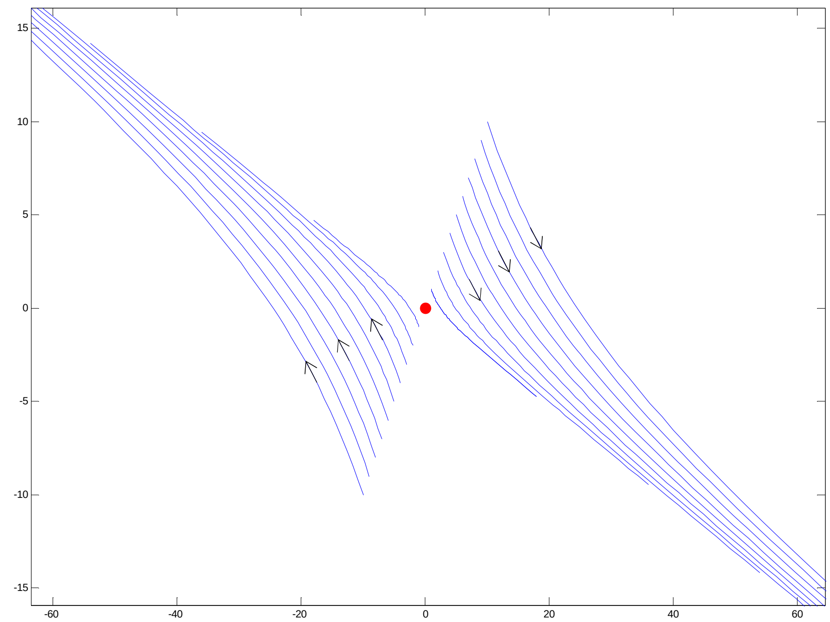
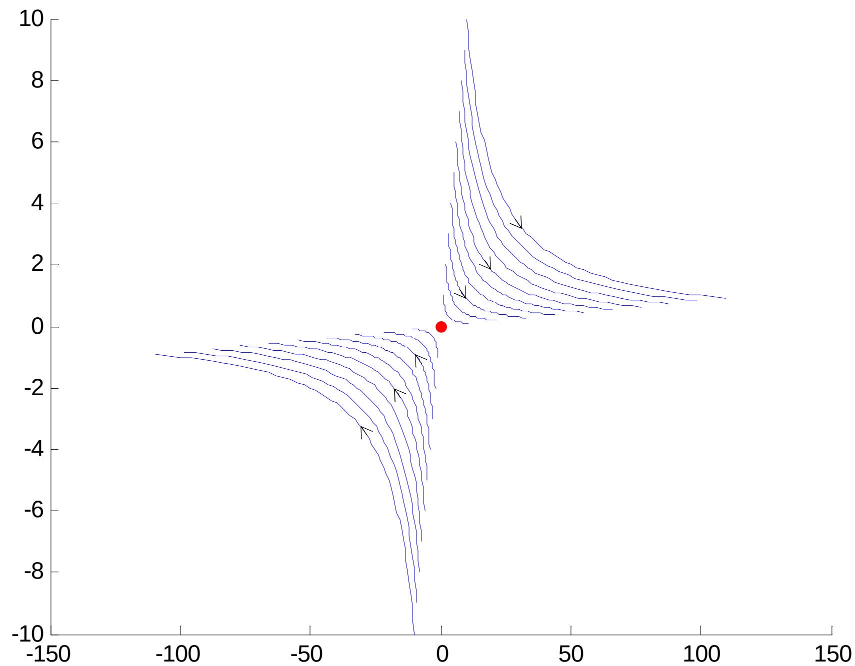
Caso 1: sistema inestable

```
A=[2 1;-1 -2];
B=[0;0];
C=[1 0;0 1];
D=0;
sys=ss(A,B,C,D);
orient tall
[Y,TT]=step(sys)
hold
for INI=-10:1:10,
Xo1=INI;
Xo2=INI;
[YY,TT,XX]=initial(sys,[Xo1 Xo2]);
plot(XX(:,1),XX(:,2));
end
```



Caso 2: sistema inestable

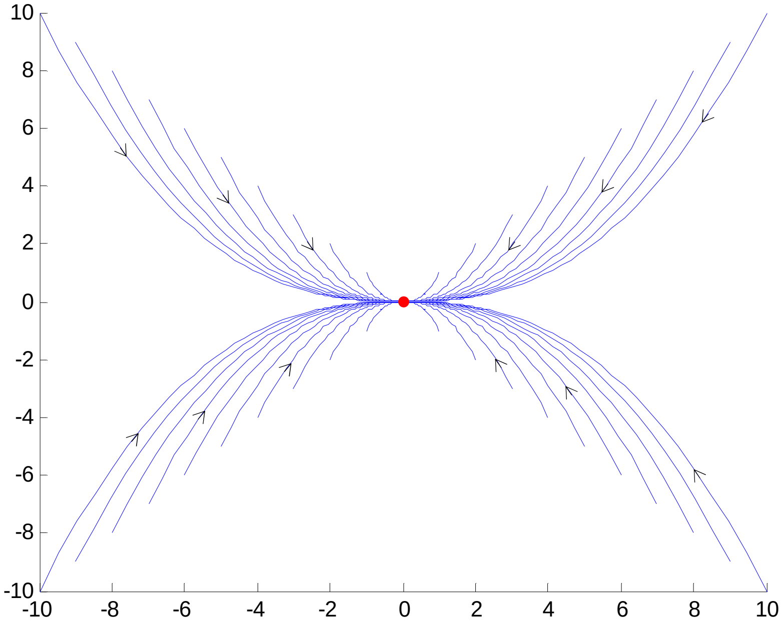
```
A=[2 0;0 -2];
B=[0;0];
C=[1 0;0 1];
D=0;
sys=ss(A,B,C,D);
orient tall
[Y,TT]=step(sys)
hold
for INI=-10:1:10,
Xo1=INI;
Xo2=INI;
[YY,TT,XX]=initial(sys,[Xo1 Xo2]);
plot(XX(:,1),XX(:,2));
end
hold
```



NOTA: En todos estos cuatro casos el punto de equilibrio es el origen de coordenadas (0,0). Es por ello que el mismo se encuentra marcado en color rojo en cada figura.

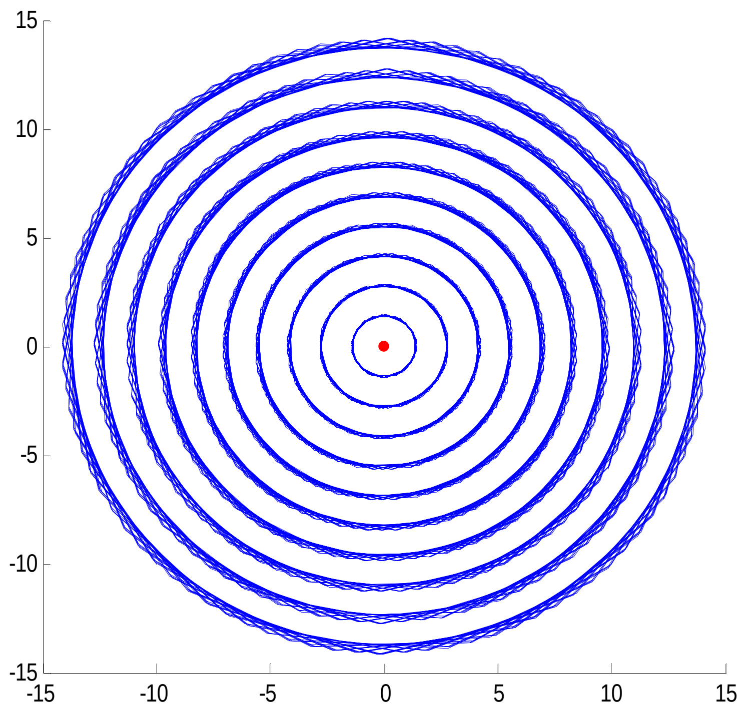
Caso 3: sistema asintóticamente estable

```
A=[-2 0;0 -5];
B=[0;0];
C=[1 0;0 1];
D=0;
sys=ss(A,B,C,D);
orient tall
[Y,TT]=step(sys)
hold
for INI=-10:1:10,
Xo1=INI;
Xo2=INI;
[YY,TT,XX]=initial(sys,[Xo1 Xo2]);
plot(XX(:,1),XX(:,2));
end
for INI=-10:1:10,
Xo1=-INI;
Xo2=INI;
[YY,TT,XX]=initial(sys,[Xo1 Xo2]);
plot(XX(:,1),XX(:,2));
end
hold
```



Caso 4: sistema con estable simple (¡!). Depende de las condiciones iniciales.

```
A=[0 2;-2 0];
B=[0;0];
C=[1 0;0 1];
D=0;
sys=ss(A,B,C,D);
orient tall
[Y,TT]=step(sys)
hold
for INI=-10:1:10,
Xo1=INI;
Xo2=INI;
[YY,TT,XX]=initial(sys,[Xo1 Xo2]);
plot(XX(:,1),XX(:,2));
end
for INI=-10:1:10,
Xo1=-INI;
Xo2=INI;
[YY,TT,XX]=initial(sys,[Xo1 Xo2]);
plot(XX(:,1),XX(:,2));
end
hold
```



Ejemplo de un sistema no lineal (análisis de estabilidad según Lyapunov)

$$\frac{dx_1}{dt} = (x_2^2 - 1)x_1$$
$$\frac{dx_2}{dt} = (x_2 - 2)(x_1 - 1)$$

Puntos de equilibrio: (x_1, x_2) = {A=(0,2); B=(1,1); C=(1,-1)}

Linealizando alrededor de cada punto de equilibrio se logra hacer el estudio de cada aproximación lineal del sistema no lineal.

Punto de equilibrio A $(x_{\delta 1} = 0;\ x_{\delta 2} = 2)$

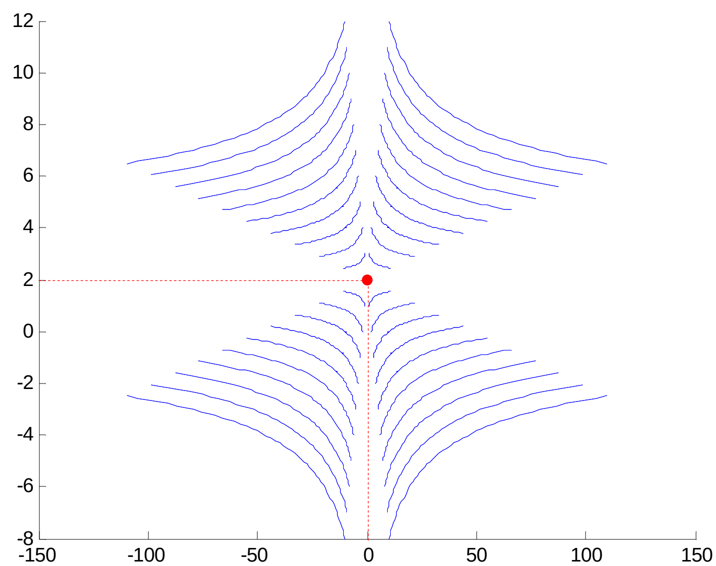
$$\frac{dx_\delta}{dt} = \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} x_\delta$$

$$\rightarrow \quad x_{\delta 1} = x_{10}\exp(3t)$$
$$x_{\delta 2} = x_{20}\exp(-t)$$

Trayectoria de fase:

$$x_{\delta 1} = (x_{10}x_{20}^3)\frac{1}{x_{\delta 2}^3}$$

(Sistema inestable)



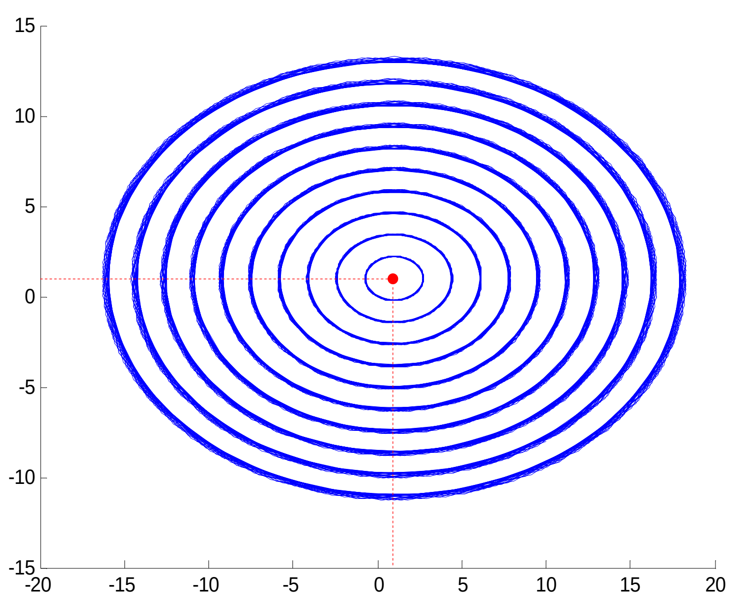
Punto de equilibrio B $(x_{\delta 1} = 1;\ x_{\delta 2} = 1)$

$$\frac{dx_\delta}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 2 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} x_\delta$$

Trayectoria de fase:

$$x_{\delta 1}^2 + 2x_{\delta 2}^2 = x_{10}^2 + 2x_{20}^2 = c$$

(Sistema con estabilidad muy comprometida, depende de que las condiciones iniciales sean cercanas al punto de equilibrio)



<u>Punto de equilibrio C</u> $(x_{\delta 1}=1;\ x_{\delta 2}=-1)$

$$\frac{dx_\delta}{dt}=\begin{bmatrix}0 & -2\\ -3 & 0\end{bmatrix}x_\delta$$

Trayectoria de fase:

$$3x_{\delta 1}^2=2x_{\delta 2}^2+(3x_{10}^2-2x_{20}^2)=2x_{\delta 2}^2+c$$

(Sistema inestable)