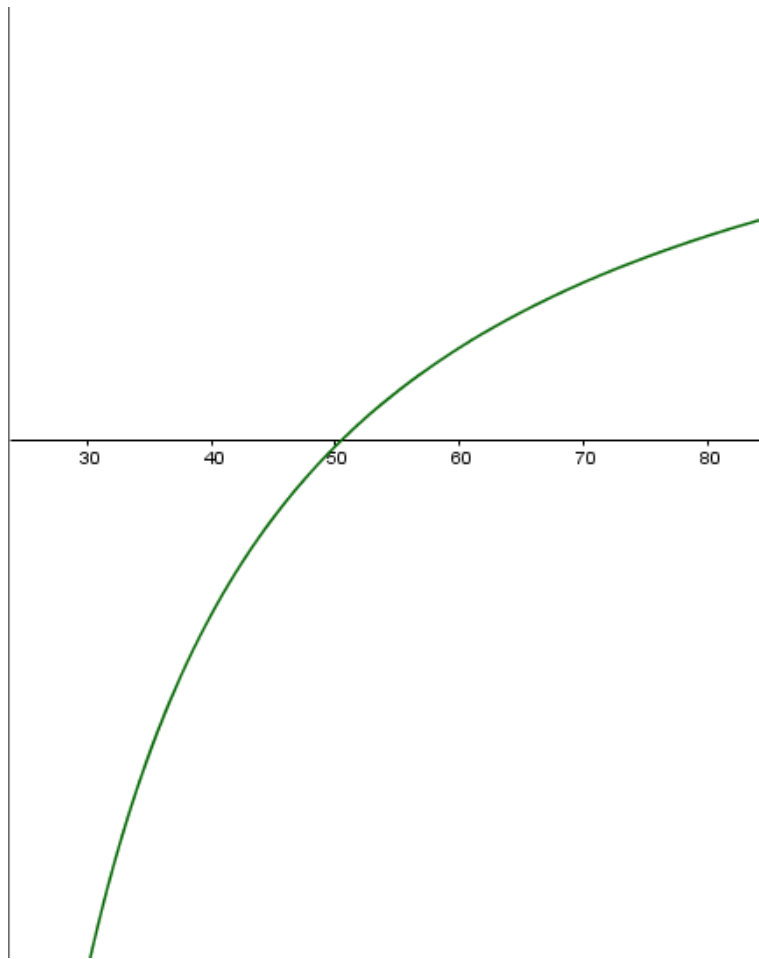
b)  $e^{-t/2}\cos(4t) = 0$ , sobre  $[0,1]$ .



Métodos	Secante	Biseccion	Falsa Posicion
Cero Obtenido	1,9635	0,3927	0,3927
Iteraciones	3	12	4
Error Obtenido	4	0	0

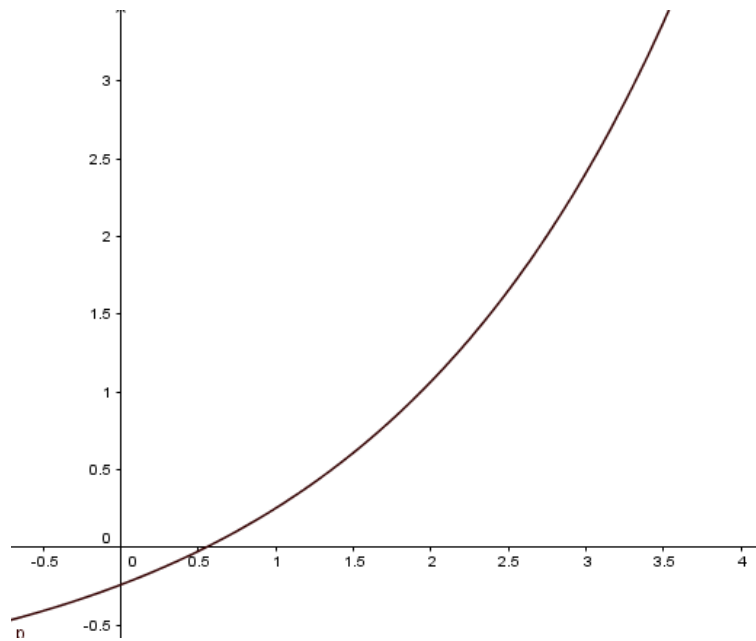
Como se observa en la tabla, el valor obtenido por el método de la secante es muy diferente al cero conseguido por los otros dos, los cuales encuentran el cero contenido en el intervalo pedido. Esto se debe a la forma en la cual se desarrolla el método de secante, el cual no usa un criterio entre 2 intervalos, si no que, para obtener el cero correcto se debe definir como  $[0,0.8]$  y da como resultado 0,3927.

c)  $x + 40 - x \cosh(\frac{60}{x}) = 0$ , sobre  $[40,60]$ .



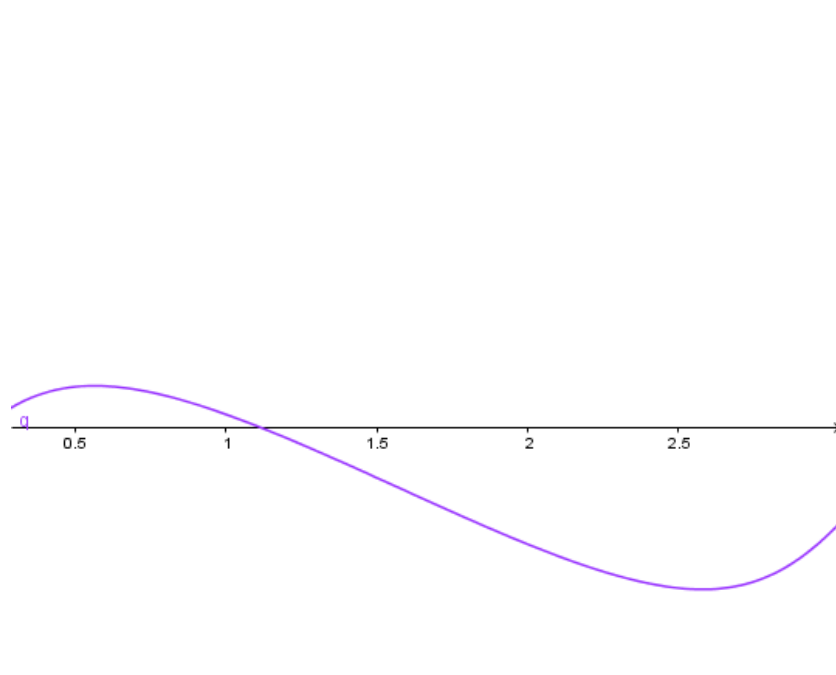
Métodos	Secante	Biseccion	Falsa Posicion
Cero Obtenido	50,5399	50,5399	50,5399
Iteraciones	5	15	9
Error Obtenido	0	0	0

d)  $e^{0.5x} \cos(0.05\sqrt{200 - \frac{x^2}{10}}) - 1 = 0$ , sobre  $[0,4]$ .



Métodos	Secante	Biseccion	Falsa Posicion
Cero Obtenido	0.5481	0.5481	0.5481
Iteraciones	5	13	18
Error Obtenido	0	0	0

$$e) f(\theta) = \frac{0.6 \sin \theta}{\sqrt{(\cos(\theta)-0.6)^2 + \sin(\theta)^2}} - \frac{0.6 \sin \theta}{\sqrt{(\cos(\theta)+0.6)^2 + \sin(\theta)^2}} = 0, \theta \in [1, 2]. \text{ (sol.exacta } \theta^* = \frac{\pi}{2} \text{)}$$



Métodos	Secante	Biseccion	Falsa Posicion
Cero Obtenido	1,5708	1,5708	1,5708
Iteraciones	3	10	2
Error Obtenido	0	0	0

Con una tolerancia de  $10^{-5}$ . Haga una comparación de los métodos en cuanto a la cantidad de iteraciones, el error cometido ¿Cuál de ellos fue más eficiente?

El método más eficiente para encontrar el valor de las funciones mencionadas es el método de Falsa Posición ya que encontró el cero en todas las ecuaciones y necesitó, en promedio, un menor número de iteraciones en comparación con Bisección. Pero, si no le damos importancia a la convergencia en el caso b), el mejor y más rápido sería el método de secante.

2. Considere la ecuación no lineal  $f(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{4}x^2 - x\sin(x) - \frac{1}{2}\cos(2x) = 0$

- a) Usando el método de Newton con punto inicial  $x_0 = \frac{\pi}{2}$  encuentre la solución aproximada de  $f$ . Para ello Realice las iteraciones necesarias hasta que se cumpla el criterio de parada
- b) Considere la ecuación no lineal  $f(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{4}x^2 - x\sin(x) - \frac{1}{2}\cos(2x) = 0$
- 1) Usando el método de Newton con punto inicial  $x_0 = \frac{\pi}{2}$  encuentre la solución aproximada de  $f$ . Para ello Realice las iteraciones necesarias hasta que se cumpla el criterio de parada  $|x_{n+1} - x_n| < 10^{-6}$

$x_0$	Cero Obtenido	Iteraciones
$\frac{\pi}{2}$	1,8955	18

- 2) Repita el proceso tomando como valores iniciales  $x_0 = 5\pi$  y  $x_0 = 10\pi$  ¿La sucesión construída con estos puntos iniciales converge?

$x_0$	Cero Obtenido	Iteraciones
$5\pi$	1,8955	22
$10\pi$	0	66

La sucesión, en el caso de  $x_0 = 5\pi$ , converge al mismo cero que en el ejercicio anterior. Por otra parte, cuando  $x_0 = 10\pi$ , esta converge a 0.

- 3) Use el método de la secante para encontrar la solución aproximada tomando como puntos iniciales  $x_0 = \frac{\pi}{2}$  y  $x_0 = 5\pi$ , como criterio de parada el mismo descrito en (a).

$x_0$	$x_1$	Cero Obtenido	Iteraciones
$\frac{\pi}{2}$	1,7854	1,8955	24
$5\pi$	13,0900	0	31

Se puede apreciar que si  $x_0 = 5\pi$ , al ocupar el método de la secante se obtiene un cero distinto a cuando se ocupa el método de Newton.

3. Considere la ecuación no lineal  $f(x) = -x^3 - \cos(x) = 0$

- a) Usando el método de Newton encontrar la raíz próxima al valor  $x_0 = -1$ , con una precisión de  $10^{-5}$ .

Cero Obtenido	-0.8655
Iteraciones	4

- b) Repetir el proceso con el método de Newton modificado, esto es, con la iteración

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_0)}$$

Cero Obtenido	-0.8655
Iteraciones	7

¿Qué método converge más rápido? El método de Newton usual converge más rápido, ya que este sólo tomó 4 iteraciones.

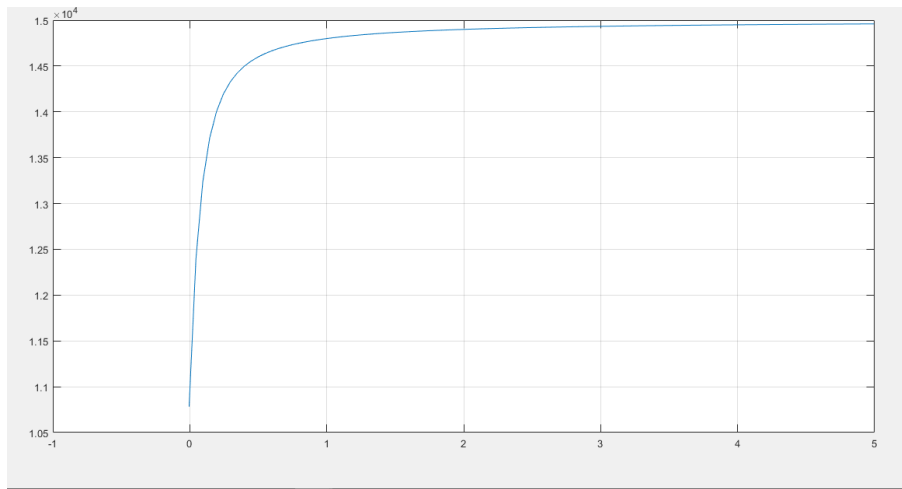


4. El dinero necesario para pagar la cuota correspondiente a un crédito hipotecario a interés fijo se suele estimar mediante la denominada “ecuación de la anualidad ordinaria”:

$$Q = \frac{A}{i}(1 - (1 + i)^{-n})$$

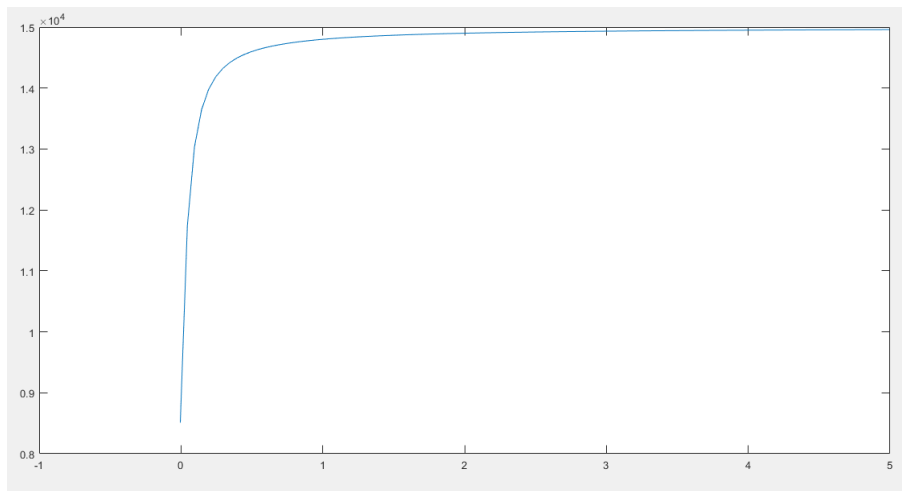
donde  $Q$  es la cantidad pedida en préstamo,  $A$  es la cuota que debe pagar el beneficiario por el préstamo,  $i$  es la tasa de interés fijado por la entidad bancaria que concede el préstamo y  $n$  es el número de periodos durante los cuales se realizan pagos de la cuota. Una pareja que desea comenzar una vida en común se plantea adquirir una vivienda y para ello saben que necesitan pedir un préstamo de 15000 dólares a pagar semestralmente durante un plazo de 10 años. Sabiendo que para atender este pago pueden destinar una cantidad máxima de 200 dólares mensuales, calcule cual es el tipo máximo de interés al que pueden negociar su préstamo con las entidades bancarias. Hint.- Usar método de Newton, tomando como punto inicial  $i_0 = 0.03$ . Suponga ahora que desean endeudarse en 15 años en lugar de 10. Cual sería el interés en esta situación?

Resp: Al realizar el método de Newton aplicándolo a optimización, se obtiene un interes de 10.24 %. Considerando un error de 5 % el porcentaje era excesivamente alto, es por ello que se realizaron iteraciones hasta observar que el valor no cambiaba, así se encontro el valor en el que converge a los 10 años del préstamo.



Suponga ahora que desean endeudarse en 15 años en lugar de 10 ¿Cual sera el interes en esta situacion?

Resp: 5.1 % . El proceso de busqueda fue similar al anterior.



---

5. Considere la función  $f(x) = x * \cos(x) - e^x + 1$ .

a) Considere las siguientes funciones. Realice unas 12 iteraciones de punto fijo, usando como puntos iniciales  $x_0 = 0.5$  y  $x_0 = 0.5$ .

$$g_1(x) = \frac{e^x + x - 1}{1 + \cos(x)} \quad (2.1)$$

■  $x_0=0.5$

iteración	Punto
1	0,6118
2	0,8004
3	1,1947
4	2,5579
5	87,3616
6	4,7832e+37
7	inf
8	NaN
9	NaN
10	NaN
11	NaN
12	NaN

■ x0=-0.5

iteración	Punto
1	-0.4759
2	-0.4524
3	-0.4298
4	-0.4081
5	-0.3875
6	-0.3680
7	-0.3497
8	-0.3324
9	-0.3163
10	-0.3012
11	-0.2871
12	-0.2739

$$g2(x) = \frac{\sqrt{x(e^x - 1)}}{\cos(x)} \quad (2.2)$$

■ x0=0.5

iteración	Punto
1	0.6080
2	0.7872
3	1.1555
4	2.4964
5	0.0000 + 5.8994i
6	0.1106 - 0.0106i
7	0.1140 - 0.0113i
8	0.1177 - 0.0121i
9	0.1216 - 0.0130i
10	0.1258 - 0.0140i
11	0.1303 - 0.0151i
12	0.1351 - 0.0163i

■ x0=-0.5

iteración	Punto
1	0.4735
2	0.5676
3	0.7171
4	0.9989
5	1.7791
6	0.0000 + 6.5089i
7	0.0037 - 0.0660i
8	0.0026 - 0.0660i
9	0.0015 - 0.0660i
10	0.0004 - 0.0660i
11	0.0007 + 0.0659i
12	0.0004 - 0.0659i

- 
- b) Teniendo en cuenta las siguientes funciones de iteración de punto fijo. Realice unas 12 iteraciones de punto fijo, usando como puntos iniciales  $x_0 = 0.5$  y  $x_0 = -0.5$ .

$$g_3(x) = x - \frac{f(x)}{f'(x)} \quad (2.3)$$

- $x_0=0.5$

iteración	Punto
1	0.2923
2	0.1645
3	0.0891
4	0.0468
5	0.0241
6	0.0122
7	0.0062
8	0.0031
9	0.0015
10	7.7566e-04
11	3.8803e-04
12	1.9407e-04

- $x_0=-0.5$

iteración	Punto
1	0.9462
2	0.5755
3	0.3398
4	0.1932
5	0.1057
6	0.0560
7	0.0289
8	0.0147
9	0.0074
10	0.0037
11	0.0019
12	9.3724e-04

---


$$g_4(x) = x - 2 \frac{f(x)}{f'(x)} \quad (2.4)$$

■ x0=0.5

iteración	Punto
1	0.0846
2	0.0041
3	1.1230e-05
4	8.4146e-11
5	8.4146e-11
6	8.4146e-11
7	8.4146e-11
8	8.4146e-11
9	8.4146e-11
10	8.4146e-11
11	8.4146e-11
12	8.4146e-11

■ x0=-0.5

iteración	Punto
1	2.3924
2	0.6344
3	0.1196
4	0.0078
5	3.9737e-05
6	1.0509e-09
7	1.0509e-09
8	1.0509e-09
9	1.0509e-09
10	1.0509e-09
11	1.0509e-09
12	1.0509e-09

---


$$g5(x) = x - \frac{f(x)f'(x)}{(f'(x))^2 - f(x)f''(x)} \quad (2.5)$$

■ x0=0.5

iteración	Punto
1	-0.0551
2	-0.0023
3	-3.5887e-06
4	1.2916e-10
5	1.2916e-10
6	1.2916e-10
7	1.2916e-10
8	1.2916e-10
9	1.2916e-10
10	1.2916e-10
11	1.2916e-10
12	1.2916e-10

■ x0=0.5

iteración	Punto
1	-0.4614
2	-0.3825
3	-0.2366
4	-0.0667
5	-0.0035
6	-8.1704e-06
7	-2.6231e-11
8	-2.6231e-11
9	-2.6231e-11
10	-2.6231e-11
11	-2.6231e-11
12	-2.6231e-11

c) Que puede decir sobre el comportamiento de las iteraciones de punto fijo calculadas anteriormente.

- De la función  $g_2(x)$ , tanto para el punto inicial  $x_0=0.5$  como para  $x_0=-0.5$ , desde determinada iteración la solución se volvió imaginaria, por lo tanto  $g_2(x)$ , al no ser una función continua, no tiene puntos fijos.
- En cuanto a la función  $g_3(x)$ , para el punto inicial  $x_0=0.5$ , la función cada vez va convergiendo a la solución, por lo que 0.5 es punto fijo de  $g_3(x)$ .  
Ahora para  $x_0=-0.5$  al igual que en el anterior punto fijo, este igual converge a la solución, declarandose así que -0.5 también es un punto fijo de  $g_3(x)$ .
- En cuanto a la función  $g_4(x)$ , para el punto  $x_0=0.5$  en las primeras iteraciones va convergiendo a la solución, hasta que se mantiene fijo en un valor. De esto se deduce que se encuentra la solución tomando como punto fijo 0.5.  
Lo mismo sucedió con  $x_0=-0.5$  desde determinada iteración fue convergiendo hasta llegar a un valor fijo el cual no siguió variando, se deduce lo mismo que en el caso anterior, en el que a partir del punto fijo -0.5, se llega a la solución.
- Acerca de la función  $g_5(x)$  pasa algo similar a lo que sucedió con  $g_4(x)$ , en las cuales se encuentra la solución a partir de los puntos fijos tomados.

6. Métodos iterativos: A continuación se describen algunos métodos de iteración de punto fijo que encuentran la raíz aproximada de  $f(x) = 0$

- Método de Newton

$$x_{n+1} = N_f(x_n) = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

- Método de Schröder

$$x_{n+1} = S_f(x_n) = x_n - \frac{f(x_n)f'(x_n)}{f'(x_n)^2 - f(x_n)f''(x_n)}$$

- Método de aceleración convexa de Whittaker

$$x_{n+1} = W_f(x_n) = x_n - \frac{f(x_n)}{2f'(x_n)}(2 - L_f(x_n))$$

a) Utilice los métodos para encontrar la solución de la ecuación no lineal  $f(x) = 0$ , donde

(i)  $f_1(x) = xe^{x^2} - \sin(x) + 3\cos(x) + 5$ .

Métodos	$x_0$	Iteraciones	Cero Obtenido
Newton	-1	6	-1.2892
Schroder	-1	6	-1.2892
Whittaker	-1	10	-1.2892

(ii)  $f_2(x) = x^3 - 3x^2(2^{-x}) + 3x(4^{-x}) - 8^{-x}$ , en  $[0,1]$ .

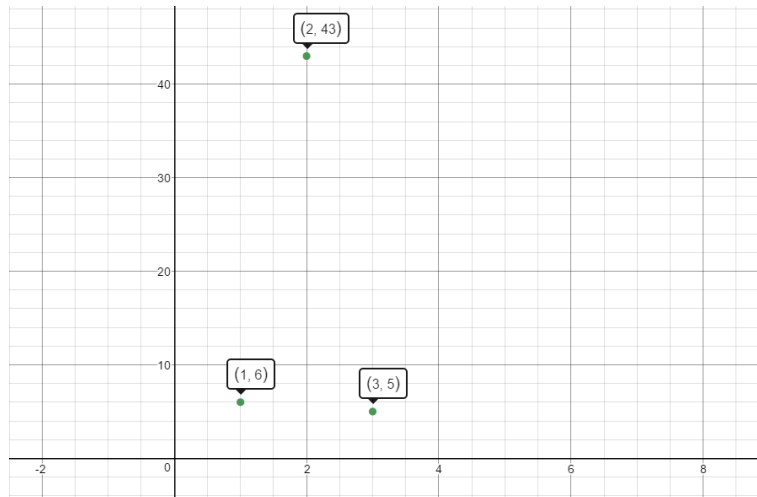
Métodos	$x_0$	Iteraciones	Cero Obtenido
Newton	1	43	0.6412
Schroder	1	4	0.6412
Whittaker	1	66	0.6412

(iii)  $f_3(x) = \cos(x + \sqrt[2]{2}) + x(\frac{x}{2} + 2)$ , en  $[-2,1]$ .

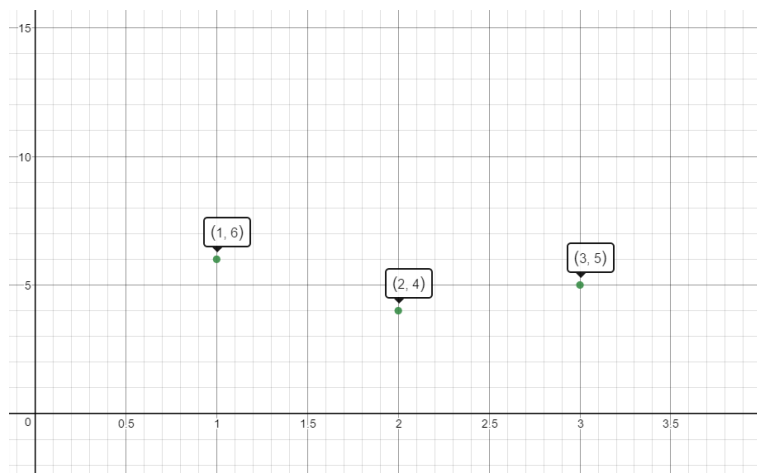
Métodos	$x_0$	Iteraciones	Cero Obtenido
Newton	-1	5	-0.1646
Schroder	-1	5	-0.1646
Whittaker	-1	6	-0.1646

b) Compare los errores relativos vs. las iteraciones (mediante un gráfico) para los métodos (descritos anteriormente) que determinan la raíz de  $f_i(x) = 0$ , para  $i = 1, 2, 3$ .

■ Método de Newton:

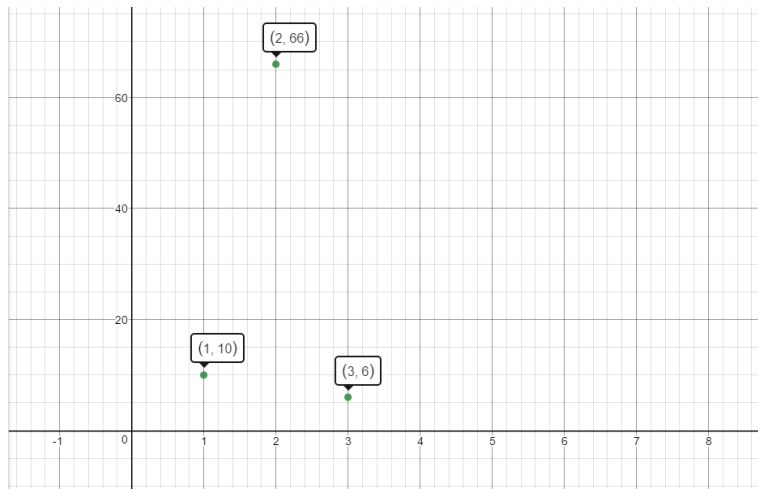


■ Método de Schröder:



■ Método de Whittaker;





Al analizar la cantidad de iteraciones utilizadas por cada método, se puede concluir que el más eficiente es el método de Schroder.

### 3. Resolución de sistemas de ecuaciones no lineales:

En los siguientes ejercicios, use como criterio de parada lo siguiente:

$$\frac{\|x^{n+1} - x^n\|}{\|x^{n+1}\|} \leq 10^{-6}$$

Donde  $\|z\| = \sqrt{z_1^2 + z_2^2 + \dots + z_n^2}$ ,  $z \in \mathbb{R}^n$

1. Considere los siguientes sistemas de ecuaciones no lineales

$$(a) \begin{cases} x^2 + xy^2 - x - 2 = 0 \\ y^2 + xy^2 - y + 2 = 0 \end{cases}$$

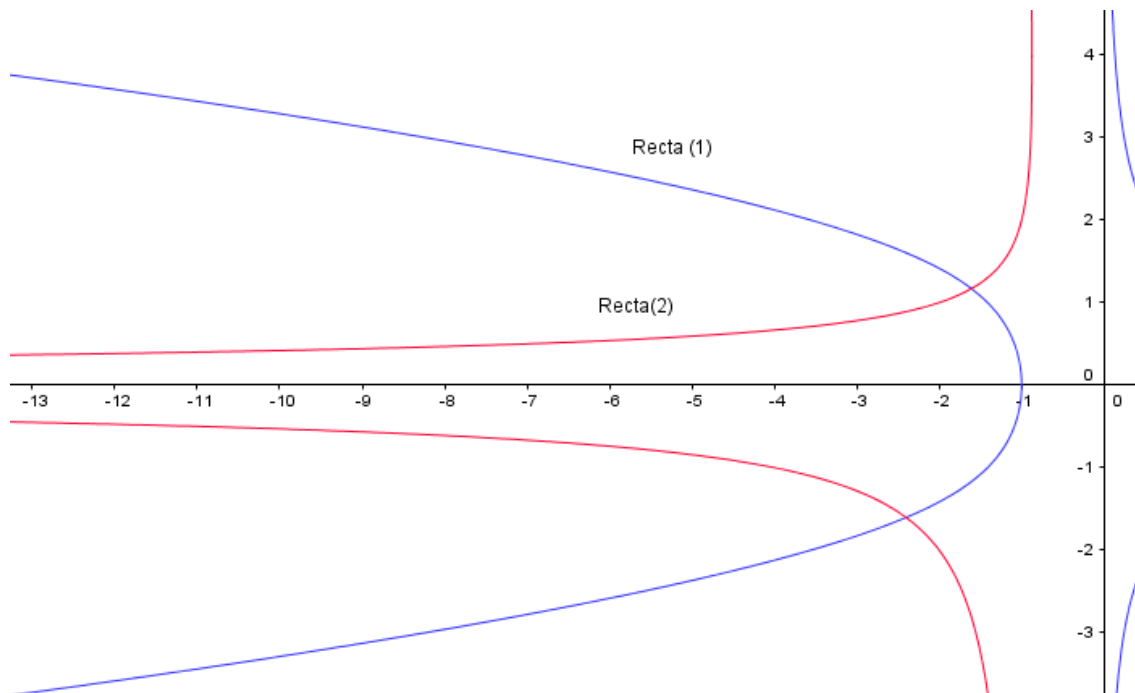
$$(b) \begin{cases} x^2 + x - y^2 = 1 \\ y - \sin(x^2) = 0 \end{cases}$$

Usando el método de Newton, encuentre sus soluciones aproximadas. Para encontrar los puntos iniciales, apóyese en los gráficos que le permiten encontrar una aproximación de la solución

Pregunta 1a)

$$\text{Recta(1)} : x^2 + xy^2 - x - 2 = 0$$

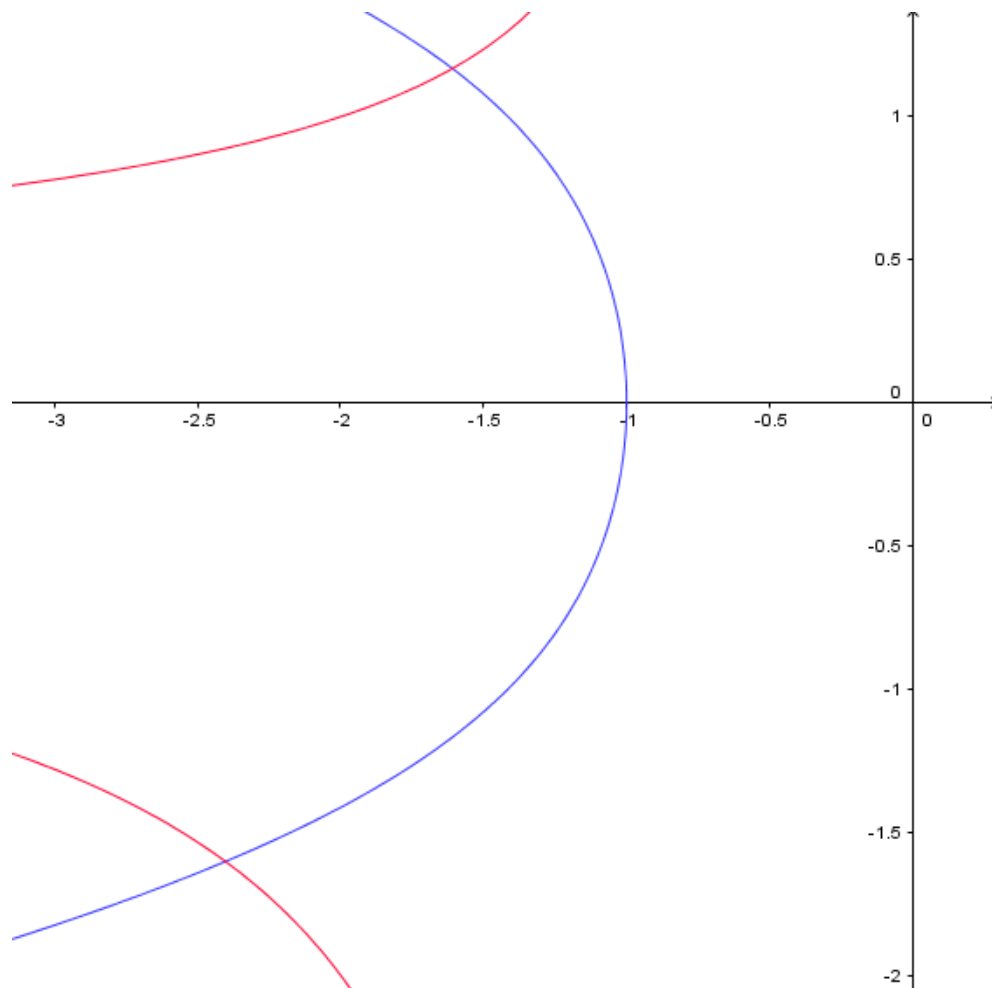
$$\text{Recta(2)} : y^2 + xy^2 - y + 2 = 0$$



Como se observa en el grafico las rectas (1) y (2) se intersectan 2 veces, mientras que su comportamiento luego tiende a alejarse una de la otra analizaremos las 2 soluciones que existen dentro de este intervalo de gráfica mostrado anteriormente. Posteriormente realizando un zoom en donde se encuentran

---

las intersecciones se obtiene lo siguiente.



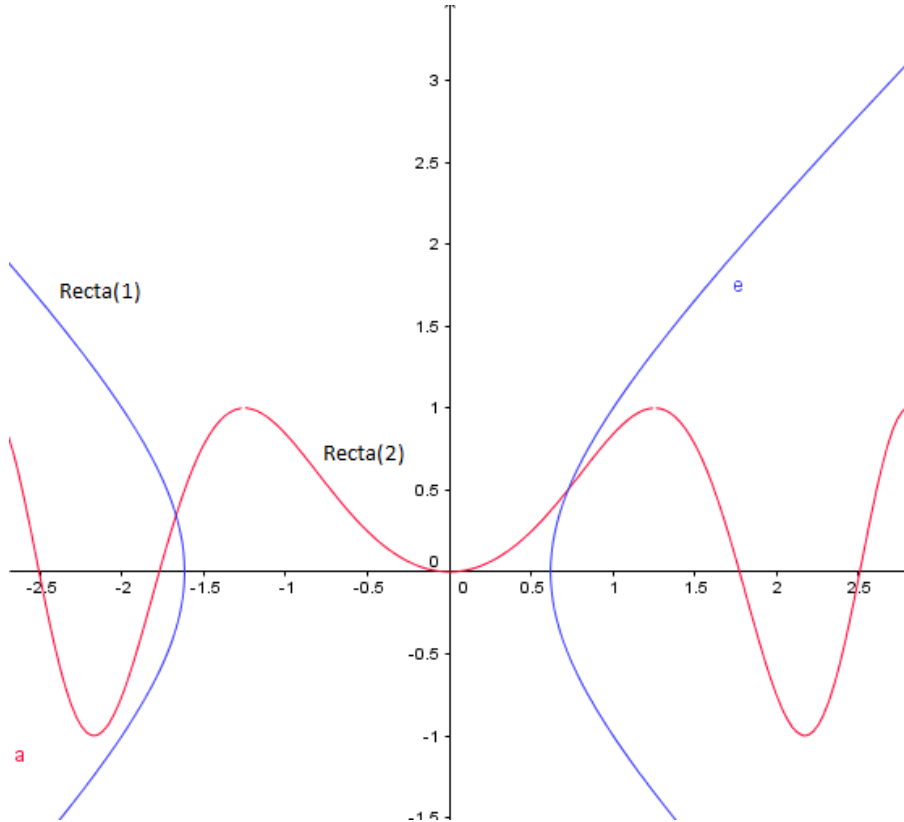
Ahora para lograr obtener nuestra solución que se encuentra en el 2do cuadrante ocuparemos un punto cercano a la intersección. En este caso ocuparemos  $x_0 = [-2; 1]$  y el resultado obtenido como primera solución de la ecuación es :  $x^* = [-1.6088; 1.1686]$  siendo el punto  $x = -1.6088, y = 1.1686$

Como ya obtuvimos la primera solución buscaremos la segunda, la cual se encuentra en el 3er cuadrante, para el cual igual usaremos un punto cercano a lo que se muestra en la gráfica como intersección de las funciones. Por lo tanto ocuparemos el  $x_0 = [-2; -1.8]$  obteniendo como el resultado el vector:  $x^* = [-2.4022; -1.6030]$  siendo el punto  $x = -2.4022, y = -1.6030$

Pregunta 1b)

$$Recta(1) : x^2 + x - y^2 = 1$$

$$Recta(2) : y - \sin(x^2) = 0$$



Como se observa en la figura existen 2 soluciones del sistema no lineal, gracias a la gráfica dibujada dividiremos el problema en 2 casos, ocuparemos puntos cercanos a la intersección de las curvas dibujadas y asumiremos gracias a esta que no se intersectan en otro punto ya que  $x \in (-\infty, -2) \cup (1, \infty)$  las imágenes de las funciones se alejan.

Con el error pedido en el inicio de este ítem el programa no logra terminar. debido a que el error es la condición de salida y que la diferencia obtenida de una iteración con la otra nunca llega a ser tan pequeña como el intervalo a esperar. Para solucionar esto se redefine nuestra condición de salida por otra, en este caso se ocupó una cantidad de iteraciones igual a 5-6.

Primero encontraremos la solución que se observa en el 1er cuadrante, en este caso ocuparemos el punto inicial  $x_0 = [0.5; 0.5]$  Obteniendo como solución el vector  $x^* = [0.7272; 0.5028]$  el punto  $x = 0.7272$ ,  $y = 0.5028$ .

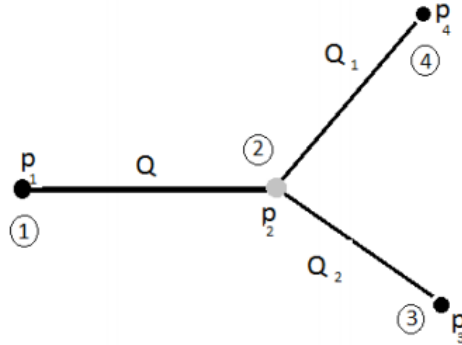
Luego calcularemos la solución que en el gráfico se encuentra en el 2do cuadrante utilizando el punto inicial  $0 = [-1.8; 0]$  obteniendo como solución el vector  $x^* = [-1.6663; 0.3612]$  el punto  $x = -1.6663$ ,  $y = 0.3612$

2. En un sistema de tuberías (ver figura), los caudales de un cierto fluido en cada rama y las presiones en cada nodo de la red se relacionan mediante el siguiente sistema

$$p_1 - p_2 = KQ^{1.75}$$

$$p_2 - p_4 = K_1Q_1^{1.75}$$

$$p_2 - p_3 = K_2Q_2^{1.75}$$



Para un determinado fluido se sabe que

$$p_1 = 75psi \quad p_3 = 20psi \quad p_4 = 15psi \quad K = 2,35e^{-3} \quad K_1 = 4,67e^{-3} \quad K_2 = 3,72e^{-2}$$

Usando el método de Newton en varias variables, determine los caudales en todas las ramas, y la presión en el nodo 2 suponiendo que  $Q = Q_1 + Q_2$ . Use como valores iniciales:  $p_2^0 = 50psi$ ,  $Q_2^0 = 7$  y  $Q_1^0 = 16$ . Reescribiendo las ecuaciones con valores dados:

$$75 - p_2 = 2.35e^{-3}(Q_1 + Q_2)^{1.75}$$

$$p_2 - 15 = 4.67e^{-3}Q_1^{1.75}$$

$$p_2 - 20 = 4.72e^{-2}Q_2^{1.75}$$

Escribimos vector de funciones de la forma  $f(x) = 0$

$$\begin{pmatrix} 75 - p_2 - 2.35e^{-3}(Q_1 + Q_2)^{1.75} & = & 0 \\ p_2 - 15 - 4.67e^{-3}Q_1^{1.75} & = & 0 \\ p_2 - 20 - 4.72e^{-2}Q_2^{1.75} & = & 0 \end{pmatrix}$$

Utilizando los valores iniciales Se llega al resultado de :

$$\begin{pmatrix} p_2 & = & 44.5717 \text{ psi} \\ Q_1 & = & 15.9418 \\ Q_2 & = & 8.0495 \end{pmatrix}$$

Por lo tanto como  $Q = Q_1 + Q_2$  implica que  $Q = 23.9913$

Al igual que el ejercicio 1b) de éste ítem para lograr el objetivo de encontrar una raíz se limita a una cantidad de iteraciones iguales a 3, logrando así valores cercanos a la solución de la ecuación

Para realizar este ítem se utilizó el código de NewtonVariables.m

## 4. Investigación

El método de Horner es utilizado como el paso previo para encontrar las raíces de una ecuación polinomial, es decir una función de la forma

$$P(x) = a_0x^n + a_1x^{n-1} + \dots + a_{n-1}x + a_n$$

Este algoritmo permite evaluar este tipo de ecuaciones con mayor rapidez que un método común, tomando  $n$  multiplicaciones y  $n$  sumas para evaluar un polinomio de grado  $n$ .