

Figura 68. Paso 15.

Paso 15.1. Entonces lo que se hará aquí es crear algunos números de punto flotante para solucionar el problema, para esto se puede restringir esto en sus propiedades a valores en miniatura poniéndolo en un mandato como este: “`int(samp_rate/channel_width)`” como se muestra en la Figura 69, con esto ya estará bien y se obtendrá 10 millones de muestras por segundo en el filtro de paso bajo que se dividen por 50 y se sacan 200.000 muestras por segundo.

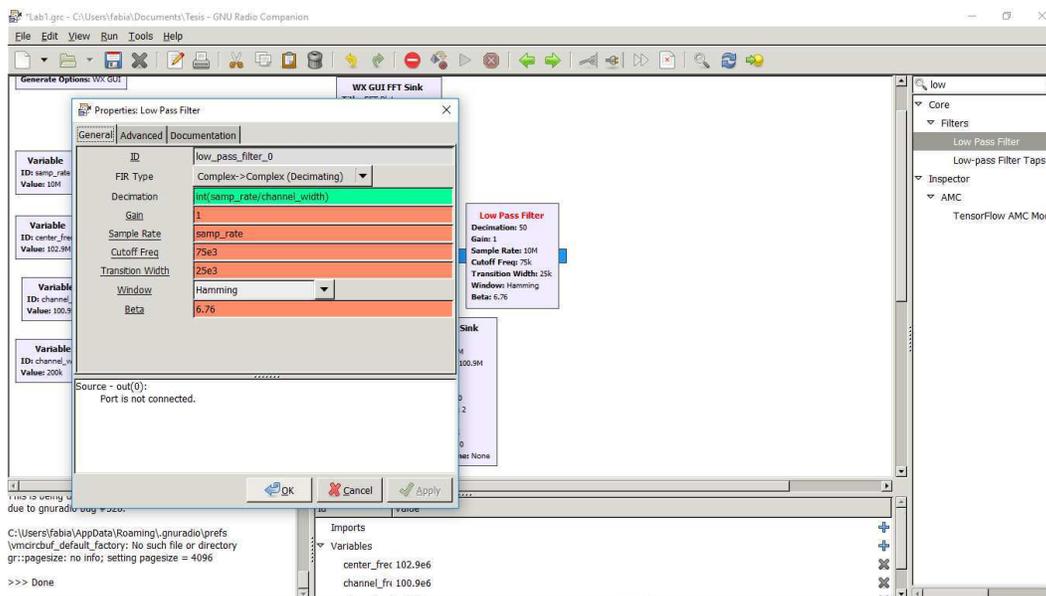


Figura 69. Paso 15.1.

Paso 16. Lo siguiente que se pondrá después del filtro es un resampler, para este se utilizara un *rational resampler* como se observa en la Figura 70, esto puede parecer extraño porque se cambiara la tasa de muestreo de nuevo en sus propiedades por una relación de 12/5 como se observa en la Figura 71, la interacción de 12 y Decimation por 5, esto quiere decir que las 200.000 muestras por segundo se multiplicaran por 12 y luego se dividirán por 5 dando como resultado 480.000 muestras por segundo y la razón por la que hará esto es porque 12/5 no es un número entero y como ya se dijo, el filtro de paso bajo sólo es capaz en su Decimation aceptar un número entero.

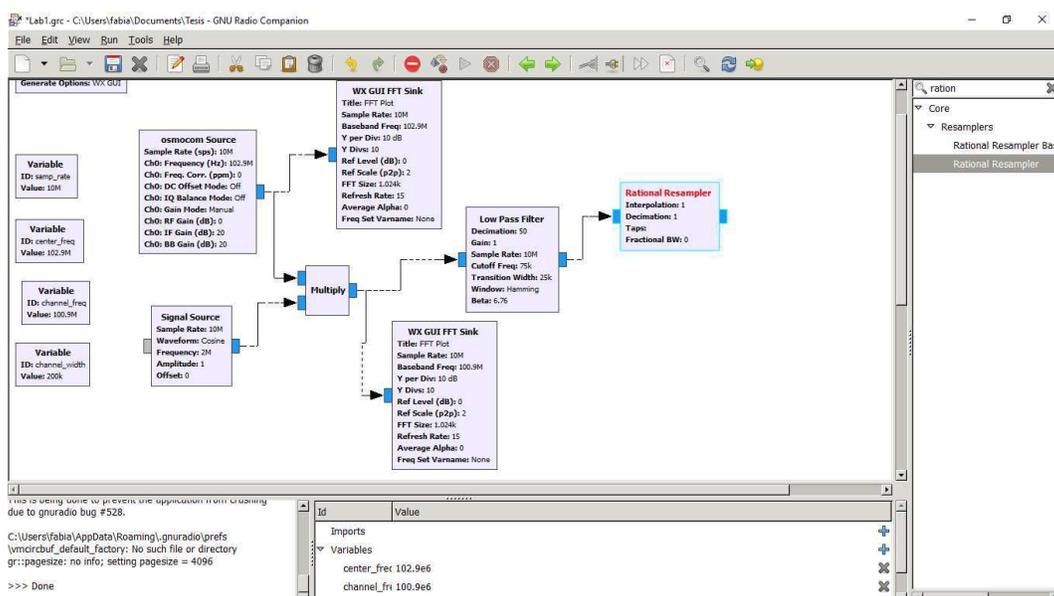


Figura 70. Paso 16.

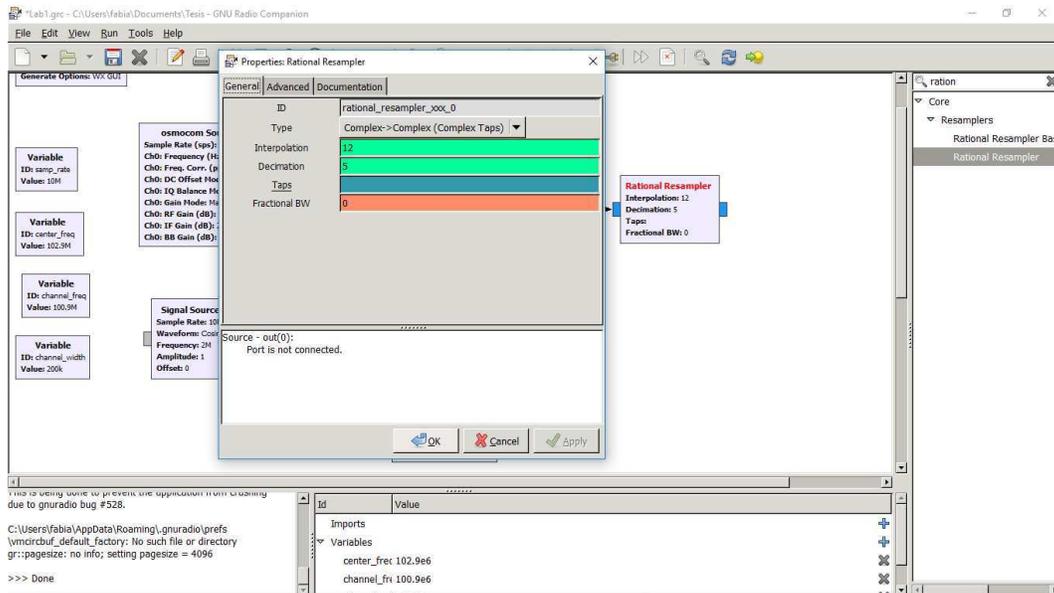


Figura 71. Paso 16a.

Paso 17. Ahora se alimentara el corazón del gráfico de flujo, se utilizara el bloque *WBFM Receive* como se observa en la Figura 72, este será el demodulador real que recibirá la señal de radio o la señal de banda base que pasa por todas las entradas y salidas azules hasta que dicha señal de audio llega a la salida de color naranja de este bloque, conectamos el Resampler a la WBFM para recibir la señal y luego se configurara un poco en sus propiedades como se observa en la Figura 73, “wbfm” significa banda ancha de FM y es un nombre para el tipo de modulación que utilizan las emisoras de FM.

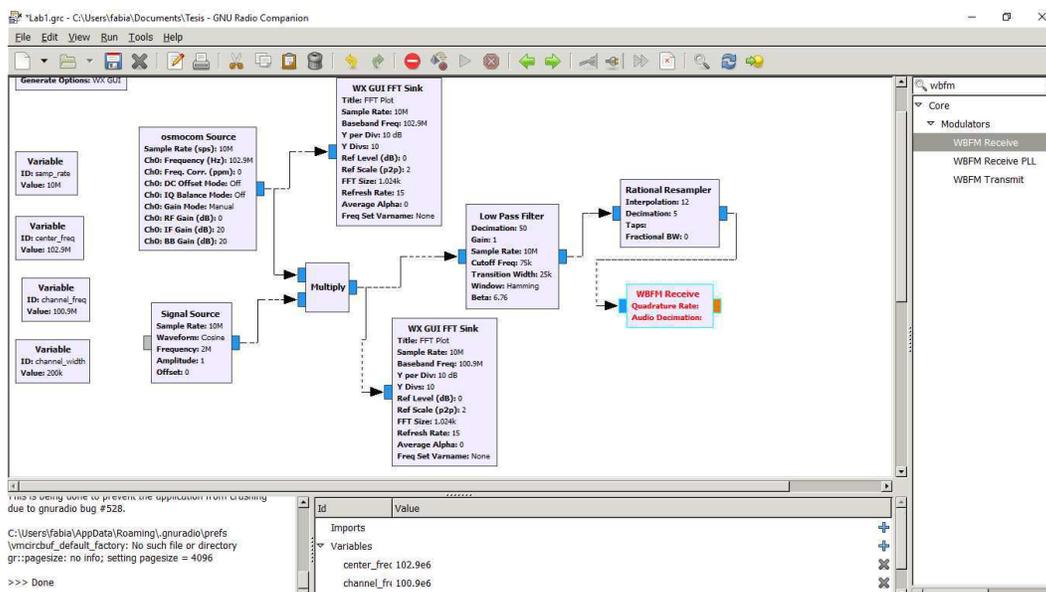


Figura 72. Paso 17.

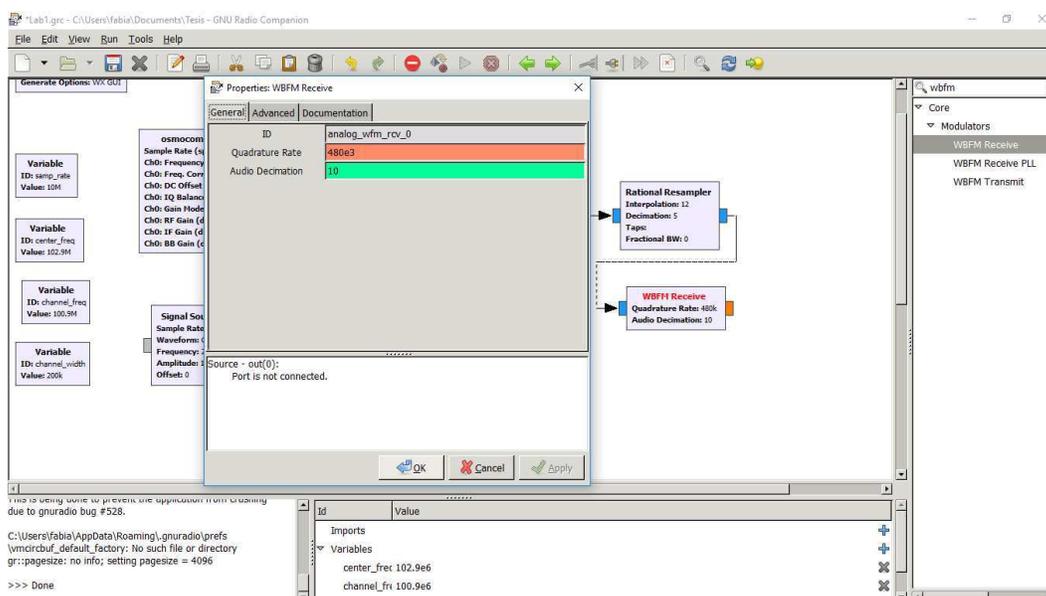


Figura 73. Paso 17a.

Este bloque tiene dos parámetros rellenables, uno es la tasa de cuadratura lo que se está refiriendo a la tasa de muestreo de la entrada que debe ser un 480e3 ya que estas son las muestras que salen del resampler y la decimation de audio es la cantidad que este bloque va a diezmar aún más dichas muestras.

Como se observa en las anteriores figuras y si hacemos las matemáticas podemos ver que la mayor parte del flujo está operando un 10 millones de muestras por segundo hasta llegar al filtro de paso bajo 10 millones es dividido / 50 y sale 200.000, luego en el resampler se toma 200.000 por 12 y luego este es dividido en 5 lo cual da 480.000 y este es dividido por 10 en el WBFM para que finalmente se obtengan 48.000 que en realidad es la tasa de muestreo que se usara para la frecuencia de muestreo de audio que básicamente son 48.000 muestras por segundo. Esta es una tasa de muestreo muy común apoyado por casi todas las tarjetas de sonido.

Paso 18. Lo siguiente para hacer será ir al módulo audio y tomar el bloque “Audio Sink” veremos que este puede conectarse directamente al WBFM como se observa en la Figura 74 y para que funcione entraremos a sus propiedades y escogeremos 48Khz en el Sample Rate como se muestra en la Figura 75.

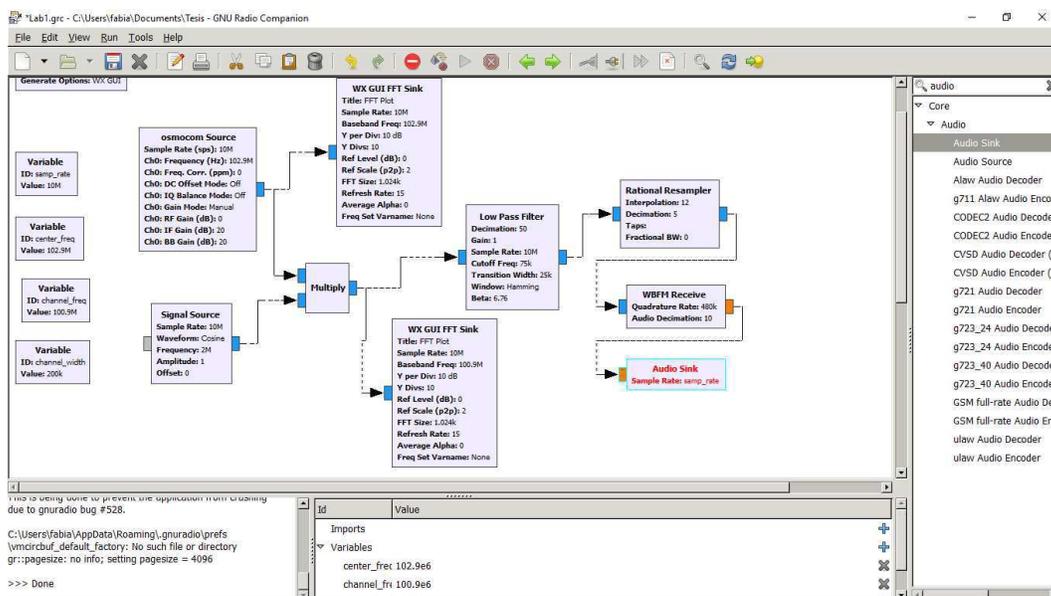


Figura 74. Paso 18.

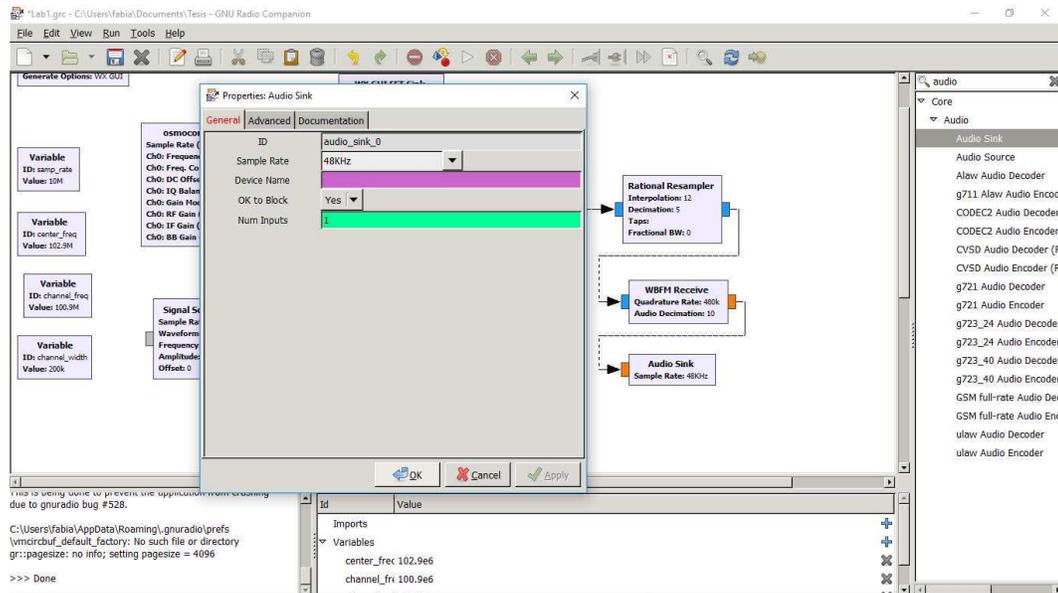


Figura 75. Paso 18a.

Paso 18.1. De alguna manera este es un gráfico de flujo que se ve muy complicado para nuestros ojos debido a que tiene tantas tasas de muestreo diferentes en un gráfico de flujo único y lo cual resulta ser muy confuso. Ahora bien, en este punto este diagrama realmente debería permitir la reproducción de audio, así que se desactivara uno de los FFT ya que realmente sólo se necesita una forma de visualizar la señal, esto se puede hacer haciendo clic derecho en el FFT sink y seleccionando habilitar o inhabilitar como se observa en la Figura 76 o usar los botones superiores que se muestran en la Figura 77.

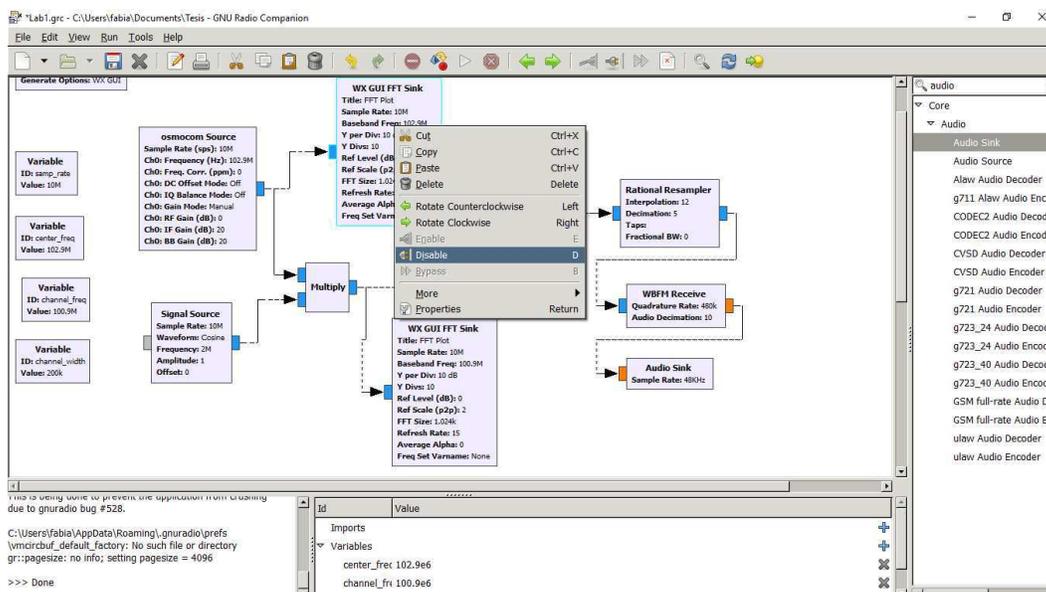


Figura 76. Paso 18.1.

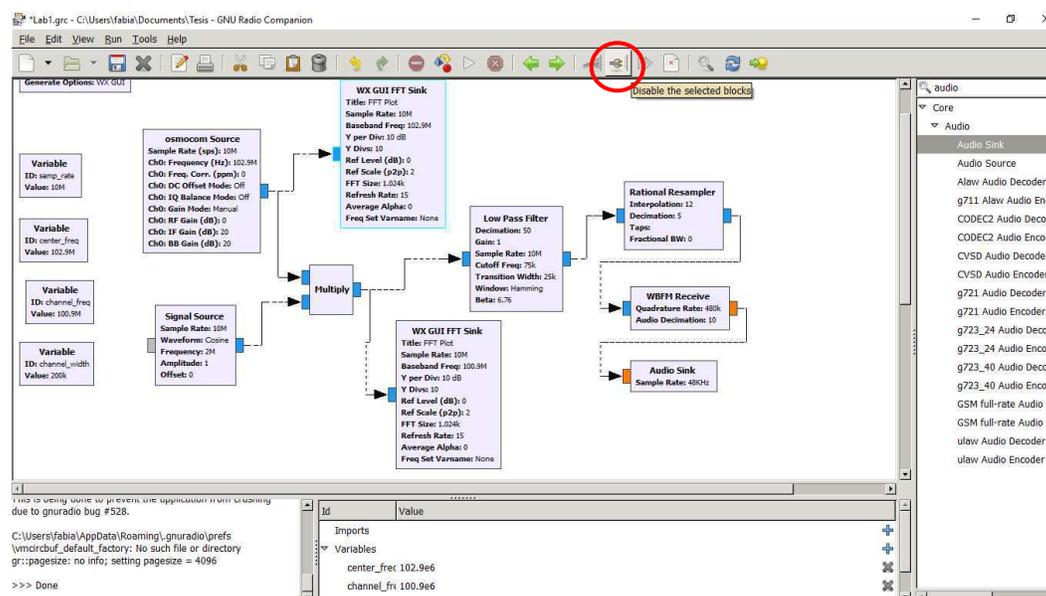


Figura 77. Paso 18.1a.

En este punto se procederá a escuchar la radio, tal vez no se pueda oír muy bien así que se podrá ajustar el nivel del audio más adelante. Se ejecutara la FFT Plot para escuchar la emisora.

Como se puede evidenciar efectivamente el volumen del audio es muy bajo así que la forma en que este se puede ajustar es simplemente multiplicando la señal que va al Audio Sink.

Paso 19. Ahora se utilizara el operador de matemáticas *Multiply Const* para multiplicar la señal por una constante, este bloque tendrá constante 0 y se pondrá entre wbfm y audio sink como se muestra en las figuras 78 y 79.

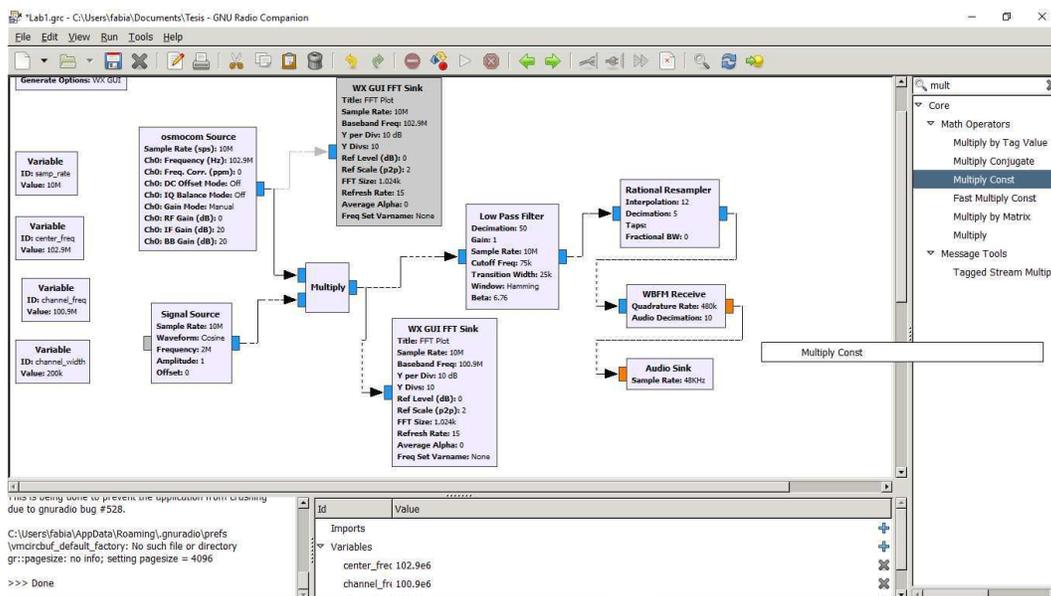


Figura 78. Paso 19.

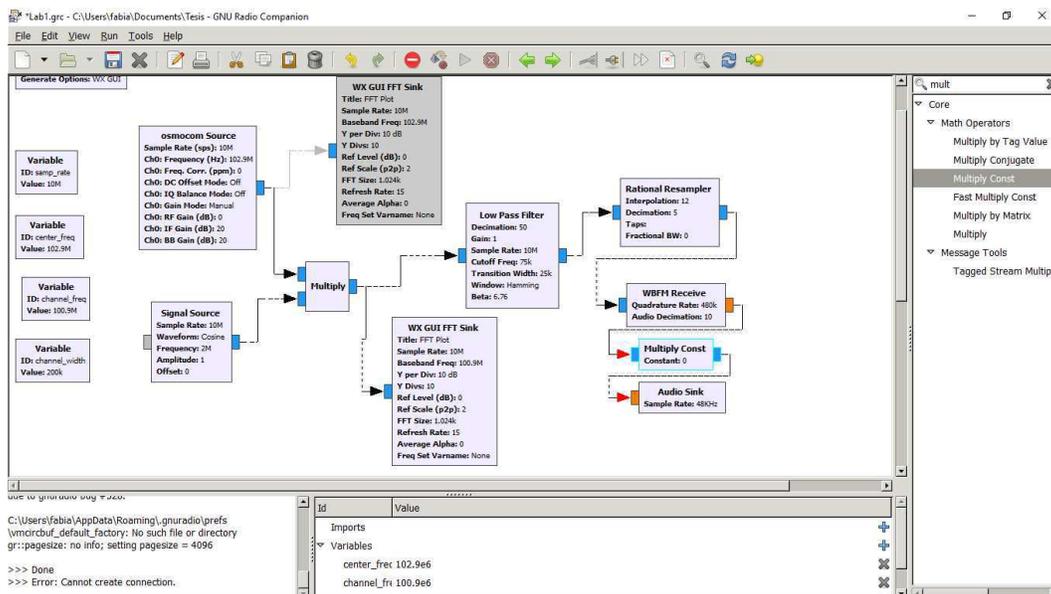


Figura 79. Paso 19a.

Paso 19.1. Se puede ver que estas flechas no conectan correctamente, esto se debe a que hay algún tipo de desajuste, el cual se puede arreglar yendo a las propiedades del bloque Multiply Const y cambiarlo a un tipo IO flotante y esto lo solucionara como se muestra en la Figura 80, este bloque seguirá con constante x 0.

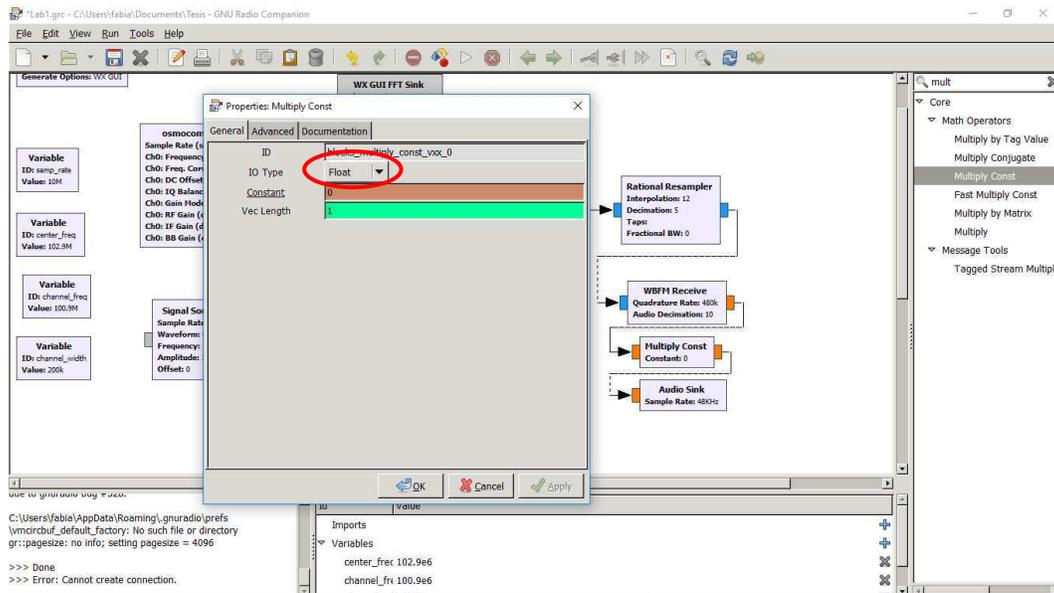


Figura 80. Paso 19.1.

Paso 20. Para que realmente se pueda ajustar el nivel de audio de volumen en tiempo real mientras el gráfico de flujo se esté ejecutando es necesario hacer unas configuraciones, así que se debe ir al bloque widgets GUI, luego a WX y escoger WX GUI slider como se muestra en la Figura 81, luego se entra a sus propiedades y en Id se debe escribir audio_gain, se le da un valor de 1 que no es una ganancia en absoluto en un mínimo de 0 y un máximo de aproximadamente 10 como se muestra en la Figura 82.

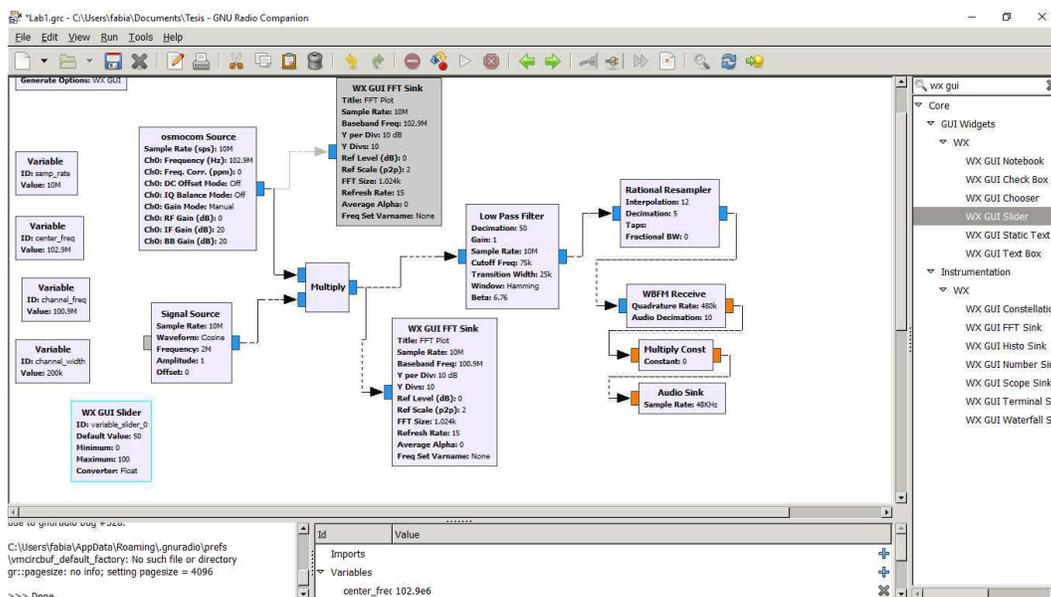


Figura 81. Paso 20.

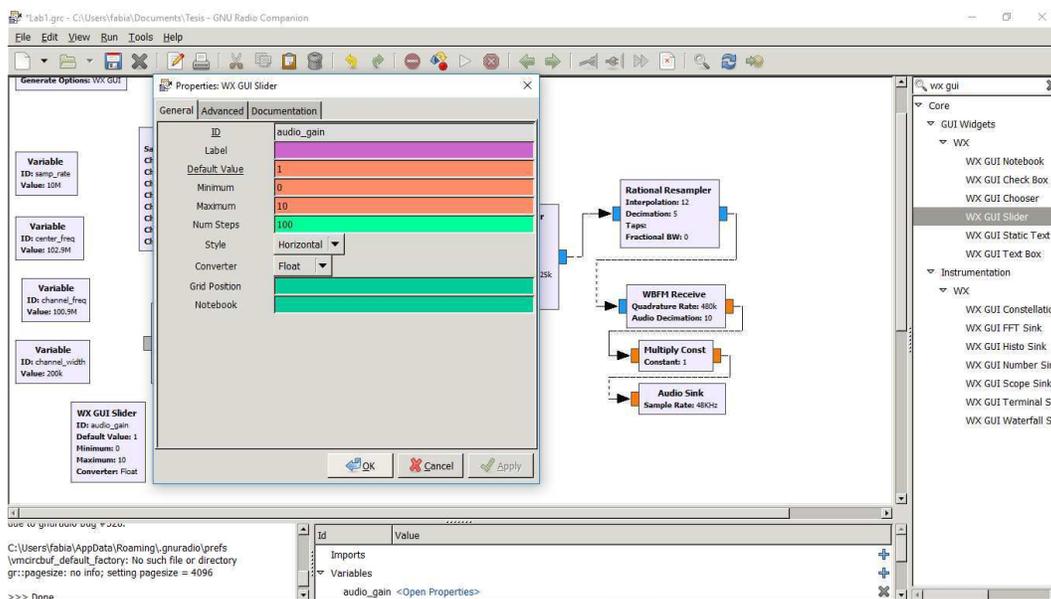


Figura 82. Paso 20a.

Paso 21. Ahora en propiedades del Multiply Const se establece el parámetro Constant en “audio_gain” como se muestra en la Figura 83.

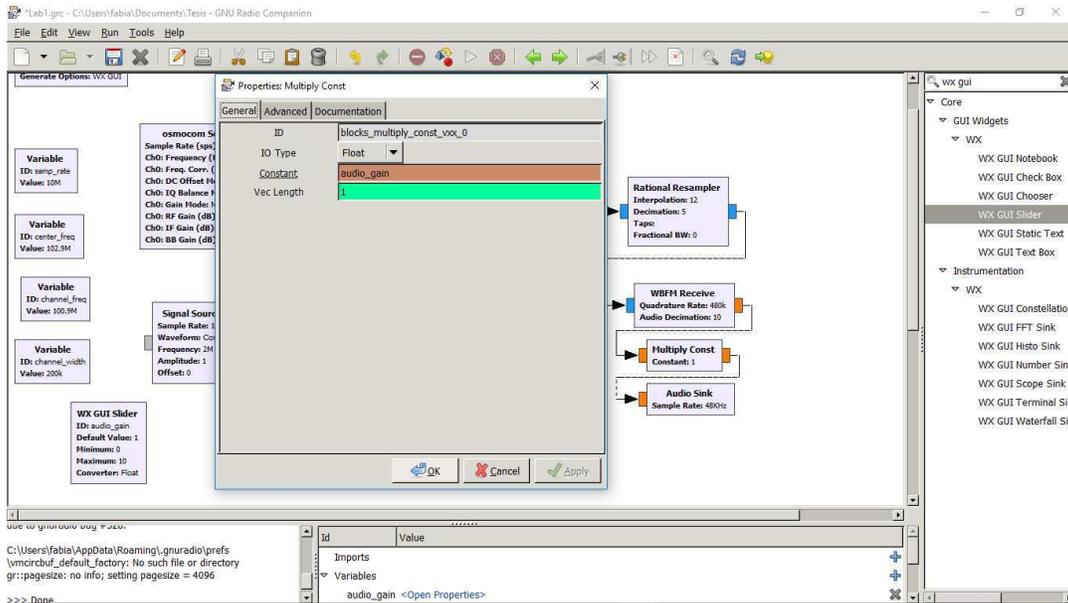


Figura 83. Paso 21.

Paso 21.1. Todo listo ahora debería ser capaz de escuchar la estación de radio y determinar el volumen hacia arriba o hacia abajo, Así que en este punto se podrá escuchar una emisora de radio que en este caso será la frecuencia 100.9Mhz, ya que se usa la variable `channel_freq` y se podrá ajustar el volumen de la salida de la estación de radio en tiempo real con un botón que se habilita para ello como se muestra en la Figura 84. Ahora bien, este diagrama podría tener problemas al intentar ejecutar el flujo de gráficos, se debe a que su equipo a lo mejor no sea tan potente como debería.

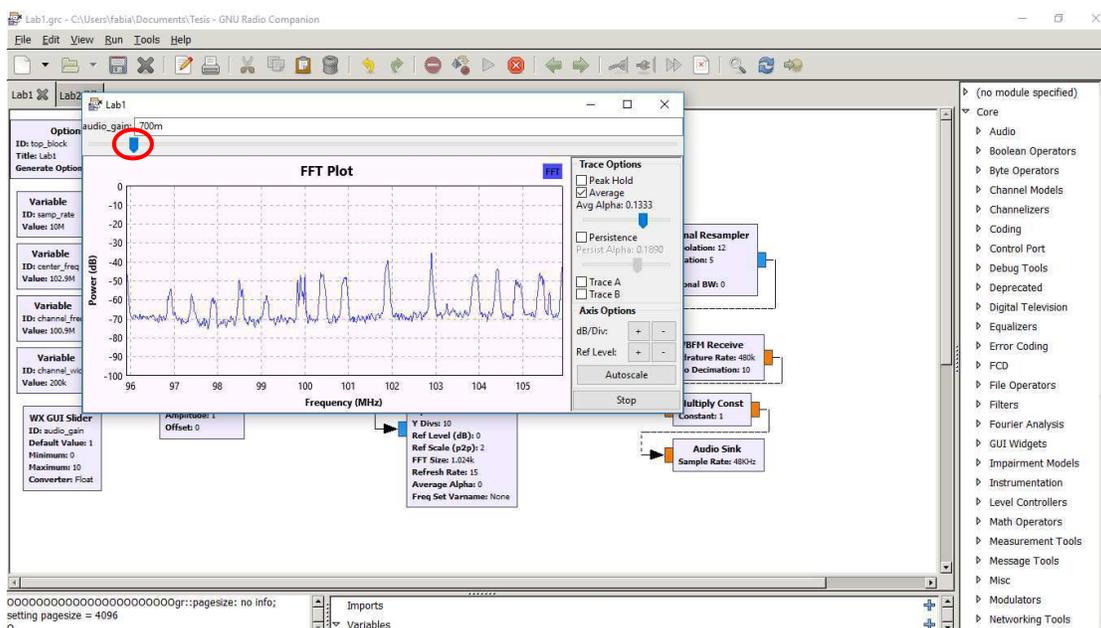


Figura 84. Paso 21.1.

Paso Extra 1. Una cosa que puede hacer si el gráfico de flujo es erróneo y no funciona correctamente, es bajar a 8 millones o 4 millones el muestreo, se puede verificar el cambio de 10 millones a 4 millones en los bloques, lo que significa que todo a la derecha del filtro de paso bajo sigue funcionando a las mismas tasas de muestreo que estaba operando antes, pero el filtro se ajusta automáticamente debido a la forma en que la propiedad de destino se basa en la frecuencia de muestreo, de modo que todo lo que se debe hacer es cambiar el destino de sonido en un solo lugar tal cual como se muestra en las figuras 85, 86 y 87.

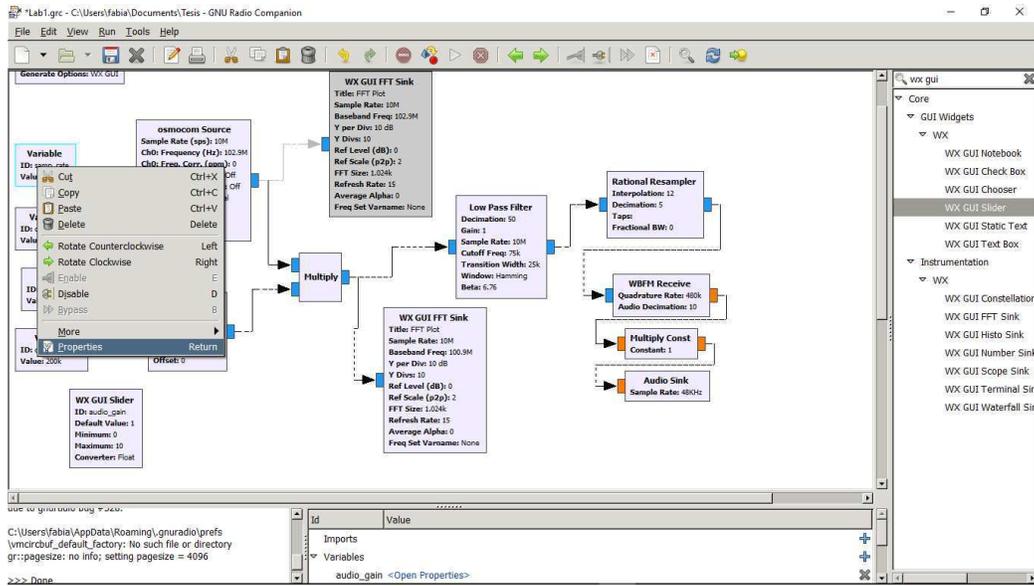


Figura 85. Paso extra 1.

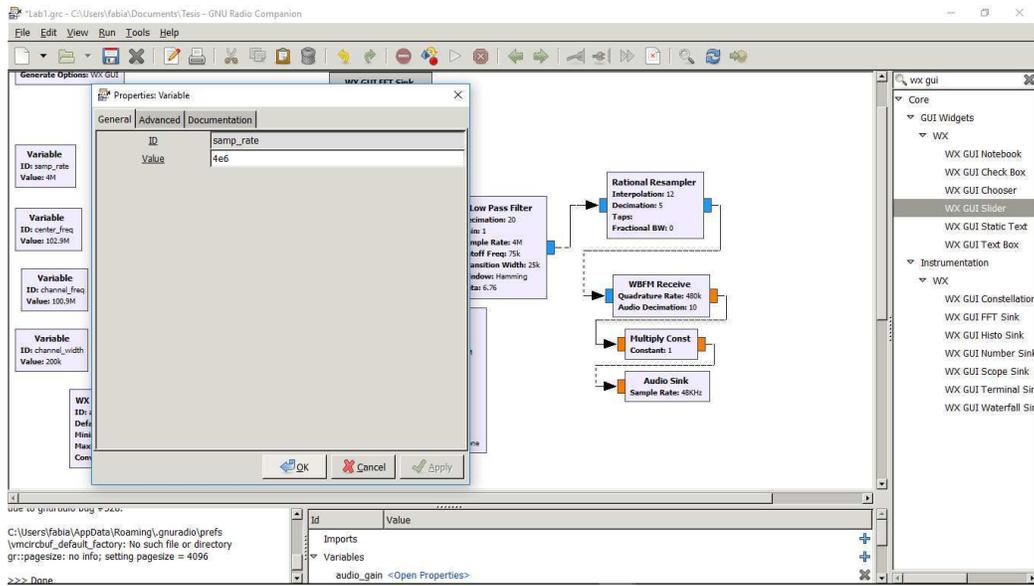


Figura 86. Paso extra 1a.

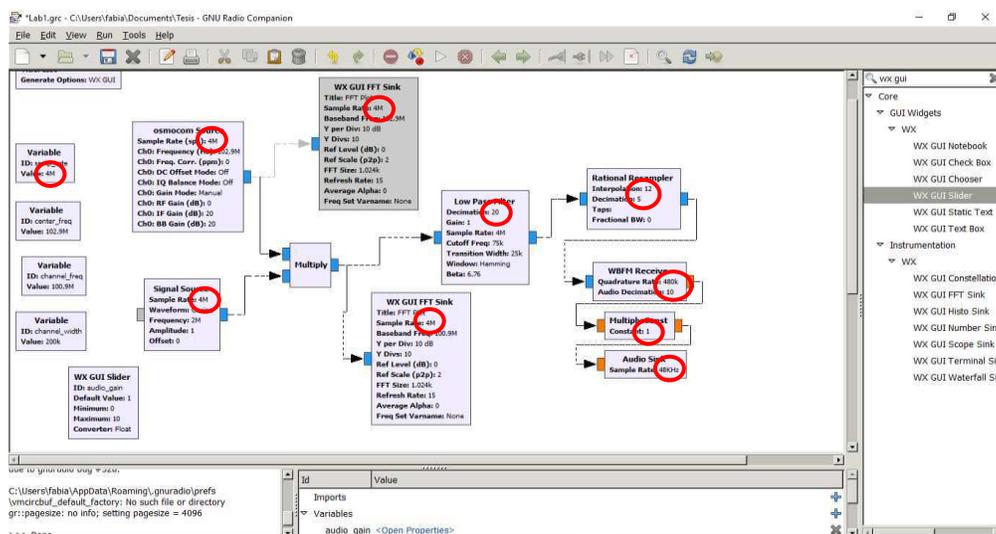


Figura 87. Paso extra 1b.

Paso extra 1.1. Luego de esto si se ejecuta la FFT plot se ve la estación 100.9 en el centro ya que es la estación que se estableció como la frecuencia central, pero ya no se tendrá una visión muy amplia de muchas estaciones en la banda de transmisión de FM como se observa en la Figura 88, si usted tiene hardware que sólo va a 2 millones de muestras por segundo sólo debe configurar esto a 2e6 Rate en lugar de 4e6 y aún puede volver a ejecutar el mismo gráfico como se observa en la Figura 89.

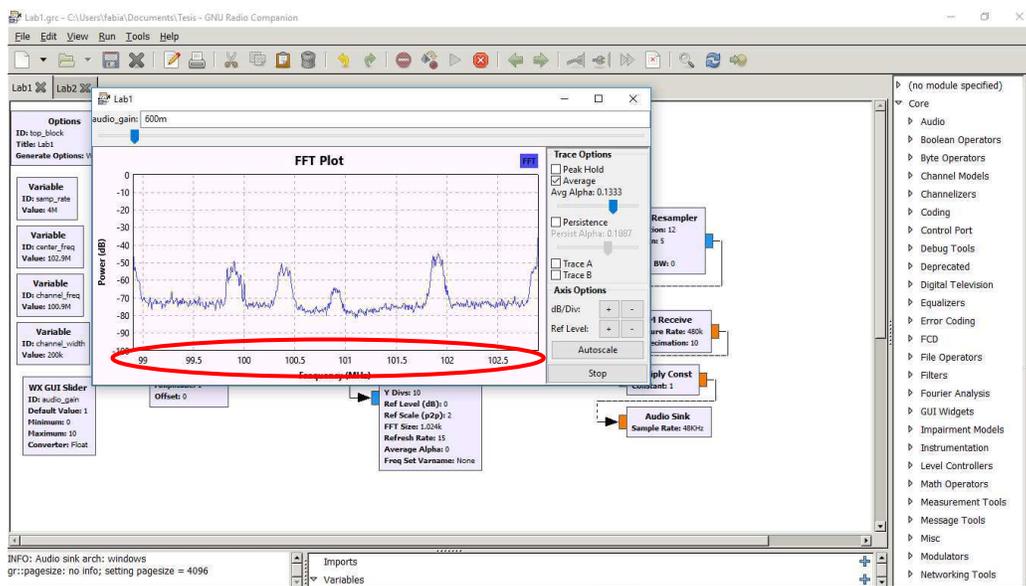


Figura 88. Paso extra 1.1.

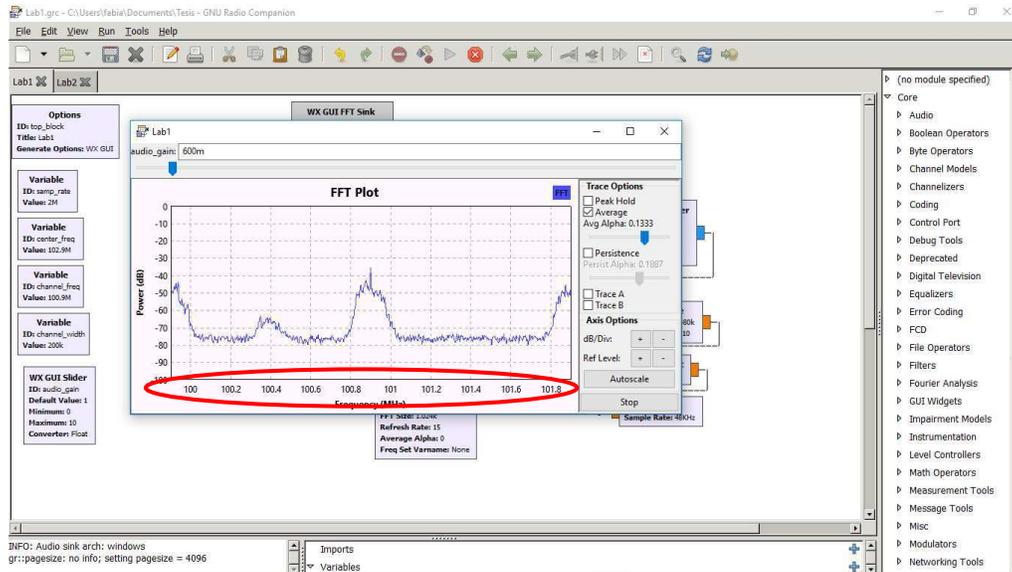


Figura 89. Paso extra 1.1a.

Paso Extra 2. Ahora se hará otra prueba donde se establecerá la tasa de muestreo hasta 20 millones como se observa en las figura 90 que es lo máximo que se puede obtener con la Hack RF y esto podría o no funcionar en la computadora ya que requiere una gran cantidad de CPU y también requiere de una interfaz USB muy rápida, algunos controladores de host USB son más rápidos que otros, algunos de ellos están ocupados porque tienen dispositivos USB internos conectados a ellos y así no serán capaces de dar todo el tráfico del rendimiento disponible en el bus de la Hack RF, pero se tratara de observar qué pasa en este caso.

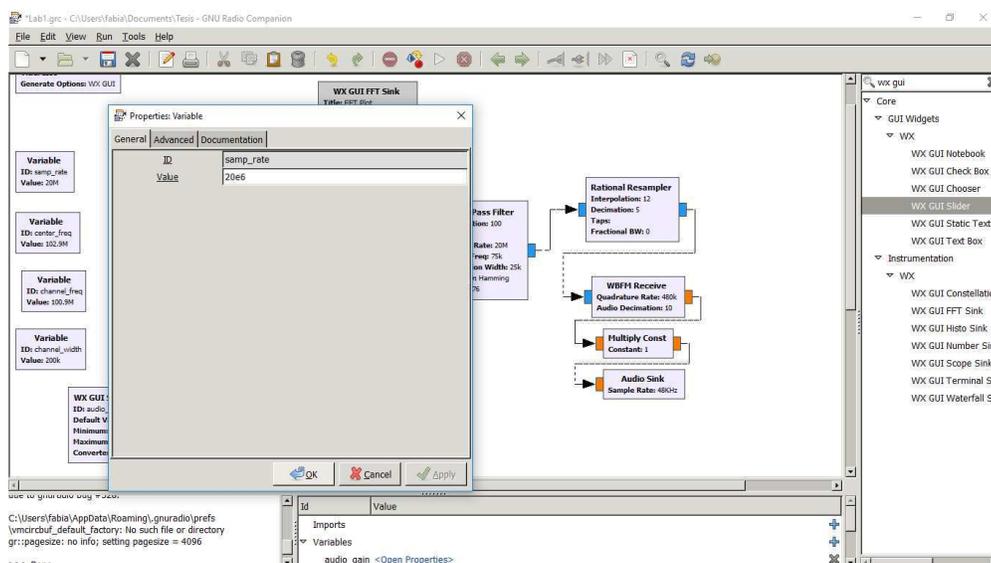


Figura 90. Paso extra 2.

En nuestro caso al definir la tasa de muestreo en 20 millones esta no pudo correr debido a que el computador usado no cuenta con los recursos necesarios para ello, muy probablemente a muchos les pasara lo mismo pero esto no quiere decir que haya un problema simplemente se debe trabajar a una tasa de muestreo que permita un perfecto funcionamiento tanto del hardware como del software.

No obstante se presenta una Figura a modo de ejemplo de cómo sería si los recursos fueran los suficientes para que funcione correctamente con la tasa de muestreo a 20 millones, en dicho caso se puede ver que al correr la Hack RF y con una simple antena telescópica se puede sintonizar la banda de radiodifusión de FM completa desde los 88Mhz hasta los 108Mhz como se puede observar en la figura 91, esta Figura como ya se dijo es de referencia. Al hacer este paso y que se ejecute correctamente significara que se podrá ver cada estación de radio FM que está en nuestra ciudad. Toda esta información viene del Hack RF pasa al “FFT Sink” y luego con el software seleccionamos una estación en particular, así que bajo este concepto podríamos captar múltiples estaciones y escuchar varias estaciones simultáneamente como se verá en la siguiente práctica.

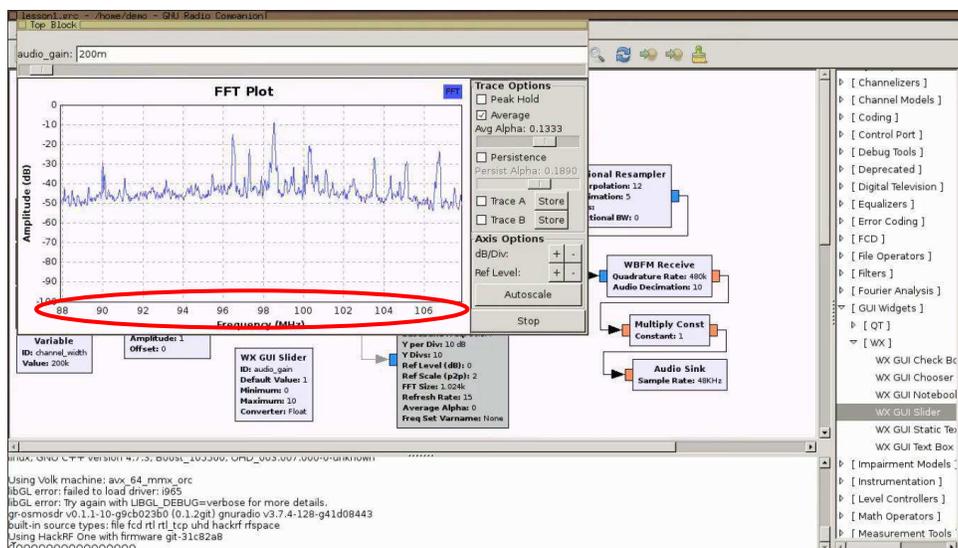


Figura 91. Figura de ejemplo.

A modo de conclusión se sabe que las emisiones de radio FM son, por supuesto, señales de radio analógicas, sin embargo con la Hack RF en la mayoría de proyectos se hablara mucho más de sistemas de radio digital, en este caso la reproducción de radio FM fue algo sencillo y por ello se propuso este laboratorio con su guía para no tener mayor complicaciones al intentar lograr sintonizar a la primera, esto se debe a que las estaciones de radio FM en todo el mundo tienen una fuerza de señal muy fuerte y es fácil verificar se está recogiendo, pero en otros tipos de sistemas será un poco más complicado.

Este fue el final del primer laboratorio basado en uno de los videos del curso de SDR realizados por el Sr. Osman, M., (2015), se efectuo el respectivo acondicionamiento de una guía bastante sencilla y comprensible paso por paso. Esta guía se realizó con el fin de que la ejecución de esta primera práctica fuera mucho más cómoda, mucho más comprensible y así poder aportar a los diferentes estudiantes las bases necesarias para que en un futuro puedan realizar proyectos en GRC mucho más elaborados y complejos.

Esta práctica de laboratorio fue documentada en video a modo de guía, este video fue subido al sitio web YouTube con el siguiente link de enlace....

8.2. LABORATORIO 2: PROCESAMIENTO DE SEÑALES DIGITALES, DSP.

Esta práctica de laboratorio se basa en la práctica realizada anteriormente (ver ítem 8.1.), es decir que para poder realizar esta nueva practica es necesario haber realizado la anterior ya que será nuestro punto de partida. Básicamente en esta práctica se realizara un experimento que ayudara a entender de una mejor manera aquellos misterios de DSP ya que lo que se busca con este laboratorio es crear un diagrama de flujo que permita escuchar dos emisoras de radio a la vez y lo que se hace básicamente es tomar las señales análogas que recibe la Hack RF, digitalizarlas, darles el respectivo tratamiento y configuraciones con el software para al final lograr escuchar las diferentes emisoras de radio sin necesidad de manipular nada en el hardware.

En los siguientes pasos se explicara qué es lo que se debe hacer textualmente, y al igual que en el anterior laboratorio se mostraran estos mismos pasos en forma práctica (gráfica), todo esto con el fin de crear una guía con el desarrollo del laboratorio que al igual que con el primero permitirá realizar la práctica de una forma mucho más sencilla y comprensible.

Paso 0. Lo primero que se hará es abrir el flujograma del laboratorio 1, luego de esto se probara que aun esté funcionando correctamente, para ello ejecutaremos la ventana FFT plot si allí si no se presenta ningún problema quiere decir que el diagrama aún está funcionando perfectamente. Se debe acomodar el diagrama de flujo de manera que ocupe menos espacio ya que para este laboratorio se necesitara más espacio libre en nuestro entorno de trabajo, en la Figura 92 se muestra como debería quedar este diagrama ordenado. Adicional a esto, si en el laboratorio anterior este no funcionó correctamente a una tasa de muestreo alta como a 20

millones, pero si funcionan con una tasa de 10 millones lo más indicado es empezar a trabajar con esta misma tasa, sin embargo al llegar al final de la práctica y al ejecutar la FFT Plot podría incluso no funcionar correctamente con esa misma tasa de 10 millones, esto se debe a que este segundo laboratorio consume muchos más recursos que el anterior y por ende la tasa de muestreo que funcionó perfectamente en aquella práctica muy probablemente en esta no servirá igual, si les pasara esto lo único que deben hacer es bajar un poco el valor de la tasa de muestreo para que les funcione correctamente, por ejemplo a 8 millones o 7 millones como se verá al final de esta práctica número 2.

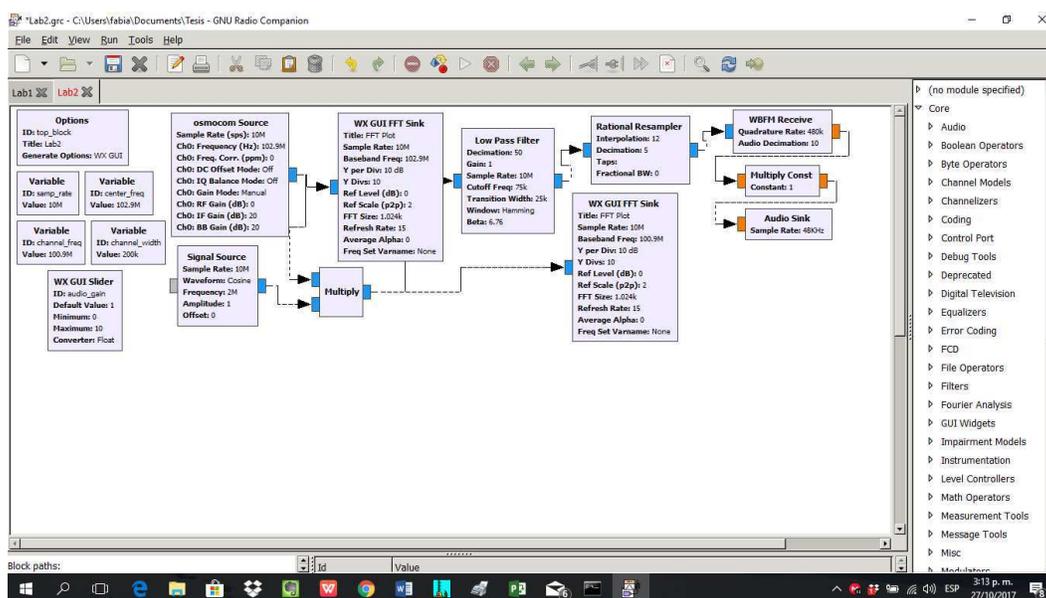


Figura 92. 2lab Paso 0.

Paso 1. Luego de verificar el estado del laboratorio anterior y ordenar el diagrama, lo que se debe hacer es mejorar dicho diagrama de flujo, para esto se agregara un control deslizante que permitirá el control de la frecuencia o la estación de radio que se está escuchando, para este caso será la variable `channel_freq` que contiene la estación con frecuencia 100.9Mhz, para poder hacer esto se copiara y pegara el bloque *WX GUI Slider* como se muestra en las Figuras 93, 94 y 95, luego entramos a sus propiedades y allí pondremos el nombre de la variable de interés

channel_freq y se establecerá su mínimo en $87.9e6$ esto se hace ya que esta justo debajo del inicio del espectro asignado para las estaciones de radio en FM, se establecerá el máximo en $107.9e6$ que es justo el final del espectro mencionado y en Num Steps se dejara en 100 que será suficiente en la separación de canales de las estaciones de radio, esta configuración se observa en la Figura 96.

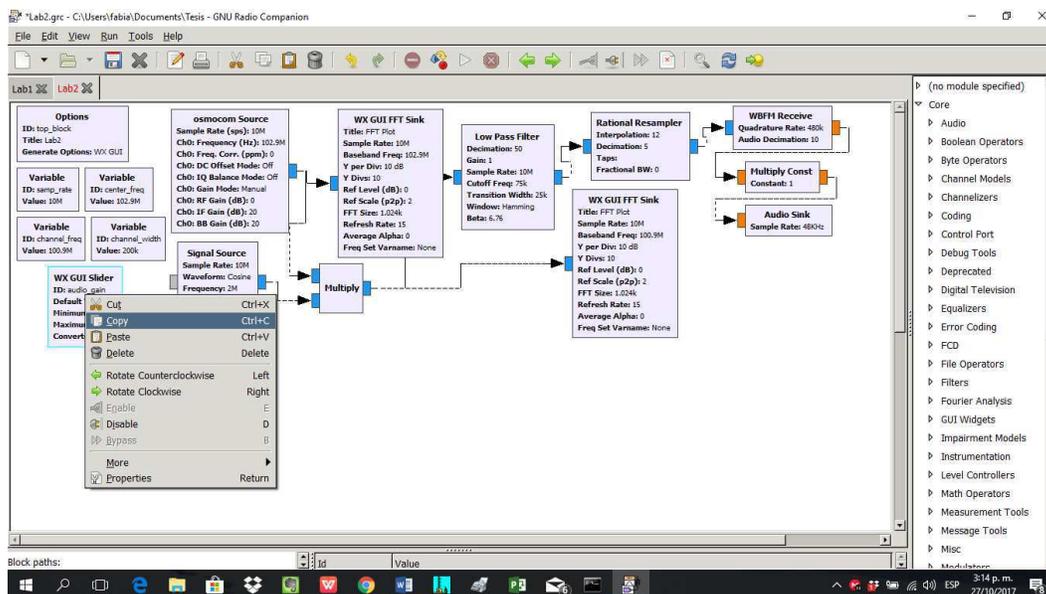


Figura 93. 2lab Paso 1.

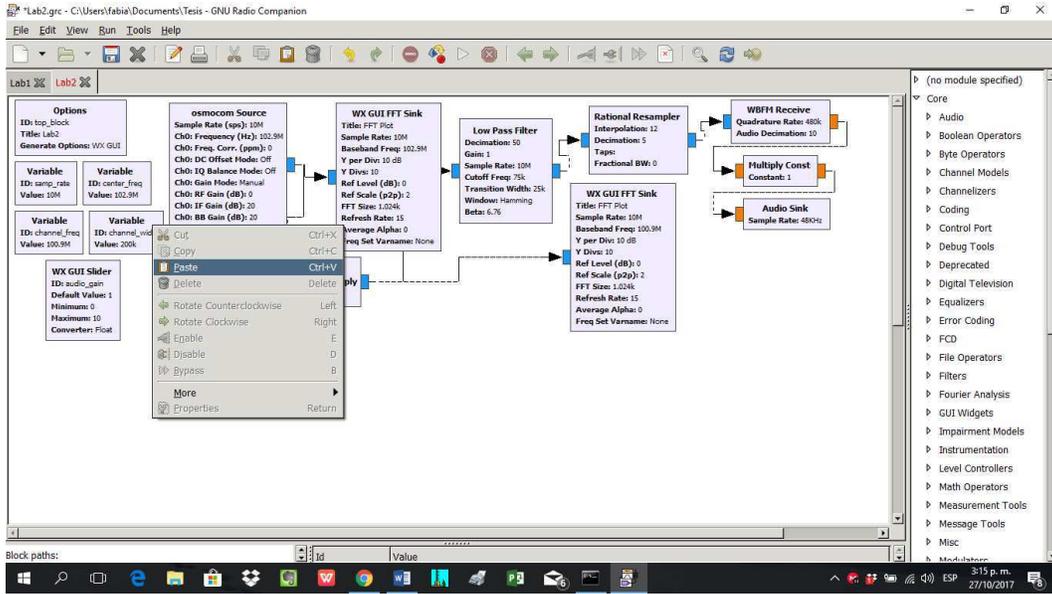


Figura 94. 2lab Paso 1a.

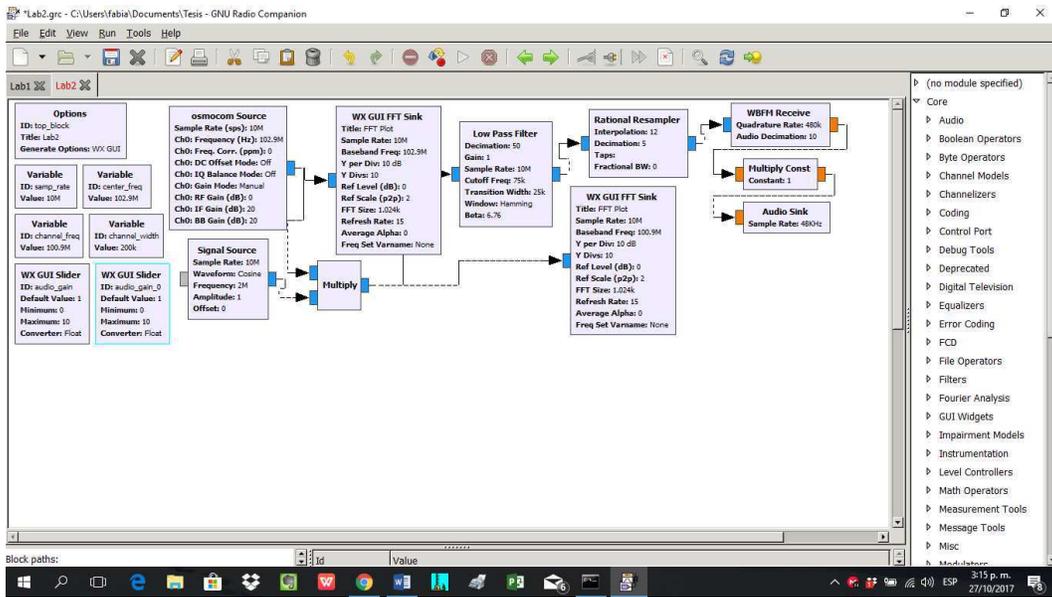


Figura 95. 2lab Paso 1b.

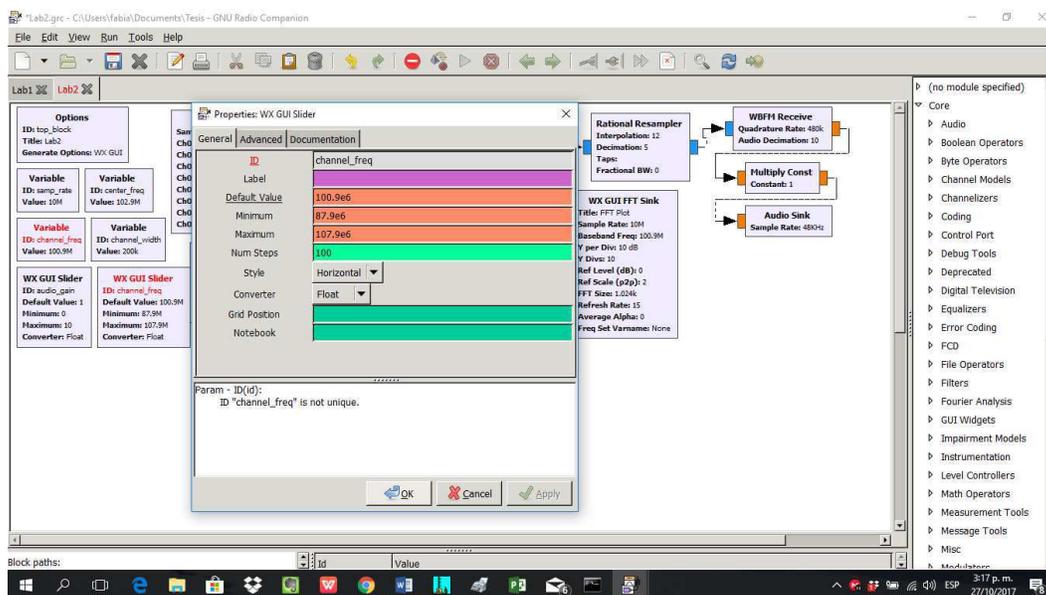


Figura 96. 2lab Paso 1c.

Al hacer esto se evidencia que hay un problema con el diagrama ya que la variable y el slider pondrán sus títulos en rojo, esto se debe a que en ese instante es como si existiera una redundancia entre esos dos bloques, para solucionar esto solo debemos eliminar el bloque variable como se muestra en la Figura 97.

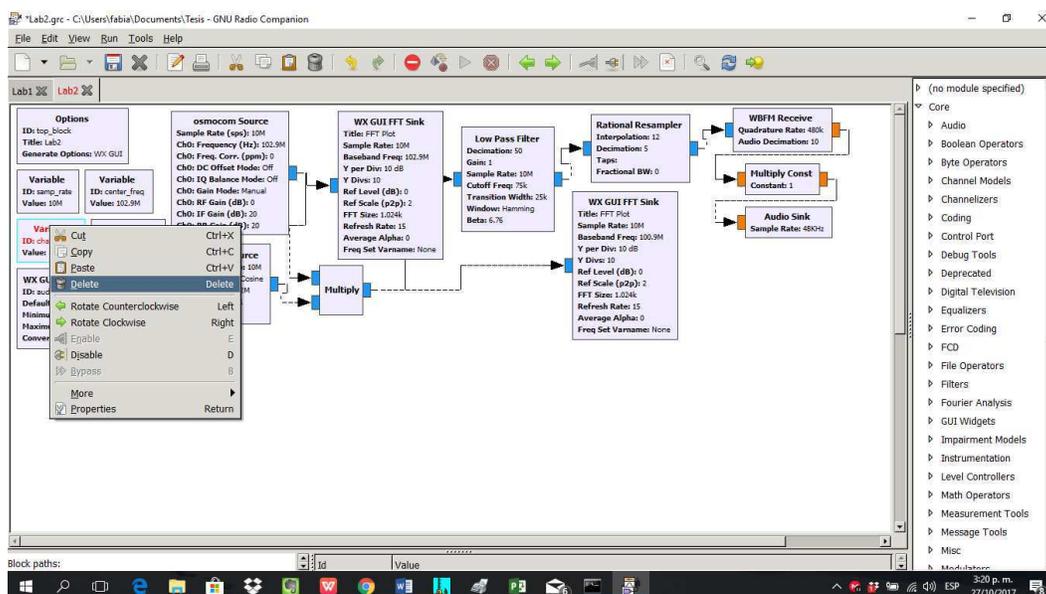


Figura 97. 2lab Paso 1d.

Paso 2. Ahora se debe probar si funciona lo que se acaba de hacer, para esto ejecutamos la FFT plot y deberá aparecer el deslizable que permitirá cambiar de frecuencia como se muestra en la Figura 98.

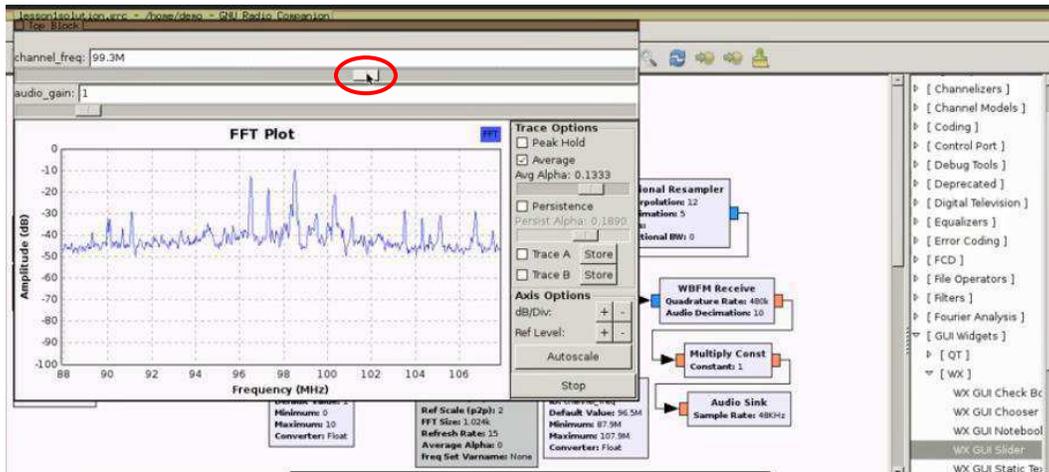


Figura 98. 2lab Paso 2.

Para aclarar, esta ventana sería capaz de mostrar todo el espectro asignado a la radio en FM si se trabaja en 20 millones de ancho, si están trabajando a 10 millones, 4 millones, etc., solo les aparecerá las estaciones contempladas dentro de dicho rango. En el caso de trabajar a 20Mhz este ancho se dividirá en 100 que son los Num Steps se tendrá 200Khz que es el respectivo ancho de banda para las estaciones de radio en FM, es decir que si trabajan con otra anchura como 10Mhz lo más conveniente es establecer 50 en el Num Steps para que dé como resultado los 200Khz, siempre se debe buscar que de este valor para una mejor visualización en la ventana FFT Plot, realmente esto no afecta el funcionamiento para nada ya que es solo para que de forma visual se vea mejor, pero si establecen el número de pasos en 100 y están trabajando con tasas menores a 20 millones no habría problema alguno, no es estrictamente necesario cambiar el número de pasos para diferentes tasas de muestreo, aunque si sería lo más conveniente.

Paso 3. En esta práctica como ya se dijo debemos hacer un gráfico que permita escuchar dos estaciones de radio a la vez, para esto lo que sigue es eliminar uno de los FFT Sink como se muestra en la Figura 99.

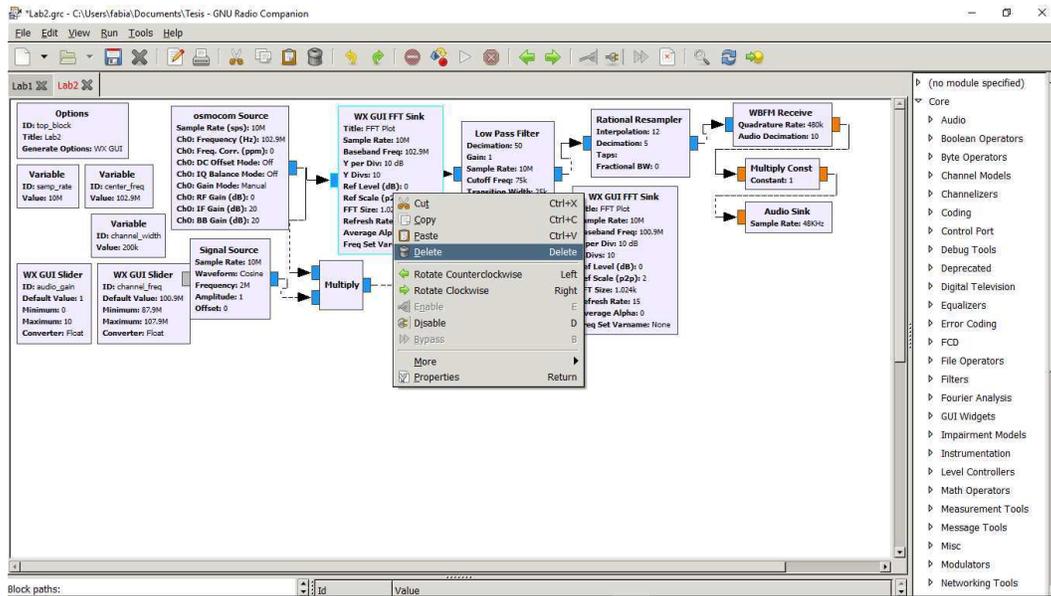


Figura 99. 2lab Paso 3.

Ahora se debe recomodar un poco el diagrama como se muestra en la Figura 100 para poder realizar el siguiente paso.

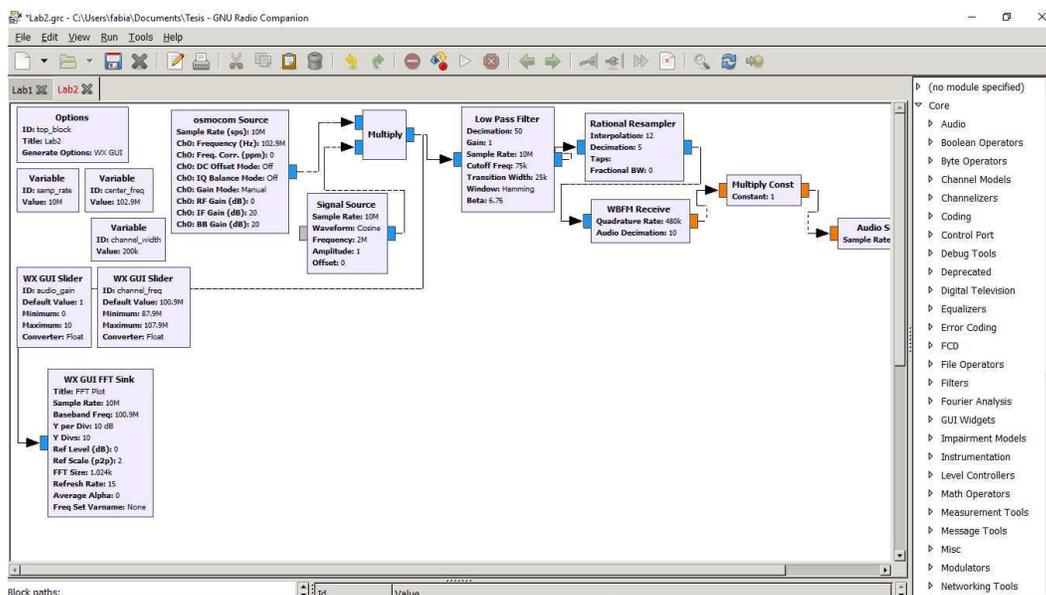


Figura 100. 2lab Paso 3a.

Paso 4. En este paso lo que se debe hacer es haciendo clic sostenido escoger los bloques como se muestra en la Figura X para copiarlos y luego pegarlos de tal manera que se tengan dos diagramas de flujo en el mismo entorno tal cual como se muestra en las figuras 101, 102, 103 y 104.

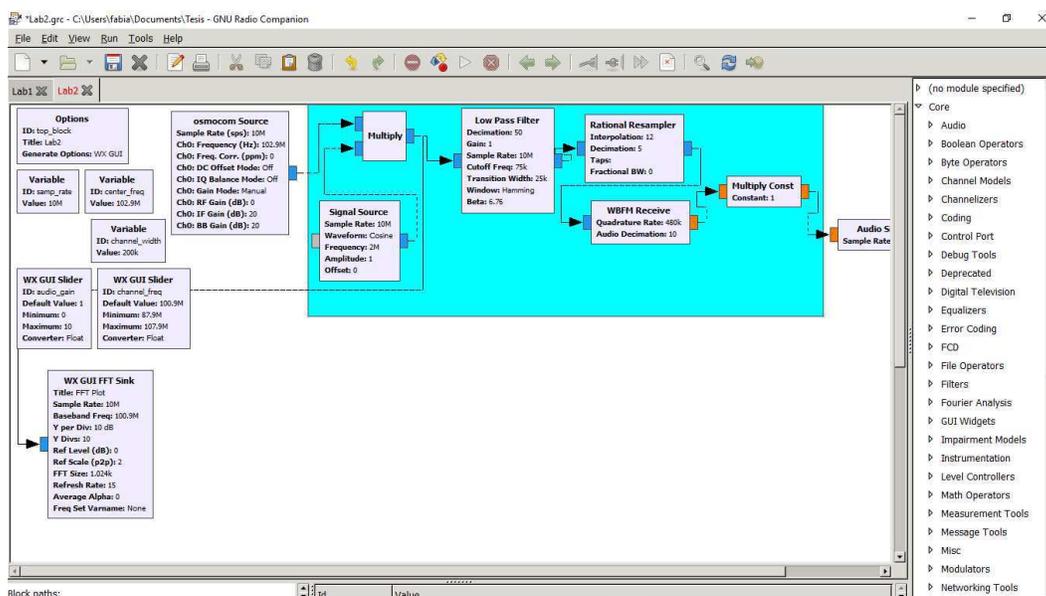


Figura 101. 2lab Paso 4.

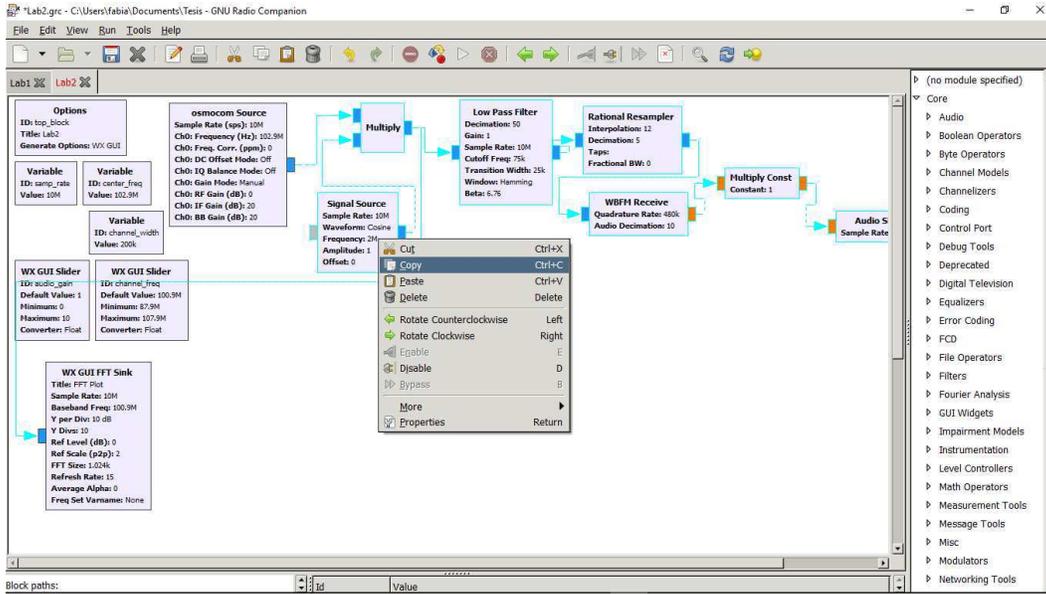


Figura 102. 2lab Paso 4a.

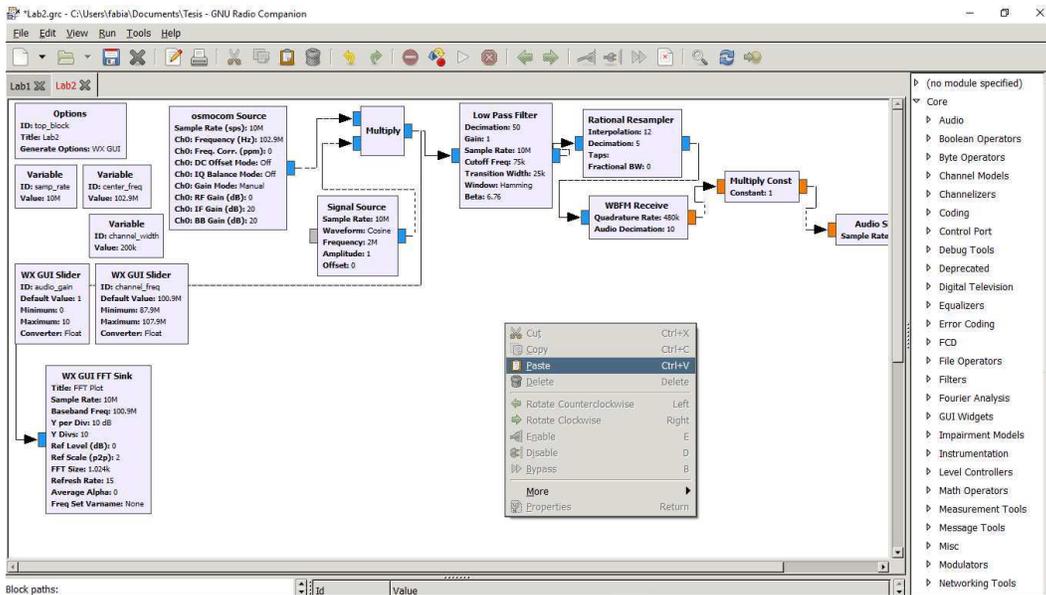


Figura 103. 2lab Paso 4b.

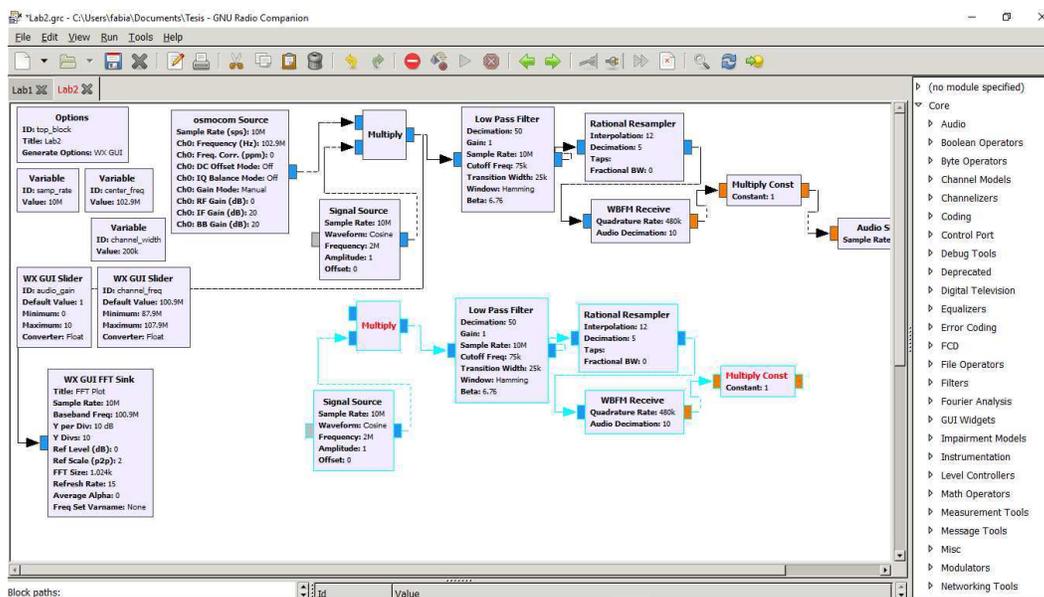


Figura 104. 2lab Paso 4c.

Ya teniendo esto unimos los dos diagramas desde el bloque multiply como se muestra en la Figura 105.

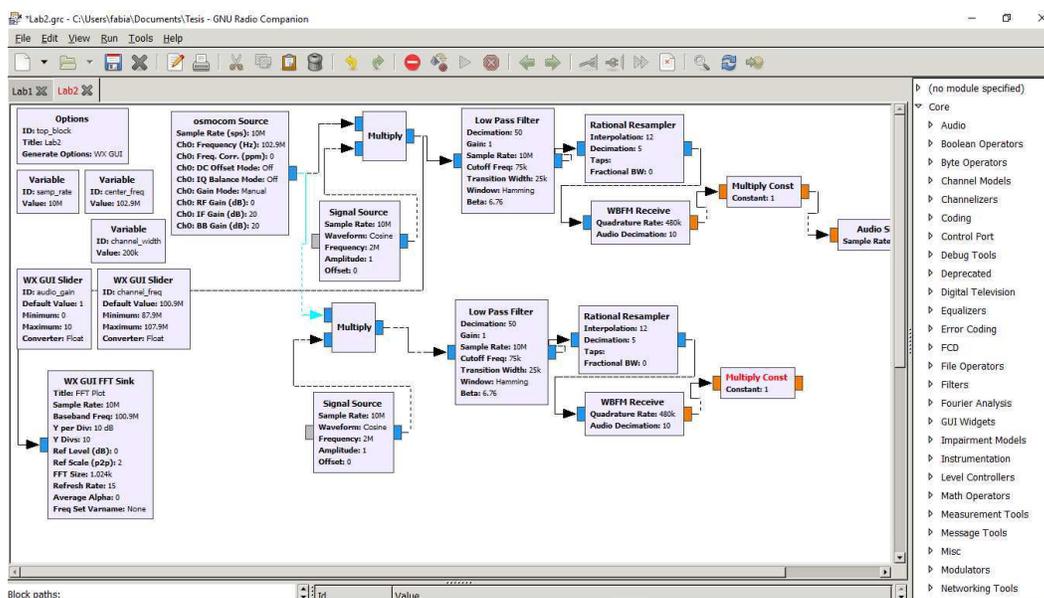


Figura 105. 2lab Paso 4d.

Paso 5. Al igual como se copiaron los bloques del diagrama se deben copiar los dos bloques slider que permiten controlar el volumen del audio y el cambio de frecuencias, esto se muestra en las Figuras 106 y 107.

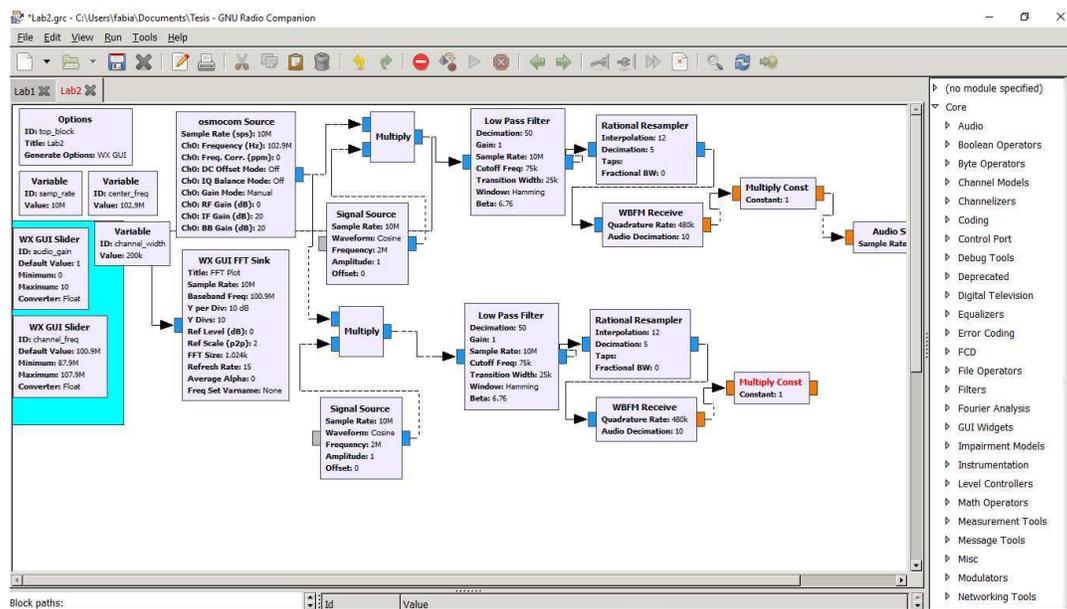


Figura 106. 2lab Paso 5.

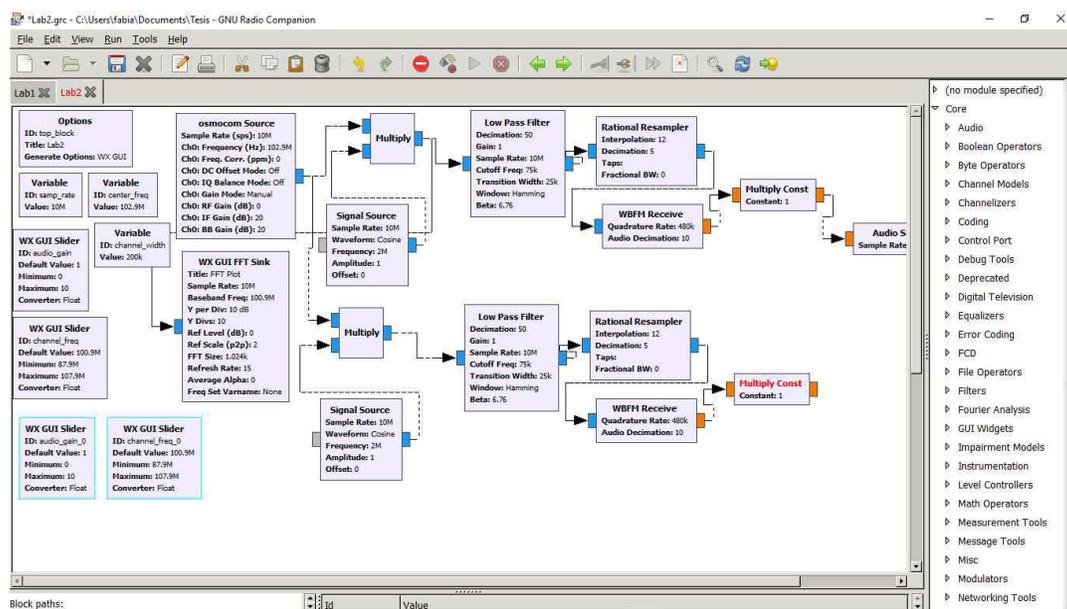


Figura 107. 2lab Paso 5a.

Paso 6. Como se observa en el segundo diagrama el bloque Multiply Const no está conectado a nada, entonces lo que se debe hacer en este caso es combinar las salidas de los dos bloques Multiply Const y para ello buscamos en la lista el bloque Add y lo ponemos como se muestra en la Figura 108 para que se añadan las dos señales a una misma salida.

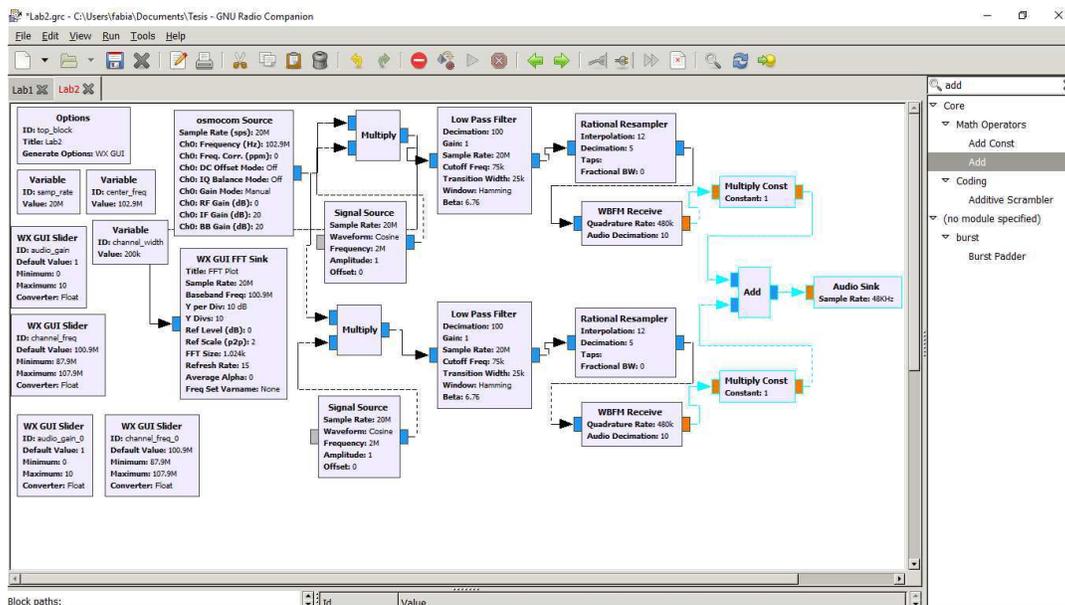


Figura 108. 2lab Paso 6.

Como se pueden dar cuenta al momento de hacer este paso las flechas que conectan estos bloques se tornan a rojas lo que indica un error, para esto solo se debe entrar en las propiedades del bloque Add y modificar un de sus parámetros como se muestra en la Figura 109.