

Trabajo de Laboratorio 4

Analizador de espectro

Instrumentos Electrónicos (86.69)

Aveni, Lucas Daniel	103813
Becker, Gonzalo	104291
Topp, Alejandro	103772

Índice

1. Introducción	2
2. Desarrollo del Trabajo Práctico	2
2.1. Banco de medición	2
2.2. Mediciones realizadas	3
2.2.1. Modulaciones analógicas	3
2.2.2. Máscara de norma CFR 73.44	7
2.2.3. Potencia por canal	8
2.3. Espectro de canal de comunicación privado	10
2.4. Piso de ruido y Front-End	11
2.5. Distorsión del Mixer	12
2.6. Respuesta en frecuencia de cuadripolo-Tracking generation	13

La presente experiencia se basa en la utilización de un analizador de espectro. Este dispositivo electrónico muestra la composición del espectro de distintas señales. A diferencia de la utilización de un osciloscopio para realizar la misma medición, con un analizador de espectro se obtiene mejor rango dinámico, la posibilidad de ver todas las componentes de una señal en todo su espectro y la posibilidad de analizar la potencia por canal sujeto a las distintas reglamentaciones en nuestro sistema de comunicaciones.



En la presente experiencia se realizan distintas mediciones en el analizador de espectro heterodino, con el fin de trabajar con distintos parámetros del equipo, ya sea el Span, el RBW, la atenuación de entrada, el filtro de video, entre otros.

En la presente experiencia, se puede notar el generador RF de funciones, modelo Agilent N9310A conectado al analizador de espectro ED PSA 6000.



2.2. Mediciones realizadas

2.2.1. Modulaciones analógicas

Una función interesante del analizador de espectro es poder analizar distintas modulaciones analógicas. En nuestra experiencia, se realiza primero una modulación en AM, con distintos índices de modulación para poder visualizar el comportamiento de las bandas laterales respecto a la portadora.

Para ello seteamos en el generador de funciones de RF Agilent N9310A una señal del tipo:

$$m(t) = a \cos(\omega_m t)$$

Modulada con AM (doble banda lateral):

$$\phi_{AM}(t) = [m(t) + A] \cos(\omega_p t)$$

En el generador se define la frecuencia del mensaje f_m (AM rate), la frecuencia de portadora f_p , la amplitud de la portadora A y el índice de modulación $m_{AM} = \frac{a}{A}$.

Finalmente se pretende observar el espectro en frecuencias ideal:

$$\phi_{AM}(\omega) = A\pi\delta(\omega - \omega_p) + \frac{\pi}{2}\delta(\omega - (\omega_p + \omega_m)) + \frac{\pi}{2}\delta(\omega - (\omega_p - \omega_m))$$

En función de las expresiones aquí detalladas, es fácil extraer conclusiones respecto del mensaje originalmente transmitido, sin demodular. Por otro lado, cabe recalcar que en la práctica las bandas se vieron atenuadas por efecto del cable/analizador de espectro.

En el analizador de espectro se observó, en función a la configuración de SPAN y RBW (resolution bandwidth). Colocando un SPAN que incluya un rango de mínimo $2f_m$, y un RBW capaz de distinguir entre las bandas (generalmente se podría afirmar, un RBW "pequeño", al menos $RBW < f_m$). El precio a pagar resulta en el aumento del tiempo de barrido (sweep time). Una mala configuración resulta en la imposibilidad de distinguir entre la portadora y las bandas laterales, un ejemplo:

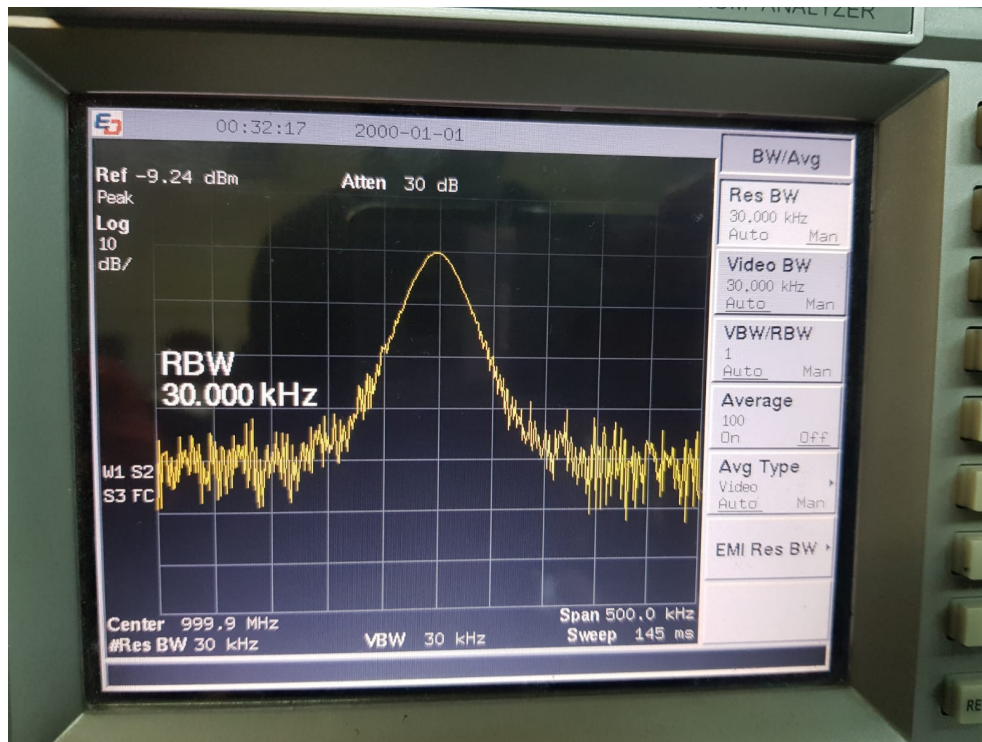


Figura 1: Modulación AM vista en el analizador de espectro con una mala configuración

Como se explicó previamente, en esta visualización se tiene una configuración de RBW alta, aumentado el piso de ruido (integra mayor densidad de potencia de ruido) e imposibilitando distinguir las bandas laterales.

En segundo lugar se realizó una modulación en FM. Esto implica que se tiene un

mensaje del tipo:

$$m(t) = a \cos(\omega_m t)$$

Resultando en una modulación FM representada por la serie de Fourier, en el tiempo:

$$\phi_{FM}(t) = A \sum_{n=0}^{\infty} J_n(m_{FM}) \cos[(\omega_p + n\omega_m)t]$$

El espectro observado idealmente resulta en:

$$\phi_{FM}(\omega) = A\pi \sum_{n=0}^{\infty} J_n(m_{FM}) [\delta(\omega - (\omega_p + n\omega_m)) + \delta(\omega + (\omega_p + n\omega_m))]$$

En el generador de funciones RF Agilent N9310A se generó una señal cuyos parámetros son: $f_p = 1GHz$, $A = -10dBm$, $\Delta f = 2,4kHz$, $f_m = 1kHz$.

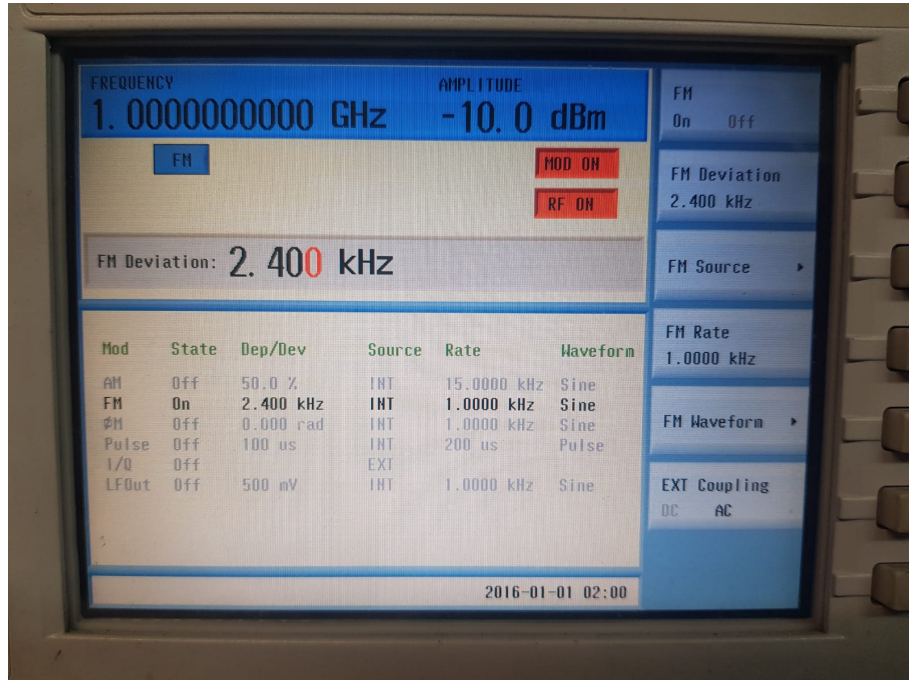


Figura 2: Generador de funciones de RF con una modulación FM

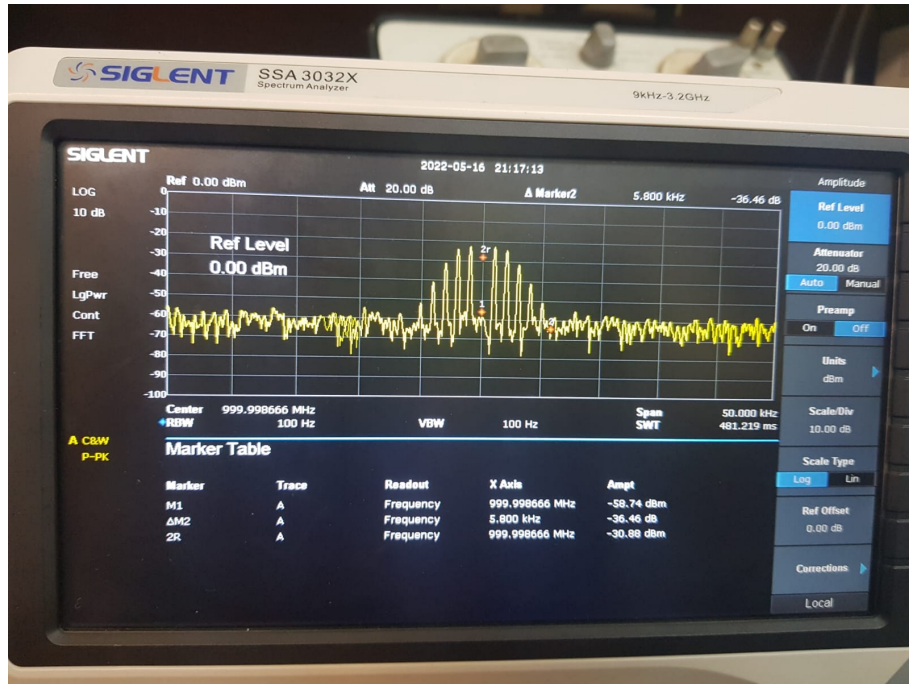
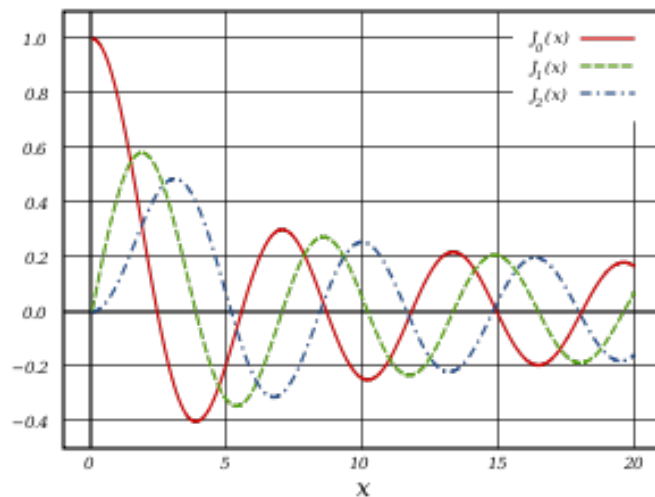


Figura 3: Analizador de espectro con una modulación FM

En el analizador de espectro se configura SPAN en 50kHz y RBW en 100Hz, que es significativamente menor a la distancia entre bandas ($f_m = 1kHz$). La portadora se encuentra suprimida de acuerdo al cero de la función de Bessel de orden 0: $m_{FM} = \frac{\Delta f}{f_m} = \frac{2,4kHz}{1kHz} = 2,4$. A saber, la función de Bessel de orden 0 $J_0(x)$:

Figura 4: Función de Bessel de orden 0, $J_0(x)$

Con lo que, viendo la portadora suprimida, se podría intuir $m_{FM} = 2,4$. Por otro lado, a partir de la Regla de Carson para índices de modulación de dicho orden:

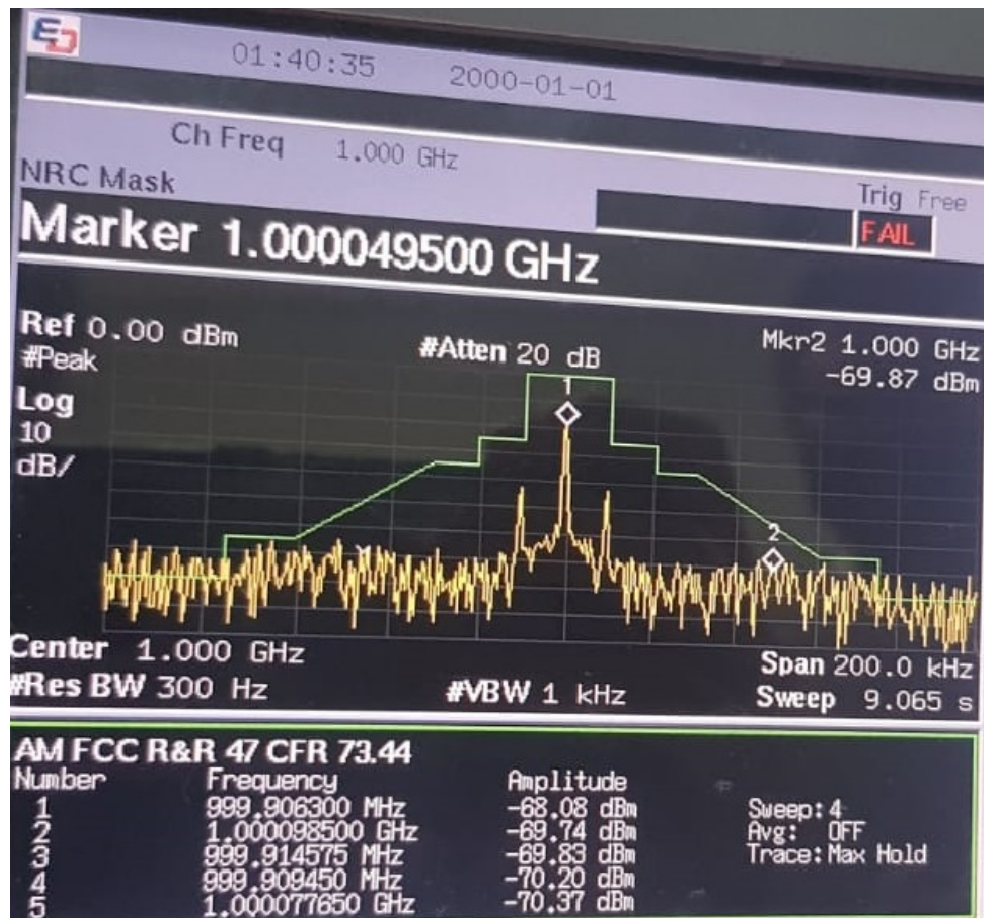
$$AB = 2(m_{FM} + 2)f_m$$

Se despeja f_m , considerando un $AB = 10\text{kHz}$. Se obtiene $f_m = 1,1\text{kHz}$. Luego, $\Delta f = m_{FM}f_m = 2,7\text{kHz}$. La Regla de Carson indica que en ese ancho de banda se concentra al menos el 98 % de la potencia de la señal.

2.2.2. Máscara de norma CFR 73.44

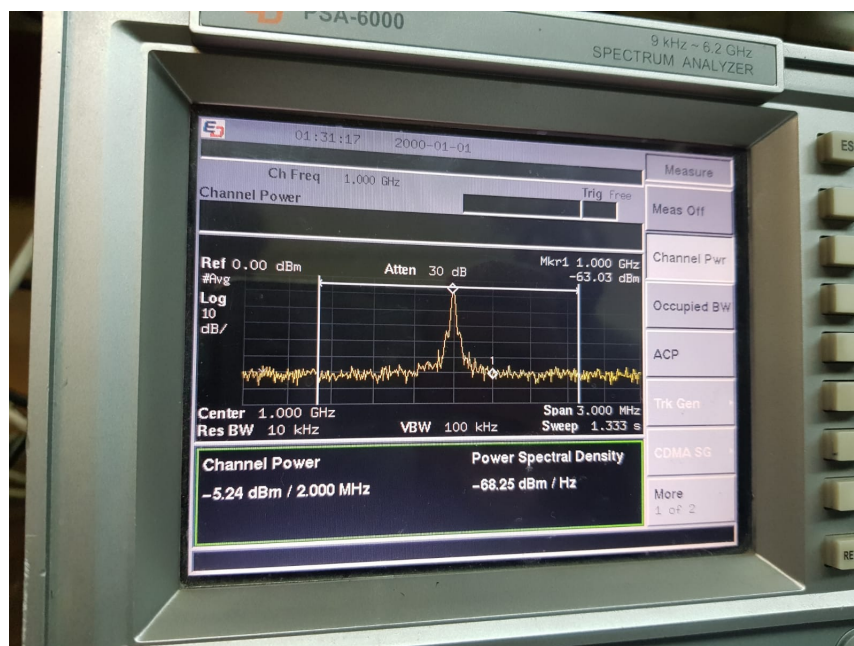
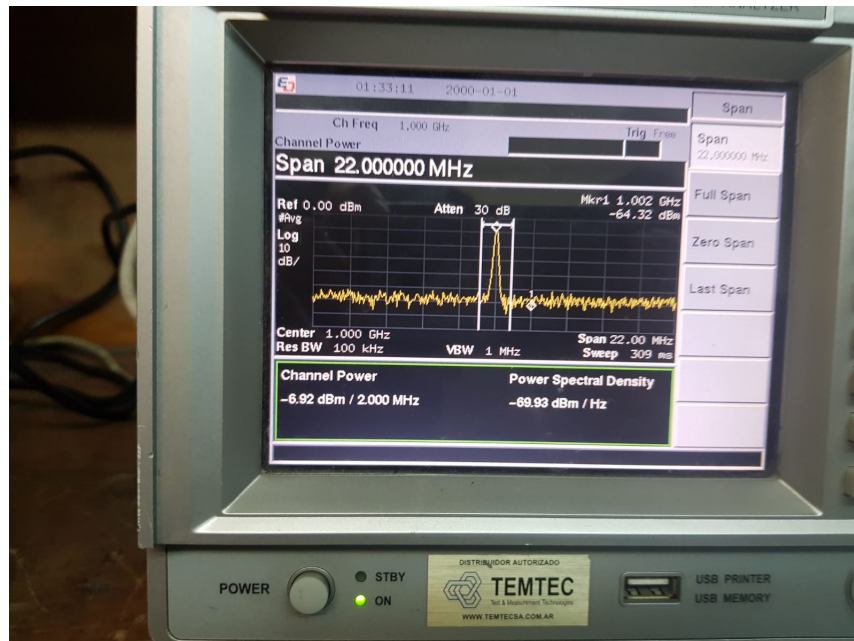
El Código de Regulaciones Federales (CFR) es la legislación de Estados Unidos para regular diferentes cuestiones. En particular, CFR 73.44 establece normativas sobre las transmisiones en AM. El analizador de espectro permite observar las máscaras dentro de las cuales debe estar contenida la señal de AM, y además permite evaluar si la señal que se está midiendo cumple o no con dicha máscara. En la primer medición se observa que el espectro no cumple porque las bandas laterales sobresalen de la máscara, mientras que en la segunda es el piso de ruido el que no satisface estar por debajo de la máscara.





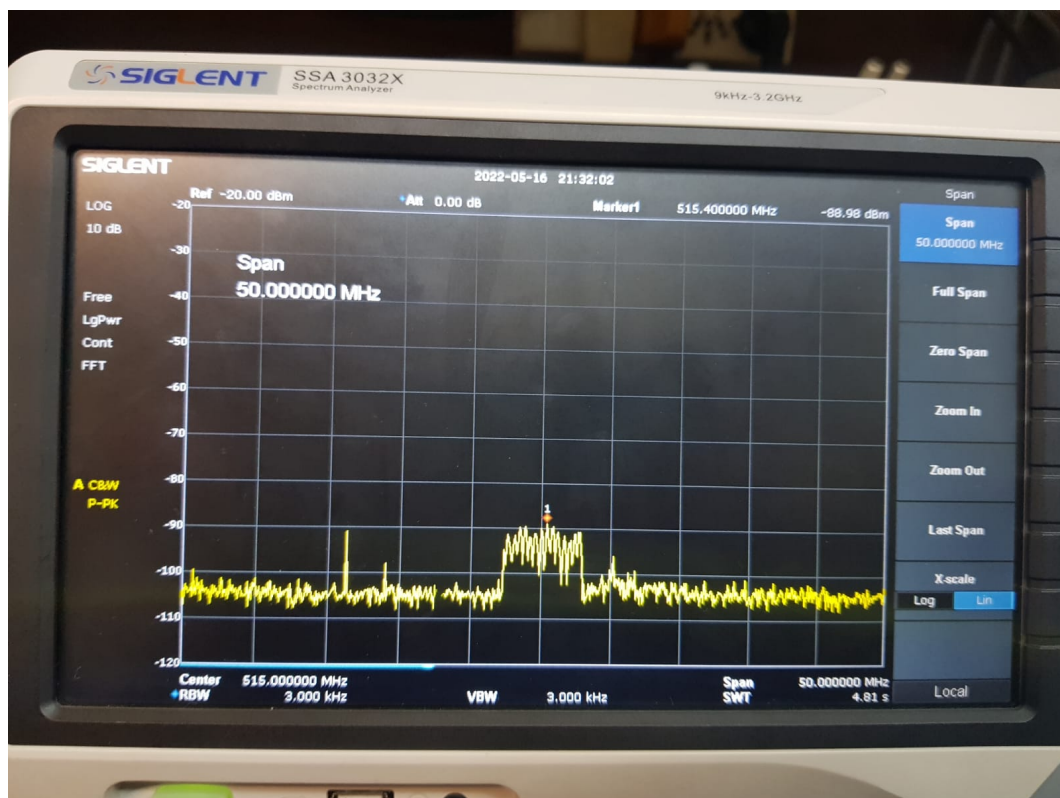
2.2.3. Potencia por canal

Se puede medir la potencia de nuestro espectro en una cierta banda de frecuencia. Esta función es de utilidad para casos de transmisión de información donde, bajo ciertas normas estrictas, se deba respetar la banda de frecuencias otorgada y no transmitir potencia por fuera del rango establecido. Visualizando los gráficos siguientes, se puede ver que el usuario puede variar el ancho de la ventana y en función de ello conocer la potencia a transmitir, y la densidad espectral de potencia.



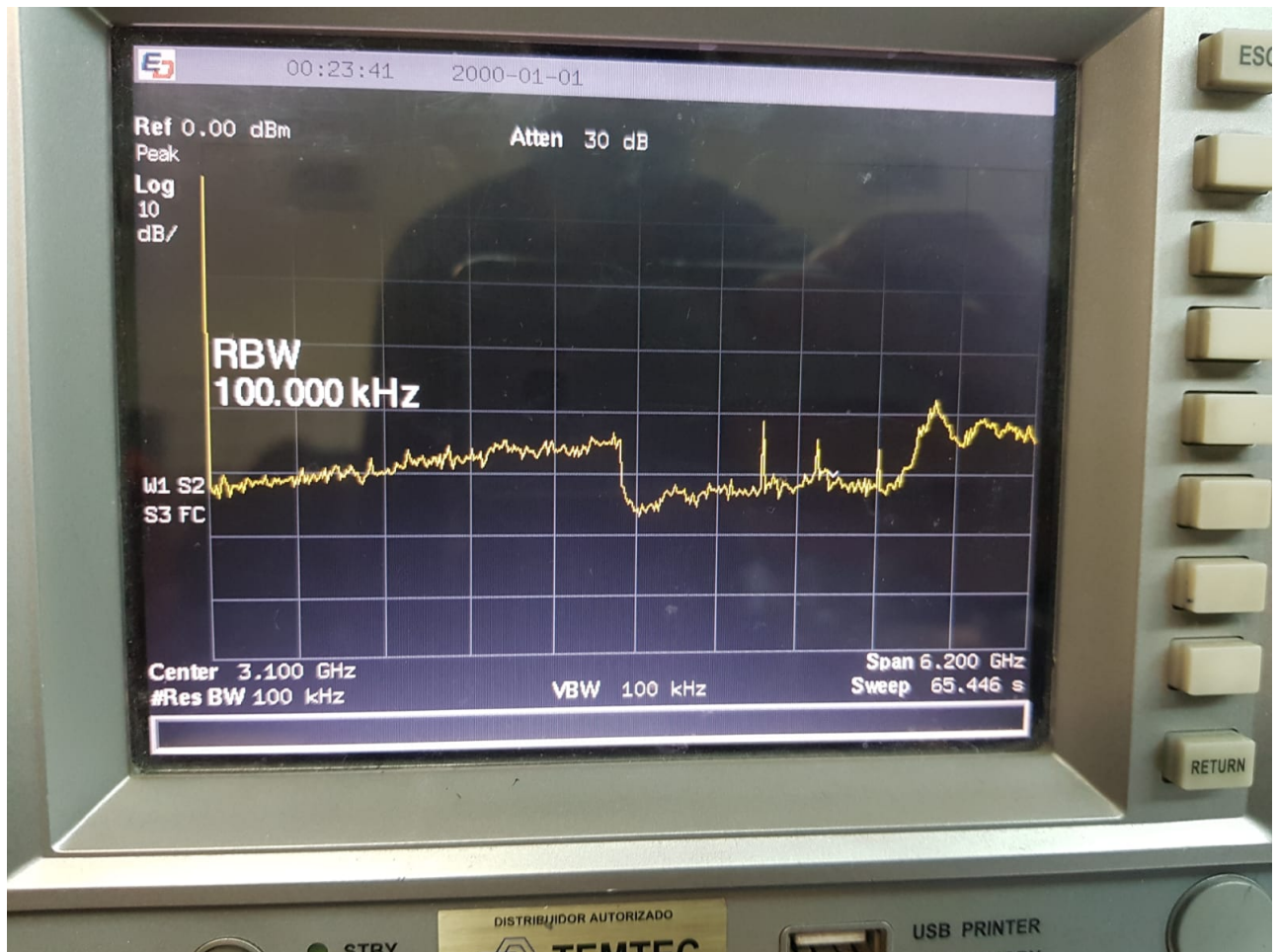
2.3. Espectro de canal de comunicación privado

Para esta experiencia, se conecta una antena al osciloscopio. De este modo y visualizando un cierto espectro en frecuencia en torno a la frecuencia de 500MHz, se observa una banda de frecuencias correspondiente a televisión digital. La televisión digital adopta el rango de frecuencias de 470MHz a 698MHz.



2.4. Piso de ruido y Front-End

Para poder determinar el piso de ruido propio del sistema, se coloca una terminación de $Z = 50\Omega$ para adaptar la salida de nuestro analizador e impedir que ingrese ruido externo a nuestro analizador.

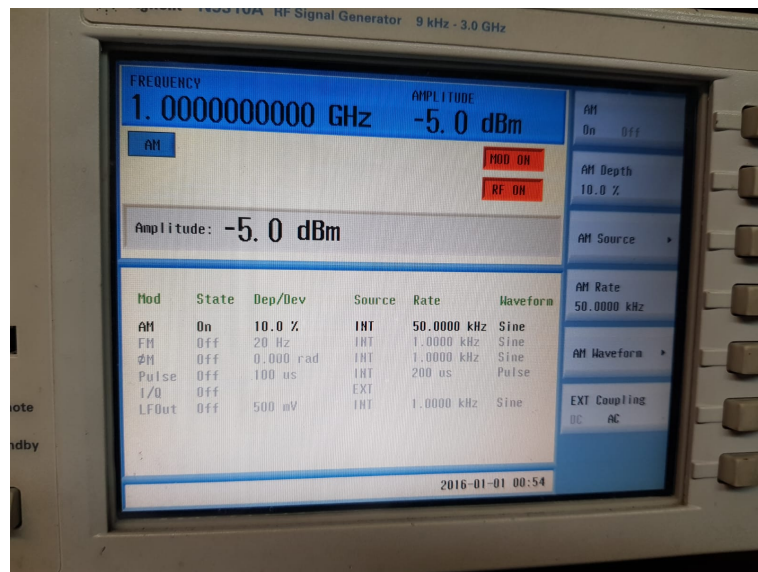


En la imagen superior se puede visualizar que a partir de 3.1GHz aproximadamente, se produce un cambio en el piso de ruido. Esto se debe a la utilización de un mixer externo, que permite realizar mediciones de alta frecuencia, por encima de la frecuencia de front end típica. Este mixer externo puentea el atenuador de entrada, el preselector y los primeros mixers.

2.5. Distorsión del Mixer

Cuando el nivel de la señal a la entrada del mixer es considerable, empiezan a aparecer armónicos generados por el mixer. Dichos armónicos se suman a los armónicos de nuestra señal de entrada, por lo que para conocer el grado de esta distorsión, se aplica el siguiente método experimental.

En primer lugar, se coloca una señal de entrada de amplitud considerable -5dbm, obteniendo así:



Posteriormente se aumenta la señal de entrada en 5dbm, por lo que tanto la amplitud de la fundamental como la segunda armónica de la señal visualizada, tienen que aumentar simultáneamente. Sin embargo, se puede notar que la amplitud de la segunda armónica aumenta más que 5dbm. Este comportamiento es producto de la distorsión producida por el mixer, cuando el nivel de entrada en el mismo es considerable.

2.6. Respuesta en frecuencia de cuadripolo-Tracking generation

Antes de finalizar la experiencia, se analiza como poder medir la respuesta en frecuencia de un cuadripolo dado. Para ello, se puede (en el caso teórico), obtener la frecuencia del oscilador local OL interno de nuestro analizador heterodino, y se reinyecta en la entrada de nuestro analizador. Con este procedimiento, y barriendo en frecuencia el oscilador local, se puede medir la respuesta en frecuencia del cuadripolo, hasta aproximadamente 3.6GHz.