



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
PROGRAMAS ACADÉMICOS



GUÍA DE LABORATORIO O PRÁCTICA ACADÉMICA

Título: Puesta En Marcha Estación Base 4G LTE.	
Asignatura: SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES	Núcleo: TELECOMUNICACIONES
Código: 14803	Semestre: 8º
Requisitos: TRANSMISIÓN II Y LAB	Créditos: 3
Semanas: 16	Horas Semanales: 6
Total horas de trabajo presencial del estudiante: 96	Horas prácticas al semestre: 32
Horas teóricas al semestre: 64	Horas de trabajo independiente del Estudiante: 80

RESUMEN
LTE (acrónimo para Long Term Evolution) es un estándar para la transmisión de datos en comunicaciones inalámbricas de alta velocidad. Por lo tanto, es competencia de un profesional en telecomunicaciones conocer el funcionamiento de los elementos que componen dicha tecnología.

CATEGORÍA	COMPETENCIAS A FORTALECER
<i>Cognitiva</i>	Analiza el funcionamiento de un sistema de telecomunicaciones con los elementos que lo componen.
<i>Aplicación cognitiva</i>	Analiza los modelos con diferentes herramientas que permitan caracterizar los sistemas de telecomunicaciones a nivel de procesamiento de señal, anchos de banda y capacidad del canal.
Las competencias axiológicas, investigativas y comunicativas expresadas en el Syllabus se tienen en cuenta en su totalidad.	

OBJETIVO GENERAL DE LA PRÁCTICA
Realizar la configuración de una estación base 4G LTE por medio de radio definido por software en consola de distribución Linux.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS
• Aprender a utilizar GNU radio para desplegar una estación base. • Utilizar los conceptos aprendidos en telemática I y II. • Instalar y configurar la plataforma OpenLTE. •

CONTENIDO APLICADO DEL SYLLABUS
ARQUITECTURA DE REDES 4G LTE.

DESARROLLO

Nota: Se recomienda para la instalación de OpenLTE disponer de un equipo o partición solo para ello, ya que hacerlo en uno con configuraciones previas puede causar conflictos con las librerías a instalar.

1. Primero se crea el directorio gnuradio y se ingresa a este, ya que allí se hará la descarga de gnuradio, se otorgarán los permisos necesarios al directorio para su posterior instalación, todo esto se hace mediante los siguientes comandos:

```
mkdir gnuradio
cd gnuradio
```



Imagen 1. Creación e ingreso al directorio gnuradio

wget <http://www.sbrac.org/files/build-gnuradio>

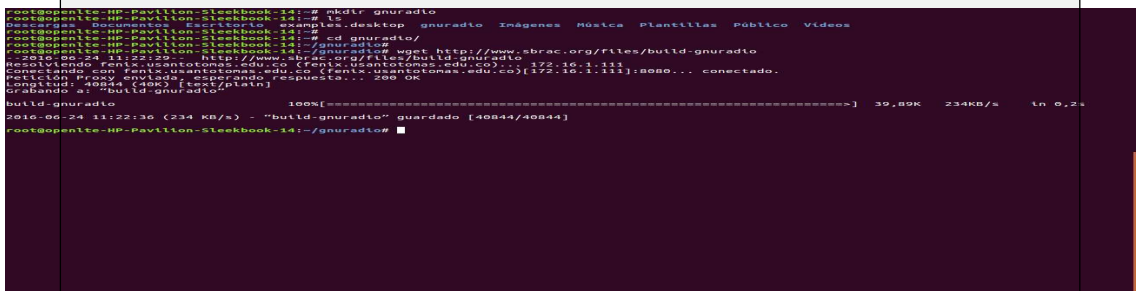


Imagen 2. Descarga de gnuradio

Sudo chmod a+x build-gnuradio

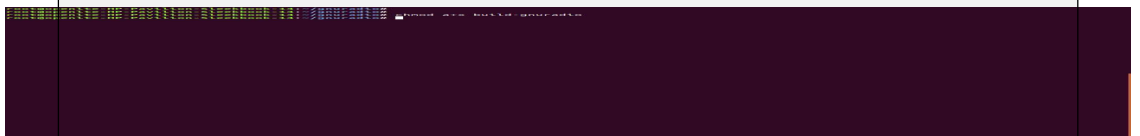


Imagen 3. Permiso para la posterior instalación de gnuradio

Con el siguiente comando se realiza la instalación de gnuradio y de los drivers de la USRP, lo cual puede tardar alrededor de 3 horas dependiendo del equipo en el cual se haga la instalación. Al utilizar este comando se debe estar fuera del modo de súper usuario.

`./build-gnuradio -v`

```
openlte@openlte-HP-Pavilion-Sleekbook-14:~/gnuradio$ ./build-gnuradio -v
This script will install Gnu Radio from current GIT sources
You will require Internet access from the computer on which this
script runs. You will also require SUDO access. You will require
approximately 500MB of free disk space to perform the build.

This script will, as a side-effect, remove any existing Gnu Radio
installation that was installed from your Linux distribution packages.
It must do this to prevent problems due to interference between
a linux-distribution-installed Gnu Radio/UHD and one installed from GIT source.

The whole process may take up to two hours to complete, depending on the
capabilities of your system.

!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
NOTE: if you run into problems while running this script, you can re-run it with
the --verbose option to produce lots of diagnostic output to help debug problems.
This script has been written to anticipate some of the more common problems one might
encounter building ANY large, complex software package. But it is not perfect, and
there are certainly some situations it could encounter that it cannot deal with
gracefully. Altering the system configuration from something reasonably standard,
removing parts of the filesystem, moving system libraries around arbitrarily, etc,
it likely cannot cope with. It is just a script. It isn't intuitive or artificially
intelligent. It tries to make life a little easier for you, but at the end of the day
if it runs into trouble, a certain amount of knowledge on your part about
system configuration and idiosyncrasies will inevitably be necessary.

Proceed?y
Starting all functions at: vie jun 24 11:25:09 COT 2016
SUDO privileges are required
Do you have SUDO privileges?y
Continuing with script
./build-gnuradio: linea 1468: tmp28330: Permiso denegado
cat: tmp28330: No existe el archivo o el directorio
[sudo] password for openlte:
Installing prerequisites.
====> THIS MAY TAKE QUITE SOME TIME <====
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
Nota, seleccionando «gnuradio-dev» para el global «gnuradio-*»
```

Imagen 4. Instalación de gnuradio

2. Luego realizar la instalación exitosamente, procedemos a probar que los drivers de la USRP estén funcionando correctamente en nuestro equipo para lo que ingresamos en siguiente comando:

`uhd_usrp_probe`

Nota: Si llega aparecer algún error en la prueba del equipo, ingresamos al siguiente directorio:

```
cd /usr/local/lib/uhd/utils
```

En el cual se procede a la descarga de la actualización reciente de los drivers actuales para el funcionamiento, con el siguiente comando:

```
uhd_images_downloader
```

Después ingresamos al siguiente directorio:

```
cd /usr/local/bin/
```

E ingresamos el siguiente comando para que cargue la nueva versión descargada anteriormente, mediante el siguiente comando:

```
uhd_image_loader --args="type=usrp2,addr=192.168.10.2"
```

Después de que se realice con éxito el paso anterior, apagamos y prendemos la USRP de nuevo, para que tome los cambios anteriormente hechos.

E ingresamos el comando de `uhd_usrp_probe` y podemos ver que se ha reconocido con éxito.

3. Después de que la USRP esté funcionando correctamente, se procede a instalar la siguiente librería, mediante el siguiente comando:

```
sudo apt-get install libpolarssl-dev
```

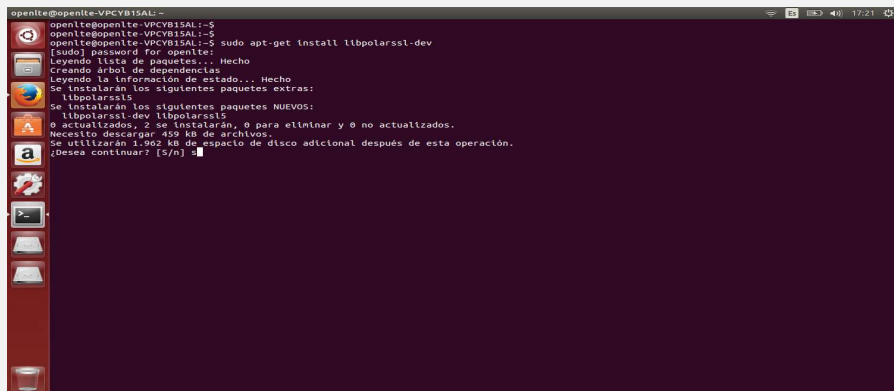


Imagen 5. Instalación del repositorio libpolarssl

4. Luego se realiza la instalación de OpenLTE, para lo cual descargamos el código del siguiente enlace:

<https://sourceforge.net/projects/openlte/files/>

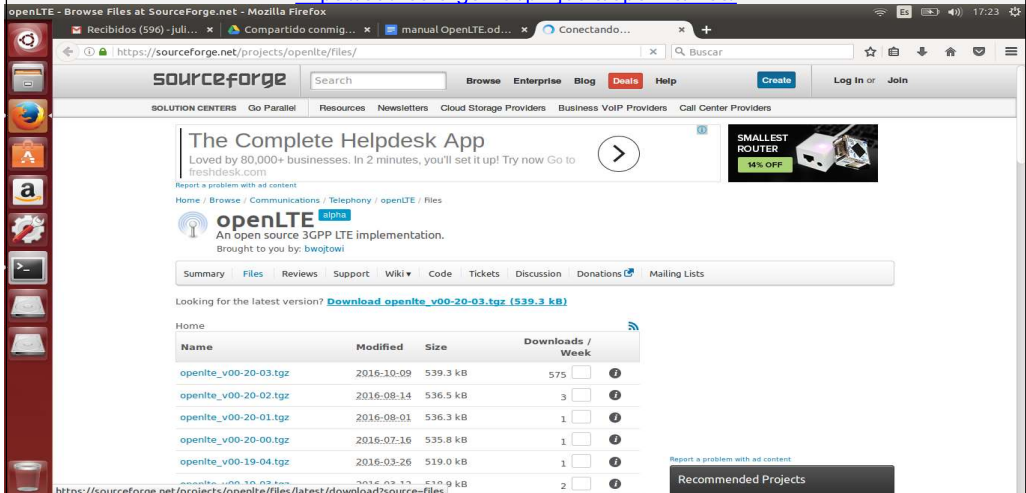


Imagen 6. Descarga de OpenLTE

5. Después de descomprimir el archivo descargado anteriormente, ingresamos a la carpeta y creamos un directorio llamado build, mediante el siguiente comando:

```
mkdir build
```

6. Posteriormente, ingresamos al directorio build y procedemos a la compilación e instalación del OpenLTE mediante los siguientes comandos:

```
cd build  
sudo cmake ../
```

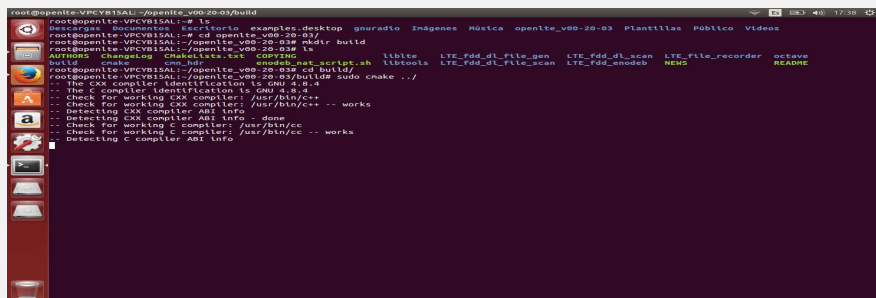


Imagen 7. Comprobación de librerías correspondientes

sudo make

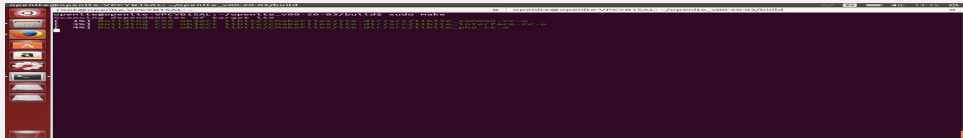


Imagen 8. Compilación del paquete OpenLTE

sudo make install

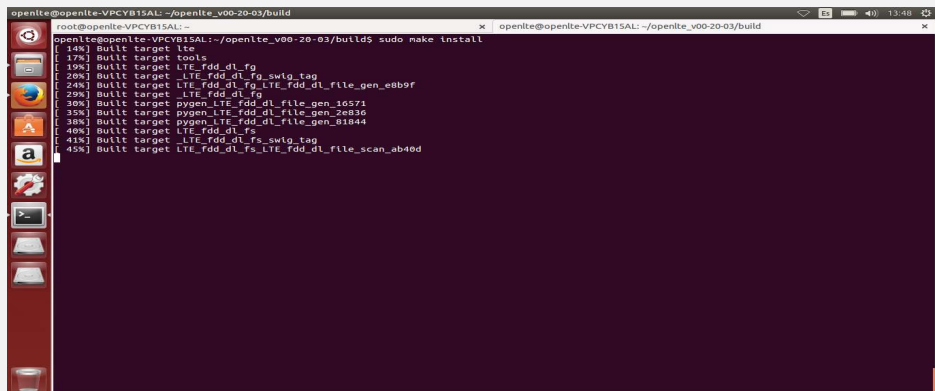
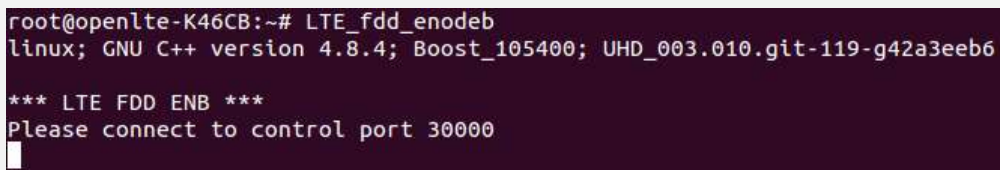


Imagen 9. Instalación de OpenLTE

CONFIGURACIÓN OPENLTE

1. Para la configuración del enodeb de OpenLTE se abre primero un terminal y se coloca el siguiente comando:

`LTE_fdd_enodeb`



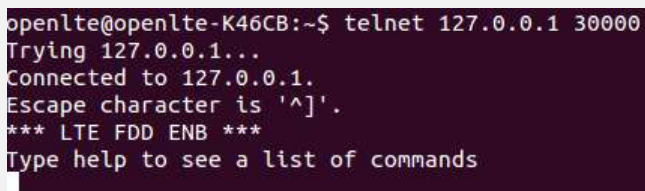
```
root@openlte-K46CB:~# LTE_fdd_enodeb
linux; GNU C++ version 4.8.4; Boost_105400; UHD_003.010.git-119-g42a3eeb6

*** LTE FDD ENB ***
Please connect to control port 30000
█
```

Imagen 10. Ingresar a la configuración del enodeb

2. Luego abrimos una segunda terminal donde ingresamos el siguiente comando:

`telnet 127.0.0.1 30000`



```
openlte@openlte-K46CB:~$ telnet 127.0.0.1 30000
Trying 127.0.0.1...
Connected to 127.0.0.1.
Escape character is '^]'.
*** LTE FDD ENB ***
Type help to see a list of commands
█
```

Imagen 11. Ingresar por medio de telnet para conectarnos a la consola del enodeb.

3. En la cual se puede ingresando la palabra help, se pueden mirar los comandos disponibles para la configuración de la OpenLTE.

```

help
***System Configuration Parameters***
Read parameters using read <param> format
Set parameters using write <param> <value> format
Commands:
    start - Constructs the system information and starts the eNB
    stop - Stops the eNB
    shutdown - Stops the eNB and exits
    construct_si - Constructs the new system information
    help - Prints this screen
    add_user imsi=<imsi> imei=<imei> k=<k> - Adds a user to the HSS (<imsi> and <imei> are 15 decimal digits, and <k> is 32 hex digits)

    del_user imsi=<imsi> - Deletes a user from the HSS
    print_users - Prints all the users in the HSS

Radio Parameters:
    available_radios: (read-only)
        0: no_rf
        1: type=usrp2,addr=192.168.10.2,name=,serial=F51542
    selected_radio_name (read-only) = type=usrp2,addr=192.168.10.2,name=,serial=F51542
    selected_radio_idx = 1
    clock_source = internal

System Parameters:
    band = 1
    bandwidth = 10
    cell_id = 1
    debug_level = radio phy mac rlc pdcp rrc mme gw user rb timer iface msgq
    debug_type = error warning info debug
    dl_center_freq = 2112500000
    dl_earfcn = 25
    dns_addr = C0A80101
    enable_pcap = 0
    ip_addr_start = C0A80102
    mcc = 001
    mnc = 01
    n_ant = 1
    n_id_cell = 0
    p0_nominal_pucch = -96
    p0_nominal_pusch = -70
    q_hyst = 0

```

Imagen 12. Comandos que se pueden usar en la consola del enodeb

- Se puede abrir una tercera terminal donde se pueden ver los mensajes de debug que el sistema arroja, con el siguiente comando:

telnet 127.0.0.1 30001

```

openlte@openlte-K46CB:~/openlte_v00-19-01$ telnet 127.0.0.1 30001
Trying 127.0.0.1...
Connected to 127.0.0.1.
Escape character is '^]'.
11/18/2016 18:21:13.429769 info iface LTE_fdd_enb_interface.cc 781 *** LTE FDD ENB DEBUG INTERFACE ***

```

Imagen 13. Consola de debug del enodeb

- En la terminal donde se pueden ver los comandos del enodeb, se procederá a realizar las siguientes configuraciones de la red, pero primero procederemos a escoger en la banda en la que trabajará el enodeb, por lo cual ingresamos al siguiente enlace:

http://niviuk.free.fr/lte_band.php

En él se encontrará una calculadora de bandas de EARFCN (E-UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number), donde se encuentran todas las bandas de LTE, para este caso se realizó el cálculo para EARFN de 1575, como se puede ver en la siguiente imagen:

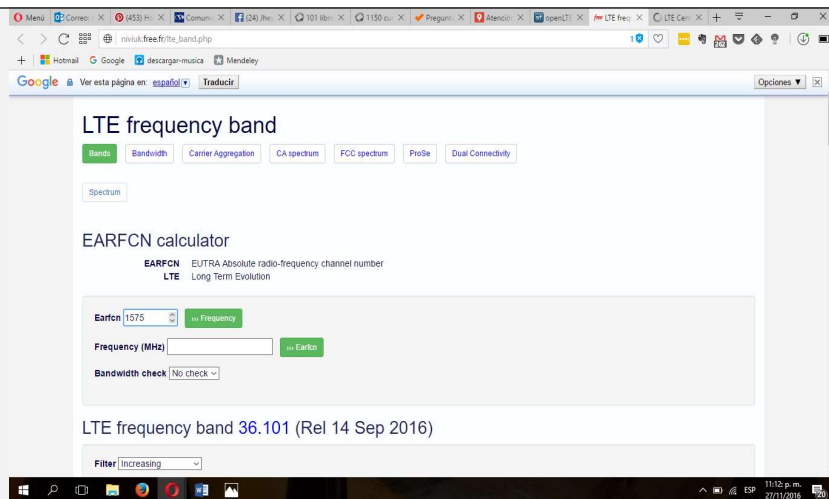


Imagen 14. Cálculo de la banda con EARFCN de 1575

En donde el resultado que nos arroja la calculadora como se puede ver en la imagen 15, es la banda y las frecuencias de uplink y downlink que se utiliza en dicho EARFCN, lo cual es muy útil para realizar las configuraciones del enodeb.



Imagen 15. Resultados del cálculo del EARFCN

- Los parámetros a configurar en el terminal según el cálculo anterior son la banda en la que se encuentra el canal, el EARFCN, adicionalmente se configura el ancho de banda del canal, la ganancia de recepción y transmisión como se puede observar a continuación:

```
band 3
write band 3
ok
```

Imagen 16. Banda de enodeb

```
bandwidth 5
write bandwidth 5
ok
```

Imagen 17. Ancho de banda

```
dl earfcn 1575
write dl_earfcn 1575
ok
```

Imagen 18. EARFCN

```
rx_gain 30
write rx_gain 30
ok
```

Imagen 19. Ganancia de recepción.

```
tx_gain 86
write tx_gain 86
ok
```

Imagen 20. Ganancia de transmisión.

También se configuran dos parámetros como es MCC (Mobile Country Code) y el MNC (Mobile Network Code), los cuales se modifican de acuerdo al IMSI de la simcard, los tres primeros dígitos hacen referencia al MCC y los dos siguientes al MNC.

```
mnc 11
write mnc 11
ok
```

Imagen 21. Configuración MNC

```
mcc 460
write mcc 460
ok
```

Imagen 22. Configuración MCC

7. Para hacer leer que todas las configuraciones se hicieron correctamente, se puede realizar de dos formas, la primera escribimos read y luego el parámetro configurado como, por ejemplo: read band, en la imagen 23 se muestra la lectura de todos los parámetros configurados anteriormente.

```

read band
ok 3
read bandwidth
ok 5
read dl_earfcn
ok 1575
read tx_gain
reok 86
read tx_gain
ok 86
read rx_gain
ok 30
read mcc
ok 460
read mnc
ok 11

```

Imagen 23. Lectura de los parámetros configurados.

La segunda manera es escribir la palabra `help`, que es cuando aparece todos los comandos y al igual que todas las configuraciones que se hicieron, como se muestra a continuación:

```

System Parameters:
band = 3
bandwidth = 5
cell_id = 1
debug_level = radio phy mac rlc pdcp rrc mme gw user rb timer iface msgq
debug_type = error warning info debug
dl_center_freq = 1842500000
dl_earfcn = 1575
dns_addr = C0A80101
enable_pcap = 0
ip_addr_start = C0A80102
mcc = 460
mnc = 11
n_ant = 1
n_id_cell = 0
p0_nominal_pucch = -96
p0_nominal_pusch = -70
q_hyst = 0
q_rx_lev_min = -140
rx_gain = 30
search_win_size = 0
sib3_present = 0
sib4_present = 0
sib5_present = 0
sib6_present = 0
sib7_present = 0
sib8_present = 0
tracking_area_code = 1
tx_gain = 86
ul_center_freq = 1747500000
ul_earfcn = 19575
use_cfg_file = 0
use_user_file = 0

```

Imagen 24. Comando `help` y las respectivas configuraciones.

8. Luego se procede a realizar la configuración de los usuarios para los cual es necesario tener el IMSI (International Mobile Subscriber Identity), IMEI (International Mobile Station Equipment Identity) y KI (Authentication key) del terminal a configurar dentro del enodeb. El IMSI y KI se programan en la SIMCARD, mientras el IMEI es el número único que identifica el terminal móvil. Para este caso los parámetros son:

IMSI:460110000000101
KI:00112233445566778899AABBCCDDEEFF
IMEI:860715034447278

Para agregar un usuario se realiza mediante el comando presentado en la imagen 25 y se toman en cuenta los anteriores parámetros.

```
add_user imsi=460110000000101 imei=860715034447278  
k=00112233445566778899AABBCCDDEEFF
```

```
add_user imsi=460110000000101 imei=860715034447278 k=00112233445566778899AABBCCDDEEFF  
ok
```

Imagen 25. Adicionar un usuario al enodeb

Asi mismo también podemos ver los usuarios que se han añadido al enodeb, con el siguiente comando, presentado en la siguiente imagen.

```
print_users
```

```
print_users  
ok 1  
imsi=460110000000101 imei=860715034447278 k=00112233445566778899AABBCCDDEEFF
```

Imagen 26. Ver los usuarios registrados en el enodeb.

Y también se pueden eliminar usuarios, como se puede observar en la imagen 27 mediante el siguiente comando:

```
del_user imsi=460110000000101
```

```
del_user imsi=460110000000101  
ok
```

Imagen 27. Eliminar usuarios del enodeb

9. Para iniciar el enodeb se escribe el comando start dentro del terminal donde se hicieron las respectivas configuraciones, para este caso se necesita una USRP B210 ya que la USRP N210 tiene una frecuencia de muestreo fija de 100 MHz, por lo cual no es compatible con la frecuencia de muestreo de Open LTE.

```
start  
fail "unable to set master clock rate"
```

Imagen 28. Imagen de error en start

```

*** LTE FDD ENB ***
Please connect to control port 30000
-- Opening a USRP2/N-Series device...
-- Current recv frame size: 1472 bytes
-- Current send frame size: 1472 bytes

UHD Warning:
The recv buffer could not be resized sufficiently.
Target sock buff size: 50000000 bytes.
Actual sock buff size: 1000000 bytes.
See the transport application notes on buffer resizing.
Please run: sudo sysctl -w net.core.rmem_max=50000000

UHD Warning:
The recv buffer could not be resized sufficiently.
Target sock buff size: 50000000 bytes.
Actual sock buff size: 1000000 bytes.
See the transport application notes on buffer resizing.
Please run: sudo sysctl -w net.core.rmem_max=50000000

UHD Warning:
The send buffer could not be resized sufficiently.
Target sock buff size: 1048576 bytes.
Actual sock buff size: 1000000 bytes.
See the transport application notes on buffer resizing.
Please run: sudo sysctl -w net.core.wmem_max=1048576

```

Imagen 29. Error de reloj en el terminal LTE FDD ENB

ACTIVIDADES RECOMENDADAS

1. Verifique la potencia y frecuencia central de la portadora OpenLTE en un analizador de espectro o dispositivo similar.
2. Verifique los protocolos utilizados en cada uno de los servicios por medio de capturas de tráfico en el software Wireshark.

REFERENCIAS

- JULIÁN D. VÁSQUEZ, IVÁN F. SANTA, JOSÉ V. RESTREPO, "PROTOTIPO DE UNA ESTACIÓN CELULAR PORTATIL PARA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS", Universidad Pontificia Bolivariana.
- C. P. Hugo, *Redes móviles celulares*, Editorial@usantotomas.edu.co. Bogotá, D. C., Colombia: Universidad Santo Tomás, 2009.
- C. P. Hugo, *Comunicaciones Móviles de última generación*, María Paula Godoy Casasbuenas. Bogotá, D. C., Colombia: Universidad Santo Tomás, 2012.
- MICHAEL LEDEMA, "GETTING STARTING WITH OPENBTS", O'Reilly Media, Inc.,

Primera Edición. 2015.