

Objetivo:

Realizar algunas operaciones entre conjuntos clásicos y difusos, usando código de Octave, tratando algunas propiedades básicas, incluyendo las propiedades de De Morgan.

Ejemplos resueltos¹

Ejemplo 1. Considerar dos conjuntos difusos \tilde{A} y \tilde{B} encontrar gráficamente su complemento, unión, intersección y complemento de \tilde{A} .

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 2 \\ \frac{x-2}{3-2}, & 2 < x \leq 3 \\ \frac{4-x}{4-3}, & 3 < x \leq 4 \\ 1, & x > 4 \end{cases} \quad \mu_{\tilde{B}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 3 \\ \frac{x-3}{4-3}, & 3 < x \leq 4 \\ \frac{5-x}{5-4}, & 4 < x \leq 5 \\ 1, & x > 5 \end{cases}$$

Solución.

Código Octave,

```
% Programa para calcular Intersección, Unión y Complemento de conjuntos difusos
%
close all; clc;

x=0:0.1:10; % Universo del discurso;
pkg load fuzzy-logic-toolkit;
A=trimf(x,[2,3,4]); % Conjunto difuso A;
B=trimf(x,[3,4,5]); % Conjunto difuso B;

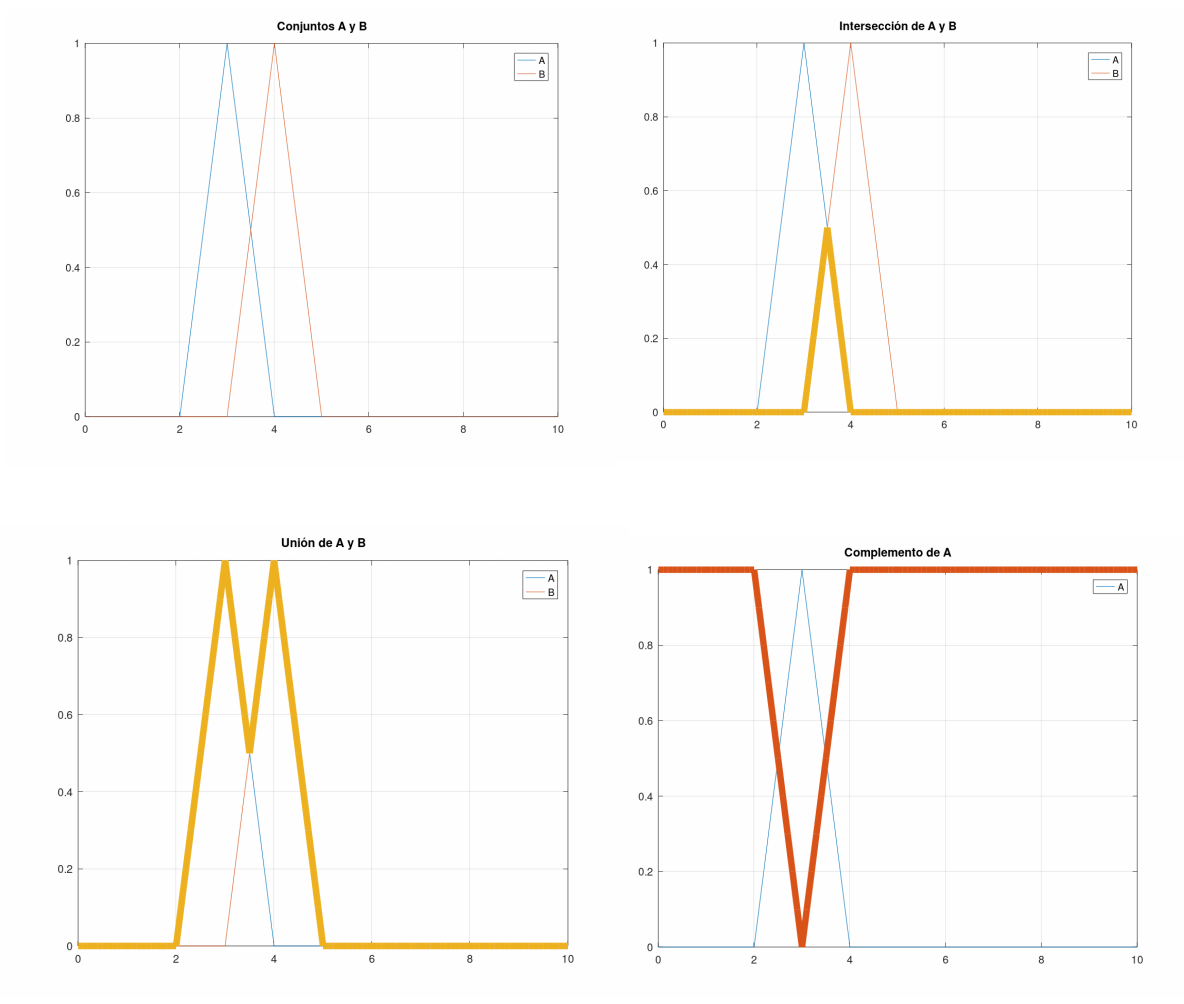
figure(1)
plot(x,A,x,B);grid;
legend('A','B','location','northeast')
title('Conjuntos A y B')

figure(2)
plot(x,A,x,B); hold on;grid;
legend('A','B','location','northeast')
title('Intersección de A y B')
h=plot(x,FuzzyAnd(A,B)); set(h,'linewidth',6);
hold off

figure(3)
plot(x,A,x,B); hold on;grid;
legend('A','B','location','northeast')
title('Unión de A y B')
h=plot(x,FuzzyOr(A,B)); set(h,'linewidth',6);
hold off

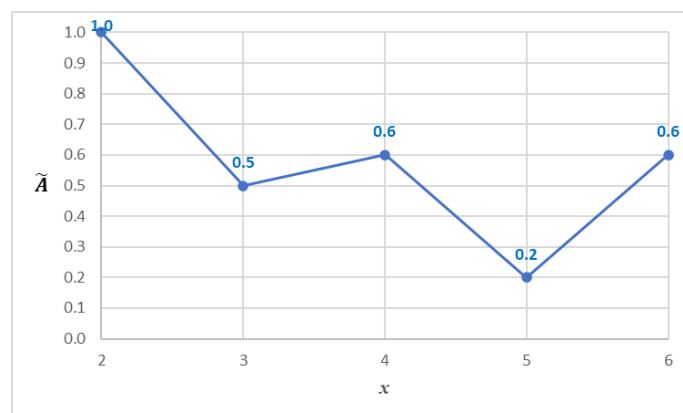
figure (4)
plot(x,A);hold on;grid;
legend('A','location','northeast')
title('Complemento de A')
h=plot(x,Comp(A));set(h,'linewidth',6);
```

¹ Sivanandam, S.N., Sumathi, S; y Deepa, S.N. Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007

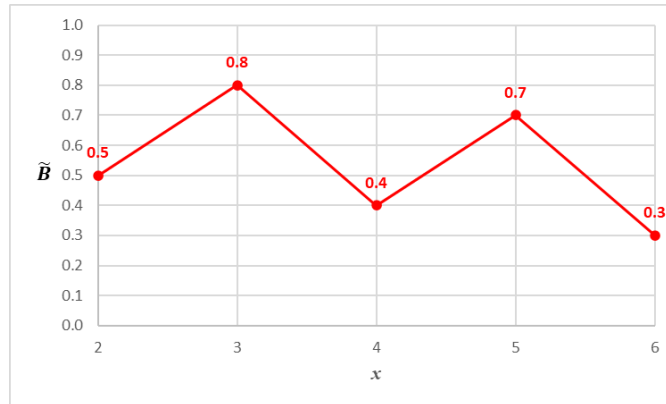


Ejemplo 2. Considerar dos conjuntos difusos \tilde{A} y \tilde{B} encontrar el complemento, la unión, intersección, diferencia y la ley de De Morgan.

$$\tilde{A} = \left\{ \frac{1}{2} + \frac{0.5}{3} + \frac{0.6}{4} + \frac{0.2}{5} + \frac{0.6}{6} \right\},$$



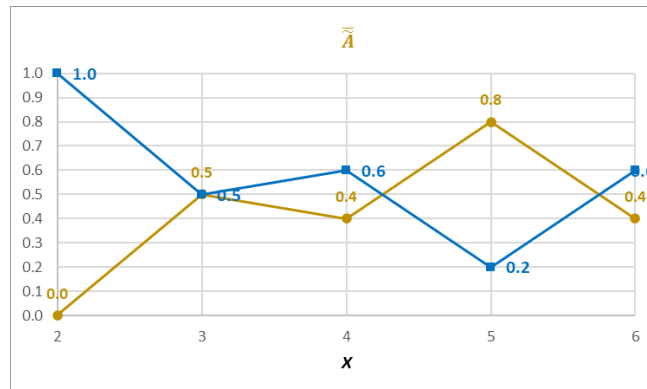
$$\tilde{B} = \left\{ \frac{0.5}{2} + \frac{0.8}{3} + \frac{0.4}{4} + \frac{0.7}{5} + \frac{0.3}{6} \right\}$$



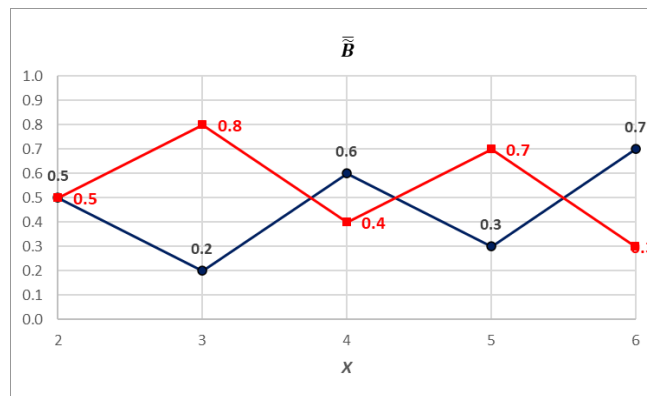
Solución.

- Complemento

$$\bar{\tilde{A}} = \left\{ \frac{0}{2} + \frac{0.5}{3} + \frac{0.4}{4} + \frac{0.8}{5} + \frac{0.4}{6} \right\},$$

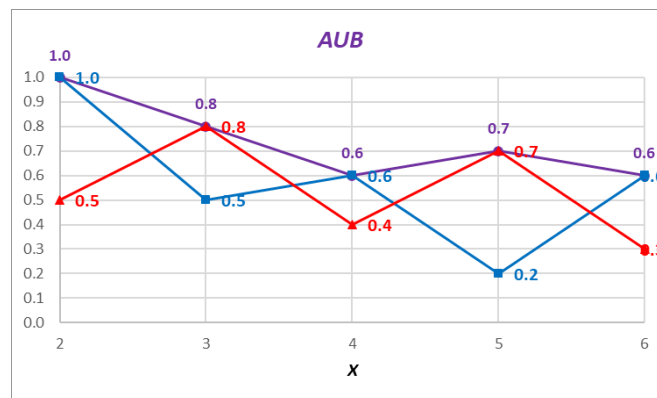


$$\bar{\tilde{B}} = \left\{ \frac{0.5}{2} + \frac{0.2}{3} + \frac{0.6}{4} + \frac{0.3}{5} + \frac{0.7}{6} \right\}$$



- Unión

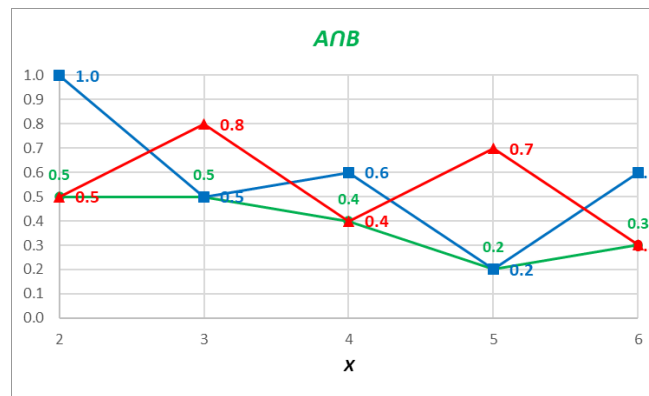
$$\tilde{A} \cup \tilde{B} = \left\{ \frac{1}{2} + \frac{0.8}{3} + \frac{0.6}{4} + \frac{0.7}{5} + \frac{0.6}{6} \right\}$$



La comparación de los valores de pertenencia y la escritura del máximo de los dos valores determinan la unión del conjunto difuso.

- Intersección

$$\tilde{A} \cap \tilde{B} = \left\{ \frac{0.5}{2} + \frac{0.5}{3} + \frac{0.4}{4} + \frac{0.2}{5} + \frac{0.3}{6} \right\}$$



La comparación de los valores de pertenencia y la escritura del mínimo de los dos valores determinan la intersección del conjunto difuso.

- Diferencia

$$\tilde{A}/\tilde{B} = \tilde{A} \cap \tilde{B} = \left\{ \frac{0.5}{2} + \frac{0.2}{3} + \frac{0.6}{4} + \frac{0.2}{5} + \frac{0.6}{6} \right\}$$

$$\tilde{B}/\tilde{A} = \tilde{B} \cap \tilde{A} = \left\{ \frac{0}{2} + \frac{0.5}{3} + \frac{0.4}{4} + \frac{0.7}{5} + \frac{0.3}{6} \right\}$$

- Leyes de Morgan

$$\overline{\tilde{A} \cup \tilde{B}} = \tilde{A} \cap \tilde{B} = \left\{ \frac{0}{2} + \frac{0.2}{3} + \frac{0.4}{4} + \frac{0.3}{5} + \frac{0.4}{6} \right\}$$

$$\overline{\tilde{A} \cap \tilde{B}} = \tilde{A} \cup \tilde{B} = \left\{ \frac{0.5}{2} + \frac{0.5}{3} + \frac{0.6}{4} + \frac{0.8}{5} + \frac{0.7}{6} \right\}$$

- En Octave -En la carpeta C:/Fuzzy Sets/2022 tengo las funciones de operaciones con conjuntos:-

```
% Programa para calcular Intersección, Unión y Complemento de dos conjuntos difusos
% 27 de diciembre del 2020.
% Ejemplos_1.m
%
```

```
clear all; close all; clc;
% Lee los datos de una hoja en Excel
pkg load io;
A=xlsread('Libro1.xlsx','Hoja1','A1:E1');
B=xlsread('Libro1.xlsx','Hoja1','A2:E2');
x=xlsread('Libro1.xlsx','Hoja1','A3:E3');
figure(1) % Gráfica de los conjuntos A y B;
disp("A es");disp(A);disp("");
disp("B es");disp(B);disp("");
disp("x es");disp(x);disp("");
plot(x,A,x,B);grid;
legend('A','B','location','northeast')
title('Conjuntos A y B')
```

```
figure(2) % Gráfica de la intersección de A y B;
disp("Intersección de A y B es");disp(FuzzyAnd(A,B));disp("");
plot(x,A,x,B); hold on;grid;
axis([min(x) max(x) 0 1]);
legend('A','B','location','northeast')
title('Intersección de A y B')
```

```

h=plot(x,FuzzyAnd(A,B)); set(h,'linewidth',6);
hold off

figure(3)    % Gráfica de la unión de A y B;
disp("Unión de A y B es");disp(FuzzyOr(A,B));disp("");
plot(x,A,x,B); hold on;grid;
axis([min(x) max(x) 0 1]);
legend('A','B','location','northeast')
title('Unión de A y B')
h=plot(x,FuzzyOr(A,B)); set(h,'linewidth',6);
hold off

figure (4)    % Gráfica del complemento de A;
disp("Complemento de A es");disp(Comp(A));disp("");
plot(x,A);hold on;grid;
axis([min(x) max(x) 0 1]);
legend('A','location','northeast')
title('Complemento de A')
h=plot(x,Comp(A));set(h,'linewidth',6);
hold off

figure (5)    % Gráfica del complemento de B;
disp("Complemento de B es");disp(Comp(B));disp("");
plot(x,B);hold on;grid;
axis([min(x) max(x) 0 1]);
legend('B','location','northeast')
title('Complemento de B')
h=plot(x,Comp(B));set(h,'linewidth',6);
hold off

figure(6)    % Gráfica de la diferencia de A/B;
disp("Diferencia A/B es");disp(Comp(FuzzyOr(A,B)));disp("");
plot(x,A,x,B); hold on;grid;
axis([min(x) max(x) 0 1]);
legend('A','B','location','northeast')
title('Diferencia A/B')
h=plot(x,Comp(FuzzyOr(A,B))); set(h,'linewidth',6);
hold off

figure(7)    % Gráfica de la diferencia de A/B;
disp("Diferencia B/A es");disp(Comp(FuzzyAnd(A,B)));disp("");
plot(x,A,x,B); hold on;grid;
axis([min(x) max(x) 0 1]);
legend('A','B','location','northeast')
title('Diferencia B/A')
h=plot(x,Comp(FuzzyAnd(A,B))); set(h,'linewidth',6);
hold off

disp("Leyes de De Morgan:");disp("");
disp("Complemento de la unión de dos conjuntos difusos = ");
disp(" Intersección de los complementos de ambos conjuntos difusos:");
disp(Comp(FuzzyOr(A,B)));
disp(FuzzyAnd(Comp(A),Comp(B)));
disp("Complemento de la intersección de dos conjuntos difusos = ");
disp(" Unión de los complementos de ambos conjuntos difusos:");
disp(Comp(FuzzyAnd(A,B)));
disp(FuzzyOr(Comp(A),Comp(B)))

```

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	1	0.5	0.6	0.2	0.6								
2	0.5	0.8	0.4	0.7	0.3								
3	2	3	4	5	6								

```

14 A=xlsread('Libro1.xlsx','Hoja1','A1:E1');
15 B=xlsread('Libro1.xlsx','Hoja1','A2:E2');
16 x=xlsread('Libro1.xlsx','Hoja1','A3:E3');

```

```
>> Ejemplos_1
```

A es

```
1.00000 0.50000 0.60000 0.20000 0.60000
```

B es

```
0.50000 0.80000 0.40000 0.70000 0.30000
```

x es

```
2 3 4 5 6
```

Intersección de A y B es

```
0.50000 0.50000 0.40000 0.20000 0.30000
```

Unión de A y B es

```
1.00000 0.80000 0.60000 0.70000 0.60000
```

Complemento de A es

```
0.00000 0.50000 0.40000 0.80000 0.40000
```

Complemento de B es

```
0.50000 0.20000 0.60000 0.30000 0.70000
```

Diferencia A/B es

```
0.00000 0.20000 0.40000 0.30000 0.40000
```

Diferencia B/A es

```
0.50000 0.50000 0.60000 0.80000 0.70000
```

Leyes de De Morgan:

Complemento de la unión de dos conjuntos difusos =

Intersección de los complementos de ambos conjuntos difusos:

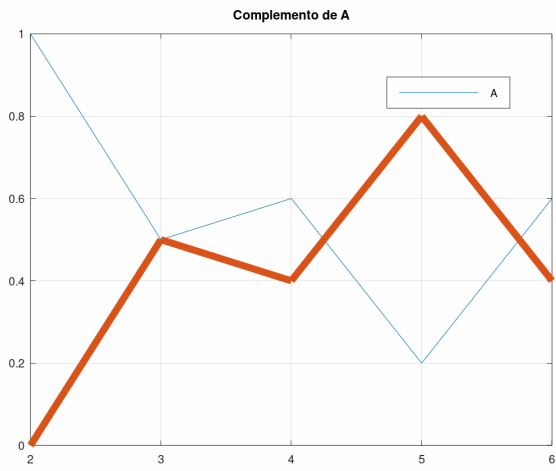
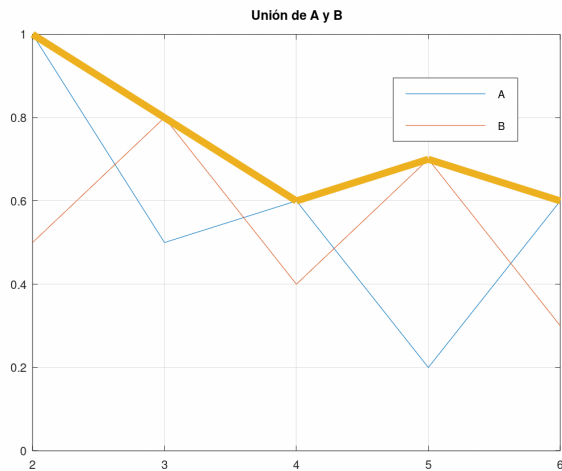
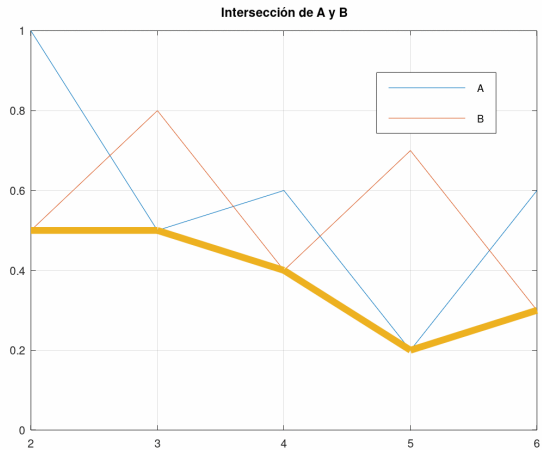
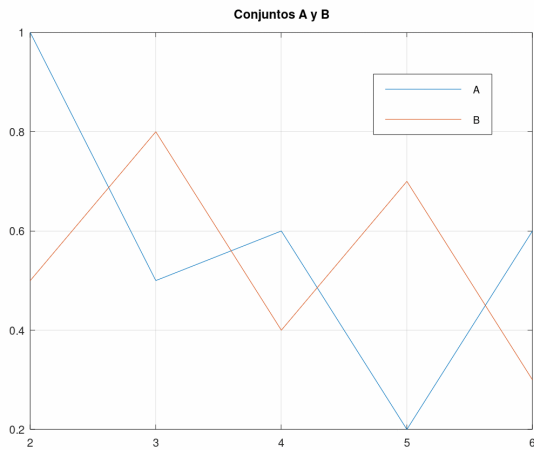
```
0.00000 0.20000 0.40000 0.30000 0.40000
```

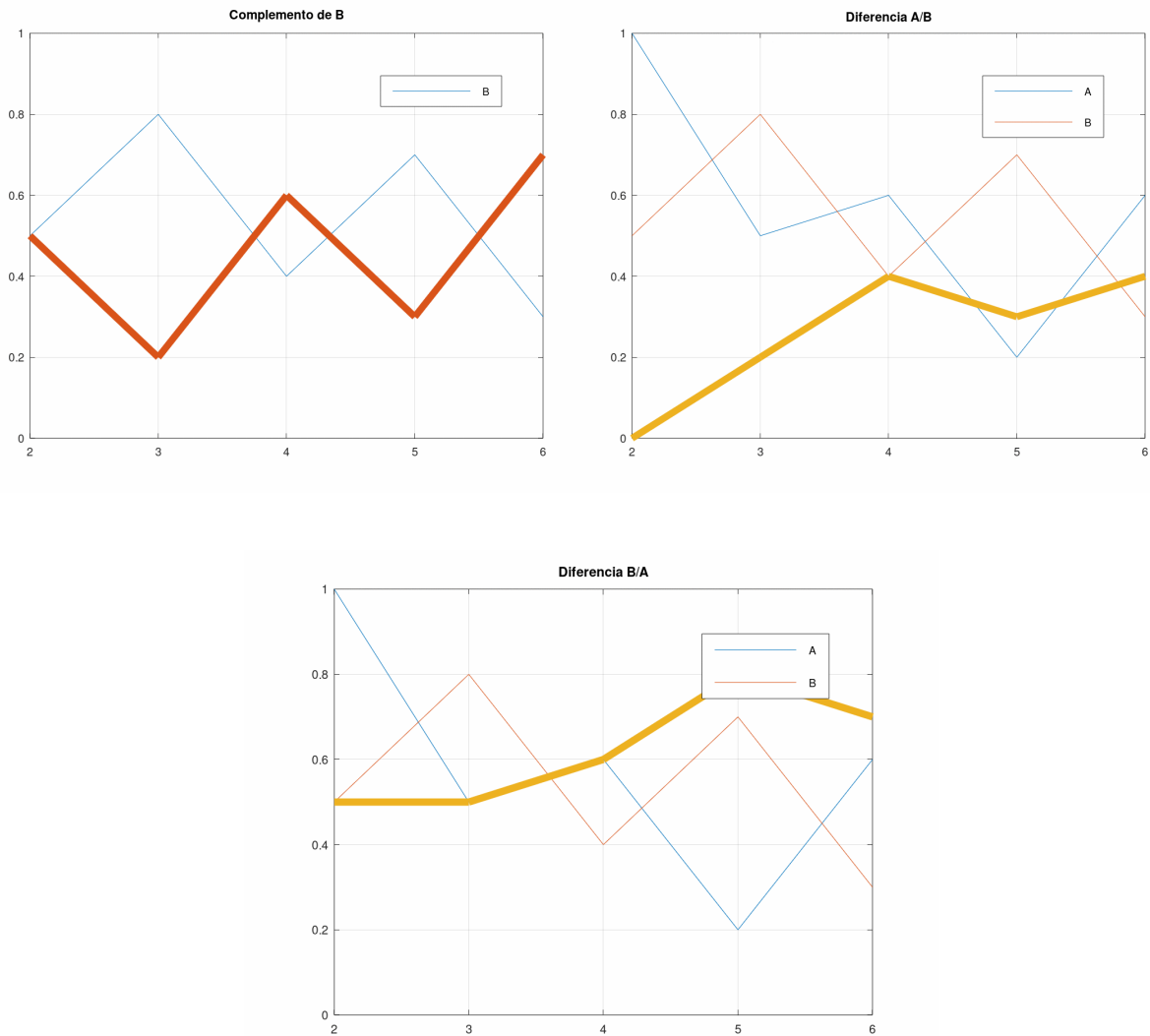
```
0.00000 0.20000 0.40000 0.30000 0.40000
```

Complemento de la intersección de dos conjuntos difusos =

Unión de los complementos de ambos conjuntos difusos:

```
0.50000 0.50000 0.60000 0.80000 0.70000
0.50000 0.50000 0.60000 0.80000 0.70000
>>
```





Ejemplo 3. Queremos comparar dos sensores en función de sus niveles de detección y configuración de ganancia. La siguiente tabla de configuraciones de ganancia y niveles de detección de sensores con un elemento estándar que se está monitoreando proporciona valores de membresía *típicos* para representar los niveles de detección para cada uno de los sensores.

Ajuste de ganancia	Sensor 1 Niveles de detección	Sensor 2 Niveles de detección
0	0.00	0.00
20	0.50	0.35
40	0.65	0.50
60	0.85	0.75
80	1.00	0.90
100	1.00	1.00

El universo del discurso es $X = \{0, 20, 40, 60, 80, 100\}$. Encuentre la función de membresía para los dos sensores: Busque las siguientes funciones de membresía usando operaciones de conjunto estándar:

$$(a) \mu_{\tilde{S}_1}(x) \cup \mu_{\tilde{S}_2}(x) \quad (b) \mu_{\tilde{S}_1}(x) \cap \mu_{\tilde{S}_2}(x)$$

$$(c) \mu_{\tilde{S}_1}(x) \quad (d) \mu_{\tilde{S}_2}(x)$$

$$(e) \mu_{\tilde{S}_1 \cup \tilde{S}_1}(x) \quad (f) \mu_{\tilde{S}_1 \cap \tilde{S}_1}(x)$$

$$(g) \mu_{\tilde{S}_1 \cup \tilde{S}_1}(x) \quad (h) \mu_{\tilde{S}_2 \cup \tilde{S}_2}(x)$$

Solución.

$$\tilde{S}_1 = \left\{ \frac{0.5}{20} + \frac{0.65}{40} + \frac{0.85}{60} + \frac{1}{80} + \frac{1}{100} \right\}$$

$$\tilde{S}_2 = \left\{ \frac{0.35}{20} + \frac{0.5}{40} + \frac{0.75}{60} + \frac{0.9}{80} + \frac{1}{100} \right\}$$

$$(a) \mu_{\tilde{S}_1}(x) \cup \mu_{\tilde{S}_2}(x) = \mu_{\tilde{S}_1}(x) \vee \mu_{\tilde{S}_2}(x) = \left\{ \frac{0.5}{20} + \frac{0.65}{40} + \frac{0.85}{60} + \frac{1}{80} + \frac{1}{100} \right\}$$

$$(b) \mu_{\tilde{S}_1}(x) \cap \mu_{\tilde{S}_2}(x) = \mu_{\tilde{S}_1}(x) \wedge \mu_{\tilde{S}_2}(x) = \left\{ \frac{0.35}{20} + \frac{0.5}{40} + \frac{0.75}{60} + \frac{0.9}{80} + \frac{1}{100} \right\}$$

$$(c) \mu_{\tilde{S}_1}(x) = \left\{ \frac{0.5}{20} + \frac{0.35}{40} + \frac{0.15}{60} + \frac{0}{80} + \frac{0}{100} \right\}$$

$$(d) \mu_{\tilde{S}_2}(x) = \left\{ \frac{0.65}{20} + \frac{0.5}{40} + \frac{0.25}{60} + \frac{0.1}{80} + \frac{0}{100} \right\}$$

$$(e) \mu_{\tilde{S}_1 \cup \tilde{S}_1}(x) = \mu_{\tilde{S}_1 \cap \tilde{S}_1} = \mu_{\tilde{S}_1}(x) \wedge \mu_{\tilde{S}_1}(x) = \left\{ \frac{0.5}{20} + \frac{0.35}{40} + \frac{0.15}{60} + \frac{0}{80} + \frac{0}{100} \right\}$$

$$(f) \mu_{\tilde{S}_1 \cap \tilde{S}_1}(x) = \mu_{\tilde{S}_1 \cup \tilde{S}_1} = \mu_{\tilde{S}_1}(x) \vee \mu_{\tilde{S}_1}(x) = \left\{ \frac{0.5}{20} + \frac{0.35}{40} + \frac{0.15}{60} + \frac{0}{80} + \frac{0}{100} \right\}$$

$$(g) \mu_{\tilde{S}_1 \cup \tilde{S}_1}(x) = \mu_{S_1}(x) \vee \mu_{\tilde{S}_1}(x) = \left\{ \frac{0.5}{20} + \frac{0.65}{40} + \frac{0.85}{60} + \frac{1}{80} + \frac{1}{100} \right\}$$

$$(g) \mu_{\tilde{S}_2 \cup \tilde{S}_2}(x) = \mu_{S_1}(x) \wedge \mu_{\tilde{S}_1}(x) = \left\{ \frac{0.5}{20} + \frac{0.35}{40} + \frac{0.15}{60} + \frac{0}{80} + \frac{0}{100} \right\}$$

Usando código Octave,

```
% Calcula la unión de dos conjuntos difusos
%
function[uni]=FuzzyOr(A,B)
```

```

    uni=max(A,B);
end;

% Calcula la unión de dos conjuntos difusos
%
function[interseccion]=FuzzyAnd(A,B)
    interseccion=min(A,B);
end;

% Calcula la unión de dos conjuntos difusos
%
function[complemento]=Comp(A)
    [m,n]=size(A);
    complemento=ones(m)-A;
end;

```

Ventana de comandos:

```

>> A=[0.5 0.65 0.85 1.00 1.00];
>> B=[0.35 0.50 0.75 0.90 1.00];
>> FuzzyOr(A,B)
ans =

    0.50000    0.65000    0.85000    1.00000    1.00000

>> FuzzyAnd(A,B)
ans =

    0.35000    0.50000    0.75000    0.90000    1.00000

>> Comp(A)
ans =

    0.50000    0.35000    0.15000    0.00000    0.00000

>> Comp(B)
ans =

    0.65000    0.50000    0.25000    0.10000    0.00000

>> FuzzyAnd(Comp(A),Comp(B))
ans =

    0.50000    0.35000    0.15000    0.00000    0.00000

>> FuzzyAnd(Comp(A),Comp(A))
ans =

    0.50000    0.35000    0.15000    0.00000    0.00000

>> FuzzyOr(A,Comp(A))
ans =

    0.50000    0.65000    0.85000    1.00000    1.00000

>> FuzzyAnd(A,Comp(A))
ans =

    0.50000    0.35000    0.15000    0.00000    0.00000

>>

```

Ejemplo 4. Para los conjuntos difusos dados

$$\tilde{A} = \left\{ \frac{1}{1.0} + \frac{0.65}{1.5} + \frac{0.4}{1} + \frac{0.35}{2.5} + \frac{0}{3.0} \right\}$$

$$\tilde{B} = \left\{ \frac{0}{1.0} + \frac{0.25}{1.5} + \frac{0.6}{1} + \frac{0.25}{2.5} + 1 \right\}$$

$$\tilde{C} = \left\{ \frac{0.5}{1.0} + \frac{0.25}{1.5} + \frac{0}{1} + \frac{0.25}{2.5} + \frac{0.5}{3.0} \right\}$$

Demuestre la propiedad de asociatividad y distributiva para los conjuntos dados anteriormente.

Solución.

Usando código de Octave,

1. Propiedad asociativa: $\tilde{A} \cup (\tilde{B} \cup \tilde{C}) = (\tilde{A} \cup \tilde{B}) \cup \tilde{C}$

Ventana de comandos de Octave,

```
>> A=[1 0.65 0.4 0.35 0];
>> B=[0 0.25 0.6 0.25 1];
>> C=[0.5 0.25 0 0.25 0.5];
>> D=FuzzyOr(B,C)
D =

    0.50000    0.25000    0.60000    0.25000    1.00000

>> Mizq=FuzzyOr(A,D)
ans =

    1.00000    0.65000    0.60000    0.35000    1.00000

>> D=FuzzyOr(A,B)
D =

    1.00000    0.65000    0.60000    0.35000    1.00000

>> Mder=FuzzyOr(D,C)
ans =

    1.00000    0.65000    0.60000    0.35000    1.00000

>>
```

2. Propiedad distributiva: $(\tilde{A} \cap (\tilde{B} \cup \tilde{C})) = (\tilde{A} \cap \tilde{B}) \cup (\tilde{A} \cap \tilde{C})$

```
>> D=FuzzyOr(B,C)
D =

    0.50000    0.25000    0.60000    0.25000    1.00000

>> Mizq=FuzzyAnd(A,D)
Mizq =

    0.50000    0.25000    0.40000    0.25000    0.00000
```

```
>> D=FuzzyAnd(A,B)
D =

    0.00000    0.25000    0.40000    0.25000    0.00000

>> E=FuzzyAnd(A,C)
E =

    0.50000    0.25000    0.00000    0.25000    0.00000

>> Mder=FuzzyOr(D,E)
Mder =

    0.50000    0.25000    0.40000    0.25000    0.00000

>>
```

Ejemplo 5. Considerar los siguientes conjuntos difusos

$$A = \left\{ \frac{1}{2} + \frac{0.5}{3} + \frac{0.3}{4} + \frac{0.2}{5} \right\}$$

$$B = \left\{ \frac{0.5}{2} + \frac{0.7}{3} + \frac{0.2}{4} + \frac{0.4}{5} \right\}$$

Calcular, $A \cup B$, $A \cap B$, \bar{A} , \bar{B} con un programa en Octave.

Solución.

Ventana de comandos de Octave,

```
>> A=[1 0.5 0.2 0.3];
>> B=[0.5 0.7 0.2 0.4];
>> FuzzyOr(A,B)
ans =

    1.00000    0.70000    0.20000    0.40000

>> FuzzyAnd(A,B)
ans =

    0.50000    0.50000    0.20000    0.30000

>> Comp(A)
ans =

    0.00000    0.50000    0.80000    0.70000

>> Comp(B)
ans =

    0.50000    0.30000    0.80000    0.60000

>>
```

Ejemplo 6. Considerar los siguientes conjuntos difusos

$$A = \left\{ \frac{0.1}{2} + \frac{0.6}{3} + \frac{0.4}{4} + \frac{0.3}{5} + \frac{0.8}{6} \right\}$$

$$B = \left\{ \frac{0.5}{2} + \frac{0.8}{3} + \frac{0.4}{4} + \frac{0.6}{5} + \frac{0.4}{6} \right\}$$

Calcular, $A \cup \bar{B}$ (diferencia), $B \cap \bar{A}$, con un programa en Octave.

Solución.

```
>> A=[0.1 0.6 0.4 0.3 0.8];
>> B=[0.5 0.8 0.4 0.6 0.4];
>> FuzzyAnd(A,Comp(B))
ans =

    0.10000    0.20000    0.40000    0.30000    0.60000

>> FuzzyAnd(B,Comp(A))
ans =

    0.50000    0.40000    0.40000    0.60000    0.20000

>>
```

Ejemplo 7. Considerar los siguientes conjuntos difusos,

$$A = \left\{ \frac{0.8}{10} + \frac{0.3}{15} + \frac{0.6}{20} + \frac{0.2}{25} \right\}$$

$$B = \left\{ \frac{0.4}{10} + \frac{0.2}{15} + \frac{0.9}{20} + \frac{0.1}{25} \right\}$$

Calcular las leyes de De Morgan $\overline{A \cup B} = \bar{A} \cap \bar{B}$ y $\overline{A \cap B} = \bar{A} \cup \bar{B}$ usando un programa en Octave.

Solución.

```
>> A=[0.8 0.3 0.6 0.2];
>> B=[0.4 0.2 0.9 0.1];
>> Mizq=Comp(FuzzyOr(A,B))
ans =

    0.20000    0.70000    0.10000    0.80000

>> Mder=FuzzyAnd(Comp(A),Comp(B))
ans =

    0.20000    0.70000    0.10000    0.80000

>> Mizq=Comp(FuzzyAnd(A,B))
```

```

ans =

    0.60000    0.80000    0.40000    0.90000

>> Mder=FuzzyOr (Comp (A) , Comp (B) )
ans =

    0.60000    0.80000    0.40000    0.90000

>>

```

Resumen

Este capítulo ha descrito los diferentes métodos para obtener las funciones de pertenencia. Todo el funcionamiento del sistema difuso se basa en la formación de las funciones de pertenencia. El sentido del razonamiento es muy importante en la formación de las funciones de membresía. La inferencia y los conjuntos difusos angulares se basan en las características angulares. En el caso de las redes neuronales y los métodos de razonamiento, las membresías se sintonizan de forma cíclica y se asocian con la estructura de reglas. En algoritmos genéticos se han realizado mejoras para lograr la solución óptima. Por tanto, utilizando cualquiera de los métodos discutidos anteriormente, se puede formar la función de pertenencia.

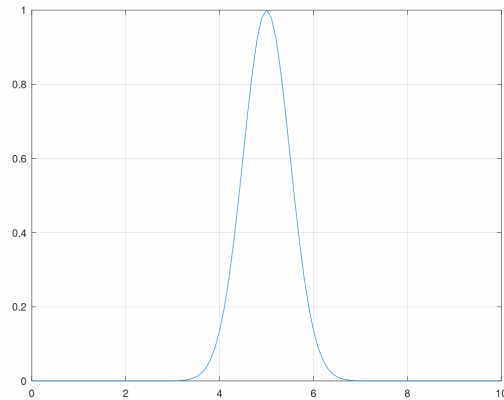
Ejemplo 1². Utilice los comandos de la línea de comandos de Octave para mostrar la función de pertenencia gaussiana. Dado $x = 0-10$ con un incremento de 0.1 y la función gaussiana se define entre 0.5 y -5.

```

>> pkg load fuzzy-logic-toolkit
>> x=[0:0.1:10];
>> y1=gaussmf(x,[0.5 5]);
>> plot(x,[y1])
>> grid
>>

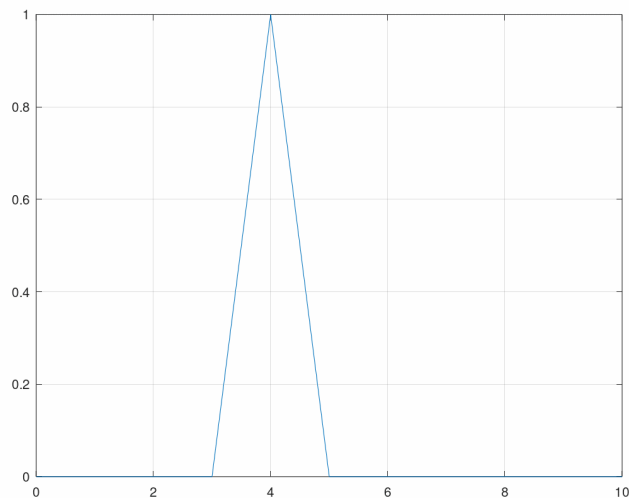
```

² Sivanandam, S.N., Sumathi, S: y Deepa, S.N. Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007



Ejemplo 2. Utilice los comandos de la línea de comandos de Octave para mostrar la función de pertenencia triangular. Dado $x = 0-10$ con un incremento de 0.2, la función de pertenencia triangular se define entre [3 4 5]

```
>> x=[0:0.2:10];
>> y1=trimf(x,[3 4 5]);
>> plot(x,y1); grid;
>>
```



Ejemplo 3. Ilustrar diferentes tipos de funciones generalizadas de membresía de campana usando el programa Octave

```
% Illustration of different generalized bell MFs
clear; clc;
# Cargar pkg load fuzzy-logic-toolkit;
x = (-10:0.4:10);
b = 2; c = 0;
mf1 = gbellmf(x, [2, b, c]);
mf2 = gbellmf(x, [4, b, c]);
```



```

mf3 = gbellmf(x, [6, b, c]);
%mf = [mf1 mf2 mf3];
subplot(2,2,1); plot(x, mf1); hold on; plot(x, mf2);plot(x, mf3);title('(a) Changing "a"');grid;
axis([-inf inf 0 1.2]);
a = 5;c = 0;
mf1 = gbellmf(x, [a, 1, c]);
mf2 = gbellmf(x, [a, 2, c]);
mf3 = gbellmf(x, [a, 4, c]);
%mf = [mf1 mf2 mf3];
subplot(2,2,2); plot(x, mf1); hold on; plot(x, mf2);plot(x, mf3);title('(b) Changing "b"'); grid;
axis([-inf inf 0 1.2]);
a = 5;b = 2;
mf1 = gbellmf(x, [a, b, -5]);
mf2 = gbellmf(x, [a, b, 0]);
mf3 = gbellmf(x, [a, b, 5]);
%mf = [mf1 mf2 mf3];
subplot(2,2,3); plot(x, mf1); hold on; plot(x, mf2);plot(x, mf3);title('(c) Changing "c"');grid;
axis([-inf inf 0 1.2]);
c = 0;
mf1 = gbellmf(x, [4, 4, c]);
mf2 = gbellmf(x, [6, 6, c]);
mf3 = gbellmf(x, [8, 8, c]);
%mf = [mf1 mf2 mf3];
subplot(2,2,4); plot(x, mf1); hold on; plot(x, mf2);plot(x, mf3);title('(d) Changing "a" and "b"'); grid;
axis([-inf inf 0 1.2]);

```

