

DISPOSITIVOS SEMICONDUCTORES

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA – FI UBA

ING. Mariano Morel (FI - UNMDP)

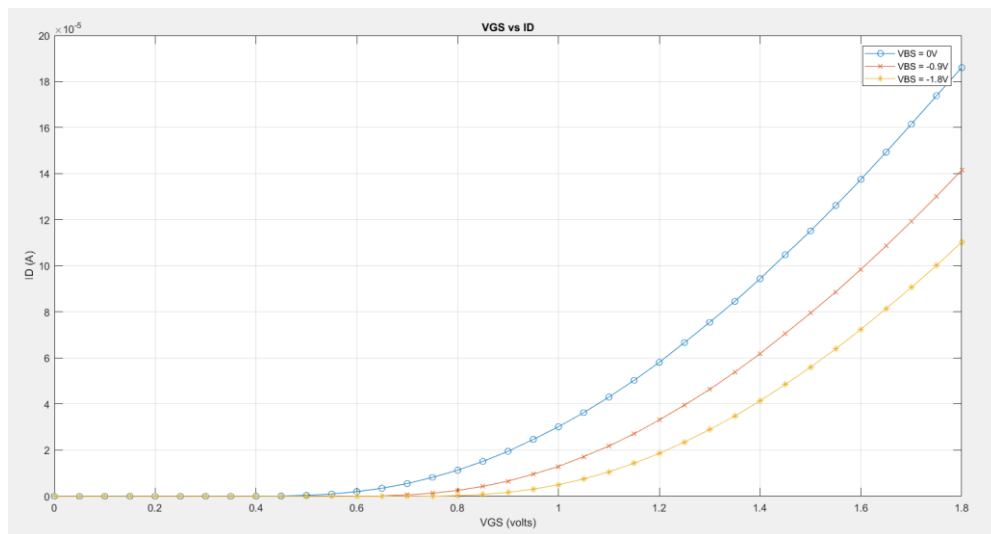
MOSFET

Para la resolución de este TP, se uso el software MATLAB y se utilizaron las mediciones proporcionadas por la cátedra. A continuación, se muestran los gráficos y los cálculos pedidos

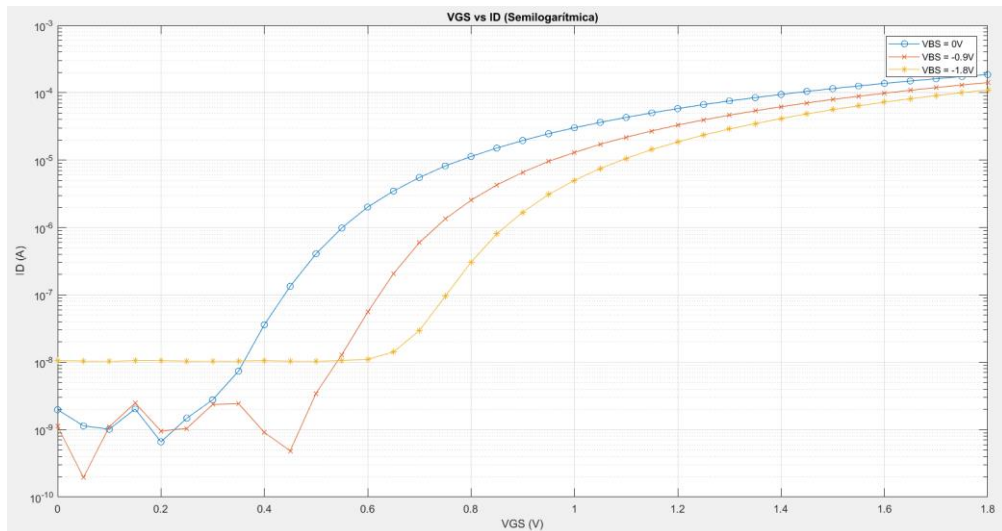
MOSFET, Canal Largo:

1. Realizar un gráfico de la curva de transferencia en escala lineal para $V_{DS} = 1,8V$ con V_{BS} como parámetro.

Se utilizó sky130 fd pr nfet 01v8 w25u l25u m1(8008 3 4 IDVG).mdm

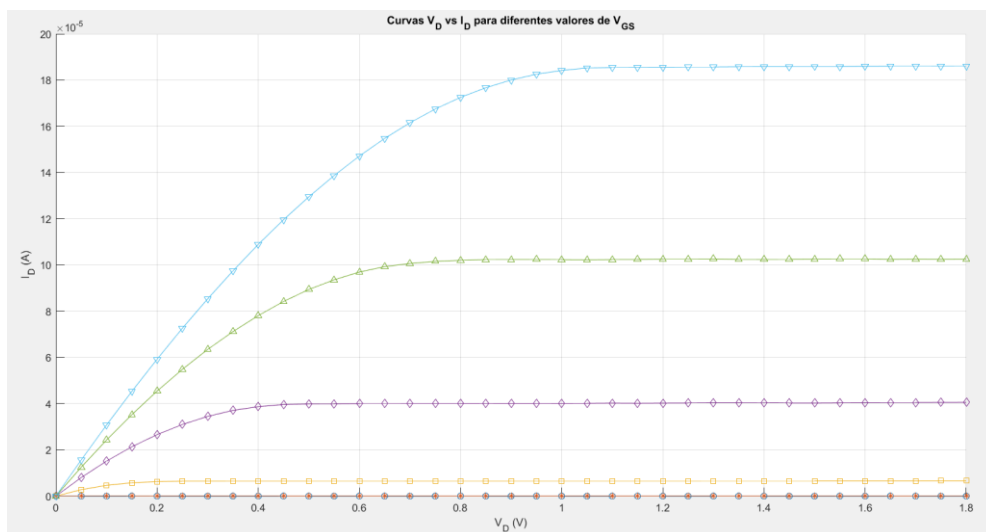


2. Realizar un gráfico de la curva de transferencia en escala semilogarítmica para $V_{DS} = 1,8V$ con V_{BS} como parámetro



- Realizar un gráfico de la curva de salida en escala lineal para $V_{BS} = 0V$ con V_{GS} como parámetro.

Se utilizó sky130 fd pr nfet 01v8 w25u l25u m1(8008 3 4 IDVD).mdm



- A partir de [GRAPH02] y un ajuste lineal de la curva en régimen subumbral, debe estimarse el valor del Subthreshold Swing (S), y el parámetro m para cada V_{BS} . Considerar $T = 27^\circ C$ para el cálculo de V_{th} .

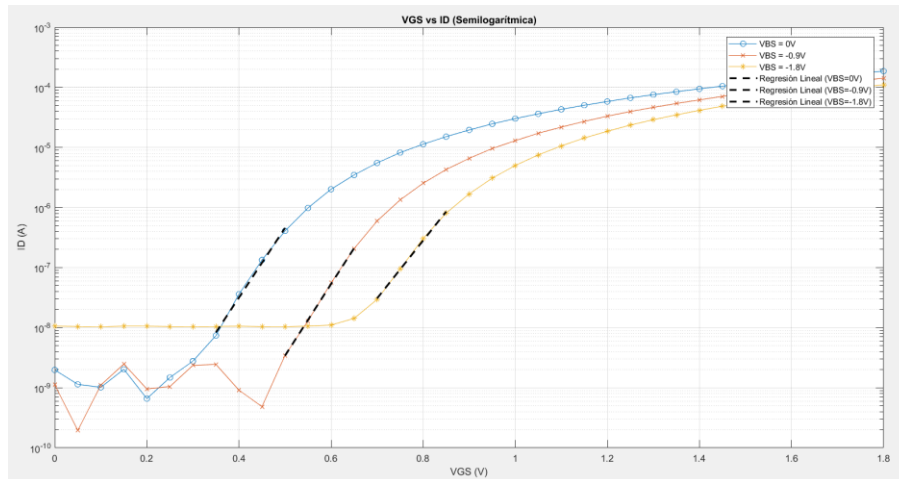
Los valores calculados para S y m , para $V_{BS} = [0, -0.9V, -1.8V]$ en forma correspondiente, fueron los siguientes:

$S = [0.0863, 0.0838, 0.1038]$ (volts)

$m = [1.4505, 1.4089, 1.7447]$

Los valores obtenidos, se lograron mediante la siguiente ecuación y con apoyo de la regresión lineal de la curva de transferencia del punto 2 que se muestra a continuación:

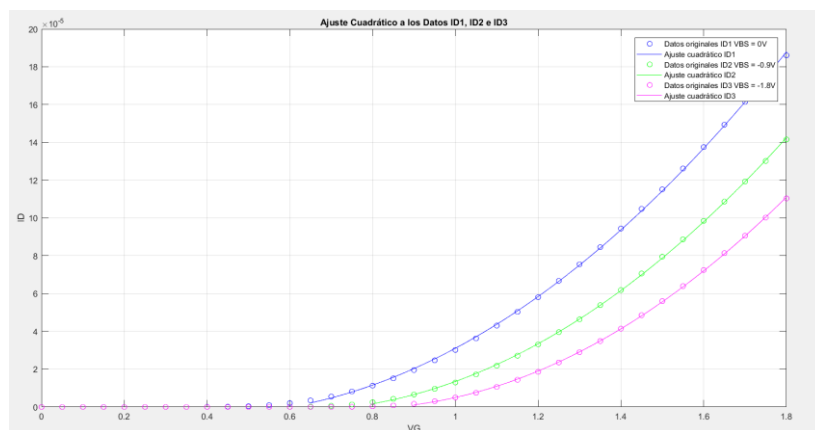
$$S \triangleq \left[\frac{d(\log_{10} I_D)}{dV_{GS}} \right]^{-1} = \left[\frac{d \left(\mathbb{C} + \frac{V_{GS} - V_T}{m V_{th}} \log_{10}(e) \right)}{dV_{GS}} \right]^{-1} = \frac{m V_{th}}{\log_{10}(e)}$$



5. Con los valores de m , utilizando el gráfico del punto 1 y a partir de un ajuste polinómico, estimar los parámetros $k_n' = \mu_n C_{ox}'$ y V_T para cada valor de VBS.

Con el ajuste polinómico de segundo grado de las curvas del punto 1, y tomando la ecuación de I_D (saturación) desarrollada como una ecuación segundo grado en forma polinómica, con V_{GS} como variable independiente

$$I_D = \mu_n \frac{C_{ox}'}{2m} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_T)^2$$



Se obtienen los siguientes coeficientes (para los diferentes VBS):

(VBS = 0V) $a = 0.9871$ $b = -0.8025$ $c = 0.1258$ \leftarrow factor de multiplicación = 1×10^{-4}

(VBS = -0.9V) $a = 0.1024$ $b = -0.1253$ $c = 0.0364$ \leftarrow factor de multiplicación = 1×10^{-3}

(VBS = -1.8V) $a = 0.1043$ $b = -0.1594$ $c = 0.0602$ \leftarrow factor de multiplicación = 1×10^{-3}

De los parámetros estimados de V_T y K_n' son:

($V_{BS} = 0V$) $\rightarrow V_T = 0.406V$; $K_n' = 2.863 \times 10^{-4}$

($V_{BS} = -0.9V$) $\rightarrow V_T = 0.612V$; $K_n' = 2.885 \times 10^{-4}$

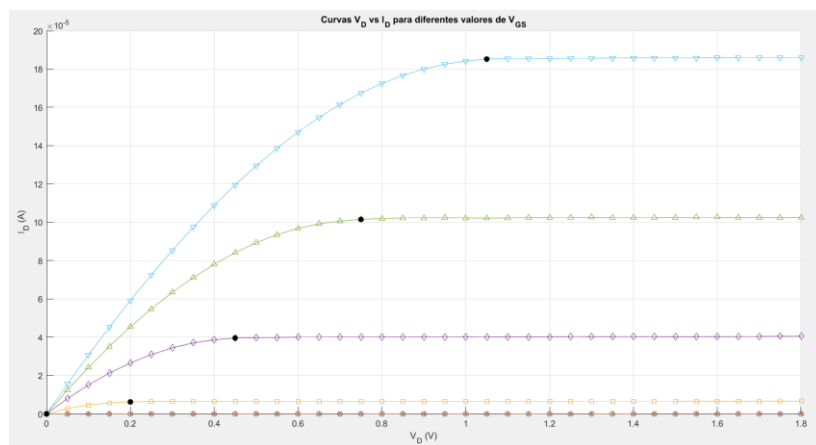
($V_{BS} = -1.8V$) $\rightarrow V_T = 0.764V$; $K_n' = 3.639 \times 10^{-4}$

6. A partir del punto 3, estimar los valores de $V_{DS}(sat)$ y V_A para cada valor de V_{GS} .

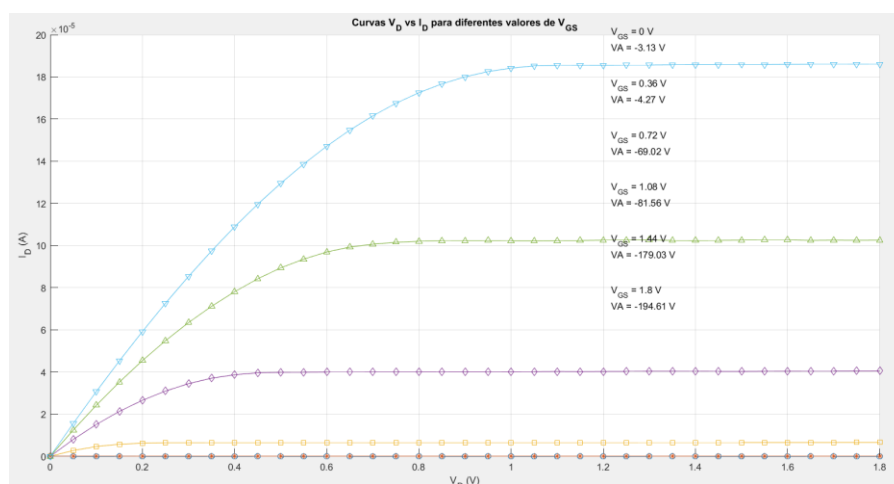
Las estimaciones las hacemos en donde la curva comienza a ser constante. Los valores obtenidos fueron:

$V_{DS_SAT} = [0, 0, 0.2, 0.45, 0.75, 1.05]$ (en volts)

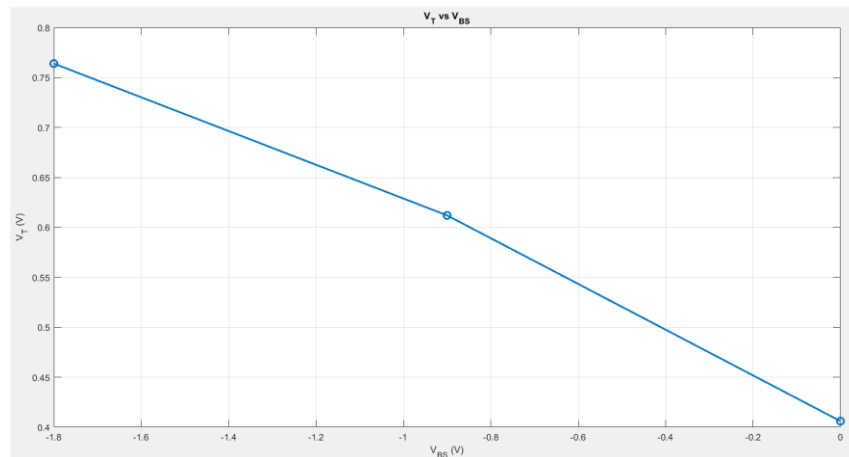
Gráficamente, se marcan con puntos negro en el gráfico



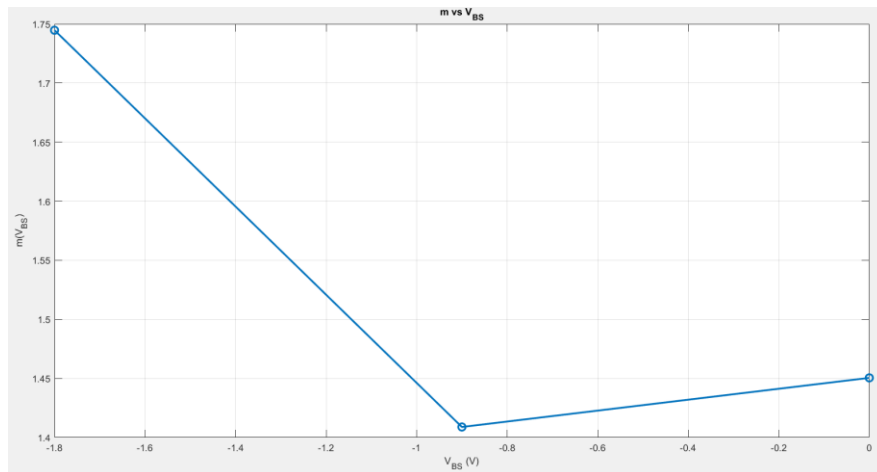
Para el cálculo de V_A se hace una extrapolación de las curvas en dirección del semieje negativo de la tensión V_D , tal como se hizo en el BJT para la tensión de Early. Los valores obtenidos se muestran sobre el siguiente gráfico:



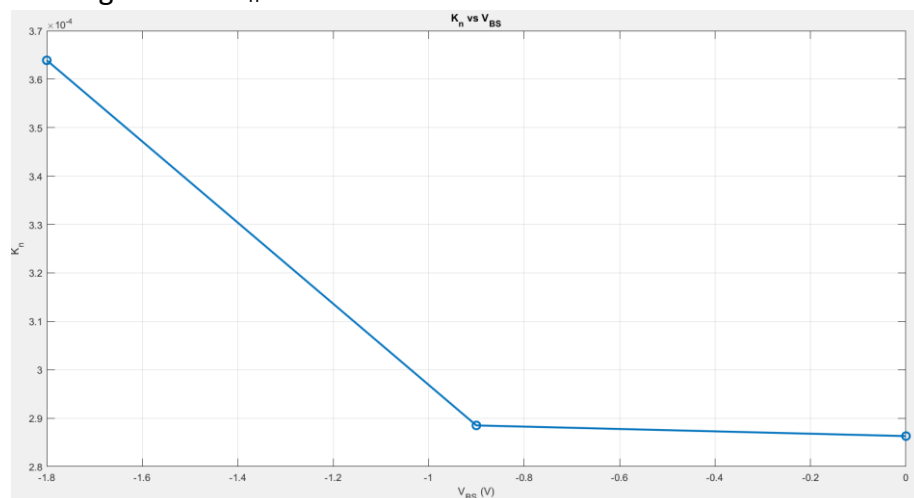
7. Realizar un gráfico de V_T en función de V_{BS} .



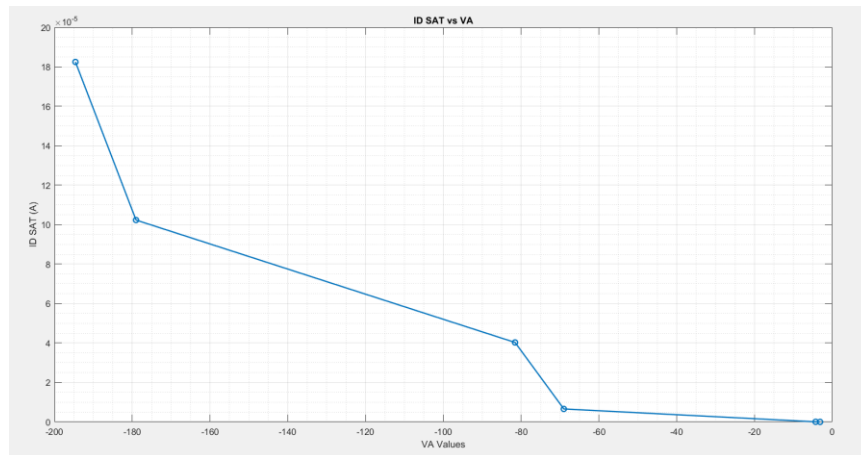
8. Realizar un gráfico de m en función de V_{BS}



9. Realizar un gráfico de k_n' en función de V_{BS} .



10. Realizar un gráfico de V_A en función de I_D (sat).



Siendo las corrientes de saturación para cada curva con VGS como parámetro:

ID= $[-3.013 \times 10^{-9}, 4.871 \times 10^{-8}, 6.566 \times 10^{-6}, 4.027 \times 10^{-5}, 0.0001023, 0.000182]$ (amper)

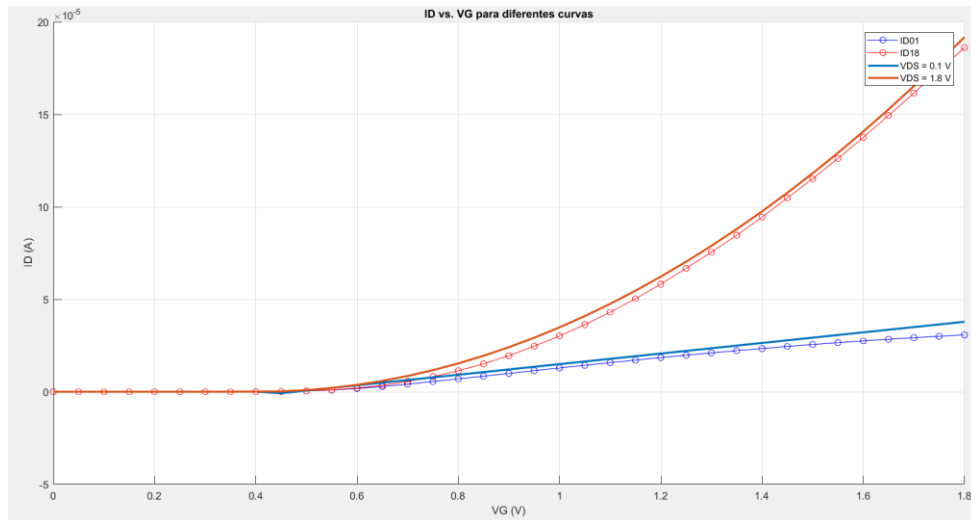
- Realizar una tabla comparativa entre los valores de VDS (sat) estimados a partir de las curvas, y los valores calculados a partir de la ec. 2.

$$V_{DS(sat)} = \frac{V_{GS} - V_T}{m}$$

VDS_estimado	VDS_calculado	Diferencia_absoluta
0	0	0
0	0	0
0.2	0.21648	0.016483
0.45	0.46468	0.014679
0.75	0.71288	0.037124
1.05	0.96107	0.088927

Para el calculo se tomó el $m = 1.4505$ y $V_T = 0.406V$

- Realizar un gráfico de la curva de transferencia en escala lineal para VBS = 0V con VDS = {0,1 V; 1,8V} como parámetro. En el gráfico incluir las mediciones y también curvas generadas a partir del modelo de la ec. 1.

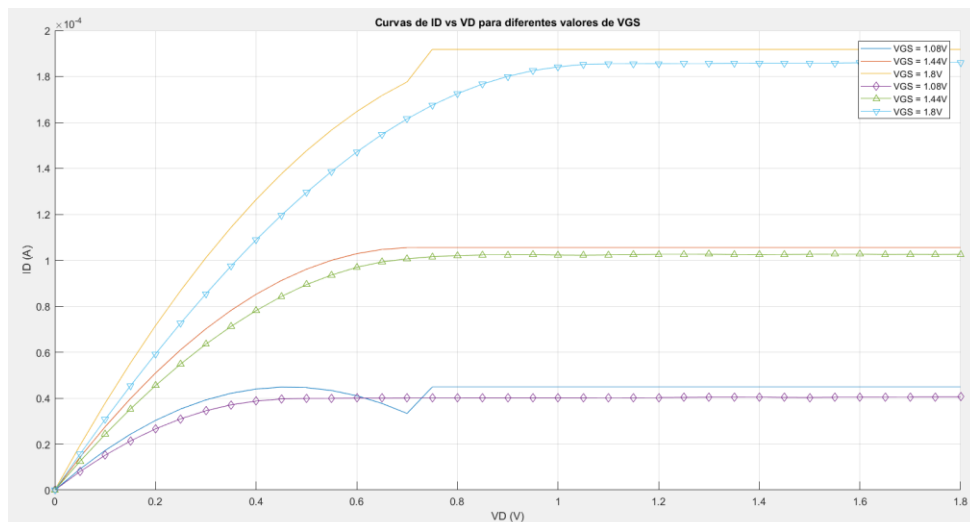


Siendo el modelo de la ec. 1:

$$I_D = \begin{cases} \mu_n C'_{ox} \frac{W}{L} (m-1) V_{th}^2 \exp\left(\frac{V_{GS}-V_T}{m V_{th}}\right) \left[1 - \exp\left(-\frac{V_{DS}}{V_{th}}\right)\right] & V_{GS} \leq V_T \quad (\text{Subumbral}) \\ \frac{\mu_n C'_{ox}}{2m} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_T)^2 & V_{GS} > V_T; V_{DS} \geq V_{DS(sat)} \quad (\text{Saturación}) \\ \mu_n C'_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_T - \frac{m}{2} V_{DS}) V_{DS} & V_{GS} > V_T; V_{DS} < V_{DS(sat)} \quad (\text{Triodo}) \end{cases}$$

El valor tomado como V_{DS_SAT} fue de 1.05V

13. Realizar un gráfico de la curva de salida para $V_{BS} = 0V$ con $V_{GS} = [1.08V, 1.44V, 1.8V]$ como parámetro. En el gráfico incluir las mediciones y también curvas generadas a partir del modelo de la ec. 1.



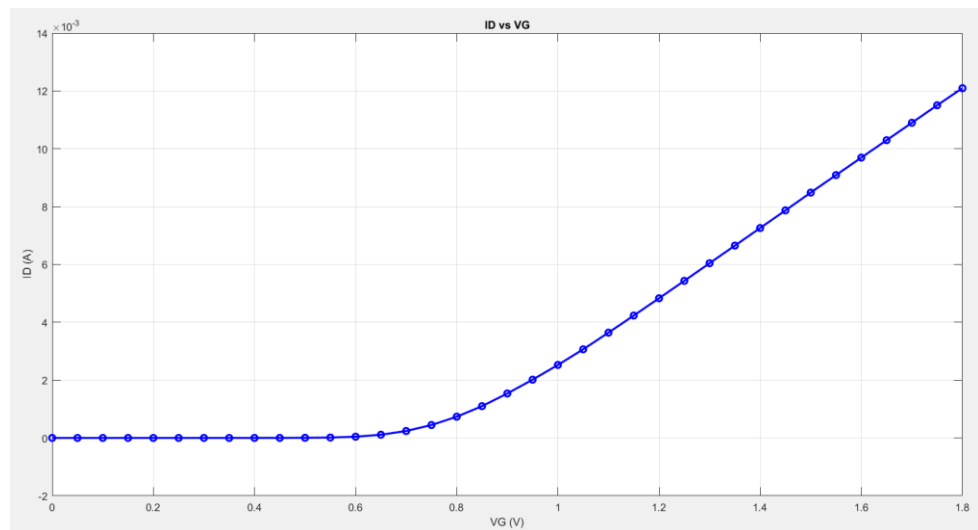
Los valores tomados para la ecuación 1, fueron $V_{DS_SAT} = 1.05V$, $m = 1.4505$, $K_n' = 2.863 \times 10^{-4}$ y $V_T = 0.406V$

Se puede observar que el entorno de VDS, hay saltos abruptos. Creo que es propio del modelo (ecuación) o no estoy teniendo suficiente precisión en el valor de VDS_SAT adoptado.

MOSFET, Canal Corto:

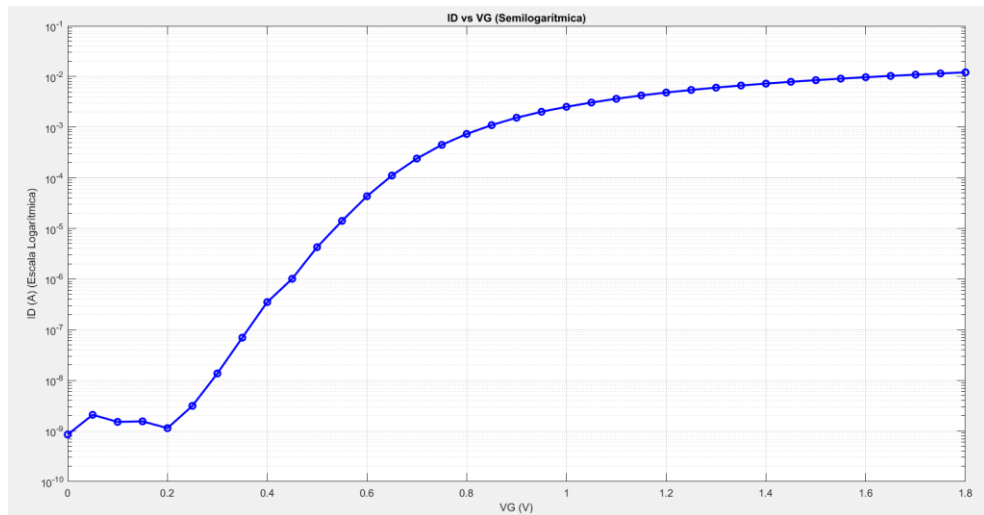
1. Realizar un gráfico de la curva de transferencia en escala lineal para VBS = 0V y VDS = 1,8V.

Para generar la curva se utilizaron las mediciones de sky130 fd pr nfet 01v8 w25u l0p15u m1(8008 3 4 IDVG).mdm



2. Realizar un gráfico de la curva de transferencia en escala semilogarítmica para VBS = 0V y VDS = 1,8V.

Para generar la curva se utilizaron las mediciones de sky130 fd pr nfet 01v8 w25u l0p15u m1(8008 3 4 IDVD).mdm



3. Realizar un gráfico de la curva de transferencia en escala semilogarítmica para $V_{BS} = 0V$ y $V_{DS} = 1,8V$.

