

Análisis del Tráfico Telefónico Rural en el Perú: 2006-2016

Este análisis de tráfico telefónico rural toma como base los datos oficiales publicados en la página web de indicadores estadísticos del OSIPTEL.

- <https://www.osiptel.gob.pe/documentos/8-indicadores-de-servicios-de-comunicaciones-rurales>

Limpiando el espacio de trabajo

```
clear all
```

A. Descarga de datos de tráfico telefónico rural

Esta información es de acceso público y está disponible para ser descargar de la página web de indicadores estadísticos del OSIPTEL.

```
% Fijamos url de origen para la descargar datos de trafico
url = ['https://www.osiptel.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/1/par/'...
      '84- trafico-anual-saliente-por-departamento-y-empr/'...
      '8.4_Trafico_anual_saliente_por_departamento.xlsx'];
% Fijamos ruta de destino local para guardar datos de trafico
filename = ['C:\Users\huber\Documents\git\telecom\rural\data\'...
           '8.4_Trafico_anual_saliente_por_departamento.xlsx'];
outfilename = websave(filename,url)
```

```
outfilename =
'C:\Users\huber\Documents\git\telecom\rural\data\8.4_Trafico_anual_saliente_por_departamento.xlsx'
```

B. Trafico anual saliente en minutos (T)

Esta información, la recuperamos del archivo descargado en el paso anterior(A) el cual tiene datos de trafico saliente en minutos en un periodo de 10 años (empezando el 2006).

```
% Configuramos la opcion lectura de hasta 13 variables (una variable por columna)
opts = spreadsheetImportOptions("NumVariables", 13);

% Configuramos el nombre de la pagina y el rango de datos (para recuperar los datos)
opts.Sheet = "Trafico Saliente";
opts.DataRange = "A3:M32";

% Importamos los datos de trafico rural en una variable temporal
tmp = readtable(filename, opts, "UseExcel", false);
% Quitamos la columna 2, que esta vacia en la variable temporal
tmp = removevars(tmp, 2);

% Guardamos información solo de trafico, quitamos informacion adicional
trafico = tmp(3:27,1:12);

% Guardamos información adicional de trafico
info{1} = string(table2cell(tmp(1,1)));
info{2} = string(table2cell(tmp(29,1)));
```

```
info{3} = string(table2cell(tmp(30,1)));

% Copiamos la fila 2, de la tabla temporal hacia las cabeceras de la tabla trafico
trafico.Properties.VariableNames=table2cell(tmp(2,:));

% Invertimos la tabla trafico, en base a departamentos
T = rows2vars(trafico,"VariableNamesSource","Departamento");
```

Warning: Table variable names were modified to make them valid MATLAB identifiers.

```
% Cambiamos el valor de la primera cabecera hacia "Año"
T.Properties.VariableNames(1)="Año";

% Cambiamos el tipo de string a double para los valores de trafico
for var=T.Properties.VariableNames(2:26)
    var=string(var);
    T.(var)=str2double(T.(var));
end

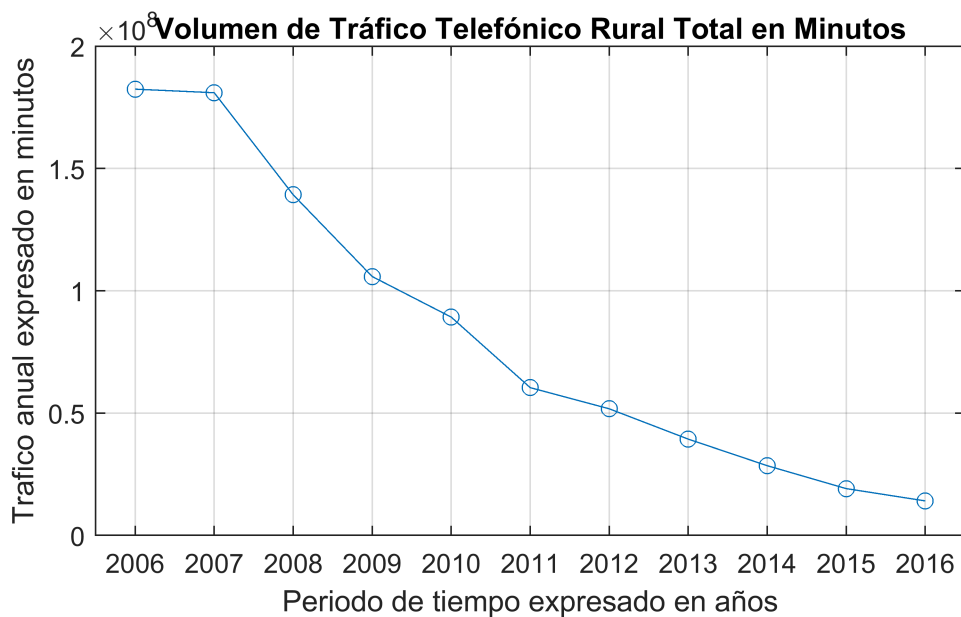
disp(T)
```

Año	AMAZONAS	ANCASH	APURIMAC	AREQUIPA	AYACUCHO	CAJAMARCA	CUSCO	HU
{'2006'}	6.8034e+06	1.2955e+07	6.5922e+06	9.2082e+06	1.0301e+07	1.2444e+07	1.2226e+07	3
{'2007'}	5.8948e+06	1.4198e+07	6.1429e+06	9.7208e+06	9.604e+06	1.061e+07	1.1749e+07	3
{'2008'}	5.4302e+06	1.0574e+07	4.497e+06	7.9014e+06	5.7692e+06	7.3837e+06	9.2865e+06	3
{'2009'}	4.7063e+06	7.9836e+06	3.3087e+06	6.6031e+06	4.2115e+06	5.6187e+06	6.7201e+06	2
{'2010'}	4.4163e+06	5.1137e+06	2.5189e+06	6.1666e+06	3.2365e+06	4.4917e+06	5.6235e+06	2
{'2011'}	3.2244e+06	2.8297e+06	1.536e+06	4.5013e+06	2.1955e+06	3.4971e+06	3.7005e+06	1
{'2012'}	2.864e+06	2.1869e+06	1.0979e+06	3.3589e+06	1.826e+06	2.66e+06	3.6959e+06	8
{'2013'}	1.938e+06	1.5715e+06	6.3981e+05	2.2006e+06	1.4895e+06	1.6021e+06	2.2862e+06	8
{'2014'}	1.8551e+06	9.9509e+05	4.2073e+05	1.2556e+06	9.004e+05	7.5861e+05	1.6668e+06	2
{'2015'}	1.4127e+06	6.8935e+05	2.5686e+05	7.4341e+05	5.6787e+05	3.2633e+05	9.3962e+05	2
{'2016'}	1.1059e+06	5.6745e+05	1.8568e+05	4.3168e+05	3.7517e+05	1.9862e+05	7.2366e+05	2

C. Volumen de tráfico telefónico rural total en minutos

```
% Cambiamos la columna Año al tipo categoria
T.("Año") = categorical(T.("Año"));

% Graficamos el tráfico total por año
figure
plot(T.("Año"),T.TotalPeru,'-o')
grid on
pbaspect([16 9 1])
title('Volumen de Tráfico Telefónico Rural Total en Minutos')
xlabel('Periodo de tiempo expresado en años')
ylabel('Trafico anual expresado en minutos')
```



```
% Mostramos la descripción de los datos
fprintf('%s\n%s\n%s',info{:})
```

Cuadro 8.4 Tráfico anual Saliente de teléfonos públicos rurales por departamento *

(*) Información anual del tráfico expresado en minutos de los Teléfonos Públicos Rurales de Telefónica del Perú S.A. No se consideraron los tráficos generados por los teléfonos públicos del proyecto Banda Ancha para localidades Aisladas.

D. Función de distribución de probabilidad para la duración promedio del tiempo de servicio

El número promedio de arribos λ y μ el intervalo de tiempo promedio entre dos arribos de llamadas. Es decir, $\mu=10$ para un intervalo promedio de llamadas de 6 minutos.

```
% Tiempo de servicio en minutos
tsmin=horzcat([1:5],[6:2:12],[15:3:21]);
% Convertimos tiempo en horas
ts=tsmin/60;
% Calculamos la tasa promedio de duración
mu=ts.^-1;
% Definimos el intervalo de tiempo de observación en minutos
tmin=[0:1:60];
% Convertimos el tiempo en minutos en horas
t=tmin/60;
% Configuramos la figura
figure
hold on
```

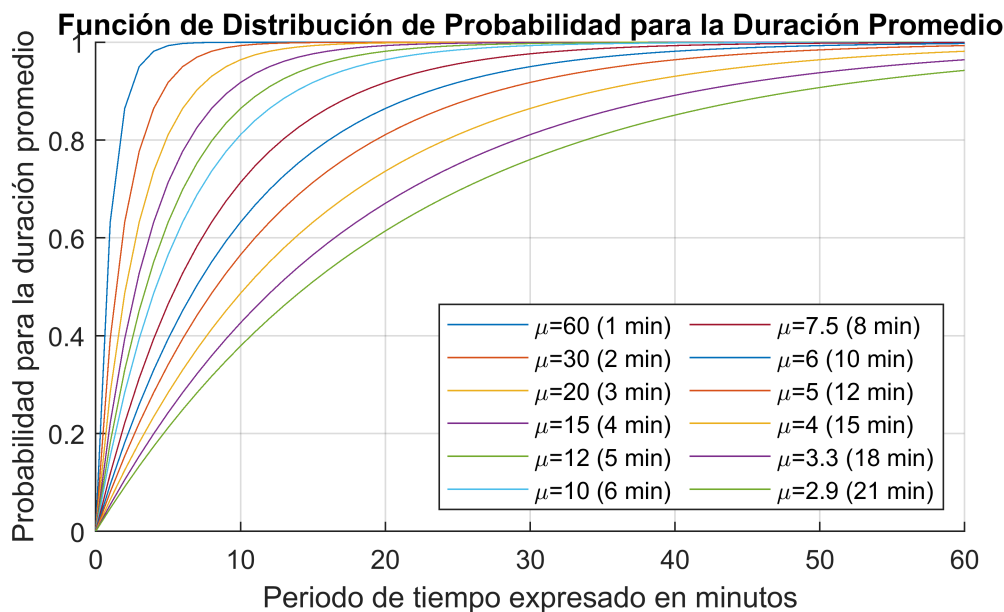
```

% Graficamos para cada tasa de duración
for i=1:length(mu)

    p=1-mu(i).^-1*exppdf(t,mu(i).^-1);
    %p=1-exp(1).^(-mu(i)*t); % equivalente
    plot(tmin,p)
    % Construimos data para la leyenda
    data{i}=['\mu='...
            num2str(mu(i),2)...
            ' ('...
            num2str(tmin(i),2)...
            ' min)'];
end

% Configuramos la leyenda del grafico
legend(data,'Location','southeast','NumColumns',2)
% Activamos la grilla
grid on
% Configuramos la relación de aspecto del grafico
pbaspect([16 9 1])
% Configuramos los detalles del grafico
title('Función de Distribución de Probabilidad para la Duración Promedio')
xlabel('Periodo de tiempo expresado en minutos')
ylabel('Probabilidad para la duración promedio')

```



E. Función de distribución de probabilidad para el promedio de arribo de llamadas

Esta definida por una distribucion del tipo poisson

```
% Consideramos la tasa de duración de llambada mu=10. Es decir, el tiempo
% promedio de servicio 6 minutos
ts=6;
mu=ts^-1;

% Convert categorical to double
anios=str2double(string(T("Año")));
amins=365*ones(1,length(anios));
% Calculamos los años bisiestos
for i=[1:length(anios)]
    anio=anios(i);
    if(mod(anio,4)==0 && mod(anio,100)~=0)
        amins(i)=amins(i)+1;
    end
end
amins=24*60*amins';

% Calculamos la tasa promedio de arribo de llambadas
lamb=mu.* T.TotalPeru./amins;

% Numero de arribos promedios en el tiempo
n=10;
% Definimos el intervalo de tiempo de observación en minutos
t=[0:.1:9];
% Configuramos la figura
figure
hold on
for i=1:length(lamb)
    % Extraemos el lamb correspondiente por cada año
    l=lamb(i);

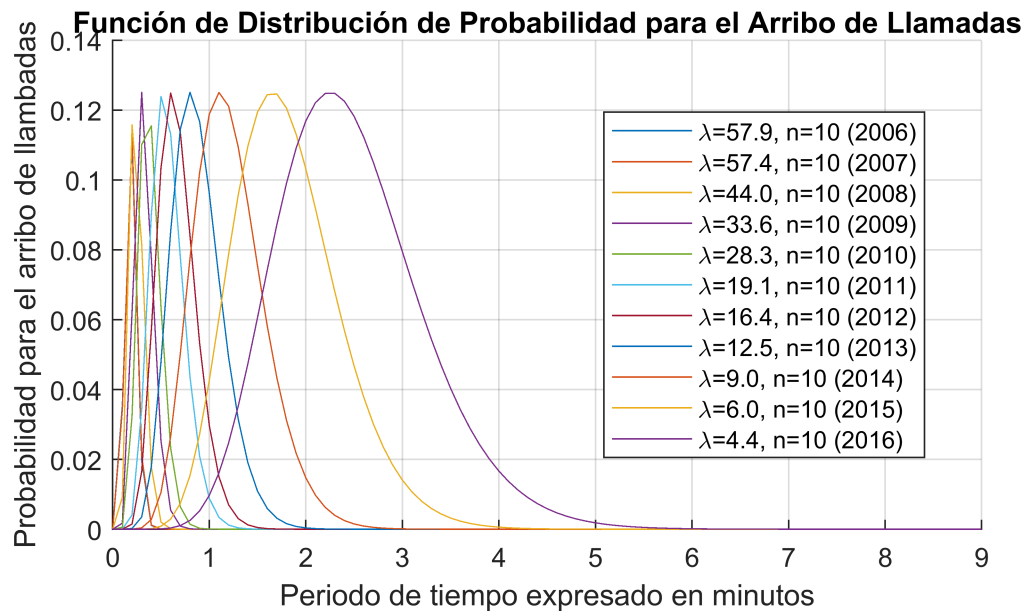
    p=poisspdf(n,l*t);

    %p=(exp(1).^(-l*t)).*((l*t).^n)./factorial(n); % equivalente
    % Construimos data para la leyenda
    plot(t,p)
    % Construimos data para la leyenda
    data{i}=['\lambda='...
        num2str(lamb(i),'%2.1f')...
        ', n='...
        num2str(n,'%0f')...
        ' ('...
        char(T("Año"))(i))...
        ')'];
end
% Configuramos la leyenda del grafico
legend(data,'Location','best','NumColumns',1)
```

Warning: Ignoring extra legend entries.

```
% Activamos la grilla
grid on
```

```
% Configuramos la relación de aspecto del grafico
pbaspect([16 9 1])
% Configuramos los detalles del grafico
title(['Función de Distribución de Probabilidad para el Arribo de Llamadas'])
xlabel('Periodo de tiempo expresado en minutos')
ylabel('Probabilidad para el arribo de llambadas')
```

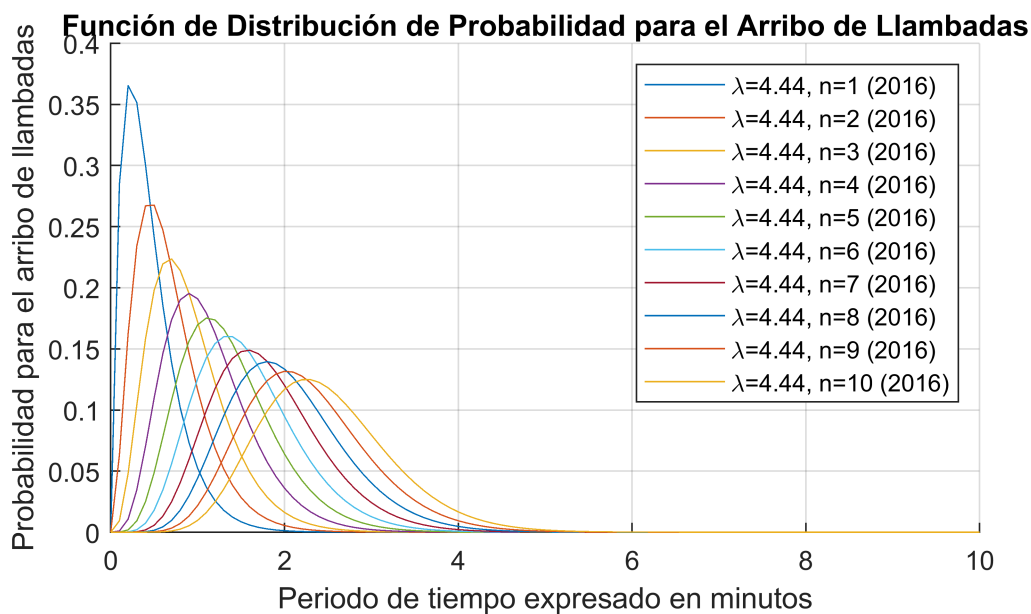


```
% Definimos el intervalo de tiempo de observación en minutos
t=[0:.1:10];
%
N=[1:1:10];
%
l=lamb(11);
% Configuramos la figura
figure
hold on
for n=1:length(N)
    p=poisspdf(n,l*t);
    plot(t,p)
    % Construimos data para la leyenda
    data{n}=['\lambda='...
        num2str(l,'%2.2f')...
        ', n='...
        num2str(n,'%0f')...
        ' ('...
        char(T.("Año")(11))...
        ')'];
end
```

```
% Configuramos la leyenda del grafico
legend(data,'Location','northeast','NumColumns',1)
```

Warning: Ignoring extra legend entries.

```
% Activamos la grilla
grid on
% Configuramos la relación de aspecto del grafico
pbaspect([16 9 1])
% Configuramos los detalles del grafico
title(['Función de Distribución de Probabilidad para el Arribo de Llambadas'])
xlabel('Periodo de tiempo expresado en minutos')
ylabel('Probabilidad para el arribo de llambadas')
```

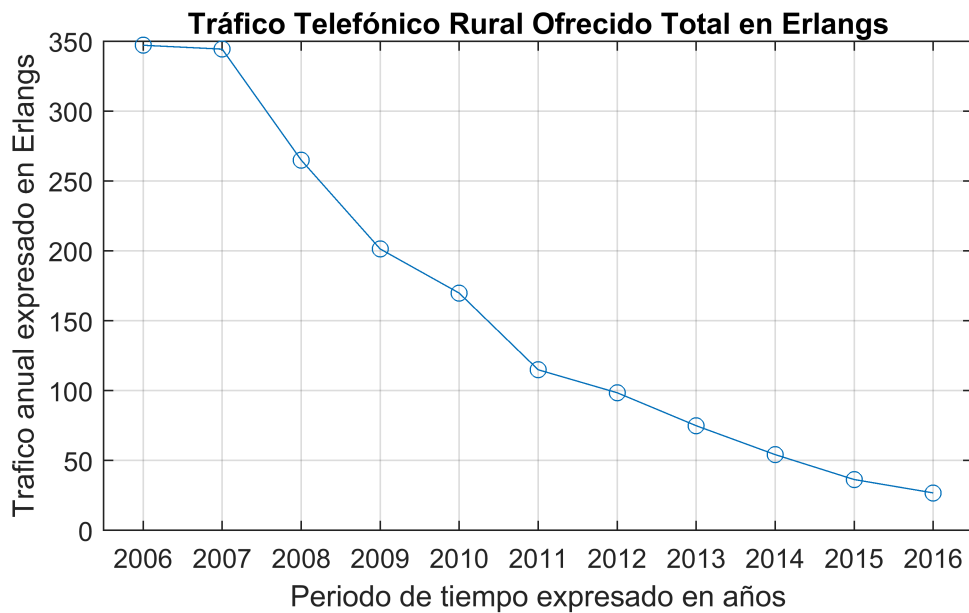


F. Trafico ofrecido en Erlangs

Esta definida por una distribucion del tipo exponecial

```
figure
A=T.TotalPeru./525600;
plot(T.("Año"),A, '-o')
grid on
pbaspect([16 9 1])
title('Tráfico Telefónico Rural Ofrecido Total en Erlangs')
xlabel('Periodo de tiempo expresado en años')
```

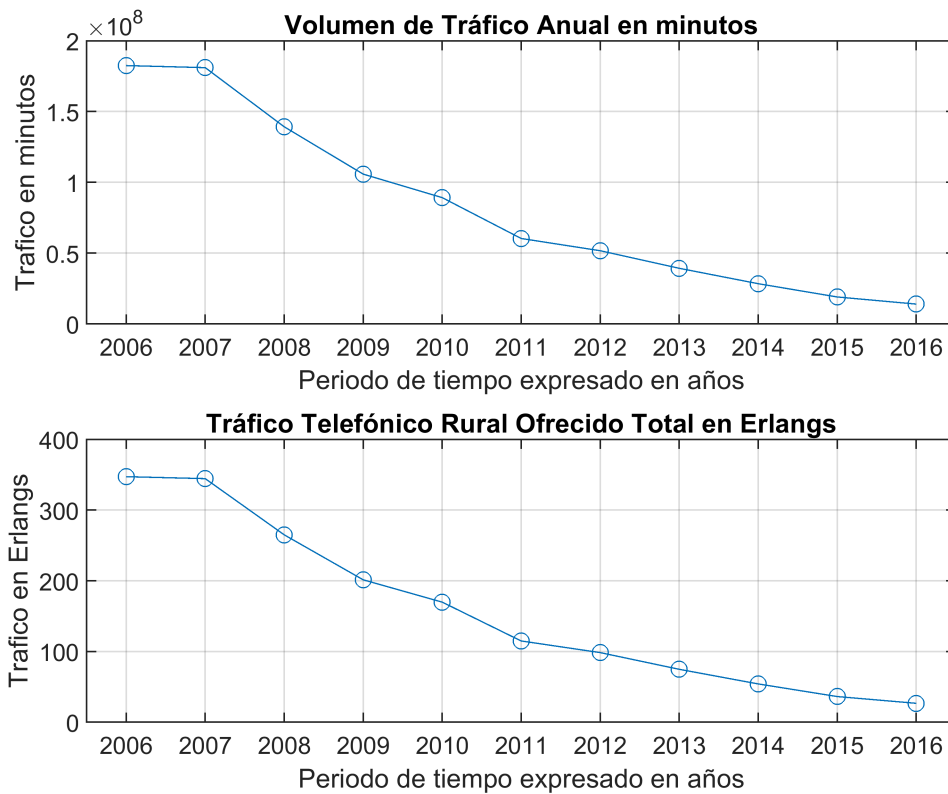
```
ylabel('Tráfico anual expresado en Erlangs')
```



F. Volumen de tráfico en minutos y Tráfico ofrecido en Erlangs

```
figure
subplot(2,1,1);
plot(T.("Año"),T.TotalPeru, '-o')
grid on
%pbaspect([16 9 1])
title('Volumen de Tráfico Anual en minutos')
xlabel('Periodo de tiempo expresado en años')
ylabel('Tráfico en minutos')

subplot(2,1,2);
A=T.TotalPeru./525600;
plot(T.("Año"),A, '-o')
grid on
%pbaspect([16 9 1])
title('Tráfico Telefónico Rural Ofrecido Total en Erlangs')
xlabel('Periodo de tiempo expresado en años')
ylabel('Tráfico en Erlangs')
```

G. Probabilidad de Arribos de Llamadas vs Tiempo y Lambda

```
% Consideramos la tasa de duración de llambada mu=10. Es decir, el tiempo
% promedio de servicio 6 minutos
ts=6;
mu=ts^-1;

% Calculamos la tasa promedio de arribo de llambadas
lamb=mu.* T.TotalPeru./amins;

% Numero de arribos promedios en el tiempo
n=10;
% Definimos el intervalo de tiempo de observación en minutos
temp=horzcat([0:.010:.5], [.5:.2:9]);
% Generamos la matriz de tiempo
tiempo=[];
for i=1:length(lamb)
    tiempo=horzcat(tiempo,temp');
end
% Generamos la matriz de lamb
lambda=[];
for i=1:length(temp)
    lambda=vertcat(lambda,lamb');
end
% Generamos la probabilidad de arribos
prob=[];
```

```

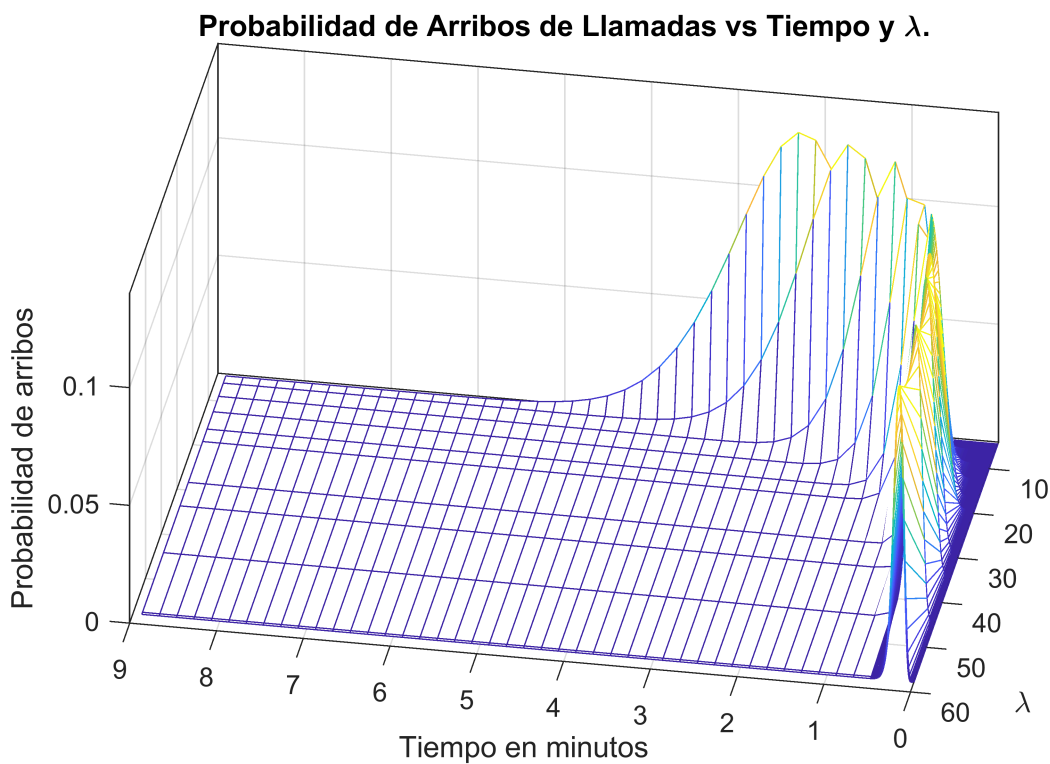
for t=1:length(temp)
    for l=1:length(lamb)
        prob(t,l)=poisspdf(n,lamb(t,l)*tiempo(t,l));
    end
end

% Create the 3D plot
figure
%plot3(tiempo, lambda, prob)
mesh(tiempo, lambda, prob)
%surf(tiempo, lambda, prob)
%surfc(tiempo, lambda, prob)
box on

pbaspect([25 16 12])
view([-170 30])
%view([-15 30])
axis([0 9 4 60 0 .14])
%shading interp

% Add title and axis labels
xlabel('Tiempo en minutos')
ylabel('\lambda')
zlabel('Probabilidad de arribos')
title('Probabilidad de Arribos de Llamadas vs Tiempo y \lambda.')

```



H. Probabilidad de Arribos de Llamadas vs Tiempo y Número de Arribos.

```

% Consideramos la tasa de duración de llambada mu=10. Es decir, el tiempo
% promedio de servicio 6 minutos
ts=6;
mu=ts^-1;
% Calculambos la tasa promedio de arribo de llambadas
lamb=mu.* T.TotalPeru./amins;

l=lamb(end);
% Numero de arribos promedios en el tiempo
nume=[1:1:10];
% Definimos el intervalo de tiempo de observación en minutos
temp=[0:.1:10];
% Generamos la matriz de tiempo
tiempo=[];
for i=1:length(nume)
    tiempo=horzcat(tiempo,temp');
end
% Generamos la matriz de numero de arribos
arribo=[];
for i=1:length(temp)
    arribo=vertcat(arribo,nume);
end
% Generamos la probabilidad de arribos
prob=[];
for t=1:length(temp)
    for n=1:length(nume)
        prob(t,n)=poisspdf(arribo(t,n),l*tiempo(t,n));
    end
end

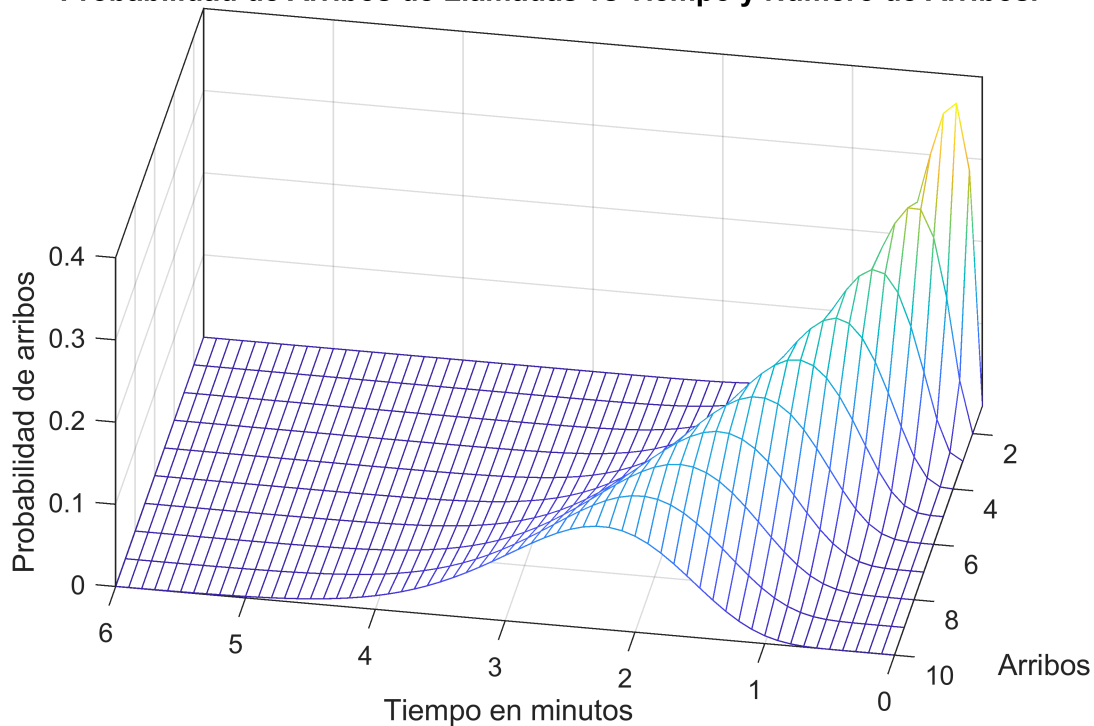
% Create the 3D plot
figure
%plot3(tiempo, arribo, prob)
mesh(tiempo, arribo, prob)
%surf(tiempo, arribo, prob)
%surfc(tiempo, arribo, prob)
box on

pbaspect([25 16 12])
%view([190 10])
%view([-15 30])
view([-170 30])
axis([0 6 1 10 0 .4])
shading interp

% Add title and axis labels
xlabel('Tiempo en minutos')
ylabel('Arribos')
zlabel('Probabilidad de arribos')
title('Probabilidad de Arribos de Llamadas vs Tiempo y Número de Arribos.')

```

Probabilidad de Arribos de Llamadas vs Tiempo y Número de Arribos.



I. Probabilidad de Arribos de Llamadas vs Lambda, Tiempo y Número de Arribos

```
% Consideramos la tasa de duración de llambada mu=10. Es decir, el tiempo
% promedio de servicio 6 minutos
ts=6;
mu=ts^-1;
% Calculamos la tasa promedio de arribo de llambadas
lamb=mu.* T.TotalPeru./amins;
% Numero de arribos promedios en el tiempo
narr=[1:1:10];
% Definimos el intervalo de tiempo de observación en minutos
temp=horzcat([0:.010:.5], [.5:.2:10]);
% Generamos la matriz de tiempo
[tiempo,lambda,arribo]=meshgrid(temp,lamb,narr);

prob=poisspdf(arribo,lambda.*tiempo);
figure

for n=1:1:length(narr)
    %surf(tiempo(:,:,n),lambda(:,:,n),arribo(:,:,n),prob(:,:,n))
    %surf(tiempo(:,:,n),arribo(:,:,n),lambda(:,:,n),prob(:,:,n))
    surf(arribo(:,:,n),tiempo(:,:,n),lambda(:,:,n),prob(:,:,n))
    %mesh(arribo(:,:,n),tiempo(:,:,n),lambda(:,:,n),prob(:,:,n))
    hold on
end
```

```

xlabel('Arribos')
ylabel('Tiempo en minutos')
zlabel('\lambda')
title('FDP de Arribos de Llamadas: Prob. vs \lambda, Tiempo y Número de Arribos.')

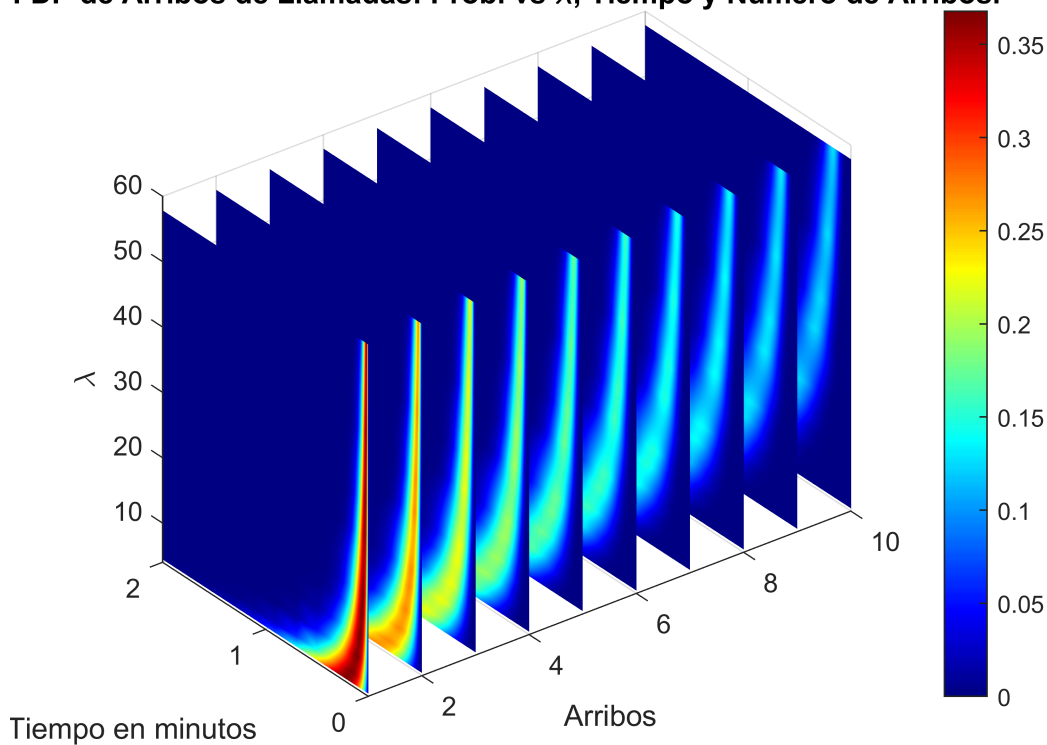
colormap jet
colorbar
shading interp

pbaspect([36 20 25])
axis([1 10 0 2 4 60])

hold off
grid on

```

FDP de Arribos de Llamadas: Prob. vs λ , Tiempo y Número de Arribos.



J. FDP para el promedio de arribo de llamadas, con n constante

```

figure
subplot(2,1,1);

% Consideramos la tasa de duración de llambada mu=10. Es decir, el tiempo
% promedio de servicio 6 minutos
ts=6;
mu=ts^-1;

% Convert categorical to double
anios=str2double(string(T("Año")));

```

```

amins=365*ones(1,length(anios));
% Calculamos los años bisiestos
for i=[1:length(anios)]
    anio=anios(i);
    if(mod(anio,4)==0 && mod(anio,100)~=0)
        amins(i)=amins(i)+1;
    end
end
amins=24*60*amins';

% Calculamos la tasa promedio de arribo de llamadas
lamb=mu.* T.TotalPeru./amins;

% Numero de arribos promedios en el tiempo
n=10;
% Definimos el intervalo de tiempo de observación en minutos
t=[0:.1:9];
% Configuramos la figura
figure
hold on
for i=1:length(lamb)
    % Extraemos el lamb correspondiente por cada año
    l=lamb(i);

    p=poisspdf(n,l*t);

    %p=(exp(1).^(-l*t)).*((l*t).^n)./factorial(n); % equivalente
    % Construimos data para la leyenda
    plot(t,p)
    % Construimos data para la leyenda
    data{i}=['\lambda='...
        num2str(lamb(i),'%2.1f')...
        ' ('...
        char(T("Año")(i))...
        ')'];
end
% Cambiando la dirección del eje X
set(gca,'Xdir','reverse')
% Configuramos la leyenda del grafico
legend(data,'Location','best','NumColumns',2)

```

Warning: Ignoring extra legend entries.

```

% Activamos la grilla
grid on
% Configuramos la relación de aspecto del grafico
%pbaspect([16 9 1])
% Configuramos los detalles del grafico
title(['FDP de el Arribo de Llamadas, con n=10 constante.'])
xlabel('Periodo de tiempo expresado en minutos')
ylabel('Probabilidad')

subplot(2,1,2);
% Consideramos la tasa de duración de llamada mu=10. Es decir, el tiempo

```

```

% promedio de servicio 6 minutos
ts=6;
mu=ts^-1;

% Calculamos la tasa promedio de arribo de llamadas
lamb=mu.* T.TotalPeru./amins;

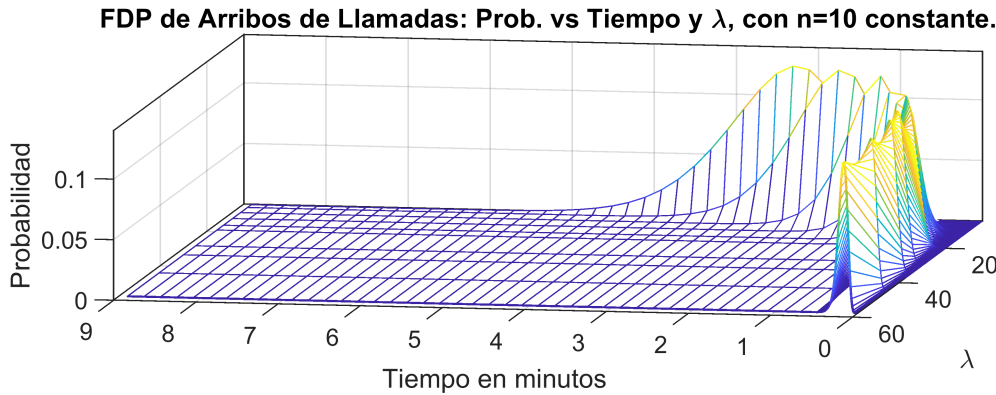
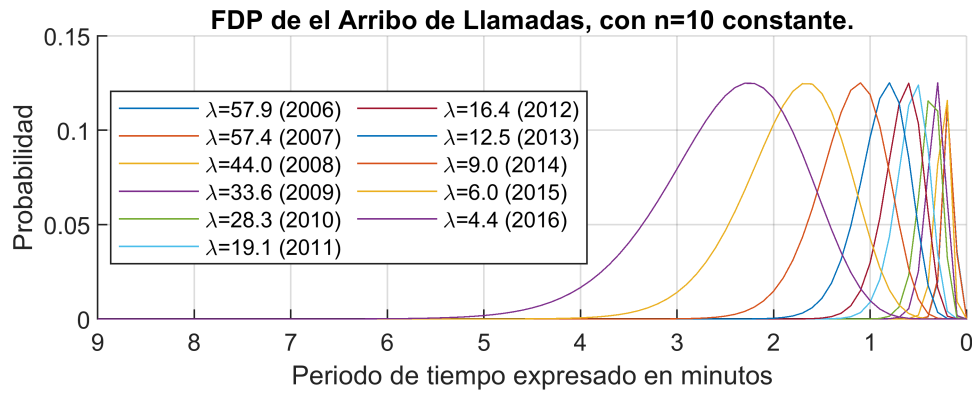
% Numero de arribos promedios en el tiempo
n=10;
% Definimos el intervalo de tiempo de observación en minutos
temp=horzcat([0:.010:.5], [.5:.2:9]);
% Generamos la matriz de tiempo
tiempo=[];
for i=1:length(lamb)
    tiempo=horzcat(tiempo,temp');
end
% Generamos la matriz de lamb
lambda=[];
for i=1:length(temp)
    lambda=vertcat(lambda,lamb');
end
% Generamos la probabilidad de arribos
prob=[];
for t=1:length(temp)
    for l=1:length(lamb)
        prob(t,l)=poisspdf(n,lambda(t,l)*tiempo(t,l));
    end
end

% Create the 3D plot
figure
plot3(tiempo, lambda, prob)
mesh(tiempo, lambda, prob)
surf(tiempo, lambda, prob)
surfc(tiempo, lambda, prob)
box on

%pbaspect([25 16 12])
view([-170 30])
%view([-15 30])
axis([0 9 4 60 0 .14])
%shading interp

% Add title and axis labels
xlabel('Tiempo en minutos')
ylabel('\lambda')
zlabel('Probabilidad')
title('FDP de Arribos de Llamadas: Prob. vs Tiempo y \lambda, con n=10 constante.')

```



G. FDP para el promedio de arribo de llamadas, con lambda constante

```
figure
subplot(2,1,1);
% Definimos el intervalo de tiempo de observación en minutos
t=[0:.1:10];
%
N=[1:1:10];
%
l=lamb(11);
% Configuramos la figura
%figure
hold on
for n=1:length(N)
    p=poisspdf(n,l*t);
    plot(t,p)
    % Construimos data para la leyenda
    data{n}=[ 'n=' ...
              num2str(n, '%.0f') ...
              ' (' ...
              char(T.("Año")(11)) ...
              ') '];
end
% Cambiando la dirección del eje X
set(gca, 'Xdir', 'reverse')
% Configuramos la leyenda del grafico
legend(data, 'Location', 'best', 'NumColumns', 2)
```


Warning: Ignoring extra legend entries.

```
% Activamos la grilla
grid on
% Configuramos la relación de aspecto del grafico
%pbaspect([16 9 1])
% Configuramos los detalles del grafico
title(['FDP de el Arribo de Llabadas, con \lambda=4.44 constante.'])
xlabel('Periodo de tiempo expresado en minutos')
ylabel('Probabilidad')

subplot(2,1,2);
% Consideramos la tasa de duración de llambada mu=10. Es decir, el tiempo
% promedio de servicio 6 minutos
ts=6;
mu=ts^-1;
% Calculambos la tasa promedio de arribo de llambadas
lamb=mu.* T.TotalPeru./amins;

l=lamb(end);
% Numero de arribos promedios en el tiempo
nume=[1:1:10];
% Definimos el intervalo de tiempo de observación en minutos
temp=[0:.1:10];
% Generamos la matriz de tiempo
tiempo=[];
for i=1:length(nume)
    tiempo=horzcat(tiempo,temp');
end
% Generamos la matriz de numero de arribos
arribo=[];
for i=1:length(temp)
    arribo=vertcat(arribo,nume);
end
% Generamos la probabilidad de arribos
prob=[];
for t=1:length(temp)
    for n=1:length(nume)
        prob(t,n)=poisspdf(arribo(t,n),l*tiempo(t,n));
    end
end

% Create the 3D plot
%figure
%plot3(tiempo, arribo, prob)
mesh(tiempo, arribo, prob)
%surf(tiempo, arribo, prob)
%surfc(tiempo, arribo, prob)
box on

%pbaspect([25 16 12])
%view([190 10])
%view([-15 30])
view([-170 30])
```

```
axis([0 6 1 10 0 .4])
shading interp

% Add title and axis labels
xlabel('Tiempo en minutos')
ylabel('Arribos')
zlabel('Probabilidad')
title('FDP de Arribos de Llamadas: Prob. vs Tiempo y Arribos, con \lambda=4.44 constante.')
```

