

Pérdidas por inserción y de retorno en componentes pasivos de radiofrecuencia

*Por José Toscano Hoyos

1. Introducción

La consideración de las pérdidas que se presentan en un sistema de transmisión de radiofrecuencia, desde un transmisor hacia la antena, es en muchos casos parcial, incurriendo en una operación no óptima del sistema. En México, la norma técnica para sistemas de radio FM y televisión, establece la Potencia Aparente Radiada (PAR) como parámetro principal para el diseño del sistema, mismo que se puede ver afectado, si no se toman en cuenta las características de cada uno de los componentes, que en su conjunto contribuyen a ésta etapa de transporte de energía. En el presente trabajo, se pretende, establecer una relación entre los factores que incurren en las pérdidas naturales de energía que los componentes, a través del trayecto, aportan.

2. Componentes de un sistema típico de radiofrecuencia

Un sistema típico de radiofrecuencia está formado básicamente por; un transmisor, una línea de transmisión incluyendo conectores, en algunas ocasiones un filtro y una antena.

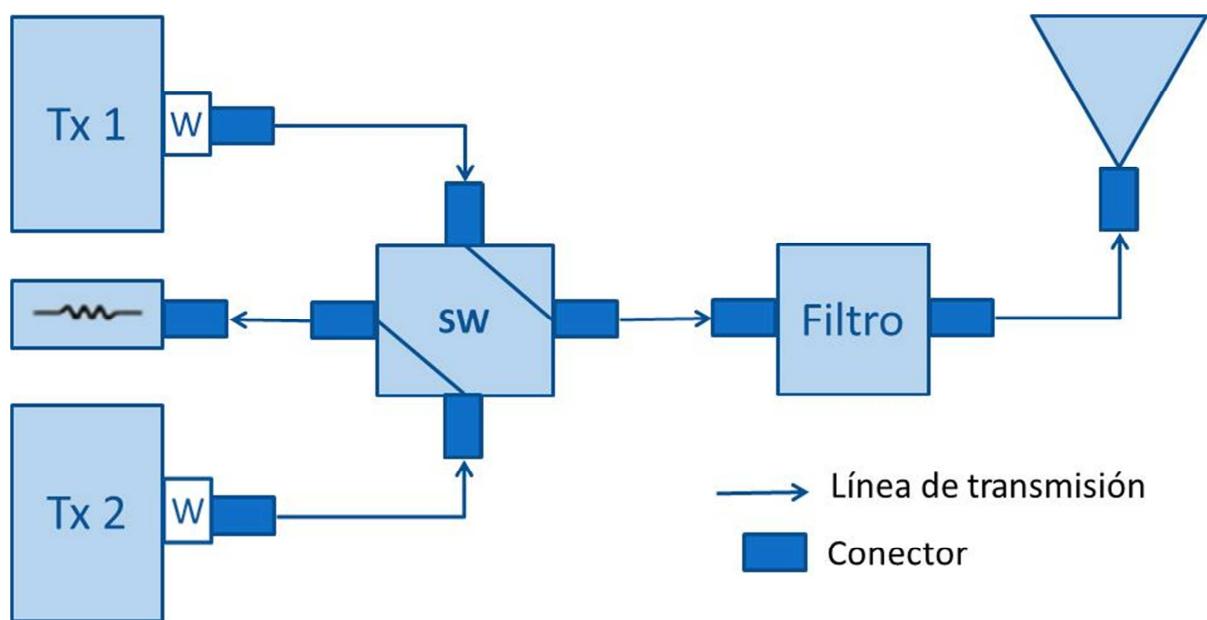


Figura No. 1

En la Figura No. 1 se muestra un sistema básico de radio FM, integrado por dos transmisores, uno principal y otro auxiliar o de emergencia, conectados a través de un panel de parcheo o un conmutador coaxial. Dependiendo de condiciones especiales, en ocasiones es necesario insertar un filtro antes de la antena.

Hay otros sistemas más complejos que, para su operación, requieren de incluir más componentes pasivos. La Figura No. 2, presenta un sistema de radio FM combinado, típico.

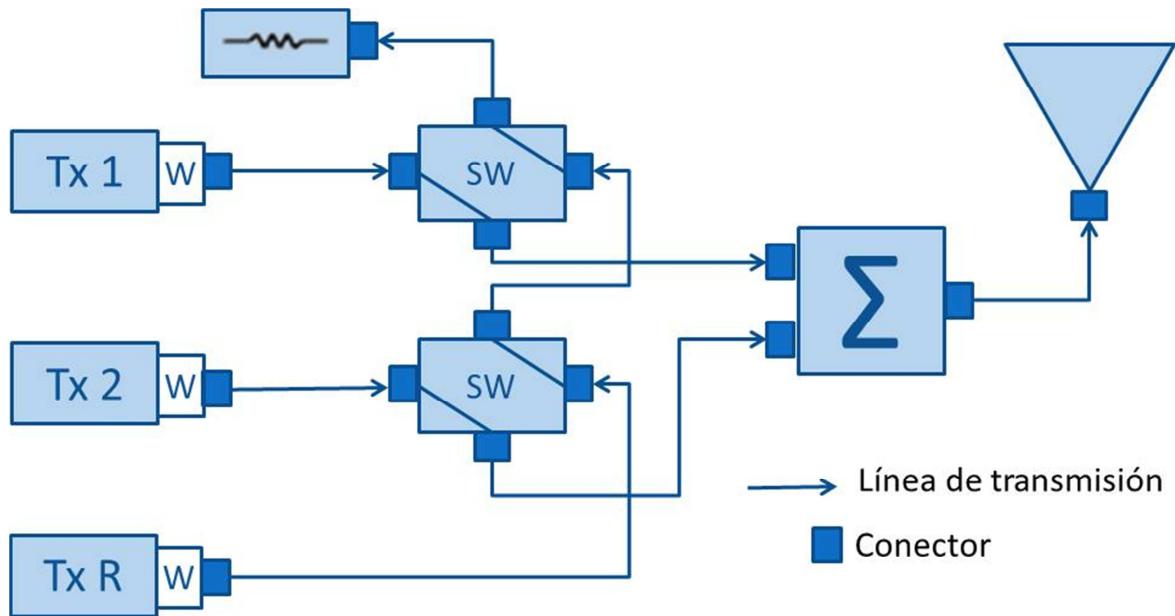


Figura No. 2

Este sistema, consiste de dos emisoras combinadas que utilizan una antena de banda ancha. Un transmisor de reserva hace la función de transmisor auxiliar o de reserva, para ser utilizado, a la vez, por una de las dos emisoras.

Estos son solo dos de los muchos ejemplos de sistemas de radiofrecuencia, que para aplicaciones de radiodifusión pueden aplicar.

3. Perdidas por inserción(IL)

Este tipo de pérdidas afectan a la potencia y consiste en la atenuación que se presenta debido la inserción de componentes pasivos necesarios, adicionales a la línea de transmisión, para conducir la señal de radiofrecuencia desde el transmisor hacia la antena.

La pérdida por inserción (IL) es la relación que existe entre la potencia de salida (output) P_{out} y la potencia de entrada (input) P_{in} en un componente.



$$\frac{P_{out}}{P_{in}} = \text{Relación de } P_{out} \text{ a } P_{in}$$

Como se trata de una relación de potencias, la unidad de medida es el decibel, por lo que su relación matemática es la siguiente:

$$IL = 10 \log\left(\frac{P_{out}}{P_{in}}\right)$$

Un valor bajo en la especificación de la Pérdida por Inserción es lo más deseable.

4. Pérdidas por retorno

Similar a las Pérdidas por Inserción (IL), las Pérdidas por Retorno (RL), se presentan por la inserción de componentes pasivos en la trayectoria del sistema que transporta la señal de radiofrecuencia desde el transmisor hacia la antena.

Se trata de la cantidad de señal que se refleja hacia la fuente generadora, por un dispositivo, debido a un desacoplamiento de impedancia.



$$\frac{P_r}{P_{in}} = \text{Relación de } P_r \text{ a } P_{in}$$

La expresión matemática se expresa de la siguiente manera:

$$IL = 10 \log\left(\frac{P_r}{P_{in}}\right)$$

Un valor alto en la especificación de la Pérdida por Retorno, es lo más deseable.

5. Los componentes

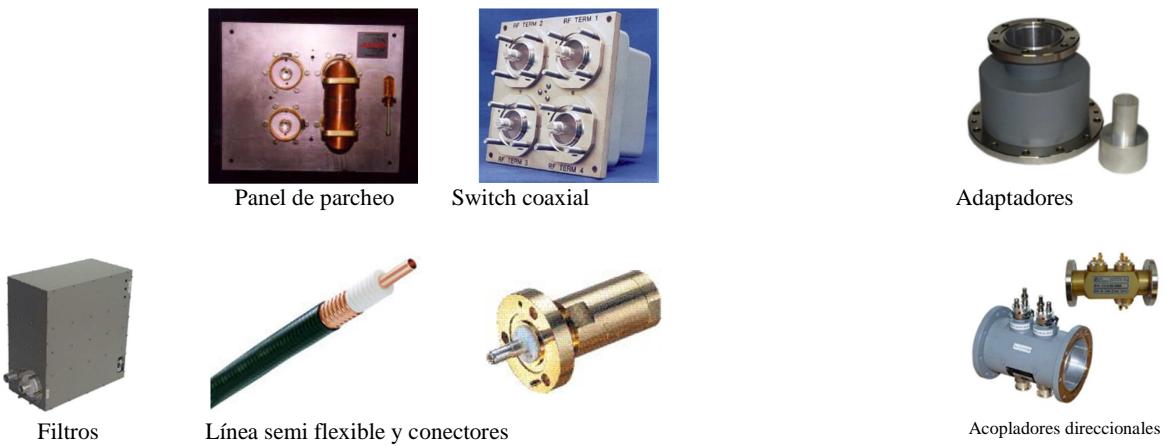
En las siguientes figuras, se muestran los componentes más comúnmente utilizados:



Línea rígida, conectores y accesorios



Combinadores



Algunos fabricantes publican en sus respectivas páginas web, información acerca de estas pérdidas. Sin embargo, es muy importante, que cuando se esté planeando un sistema nuevo o se pretende realizar modificaciones a un sistema ya operando, se consideren principalmente las Pérdidas por Inserción, ya que si éstas no se consideran, los parámetros de operación de la emisora se alejarán de la realidad, reflejándose directamente en la Potencia Radiada Aparente.

En cuanto a las Pérdidas por retorno, éstas solo estarán abonando a los niveles de relación de onda estacionaria (VSWR) del sistema.

6. Aplicación

Supongamos un sistema para radiar 25 kW de PAR utilizando una antena de 6 elementos con una ganancia de 6.64 dBi, 4.5 dBd o 2.81 veces con un filtro de paso de bajos, como el de la Figura No. 1. La línea de transmisión (AVA7-50A), que conecta a la antena es de 100 metros (0.465 dB @ 100 mts) y para hacer los cálculos más sencillos, la emisora opera en la frecuencia de 100 MHz. La pregunta es, de qué potencia, debe ser al menos uno de los dos transmisores, de la figura, para cumplir con el parámetro de la PAR

a. Potencia de entrada a la antena

$$Pin = \frac{25000}{2.81} = 8896.79 \text{ W}$$

b. Potencia en el conector línea – antena.

La Pérdida por Inserción, que manejan la mayoría de los fabricantes está en 0.05 dB. En el resto del ejemplo, se manejará el mismo conector.

$$-0.05 = 10 \log \left(\frac{8896.76}{Pin} \right); 8999.78 \text{ W}$$

c. Potencia a la entrada de la línea de transmisión

$$-0.465 = 10 \log \left(\frac{8999.78}{Pin} \right); 10016.86 \text{ W}$$

d. Potencia en el conector filtro – línea de transmisión

$$-0.05 = 10 \log \left(\frac{10016.86}{Pin} \right); 10\ 132.85\ W$$

- e. Potencia de entrada al filtro. Considerando que el filtro tiene una pérdida por inserción de 0.1 dB.

$$-0.1 = 10 \log \left(\frac{10132.85}{Pin} \right); 10\ 368.87\ W$$

- f. Potencia en el conector línea de transmisión – entrada al filtro

$$-0.05 = 10 \log \left(\frac{10368.87}{Pin} \right); 10\ 488.93\ W$$

- g. Atenuación de la línea de transmisión switch coaxial – filtro.

Asumiendo que la sección de línea de transmisión, es de 5 metros entre el switch coaxial y el filtro, tenemos que hay una atenuación de 0.0233 dB, por lo tanto:

$$-0.0233 = 10 \log \left(10 \frac{10\ 488.93}{Pin} \right); 10\ 545.35\ W$$

- h. Potencia en el conector switch coaxial – línea

$$-0.05 = 10 \log \left(\frac{10545.35}{Pin} \right); 10\ 667.46\ W$$

- i. Potencia en el switch coaxial.

Se considera que la pérdida por inserción del switch coaxial es de 0.1 dB.

$$-0.1 = 10 \log \left(\frac{10667.46}{Pin} \right); 10\ 915.93W$$

- j. Perdida conector línea de transmisión – switch coaxial

$$-0.05 = 10 \log \left(\frac{10915.93}{Pin} \right); 11042.33W$$

- k. Atenuación línea de transmisión, transmisor – switch coaxial

$$-0.0233 = 10 \log \left(10 \frac{11042.33}{Pin} \right); 11\ 101.73\ W$$

- l. Potencia en el conector transmisor.

$$-0.05 = 10 \log \left(\frac{11\ 101.73}{Pin} \right); 11\ 230.28\ W$$

De acuerdo a los resultados, la potencia de salida del transmisor, debe ser 11 230.28W para que la emisora, con los parámetros propuestos, opere con 25 kW de PAR.

En cuanto a las Perdidas por Retorno, no siempre se dispone de información. No todos los fabricantes disponen de la información o no la publican. Es un dato, que no resulta prioritario para el diseño.

Se dispone del dato de fábrica de la Pérdida por Retorno para el filtro del ejemplo anterior y lo utilizaremos para hacer un estimado. En las especificaciones del producto el fabricante indica que la Pérdida por Retorno es mayor a 26 dB. Tomando el dato calculado en el ejemplo, la potencia de entrada al filtro es de 10368.87 W, por lo que tendríamos lo siguiente:

$$-26 = 10 \log \left(\frac{Pr}{10368.87} \right); 26.04 W$$

Este resultado, nos indica, que en el peor de los casos, parte de la potencia reflejada que el Wattmetro del transmisor reporta, es posible que en el peor de los casos, el filtro está contribuyendo hasta con 26 watts.

7. Conclusión

Existe la costumbre de considerar únicamente la atenuación que introduce la línea de transmisión que lleva la energía hasta la antena, sin considerar los componentes pasivos que intervienen en todo el transporte.

Como se puede observar en el ejemplo, la potencia con la que se quedan los 100 metros de línea de transmisión, es de alrededor de 1000 watts, sin embargo si se observa, la atenuación total que existe en el sistema, suma la cantidad de 2333 Watts.