

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

Prueba

Nombre: Jessica Ñauta.

Asignatura: Simulación. ¶

Fecha: 23-11/2020.

Objetivo:

- Consolidar los conocimientos adquiridos en clase para desarrollar simulaciones.

Enunciado:

- Diseñe y desarrolle un modelo y/o script que permita simular el siguiente caso real:
 - Investigar los datos de los países contagiados por COVID-19, especialmente de Latinoamérica (menos Ecuador), deberán escoger uno y que no se repita, para ello se va a seleccionar el orden en el que publique dentro del foro "Tema prueba 1", con estos datos obtener los siguientes modelos:
 - Generar un modelo matemático de predicción para regresión lineal, exponencial, polinómico y logarítmico, de los nuevos contactos en la próxima semana (7 días después).
 - Generar un modelo probabilístico con los datos.
 - Finalmente, contrarrestar los modelos matemáticos y generar las siguientes conclusiones
 - Cual tiene una mejor predicción
 - Ventajas y desventajas de los modelos.
 - Cual es el principal problema del modelo probabilístico
- El proceso de simulación desarrollado deberá considerar los siguientes aspectos:
 - Se debe establecer un modelo basado en modelos matemáticos y probabilísticos.
 - El programa deberá generar gráficas que indiquen la ecuación matemática y probabilística de tendencias.
 - Deben calcularse las siguientes métricas:
 - Total de infectados dentro de 7 días (matemático y probabilístico).

Finalmente, desarrollar dentro de un cuaderno de Jupyter Notebook, generar un PDF y subir al repositorio.

La fecha de entrega es 24/11/20 antes o igual de las 13:00.

Referencias:

[1] : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6291769/>
(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6291769/>)

Covid-19 infección en Bolivia

In [132]:

```
# Importar las librerias para el analisis
import pandas as pd
import numpy as np
from datetime import datetime, timedelta
from sklearn.metrics import mean_squared_error
from scipy.optimize import fsolve
from sklearn import linear_model
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.optimize import curve_fit
from sklearn.linear_model import LogisticRegression
%matplotlib inline
```

In [133]:

```
#Datos obtenidos de: https://github.com/owid/covid-19-data/tree/master/public/data  
url = 'owid-covid-data.csv'  
df = pd.read_csv(url)  
df= df.fillna(0)  
df = df[df['location'].isin(['Bolivia'])] #Filtro la Informacion solo para Bolivia  
df
```

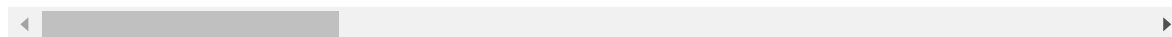
Out[133]:

	iso_code	continent	location	date	total_cases	new_cases	new_cases_smoothed	tc
7242	BOL	South America	Bolivia	2020-03-12	2.0	2.0	0.000	
7243	BOL	South America	Bolivia	2020-03-13	3.0	1.0	0.000	
7244	BOL	South America	Bolivia	2020-03-14	10.0	7.0	0.000	
7245	BOL	South America	Bolivia	2020-03-15	10.0	0.0	0.000	
7246	BOL	South America	Bolivia	2020-03-16	0.0	0.0	0.000	
7247	BOL	South America	Bolivia	2020-03-17	11.0	1.0	0.000	
7248	BOL	South America	Bolivia	2020-03-18	12.0	1.0	1.714	
7249	BOL	South America	Bolivia	2020-03-19	12.0	0.0	1.429	
7250	BOL	South America	Bolivia	2020-03-20	15.0	3.0	1.714	
7251	BOL	South America	Bolivia	2020-03-21	19.0	4.0	1.286	
7252	BOL	South America	Bolivia	2020-03-22	20.0	1.0	1.429	
7253	BOL	South America	Bolivia	2020-03-23	27.0	7.0	2.429	
7254	BOL	South America	Bolivia	2020-03-24	28.0	1.0	2.429	
7255	BOL	South America	Bolivia	2020-03-25	32.0	4.0	2.857	
7256	BOL	South America	Bolivia	2020-03-26	39.0	7.0	3.857	
7257	BOL	South America	Bolivia	2020-03-27	61.0	22.0	6.571	
7258	BOL	South America	Bolivia	2020-03-28	74.0	13.0	7.857	
7259	BOL	South America	Bolivia	2020-03-29	81.0	7.0	8.714	
7260	BOL	South America	Bolivia	2020-03-30	96.0	15.0	9.857	
7261	BOL	South America	Bolivia	2020-03-31	107.0	11.0	11.286	
7262	BOL	South America	Bolivia	2020-04-01	115.0	8.0	11.857	
7263	BOL	South America	Bolivia	2020-04-02	123.0	8.0	12.000	
7264	BOL	South America	Bolivia	2020-04-03	132.0	9.0	10.143	
7265	BOL	South America	Bolivia	2020-04-04	139.0	7.0	9.286	

	iso_code	continent	location	date	total_cases	new_cases	new_cases_smoothed	to
7266	BOL	South America	Bolivia	2020-04-05	157.0	18.0	10.857	
7267	BOL	South America	Bolivia	2020-04-06	183.0	26.0	12.429	
7268	BOL	South America	Bolivia	2020-04-07	194.0	11.0	12.429	
7269	BOL	South America	Bolivia	2020-04-08	210.0	16.0	13.571	
7270	BOL	South America	Bolivia	2020-04-09	264.0	54.0	20.143	
7271	BOL	South America	Bolivia	2020-04-10	268.0	4.0	19.429	
...	
7469	BOL	South America	Bolivia	2020-10-25	140779.0	167.0	152.714	
7470	BOL	South America	Bolivia	2020-10-26	140853.0	74.0	154.571	
7471	BOL	South America	Bolivia	2020-10-27	140952.0	99.0	151.714	
7472	BOL	South America	Bolivia	2020-10-28	141124.0	172.0	155.286	
7473	BOL	South America	Bolivia	2020-10-29	141321.0	197.0	156.143	
7474	BOL	South America	Bolivia	2020-10-30	141484.0	163.0	148.429	
7475	BOL	South America	Bolivia	2020-10-31	141631.0	147.0	145.571	
7476	BOL	South America	Bolivia	2020-11-01	141757.0	126.0	139.714	
7477	BOL	South America	Bolivia	2020-11-02	141833.0	76.0	140.000	
7478	BOL	South America	Bolivia	2020-11-03	141867.0	34.0	130.714	
7479	BOL	South America	Bolivia	2020-11-04	141936.0	69.0	116.000	
7480	BOL	South America	Bolivia	2020-11-05	142062.0	126.0	105.857	
7481	BOL	South America	Bolivia	2020-11-06	142201.0	139.0	102.429	
7482	BOL	South America	Bolivia	2020-11-07	142343.0	142.0	101.714	
7483	BOL	South America	Bolivia	2020-11-08	142427.0	84.0	95.714	
7484	BOL	South America	Bolivia	2020-11-09	142475.0	48.0	91.714	
7485	BOL	South America	Bolivia	2020-11-10	142561.0	86.0	99.143	
7486	BOL	South America	Bolivia	2020-11-11	142664.0	103.0	104.000	

	iso_code	continent	location	date	total_cases	new_cases	new_cases_smoothed	to
7487	BOL	South America	Bolivia	2020-11-12	142776.0	112.0	102.000	
7488	BOL	South America	Bolivia	2020-11-13	142889.0	113.0	98.286	
7489	BOL	South America	Bolivia	2020-11-14	143069.0	180.0	103.714	
7490	BOL	South America	Bolivia	2020-11-15	143181.0	112.0	107.714	
7491	BOL	South America	Bolivia	2020-11-16	143246.0	65.0	110.143	
7492	BOL	South America	Bolivia	2020-11-17	143246.0	0.0	97.857	
7493	BOL	South America	Bolivia	2020-11-18	143473.0	227.0	115.571	
7494	BOL	South America	Bolivia	2020-11-19	143569.0	96.0	113.286	
7495	BOL	South America	Bolivia	2020-11-20	143755.0	186.0	123.714	
7496	BOL	South America	Bolivia	2020-11-21	143755.0	0.0	98.000	
7497	BOL	South America	Bolivia	2020-11-22	143922.0	167.0	105.857	
7498	BOL	South America	Bolivia	2020-11-23	143922.0	0.0	96.571	

257 rows × 50 columns



In [134]:

```
df = df[df['location'].isin(['Bolivia'])] #Filtro la Informacion solo para Bolivia
df = df.loc[:,['date','total_cases','iso_code']] #Selecciono las columnas de analisis
# Expresar las fechas en numero de dias desde el 01 Enero
FMT = '%Y-%m-%d'
date = df['date']
df['date'] = date.map(lambda x : (datetime.strptime(x, FMT) - datetime.strptime("2020-01-01", FMT)).days)

df
```

Out[134]:

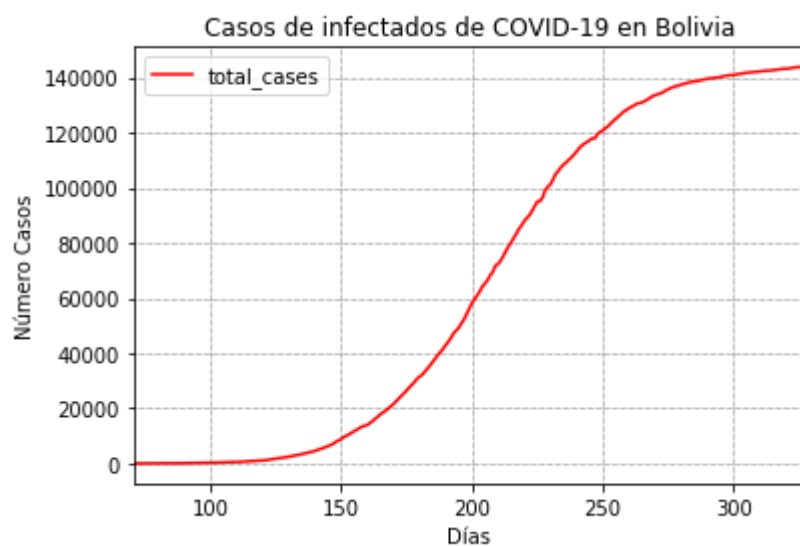
	date	total_cases	iso_code
7242	71	2.0	BOL
7243	72	3.0	BOL
7244	73	10.0	BOL
7245	74	10.0	BOL
7246	75	0.0	BOL
7247	76	11.0	BOL
7248	77	12.0	BOL
7249	78	12.0	BOL
7250	79	15.0	BOL
7251	80	19.0	BOL
7252	81	20.0	BOL
7253	82	27.0	BOL
7254	83	28.0	BOL
7255	84	32.0	BOL
7256	85	39.0	BOL
7257	86	61.0	BOL
7258	87	74.0	BOL
7259	88	81.0	BOL
7260	89	96.0	BOL
7261	90	107.0	BOL
7262	91	115.0	BOL
7263	92	123.0	BOL
7264	93	132.0	BOL
7265	94	139.0	BOL
7266	95	157.0	BOL
7267	96	183.0	BOL
7268	97	194.0	BOL
7269	98	210.0	BOL
7270	99	264.0	BOL
7271	100	268.0	BOL
...
7469	298	140779.0	BOL
7470	299	140853.0	BOL
7471	300	140952.0	BOL
7472	301	141124.0	BOL
7473	302	141321.0	BOL
7474	303	141484.0	BOL

	date	total_cases	iso_code
7475	304	141631.0	BOL
7476	305	141757.0	BOL
7477	306	141833.0	BOL
7478	307	141867.0	BOL
7479	308	141936.0	BOL
7480	309	142062.0	BOL
7481	310	142201.0	BOL
7482	311	142343.0	BOL
7483	312	142427.0	BOL
7484	313	142475.0	BOL
7485	314	142561.0	BOL
7486	315	142664.0	BOL
7487	316	142776.0	BOL
7488	317	142889.0	BOL
7489	318	143069.0	BOL
7490	319	143181.0	BOL
7491	320	143246.0	BOL
7492	321	143246.0	BOL
7493	322	143473.0	BOL
7494	323	143569.0	BOL
7495	324	143755.0	BOL
7496	325	143755.0	BOL
7497	326	143922.0	BOL
7498	327	143922.0	BOL

257 rows × 3 columns

In [135]:

```
ax = df.plot(x='date', y='total_cases', color='red', title='Casos de infectados de COVID-19 en Bolivia')
ax.set_xlabel("Días")
ax.set_ylabel("Número Casos")
plt.grid(color='black', linestyle='dotted', linewidth=0.5)
```



Modelo Lineal

In [137]:

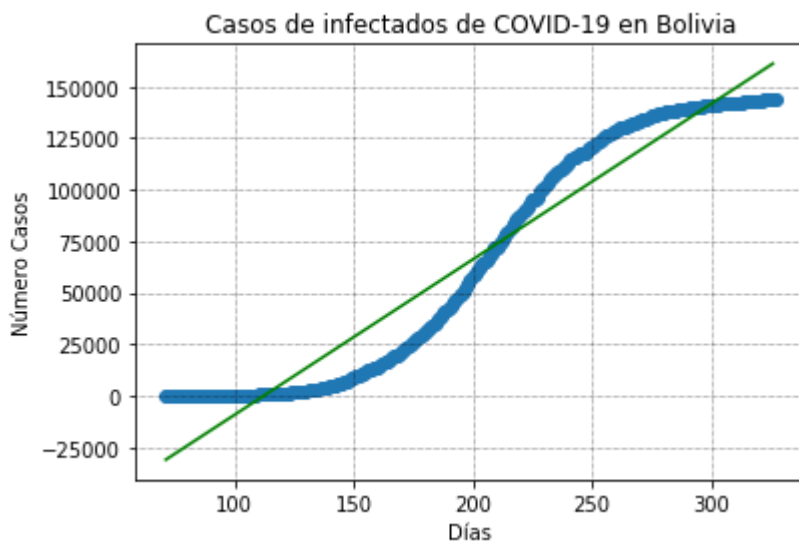
```
x = list(df.iloc[:, 0])
y = list(df.iloc[:, 1])

regr = linear_model.LinearRegression()
regr.fit(np.array(x).reshape(-1, 1), y)
y_prediccion = regr.predict([[len(x)+7]])

print('Los casos en los próximos 7 días serán: ', int(y_prediccion))
plt.scatter(x, y)

#Propiedades
plt.title('Casos de infectados de COVID-19 en Bolivia')
plt.xlabel('Días')
plt.ylabel('Número Casos')
plt.grid(color='black', linestyle='dotted', linewidth=0.5)
x_real = np.array(range(min(x), max(x)))
plt.plot(x_real, regr.predict(x_real.reshape(-1, 1)), color='green')
plt.show()
```

Los casos en los próximos 7 días serán: 114484



Modelo Exponencial

In [140]:

```

from scipy.optimize import curve_fit

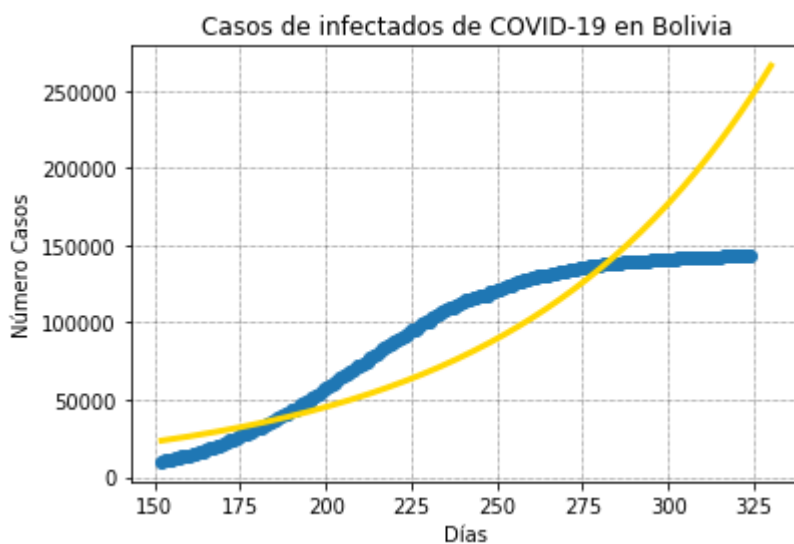
x = x[27:len(x)-1]
y = y[27:len(y)-1]
curve_fit=np.polyfit(x,np.log(y),deg=1)
# print(curve_fit)

pred_x=np.array(list(range(min(x),max(x)+7)))
yx=np.exp(curve_fit[1])*np.exp(curve_fit[0]*pred_x)
plt.plot(x,y,"o")
plt.plot(pred_x,yx,color='gold',linewidth=3.0)
print('Los casos en los próximos 7 días serán: ', yx[len(yx)-1])

#Propiedades
plt.title('Casos de infectados de COVID-19 en Bolivia')
plt.xlabel('Días')
plt.ylabel('Número Casos')
plt.grid(color='black', linestyle='dotted', linewidth=0.5)

```

Los casos en los próximos 7 días serán: 266282.1458407536



Modelo Polinomial

In [129]:

```

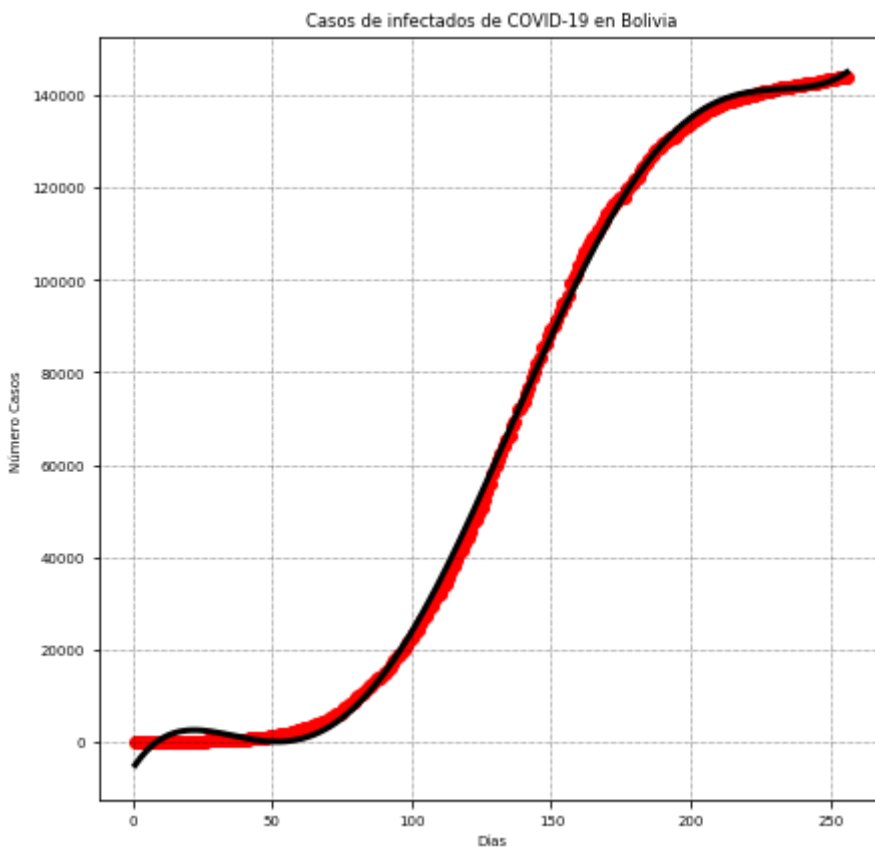
df = pd.read_csv('owid-covid-data.csv').fillna(0)
ndf= df.loc[(df['location'] == 'Bolivia') & (df['total_cases'] != 0)]
ndf1=ndf[['date', 'total_cases']]
x=np.arange(1,len(ndf1)+1,1, dtype='float')
y=np.array(ndf1.values[:,1], dtype='float')
fun_pol = np.poly1d(np.polyfit(x, y, 5))
# print(fun_pol)
# print()
print('Los casos en los próximos 7 días serán: ', round(fun_pol(len(x)+7),5))
y_pred=fun_pol(x)

#Propiedades
plt.title('Casos de infectados de COVID-19 en Bolivia')
plt.xlabel('Días')
plt.ylabel('Número Casos')
plt.grid(color='black', linestyle='dotted', linewidth=0.5)

plt.scatter(x,y,label="Casos de Datos Reales",color="red")
plt.plot(x, y_pred, c='black',lw=3)
plt.show()

```

Los casos en los próximos 7 días serán: 148912.42343



Modelo Logístico

In [127]:

```
from scipy.optimize import curve_fit
from sklearn.linear_model import LogisticRegression

def modelo_logistico(x,a,b):
    return a+b*np.log(x)

x=np.arange(1,len(df)+1,1)
y=np.array(df.values[:,1])

exp_fit = curve_fit(modelo_logistico,x,y)

pred_x = list(range(min(x),max(x)+7))
plt.rcParams['figure.figsize'] = [7, 7]
plt.rc('font', size=7)

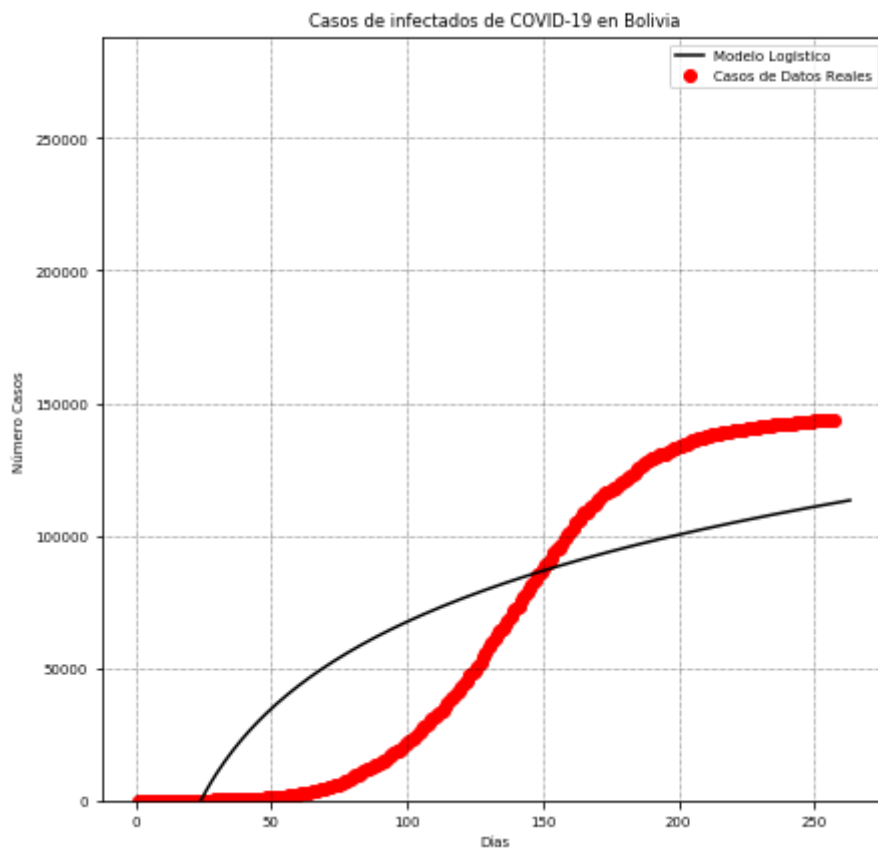
plt.scatter(x,y,label="Casos de Datos Reales",color="red")

val = [modelo_logistico(i,exp_fit[0][0],exp_fit[0][1]) for i in pred_x]
plt.plot(pred_x, [modelo_logistico(i,exp_fit[0][0],exp_fit[0][1]) for i in pred_x], label="Modelo Logistico",color="black")
plt.legend()

print('Los casos en los próximos 7 días serán: ', val[len(pred_x)-1])
#Propiedades
plt.title('Casos de infectados de COVID-19 en Bolivia')
plt.xlabel('Días')
plt.ylabel('Número Casos')
plt.grid(color='black', linestyle='dotted', linewidth=0.5)

plt.ylim(0,max(y)*2)
plt.show()
```

Los casos en los próximos 7 días serán: 113277.19703998815



Modelo Probabilístico

In [115]:

```
url = 'owid-covid-data.csv'
df = pd.read_csv(url).fillna(0)
df = df[df['location'].isin(['Bolivia'])] #Filtro la Informacion solo para Bolivia
df
```

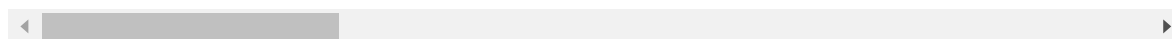

Out[115]:

	iso_code	continent	location	date	total_cases	new_cases	new_cases_smoothed	tc
7242	BOL	South America	Bolivia	2020-03-12	2.0	2.0	0.000	
7243	BOL	South America	Bolivia	2020-03-13	3.0	1.0	0.000	
7244	BOL	South America	Bolivia	2020-03-14	10.0	7.0	0.000	
7245	BOL	South America	Bolivia	2020-03-15	10.0	0.0	0.000	
7246	BOL	South America	Bolivia	2020-03-16	0.0	0.0	0.000	
7247	BOL	South America	Bolivia	2020-03-17	11.0	1.0	0.000	
7248	BOL	South America	Bolivia	2020-03-18	12.0	1.0	1.714	
7249	BOL	South America	Bolivia	2020-03-19	12.0	0.0	1.429	
7250	BOL	South America	Bolivia	2020-03-20	15.0	3.0	1.714	
7251	BOL	South America	Bolivia	2020-03-21	19.0	4.0	1.286	
7252	BOL	South America	Bolivia	2020-03-22	20.0	1.0	1.429	
7253	BOL	South America	Bolivia	2020-03-23	27.0	7.0	2.429	
7254	BOL	South America	Bolivia	2020-03-24	28.0	1.0	2.429	
7255	BOL	South America	Bolivia	2020-03-25	32.0	4.0	2.857	
7256	BOL	South America	Bolivia	2020-03-26	39.0	7.0	3.857	
7257	BOL	South America	Bolivia	2020-03-27	61.0	22.0	6.571	
7258	BOL	South America	Bolivia	2020-03-28	74.0	13.0	7.857	
7259	BOL	South America	Bolivia	2020-03-29	81.0	7.0	8.714	
7260	BOL	South America	Bolivia	2020-03-30	96.0	15.0	9.857	
7261	BOL	South America	Bolivia	2020-03-31	107.0	11.0	11.286	
7262	BOL	South America	Bolivia	2020-04-01	115.0	8.0	11.857	
7263	BOL	South America	Bolivia	2020-04-02	123.0	8.0	12.000	
7264	BOL	South America	Bolivia	2020-04-03	132.0	9.0	10.143	
7265	BOL	South America	Bolivia	2020-04-04	139.0	7.0	9.286	

	iso_code	continent	location	date	total_cases	new_cases	new_cases_smoothed	to
7266	BOL	South America	Bolivia	2020-04-05	157.0	18.0	10.857	
7267	BOL	South America	Bolivia	2020-04-06	183.0	26.0	12.429	
7268	BOL	South America	Bolivia	2020-04-07	194.0	11.0	12.429	
7269	BOL	South America	Bolivia	2020-04-08	210.0	16.0	13.571	
7270	BOL	South America	Bolivia	2020-04-09	264.0	54.0	20.143	
7271	BOL	South America	Bolivia	2020-04-10	268.0	4.0	19.429	
...	
7469	BOL	South America	Bolivia	2020-10-25	140779.0	167.0	152.714	
7470	BOL	South America	Bolivia	2020-10-26	140853.0	74.0	154.571	
7471	BOL	South America	Bolivia	2020-10-27	140952.0	99.0	151.714	
7472	BOL	South America	Bolivia	2020-10-28	141124.0	172.0	155.286	
7473	BOL	South America	Bolivia	2020-10-29	141321.0	197.0	156.143	
7474	BOL	South America	Bolivia	2020-10-30	141484.0	163.0	148.429	
7475	BOL	South America	Bolivia	2020-10-31	141631.0	147.0	145.571	
7476	BOL	South America	Bolivia	2020-11-01	141757.0	126.0	139.714	
7477	BOL	South America	Bolivia	2020-11-02	141833.0	76.0	140.000	
7478	BOL	South America	Bolivia	2020-11-03	141867.0	34.0	130.714	
7479	BOL	South America	Bolivia	2020-11-04	141936.0	69.0	116.000	
7480	BOL	South America	Bolivia	2020-11-05	142062.0	126.0	105.857	
7481	BOL	South America	Bolivia	2020-11-06	142201.0	139.0	102.429	
7482	BOL	South America	Bolivia	2020-11-07	142343.0	142.0	101.714	
7483	BOL	South America	Bolivia	2020-11-08	142427.0	84.0	95.714	
7484	BOL	South America	Bolivia	2020-11-09	142475.0	48.0	91.714	
7485	BOL	South America	Bolivia	2020-11-10	142561.0	86.0	99.143	
7486	BOL	South America	Bolivia	2020-11-11	142664.0	103.0	104.000	

	iso_code	continent	location	date	total_cases	new_cases	new_cases_smoothed	to
7487	BOL	South America	Bolivia	2020-11-12	142776.0	112.0	102.000	
7488	BOL	South America	Bolivia	2020-11-13	142889.0	113.0	98.286	
7489	BOL	South America	Bolivia	2020-11-14	143069.0	180.0	103.714	
7490	BOL	South America	Bolivia	2020-11-15	143181.0	112.0	107.714	
7491	BOL	South America	Bolivia	2020-11-16	143246.0	65.0	110.143	
7492	BOL	South America	Bolivia	2020-11-17	143246.0	0.0	97.857	
7493	BOL	South America	Bolivia	2020-11-18	143473.0	227.0	115.571	
7494	BOL	South America	Bolivia	2020-11-19	143569.0	96.0	113.286	
7495	BOL	South America	Bolivia	2020-11-20	143755.0	186.0	123.714	
7496	BOL	South America	Bolivia	2020-11-21	143755.0	0.0	98.000	
7497	BOL	South America	Bolivia	2020-11-22	143922.0	167.0	105.857	
7498	BOL	South America	Bolivia	2020-11-23	143922.0	0.0	96.571	

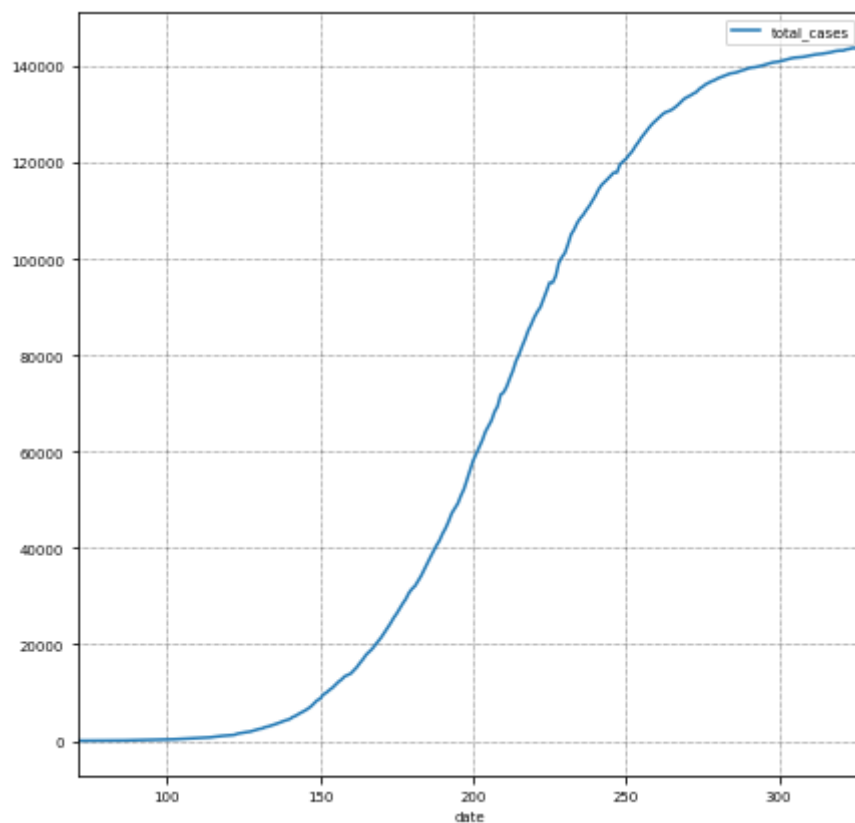
257 rows × 50 columns



In [116]:

```
df = df[df['location'].isin(['Bolivia'])]
df = df.loc[:, ['date', 'total_cases']]
date = df['date']
df['date'] = date.map(lambda x : (datetime.strptime(x, FMT) - datetime.strptime("2020-01-01", FMT)).days)

df
df.plot(x='date', y='total_cases')
plt.grid(color='black', linestyle='dotted', linewidth=0.5)
```



In [118]:

```
filtro = df["total_cases"][27:]
media = filtro.mean()
mediana = filtro.median()
print('Mediana: ', mediana)
print('Media', media)

url = 'owid-covid-data.csv'
df = pd.read_csv(url).fillna(0)
df = df[df['location'].isin(['Bolivia'])]
df = df.loc[:, ['date', 'total_cases']]
FMT = '%Y-%m-%d'
date = df['date']
df['date'] = date.map(lambda x : (datetime.strptime(x, FMT) - datetime.strptime("2020-01-01", FMT)).days)
y = list(df.iloc[:, 1])
x = list(df.iloc[:, 0])

#Realizamos un ejemplo de prediccion
prediccion_siguiente = int(y[-1] + mediana)
print('Los casos en los próximos 7 días serán: ', prediccion_siguiente)
```

Mediana: 76011.5

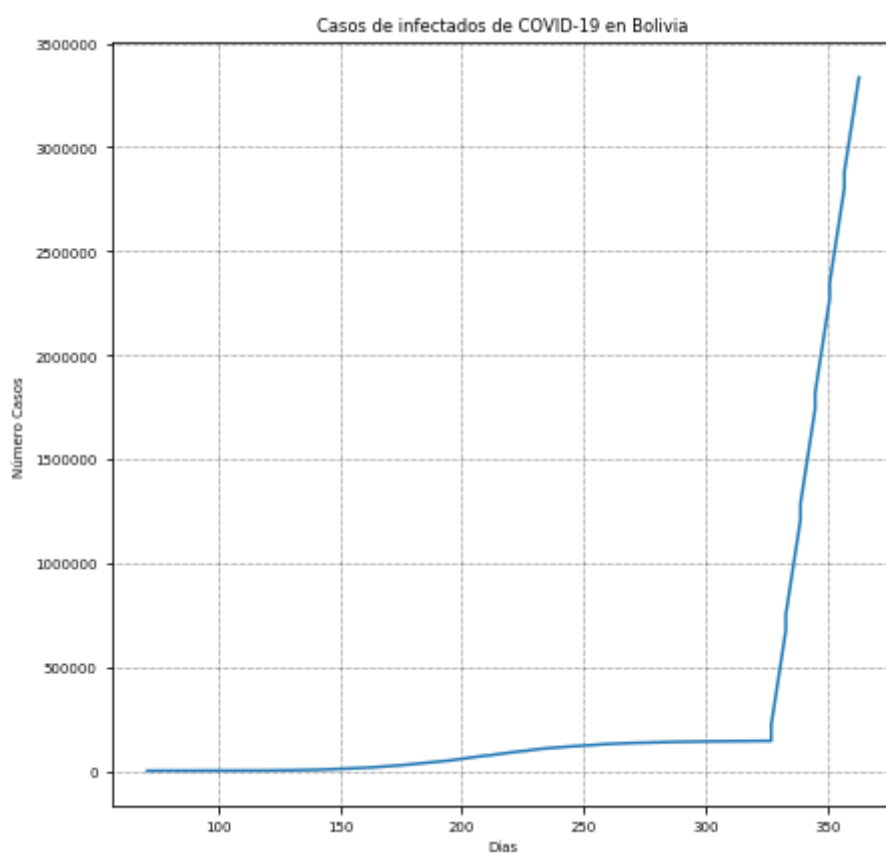
Media 73180.09130434782

Los casos en los próximos 7 días serán: 219933

In [124]:

```
for i in range(x[-1], x[-1]+7):  
    x.append(i)  
    y.append(int(y[-1] + mediana))  
prediccion_siguiente = int(y[-1] + mediana)  
  
print('Los casos en los próximos 7 días serán: ', prediccion_siguiente)  
  
#Propiedades  
plt.title('Casos de infectados de COVID-19 en Bolivia')  
plt.xlabel('Días')  
plt.ylabel('Número Casos')  
plt.grid(color='black', linestyle='dotted', linewidth=0.5)  
plt.plot(x, y)  
plt.show()
```

Los casos en los próximos 7 días serán: 3412395



¿Cuál tiene una mejor predicción?

El modelo que tiene una mejor predicción es el Modelo Polinomial con respecto a los datos que se presentan, en la gráfica de este modelo se puede observar como se ajustan los datos de predicción a los datos reales, además tiene una aproximación adecuada y la predicción se refiere a un valor aproximado de contagiados que se puede tener en 7 días.

Ventajas y Desventajas de los modelos

Ventajas

- **Modelo lineal:** trabaja con cualquier tamaño de muestra, es rápido de modelar y la predicción mejora con datos históricos para obtener una aproximación adecuada.
- **Modelo exponencial:** al ser una ecuación exponencial generará una curva, la cual servirá para ajustarse a los datos reales y de esa manera realizar una mejor predicción, también permite aproximaciones con valores grandes.
- **Modelo polinomial:** funciona con cualquier tamaño de muestra y permite emplear una función lineal y ajustarla a un modelo polinómico de grado n a partir de la ecuación lineal.
- **Modelo logístico:** emplea una función logarítmica que determina valores con un crecimiento estable, es muy eficaz y simple, los resultados son fáciles de entender y explicar, es fácil de entrenar sobre grandes datos gracias a su versión estocástica.

Desventajas

- **Modelo lineal:** no se puede modelar ecuaciones de n grados, solo es usado con datos que presenten una tendencia lineal.
- **Modelo exponencial:** depende el grado de precisión de como se genere dicha ecuación exponencial, los datos son representados para un crecimiento imparale.
- **Modelo polinomial:** requiere elegir el grado correcto del polinomio para una buena relación.
- **Modelo logístico:** tiene que trabajar duro para que se ajuste a los datos no lineales y es usado cuando los datos se ajusten a un determinado crecimiento.

¿Cuál es el principal problema del modelo probabilístico?

El principal problema del modelo probabilístico es que cuando tiene valores pequeños puede predecir de forma correcta, pero cuando tiene valores grandes este no puede predecir de forma correcta, por lo que no se ajustaría a una aproximación adecuada y puede tener un margen de error, en este caso no se podría predecir con certeza los infectados en Bolivia.