

Anexo B

Nylamid I024 puntos

Coeficiente de fricción

```
In[1]:= (*Para poder importar los datos a Mathematica,
es necesario seleccionar la dirección de la carpeta que los contiene*)

In[2]:= SetDirectory[
  |establece directorio
  "C:\\Users\\Daniela Sánchez C\\Desktop\\Respaldo\\TT\\NMfriction\\Práctica
  |constante |constante
  X_NanoScope & data\\Nylamid_Práctica X\\CSV"];
LatFWR = Flatten[Import["LatFWR.csv"]];
|aplana |importa
LatBWR = Flatten[Import["LatBWR.csv"]];
|aplana |importa
TopFWR = Flatten[Import["TopFWR.csv"]];
|aplana |importa
TopBWR = Flatten[Import["TopBWR.csv"]];
|aplana |importa

(*Será necesario corroborar que el número de elementos en las listas
de datos sea el mismo para poder efectuar operaciones entre ellos*)
Dimensions[LatFWR]
|dimensiones
Dimensions[LatBWR]
|dimensiones
Dimensions[TopFWR]
|dimensiones
Dimensions[TopBWR]
|dimensiones

(*Pendiente obtenida por espectroscopia de fuerza*)
Pend = 2.7939 * 10^-6
(*Módulo de Young del Si*)
MY = 112.4 * 10^9
(*Relación de Poisson de Si dopado con Antimonio*)
v = 0.28

(*Módulo de rigidez a corte*)

$$G = \frac{MY}{2 * (1 + v)}$$


(*Especificaciones del cantiléver*)
(*Espesor*)
t = 0.6 * 10^-6
(*Ancho*)
w = 40 * 10^-6
(*Posición de la punta a partir del final del cantiléver*)
TSB = 15 * 10^-6
(*Longitud del cantiléver*)
```

```

l = (125 * 10^-6) - TSB
(*Altura del cantiléver*)
h = 17.5 * 10^-6
(*Constante lateral del resorte*)
KL =  $\frac{G * (t^3) * (w)}{3 * (h^2) * l}$ 

(*Fuerza lateral*)
FL = KL *  $\left(\frac{\text{LatFWR} + \text{LatBWR}}{2}\right) * \text{Pend}$ 
(*Constante normal del resorte*)
KN = 200

(*Fuerza normal*)
FN = KN *  $\left(\frac{\text{TopFWR} + \text{TopBWR}}{2}\right) * (1 * 10^-9)$ 

(*Coeficiente de fricción a lo largo de la superficie*)
 $\mu = \frac{FL}{FN}$ 

(*Desviación estándar de  $\mu$ *)
ds = StandardDeviation[ $\mu$ ]
  |desviación estándar

(*Coeficiente de fricción promedio*)
me = Mean[ $\mu$ ]
  |media

(*Evolución del coeficiente de fricción*)
ListLinePlot[ $\mu$ , PlotRange -> All,
  |gráfico de línea de ... |rango de rep... |todo
  PlotLabel -> Style["Variación del coeficiente de fricción", Magenta, Bold, 17],
  |etiqueta de r... |estilo |magenta |negrita
  AxesLabel -> {Style["Puntos", 14], Style["Desviación", 14]}}
  |etiqueta de ejes |estilo |estilo
Abs[me]
  |valor absoluto

(*Rango*)
Rango = me +  $\left(\frac{ds}{4}\right)$ 

(*Eliminación de datos por encima del rango*)
Evol = DeleteCases[ $\mu$ , x_ /; -Rango > x  $\vee$  Rango < x]
  |elimina casos

(*Promedio de la evolución del coeficiente de fricción, coeficiente resultante*)
Cf = Mean[Evol]
  |media

(*Representación gráfica de la evolución
del coeficiente de fricción dentro del rango*)
ListLinePlot[Evol, PlotRange -> All, PlotLabel -> Style[
  |gráfico de línea de una lí... |rango de rep... |todo |etiqueta de r... |estilo
  "Variación del coeficiente de fricción (después del ajuste)", Magenta, Bold, 13],
  |magenta |negrita
  AxesLabel -> {Style["Puntos", 12], Style["Desviación", 12]}}
  |etiqueta de ejes |estilo |estilo
Abs[
  |valor absoluto

```

Out[7]= {1 048 576}

Out[8]= {1 048 576}

Out[9]= {1 048 576}

Out[10]= {1 048 576}

Out[11]= 2.7939×10^{-6}

Out[12]= 1.124×10^{11}

Out[13]= 0.28

Out[14]= 4.39063×10^{10}

Out[15]= $6. \times 10^{-7}$

Out[16]= $\frac{1}{25\,000}$

Out[17]= $\frac{3}{200\,000}$

Out[18]= $\frac{11}{100\,000}$

Out[19]= 0.0000175

Out[20]= 3.75362

Out[21]= {-0.0000337653, -0.0000210824, -0.0000103574, -6.979×10^{-6} , -6.12947×10^{-6} , -5.99398×10^{-6} , -4.36477×10^{-6} , -3.85773×10^{-7} , -4.33595×10^{-7} , -4.11608×10^{-6} , -4.56876×10^{-6} , -3.63461×10^{-6} , ... 1 048 552 ..., -0.0000147964, -0.0000144425, -0.0000139868, -0.0000144315, -0.0000142291, -0.0000139087, -0.0000141022, -0.0000150245, -0.0000147199, -0.0000145993, -0.000013668, -0.0000142663}

salida grande **Mostrar menos** **Mostrar más** **Mostrar salida completa** **Establecer límite de tamaño**

Out[22]= 200

Out[23]= {0.0000177271, 0.0000179432, 0.0000173657, 0.0000159979, 0.000016098, 0.0000170601, 0.0000176728, 0.0000181434, 0.0000188689, 0.0000196061, 0.0000188142, 0.0000171167, 0.0000163396, 0.0000150728, 0.0000128028, 9.9985×10^{-6} , ... 1 048 544 ..., 0.0000130127, 0.0000133065, 0.0000136328, 0.0000137261, 0.0000140215, 0.000014264, 0.0000144955, 0.0000147799, 0.0000149593, 0.0000147266, 0.0000142336, 0.0000142855, 0.0000140427, 0.0000132669, 0.0000137264, 0.000014492}

salida grande **Mostrar menos** **Mostrar más** **Mostrar salida completa** **Establecer límite de tamaño**

Out[24]= { -1.90473, -1.17495, -0.596429, -0.436245, -0.38076, -0.351345, -0.246977, -0.0212624, -0.0229793, -0.209939, -0.242836, -0.212343, -0.504783, -0.78984, -1.14253, ... 1.048 546 ..., -1.1894, -1.10243, -1.06117, -1.05527, -1.01251, -0.964908, -0.976426, -0.951186, -0.944461, -0.990767, -1.05173, -1.04822, -1.10043, -0.995746, -0.984426 }

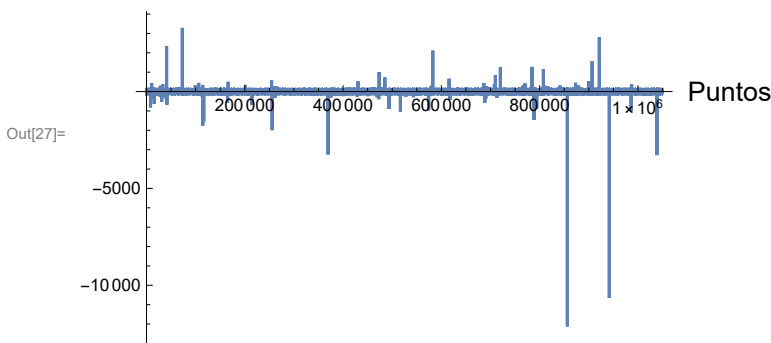
salida grande **Mostrar menos** **Mostrar más** **Mostrar salida completa** **Establecer límite de tamaño**

Out[25]= 18.343

Out[26]= -1.64183

Variación del coeficiente de fricción

Desviación



Out[27]= -1.64183

Out[28]= 2.94391

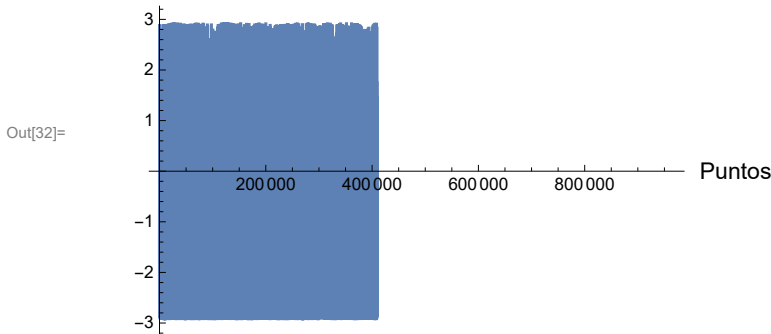
Out[30]= { -1.90473, -1.17495, -0.596429, -0.436245, -0.38076, -0.351345, -0.246977, -0.0212624, -0.0229793, -0.209939, -0.242836, -0.212343, -0.504783, -0.78984, -1.14253, ... 967 671 ..., -1.1894, -1.10243, -1.06117, -1.05527, -1.01251, -0.964908, -0.976426, -0.951186, -0.944461, -0.990767, -1.05173, -1.04822, -1.10043, -0.995746, -0.984426 }

salida grande **Mostrar menos** **Mostrar más** **Mostrar salida completa** **Establecer límite de tamaño**

Out[31]= -1.45373

Variación del coeficiente de fricción (después del ajuste)

Desviación



Out[32]= 1.45373

In[34]= **me**

Out[34]= -1.64183

In[35]= **Cf**

Out[35]= -1.45373

Funciones de probabilidad

In[36]= **(*Perfil de rugosidad*)**

Perfil = Import["Profile.csv"];

Importa

(*Separación de columnas y normalización de las alturas*)

Alturas = Normalize[Perfil[[All, 2]]];

Normaliza

Todo

Sección = Perfil[[All, 1]];

Todo

(*Obtención de coordenadas de los puntos (Sección, Alturas) *)

Puntos = Table[{Sección[[i]], Alturas[[i]]}, {i, 1, Length[Sección]}];

Tabla

Longitud

In[40]= **(*Representación gráfica del perfil de rugosidad*)**

In[41]= **GraficaP = ListLinePlot[Puntos, AxesLabel → {Style[" μm ", Large], Style["nm", Large]},**

Gráfico de línea de una lista

Etiqueta de ejes

Estilo

Grande

Estilo

Grande

ImageSize → Medium, PlotLabel → Style["Perfil de rugosidad", Magenta, Bold, 17],

Tamaño de i...

Tamaño...

Etiqueta de r...

Estilo

Magenta

Negrita

LabelStyle → (FontSize → 14

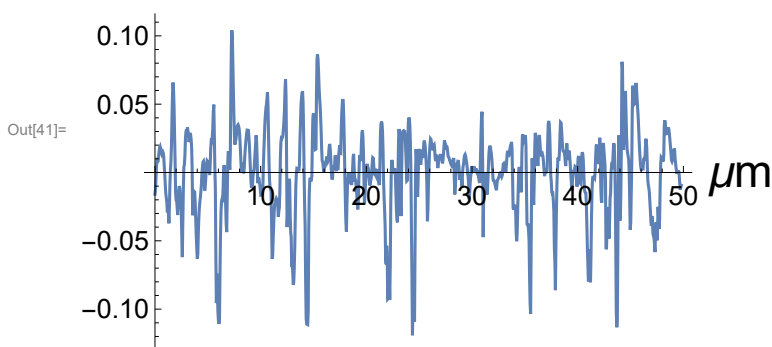
Estilo de etiqueta

Tamaño de tipo de letra

)]

Perfil de rugosidad

nm



In[42]= **(*Raíz cuadrada de la media aritmética y desviación estándar de las Alturas*)**

In[43]= **Rrms = RootMeanSquare[Alturas]**

Media cuadrática

σ = StandardDeviation[Alturas]

Desviación estándar

Out[43]= 0.0312959

Out[44]= 0.0313112

```

In[45]:= (*Funcion de densidad de probabilidad y su representación gráfica*)

In[46]:= ADF = Table[{PDF[NormalDistribution[Rrms,  $\sigma$ ], Alturas], Alturas}, {Alturas, -2, 2}];
      tabla fun distribución normal
      (*Función de distribución acumulada y su representación gráfica*)
      BAC = Table[{CDF[NormalDistribution[Rrms,  $\sigma$ ], Alturas], Alturas}, {Alturas, -2, 2}];
      tabla fun distribución normal

In[48]:= (*Para conocer los extremos del perfil, pico máximo (M) y valle mínimo(m)*)

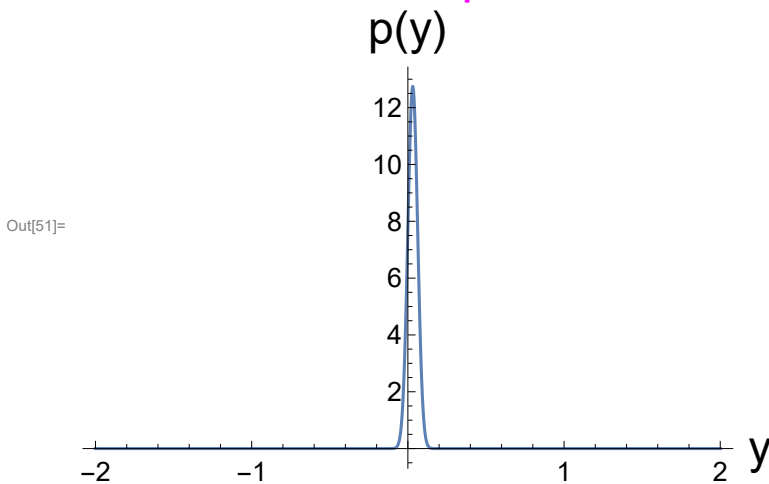
In[49]:= m = Min[Alturas]
      mínimo
Out[49]= -0.119124

In[50]:= M = Max[Alturas]
      máximo
Out[50]= 0.104029

In[51]:= Plot[PDF[NormalDistribution[Rrms,  $\sigma$ ], Alturas], {Alturas, -2, 2},
      repr fun distribución normal
      PlotRange  $\rightarrow$  All, AxesLabel  $\rightarrow$  {Style["y", Large], Style["p(y)", Large]},
      rango de rep todo etiqueta de ejes estilo grande estilo grande
      PlotLabel  $\rightarrow$  Style["Función de densidad de probabilidad ADF", Magenta, Bold, 17],
      etiqueta de r estilo magenta negrita
      LabelStyle  $\rightarrow$  (FontSize  $\rightarrow$  14
      estilo de etiqueta tamaño de tipo de letra
      )]

```

Función de densidad de probabilidad ADF



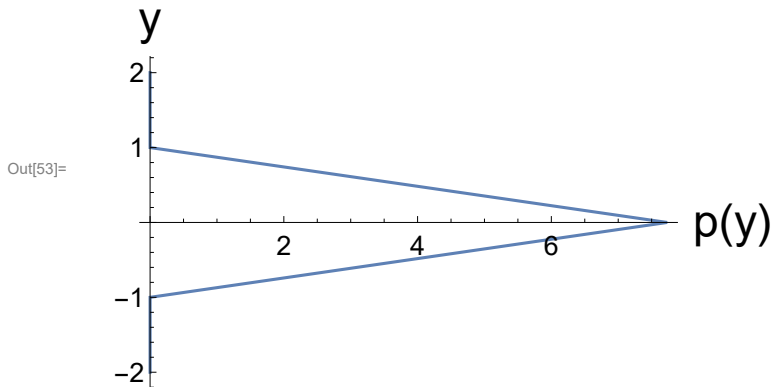
```

In[52]:= (*Intercambio de ejes*)

```

```
In[53]:= GraficaADF = ListLinePlot[ADF,
  gráfico de línea de una lista
  AxesLabel → {Style["p(y)", Large], Style["y", Large]}, PlotRange → All,
  etiqueta de ejes estilo grande estilo grande rango de rep... todo
  PlotLabel → Style["Función de densidad de probabilidad ADF", Magenta, Bold, 17],
  etiqueta de r... estilo magenta negrita
  LabelStyle → (FontSize → 14)]
  estilo de etiqueta tamaño de tipo de letra
```

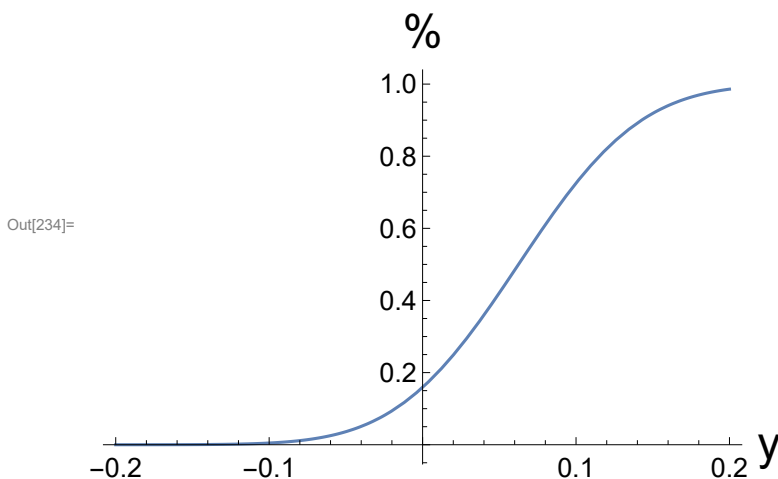
Función de densidad de probabilidad ADF



```
In[54]:= (*Representación gráfica de la función de distribución*)
```

```
In[234]:= Plot[CDF[NormalDistribution[Rrms, σ], Alturas], {Alturas, -0.2, 0.2},
  repr... fun... distribución normal
  PlotRange → All, AxesLabel → {Style["y", Large], Style["%", Large]},
  rango de rep... todo etiqueta de ejes estilo grande estilo grande
  PlotLabel → Style["Función de distribución acumulada BAC", Magenta, Bold, 17],
  etiqueta de r... estilo magenta negrita
  LabelStyle → (FontSize → 14
  estilo de etiqueta tamaño de tipo de letra
  )]
```

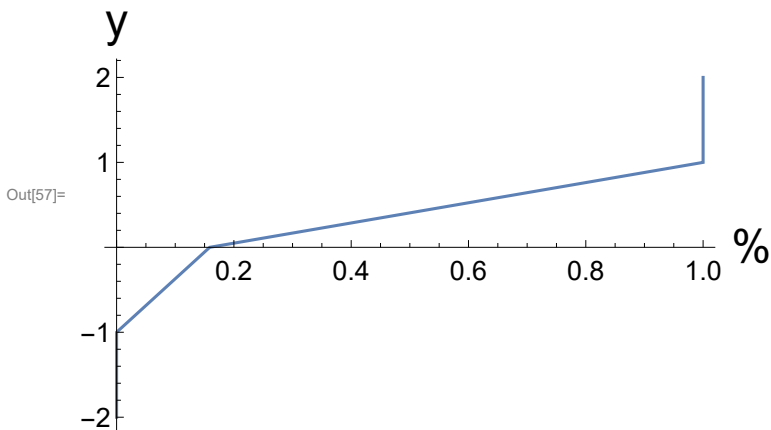
Función de distribución acumulada BAC



```
In[56]:= (*Intercambio de ejes*)
```

```
In[57]:= GraficaBAC = ListLinePlot[BAC, AxesLabel → {Style["%", Large], Style["y", Large]},
    [gráfico de línea de una [etiqueta de ejes [estilo [grande [estilo [grande
    AxesOrigin → Automatic, PlotRange → All,
    [origen de ejes [automático [rango de rep... [todo
    PlotLabel → Style["Función de distribución acumulada BAC", Magenta, Bold, 17],
    [etiqueta de r... [estilo [magenta [negrita
    LabelStyle → (FontSize → 14
    [estilo de etiqueta [tamaño de tipo de letra
    )]
```

Función de distribución acumulada BAC



```
In[58]:= (*ADF y BAC para el perfil de rugosidad de la sección a partir de la Rrms*)
```

```
In[59]:= GraphicsRow[{GraficaP, GraficaADF, GraficaBAC}, ImageSize → {Full}]
    [fila de gráficos [tamaño de im... [completo
```

Perfil de rugosidad de densidad de probabili de distribución acumulada

