

ANEXO 2

DESCRIPCIÓN DE LA BANDA ELEGIDA Y CÁLCULO DE LA COBERTURA TEÓRICA DE UN eNODO B

A2.1 BANDA DE OPERACIÓN

LTE ya es una realidad en otros países y el Perú no es ajeno a ello. Es por eso que se ha estado pensando en la banda de operación que se le debe asignar. En el año 2011, se propusieron como candidatas a la Banda de 700 MHz y a la Banda AWS (del inglés Advanced Wireless Service). Si bien es cierto que en Europa se ha venido utilizando para LTE la Banda de 2.6 GHz. En el Perú, esta banda ya ha sido asignada para el despliegue de WiMAX.

Para el caso de la banda AWS, el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTC) le ha asignado dos bandas de frecuencia, 1710 MHz – 1770 MHz y 2110 MHz – 2.170 MHz. Para lo cual, se aclaró que no se trata de dos bandas distintas, sino que la banda de 1700 MHz se usa para el canal de subida (uplink, del móvil a la estación base) y la de 2100 MHz para el canal de bajada (downlink, de la estación base al móvil) [VEL2011].

La canalización realizada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y aprobada según Resolución Viceministerial 456-2011-MTC/03 del 29 de abril de 2011, dispone de tres bloques según se ve en la TABLA A2-1, de los cuales solo los bloques A y B serán puestos en concesión por 20 años.

TABLA A2 – 1: Distribución en bloques de la banda AWS

FUENTE: “AWS GUIDE” [AWS2011]

BLOQUE	RANGO DE FRECUENCIAS	
	UPLINK (MHz)	DOWNLINK (MHz)
A	1710 – 1730	2110 – 2130
B	1730 – 1750	2130 – 2150
C	1750 – 1770	2150 -2170

La disponibilidad de una canalización con anchos de banda de 2x20 MHz en la banda AWS (20 MHz para el canal de subida y 20 MHz para la bajada), permitirá a los operadores nacionales que ganen esta licitación implementar redes LTE y

ofrecer velocidades de datos de más de 120 Mbps (por sector) usando antenas MIMO 2x2. Esta velocidad podría duplicarse con antenas MIMO 4x4 en los próximos años. [AWS2011]

En la actualidad, para un despliegue a corto plazo, ya se dispone de ecosistemas (equipamiento e infraestructura) en los bloques A y B. Dichos bloques corresponden a la banda 4 del 3GPP – AWS, que cuentan con un rango de frecuencias en el uplink entre 1710 MHz y 1755 MHz; mientras que en el downlink entre 2110 MHz y 2155MHz.

Por lo que, de acuerdo a la clasificación de las distintas bandas de operación LTE, que se muestra en la TABLA A2-2, se tiene que se trabajará con la banda 4.

TABLA A2 - 1: Clasificación de las bandas LTE

FUENTE: “LTE CONCEPTS” [MPD2011]

BANDAS LTE	UPLINK (MHz)	DOWNLINK (MHz)	DESPLIEGUE EN EL MUNDO
1	1920 – 1980	2110 – 2170	China, Japón, Estados Unidos, Asia u Australia
2	1850 – 1910	1930 – 1990	Norte América y Sudamérica
3	1710 – 1785	1805 – 1880	Estados Unidos, China, Asia, Australia y África
4	1710 – 1755	2110 – 2155	Norte América y Sudamérica
5	824 – 849	869 – 894	Norte América, Sudamérica, Australia, Asia y África
6	830 – 830	875 – 885	Japón
7	2500 – 2570	2620 – 2690	Estados Unidos, Sudamérica, Asia, Australia y África
8	880 – 915	925 – 960	
9	1749.9 - 1784.9	1844.9 - 1879.9	Japón
10	1710 - 1770	2110 – 2170	Norte América y Sudamérica
11	1427.9 - 1447.9	1475.9 - 1495.9	Japón
12	698 - 716	728 – 746	Norte América
13	777 - 787	746 – 756	Norte América
14	788 - 798	758 – 768	Norte América
17	704 - 716	734 – 746	Norte América

BANDAS LTE	UPLINK (MHz)	DOWNLINK (MHz)	DESPLIEGUE EN EL MUNDO
18	815 - 830	860 – 875	Norte América, Sudamérica, Australia, Asia y África
19	830 - 845	875 – 890	Norte América, Sudamérica, Australia, Asia y África
20	832 - 862	791 – 821	Estados Unidos
21	1447.9 - 1462.9	1495.9 - 1510.9	Japón
22	3410 - 3500	3510 – 3600	
24	1626.5 - 1660.5	1525 – 1559	
33	1900 – 1920		
34	2010 – 2025		China
35	1850 – 1910		
36	1930 – 1990		
37	1910 – 1930		
38	2570 – 2620		Estados Unidos
39	1880 – 1920		China
40	2300 – 2400		China y Asia
41	2496 – 2690		
42	3400 – 3600		
43	3600 – 3800		

Además, en la TABLA A2-3 se muestra los canales que soportan estas bandas.

TABLA A2 - 2: Canales según bandas LTE
FUENTE: "LTE RESOURCE GUIDE" [ANR 2009]

BANDAS LTE	1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz	DUPLEX MODE
1			X	X	X	X	FDD
2	X	X	X	X	X	X	FDD
3	X	X	X	X	X	X	FDD
4	X	X	X	X	X	X	FDD
5	X	X	X	X			FDD
6			X	X			FDD
7	X	X	X	X	X	X	FDD
8	X	X	X	X			FDD
9			X	X	X	X	FDD
10			X	X	X	X	FDD
11			X	X	X	X	FDD
12	X	X	X	X			FDD
13	X	X	X	X			FDD
14	X	X	X	X			FDD
17	X	X	X	X			FDD
33			X	X	X	X	TDD
34			X	X	X		TDD
35	X	X	X	X	X	X	TDD
36	X	X	X	X	X	X	TDD
37			X	X	X	X	TDD
38			X	X			TDD
39			X	X	X	X	TDD
40				X	X	X	TDD

Por lo tanto se contará con un Ancho de Banda del Canal de 20 MHz. Sin embargo, para fines de cálculo, este valor no es el indicado, sino el llamado Ancho de Banda de Transmisión.

En LTE, la mínima estructura de modulación es el Resource Element (RE). Un RE es una subportadora de 15 kHz por cada símbolo. Los REs conforman un Resource

Block (RB), un RB está dimensionado entre subportadoras y símbolos. En general, un RB lo conforman 12 subportadoras en el dominio de la frecuencia y 6 o 7 símbolos en el dominio del tiempo.

El número de símbolos depende del Cyclic Prefix (CP) en uso. Cuando un CP normal se utiliza, el bloque de recursos contiene siete símbolos. Mientras que cuando un CP es extendido, el bloque de recursos contiene seis símbolos. Este último caso se da generalmente cuando existe una dispersión del retardo. [ANR2009]

En la FIGURA A2-1 se observa la explicación gráfica.

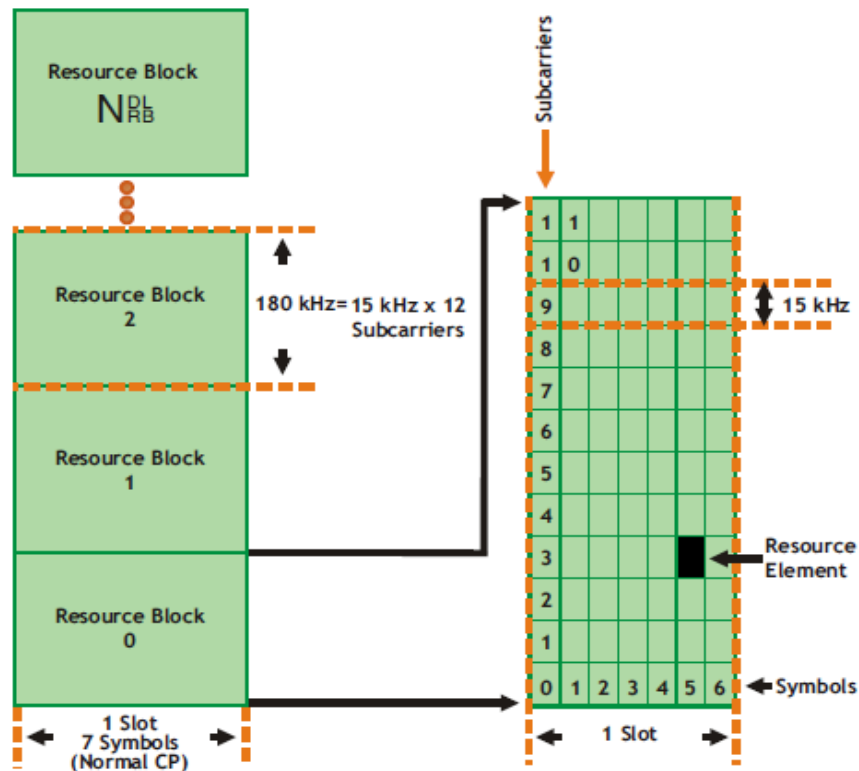


FIGURA A2 - 1: Estructura del frame en LTE
FUENTE: "LTE RESOURCE GUIDE" [ANR 2009]

Como ya se había dicho, no se trabajará con el Ancho de Banda del Canal ya que ideal que resulta después de realizar la canalización del espectro. Mientras que el Transmission Bandwidth Configuration es el mayor ancho de banda permitido en el Uplink o en el Downlink en un canal dado, medido en RBs. Finalmente, el Ancho de Banda de transmisión, también conocido como Transmission Bandwidth, es el ancho de banda activo que se usa para la comunicación; es decir, es el número de

Resource Blocks activos en una transmisión. A medida que aumenta el ancho de banda, el número de Resource Blocks aumenta. El máximo Ancho de Banda ocupado se halla multiplicando el número de Resource Blocks por 180 kHz. En la FIGURA A2-2 se observa esta relación.

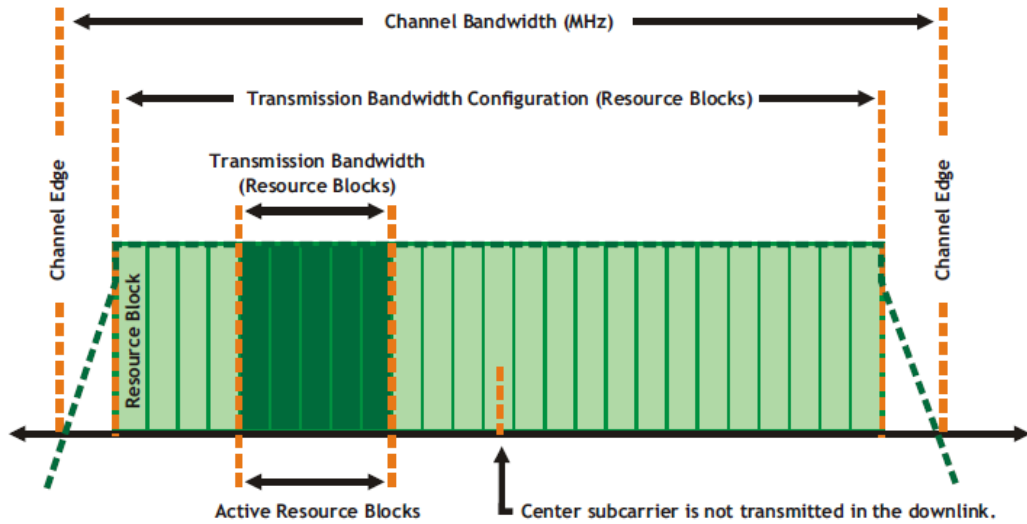


FIGURA A2 - 2: Distribución del dominio de frecuencias
FUENTE: "LTE RESOURCE GUIDE" [ANR 2009]

Para la Banda 4 de LTE que se ha escogido, según la TABLA A2-3 se tiene que están habilitados los canales 1.4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz y 20 MHz. De acuerdo a estos anchos de Banda de Canal, se tendrán el Transmission Bandwidth Configuration y el Ancho de Banda de Transmisión que se muestran a continuación en la TABLA A2-4.

TABLA A2 - 3: Relación de anchos de banda
FUENTE: "LTE RESOURCE GUIDE" [ANR 2009]

ANCHO DE BANDA DEL CANAL (MHz)	TRANSMISSION BANDWITH CONFIGURATION (RB)	ANCHO DE BANDA DE TRANSMISIÓN (MHz)
1.4	6	1.08
3	15	2.7
5	25	4.5
10	50	9
15	75	13.5
20	100	18

A2.2 CÁLCULO DE COBERTURA DEL eNodo B

Para el cálculo de la cobertura del eNodo B, lo primero que se tiene que hacer es calcular las Pérdidas por Propagación en el Espacio Libre. Esto se realiza analizando el Link Budget tanto para el Uplink como para el Downlink.

ANÁLISIS DEL LINK BUDGET PARA EL UPLINK

En la TABLA A2-5 se observa los valores que toman los parámetros del User Equipment (UE) y del eNodo B, ambos para el Uplink.

TABLA A2 - 4: Link Budget del Uplink
FUENTE: "LTE TECHNOLOGY" [TEC2010]

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
TRANSMISOR – UE		
Máxima Potencia de Transmisión	23	DBm
Ganancia de la antena de transmisión	0	DBi
Pérdida del cuerpo	0	Db
EIRP	23	dBm
RECEPTOR - eNodo B		
Figura de Ruido del eNodo B	2	dB
Ruido Térmico	-118.4	dB
Ruido del Receptor	-116.4	dBm
SINR	-7	dB
Sensitividad de recepción	-123.4	dBm
Margen de interferencia	1	dB
Desviación estándar de Shadowing	8	dB
Pérdida por cable	0	dB
Ganancia de la antena receptora	18	dB
Ganancia de MHA	2	dB
Margen de rápido desvanecimiento	0	dB
Ganancia de soft handover	0	dB
Máxima Pérdida Permitida	163.4	dBm

Para zonas urbanas, la probabilidad de cobertura es del 90%. Por lo que considerando la TABLA A2-6 se podrá hacer el cálculo del Margen de Shadowing.

El Shadowing, es el fenómeno que se produce cuando la línea de vista se obstruye debido a los obstáculos que pueden estar en el trayecto de propagación ya sean montañas, árboles, construcciones hechas por el hombre, etc. Dado que las características de todos estos obstáculos (dimensiones, formas y materiales de construcción) son aleatorias, también lo será el valor de la potencia recibida. Es por ello que el Shadowing produce una variación aleatoria muy lenta en el valor medio de la señal recibida; debido a que el shadowing es producto de la combinación de diversas variables aleatorias, aplicando el teorema del límite central, tendrá un comportamiento similar a una distribución de Gauss. Es decir, El shadowing produce fluctuaciones de la señal alrededor de su valor medio, ya que considera el hecho de que a una misma distancia del transmisor se pueden obtener valores aleatorios de potencia debido a la presencia de obstáculos [DIO 2010].

TABLA A2 - 5: Relación del margen de Shadowing Normalizado
FUENTE: “DIMENSIONAMIENTO DE RED” [DIO2010]

MARGEN DE SHADOWING NORMALIZADO	PROBABILIDAD DE COBERTURA
1.2	88.49%
1.25	89.44%
1.3	90.32%
1.35	91.15%
1.4	91.92%
1.45	92.65%
1.5	93.32%
1.55	93.94%
1.6	94.52%
1.65	95.05%

Por lo que, como se había indicado, considerando una Probabilidad de Cobertura aproximada de 90% (según la TABLA A2-6 lo más aproximado es 90.32%), se tendrá que el Margen de Shadowing Normalizado es de 1.3. Por lo que se obtiene que:

Margen de Shadowing (dB)

= (*Margen de Shadowing Normalizado*) X (*Desviación Estándar de Shadowing*)

Entonces, si:

- *Margen de Shadowing Normalizado* = 1.3
- *Desviación Estándar de Shadowing (dB)* = 8 dB

Se tiene: $Margen\ de\ Shadowing\ (dB) = 1.3 * 8dB = 10.4\ dB$

Luego de ello, se calcula la Sensibilidad del Receptor (eNodo B)

$$S\ (dBm) = -174 + 10\log(B) + NF + SINR + IM - 3$$

Donde:

- B : Ancho de Banda en Hz
- SINR : Señal de ruido
- IM : Margen de implementación

Hay que tomar en cuenta que el SINR y el IM dependen del tipo de modulación y del Code Rate que se emplee. En la TABLA A2-7 se muestran precisamente los tipos de modulación para LTE relacionándolos con su Code Rate.

TABLA A2 - 6: Tipos de modulación en LTE
FUENTE: "DIMENSIONAMIENTO DE RED" [DIO2010]

MODULACIÓN	CODE RATE	SINR (dB)	IM (dB)
QPSK	1/8	-5.1	2.5
	1/5	-2.9	
	1/4	-1.7	
	1/3	-1	
	1/2	2	
	2/3	4.3	
	3/4	5.5	
	4/5	6.2	
16QAM	1/2	7.9	3
	2/3	11.3	
	3/4	12.2	
	4/5	12.8	

MODULACIÓN	CODE RATE	SINR (dB)	IM (dB)
64QAM	2/3	15.3	4
	3/4	17.5	
	4/5	18.6	

Para cada tipo de modulación se toma un valor mínimo y otro máximo, con lo que tendríamos para cada uno de ellos, los valores que se muestran en la TABLA A2-8.

TABLA A2 - 7: Valores mínimos y máximos para cada modulación
FUENTE: “ELABORACIÓN PROPIA”

MODULACIÓN	SINR MÍNIMO (dB)	SINR MÁXIMO (dB)
QPSK	-5.1	7.9
16QAM	7.9	15.3
64QAM	15.3	NA

Con estos datos, se calculará la Sensibilidad mínima y máxima, según el tipo de modulación que se emplee. Por lo que se tendrá:

- **Para QPSK**

- $S_{min} = -174 + 10 \log(18 \times 10^6) + 2 - 5.1 + 2.5 - 3 = -105.0472749 \text{ dBm}$
- $S_{max} = -174 + 10 \log(18 \times 10^6) + 2 + 7.9 + 3 - 3 = -91.54727495 \text{ dBm}$

- **Para 16QAM**

- $S_{min} = -174 + 10 \log(18 \times 10^6) + 2 + 7.9 + 3 - 3 = -91.54727495 \text{ dBm}$
- $S_{max} = -174 + 10 \log(18 \times 10^6) + 2 + 15.3 + 4 - 3 = -83.14727495 \text{ dBm}$

- **Para 64QAM**

- $S_{min} = -174 + 10 \log(18 \times 10^6) + 2 + 15.3 + 4 - 3 = -83.14727495 \text{ dBm}$

* Para éste caso, no existe un S_{max} , debido a que tampoco existe un SINR máximo.

Finalmente, con estos datos se realiza el cálculo de la Pérdida en el Espacio.

$$S_{rx} = P_{otx} - L - P_{cc} + G_{ant} - M_{sha} - P_{int} - P_{mat} + MHA$$

De donde se obtiene la siguiente expresión:

$$L = P_{otx} - S_{rx} - P_{cc} + G_{ant} - M_{sha} - P_{int} - P_{mat} + MHA$$

Donde:

- S_{rx} : Sensibilidad en el receptor
- P_{otx} : Potencia de transmisión
- L : Pérdida en el espacio
- G_{ant} : Ganancia de la antena de transmisión
- P_{cc} : Pérdidas por cable y conectores
- M_{sha} : Margen de Shadowing
- P_{int} : Pérdida de Interferencia
- P_{mat} : Pérdida de Interiores (generalmente toma el valor de 15 dB; debido a que el material causante de la pérdida es el ladrillo)
- MHA : Ganancia debido al amplificador Mast Head (Amplificador de Bajo Ruido)

Se sabe:

- $P_{otx} = 23 \text{ dBm}$
- $G_{ant} = 18 \text{ dBm}$
- $P_{cc} = 0 \text{ dB}$
- $M_{sha} = 10.4 \text{ dB}$
- $P_{int} = 1 \text{ dB}$
- $P_{mat} = 15 \text{ dB}$
- $MHA = 2$

Con lo que tendríamos finalmente la siguiente expresión:

$$L = 16.6 - S_{rx}$$

Al reemplazar los valores de sensibilidad hallados anteriormente, obtenemos valores para la Pérdida en el Espacio que se muestran en la TABLA A2-9.

TABLA A2 - 8: Valores para la pérdida en el espacio libre en el Uplink

FUENTE: “ELABORACIÓN PROPIA”

MODULACIÓN	SENSIBILIDAD DE REFERENCIA (dBm)	PÉRDIDA EN EL ESPACIO LIBRE (dB)
QPSK	-105.0472749	121.647
	-91.54727495	108.147
16QAM	-91.54727495	108.147
	-83.14727495	89.747
64QAM	-83.14727495	89.747

ANÁLISIS DEL LINK BUDGET PARA EL DOWNLINK

Para el análisis del Link Budget para el Downlink, se siguen los mismos pasos, pero tomando en cuenta los valores para Link Budget en el Downlink que se muestran en la TABLA A2-10.

TABLA A2 - 9: Link Budget del Downlink

FUENTE: “LTE TECHNOLOGY” [TEC2010]

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
TRANSMISOR eNodo B		
Máxima Potencia de Transmisión	46	DBm
Ganancia de la antena de transmisión	18	DBi
Pérdida del cable	2	Db
EIRP	62	dBm
RECEPTOR UE		
Figura de Ruido del eNodo B	9	dB
Ruido Térmico	-104.5	dB
Ruido del Receptor	-97.5	dBm
SINR	-9	dB
Sensitividad de recepción	-107.7	dBm
Margen de interferencia	4	dB
Desviación estándar del Fading	8	dB
Pérdida del cuerpo	0	dB
Cabecera del Control Channel	1	dB
Máxima Pérdida Permitida	163.4	dBm

Al igual que en el caso del Uplink, en el Downlink se halla la Sensibilidad mínima y la Sensibilidad máxima para cada modulación.

- **Para QPSK**

- $S_{min} = -174 + 10 \log(18 \times 10^6) + 9 - 5.1 + 2.5 - 3 = -98.0472749 \text{ dBm}$
- $S_{max} = -174 + 10 \log(18 \times 10^6) + 9 - 7.9 + 3 - 3 = -84.547 \text{ dBm}$

- **Para 16QAM**

- $S_{min} = -174 + 10 \log(18 \times 10^6) + 9 - 7.9 + 3 - 3 = -84.5472 \text{ dBm}$
- $S_{max} = -174 + 10 \log(18 \times 10^6) + 9 - 15.3 + 4 - 3 = -76.1575 \text{ dBm}$

- **Para 64QAM**

- $S_{min} = -174 + 10 \log(18 \times 10^6) + 9 - 15.3 + 4 - 3 = -76.1587 \text{ dBm}$

Para este caso, no existe un S_{max} , debido a que tampoco existe un SINR máximo.

Finalmente, con estos datos se realiza el cálculo de la Pérdida en el Espacio.

$$S_{rx} = P_{otx} - L - P_{cc} + G_{ant} - M_{sha} - P_{int} - P_{mat} + MHA$$

De donde se obtiene la siguiente expresión:

$$L = P_{otx} - S_{rx} - P_{cc} + G_{ant} - M_{sha} - P_{int} - P_{mat} + MHA$$

Se sabe:

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| - $P_{otx} = 46 \text{ dBm}$ | - $P_{int} = 1 \text{ dB}$ |
| - $G_{ant} = 18 \text{ dBm}$ | - $P_{mat} = 15 \text{ dB}$ |
| - $P_{cc} = 0 \text{ dB}$ | - $M_{sha} = 10.4 \text{ dB}$ |

Con lo que tendríamos finalmente la siguiente expresión:

$$L = 37.6 - S_{rx}$$

Al reemplazar los valores de sensibilidad hallados anteriormente, obtenemos valores para la Pérdida en el Espacio que se muestran en la TABLA A2-11.

TABLA A2 - 10: Valores para la pérdida en el espacio libre en el Downlink

FUENTE: “ELABORACIÓN PROPIA”

MODULACIÓN	SENSIBILIDAD DE REFERENCIA	PÉRDIDA EN EL ESPACIO LIBRE
QPSK	-98.05	135.65
	-84.55	122.15
16QAM	-84.55	122.15
	-76.15	113.75
64QAM	-76.15	113.75

COBERTURA POR CELDA

La 3GPP recomienda que los cálculos de cobertura se realicen para el Uplink. Esto debido a que amplificar la señal que emite el equipo móvil en la estación base sería más recomendable que hacerlo en el UE ya que implicaría menos gastos, los cuales financiaría la empresa operadora. A diferencia que si se implementan estos amplificadores en el UE, en que lo tendría que financiar el cliente. Además si se desea mejorar la señal se podrían implementar antes MIMO, para la cual lo convenientes sería implementarlas en la estación base.

Dicho ello, la cobertura de una celda queda definida por la siguiente expresión:

$$L = 40 (1 - 0.004 * D_{hb}) * \log(R) - 18 \log(D_{hb}) + 21 \log(f) + 80$$

Donde:

- L : Pérdida en el espacio
- D_{hb} : Altura de la antena (medida en metros)
- R : Radio de cobertura (medido en km)
- f : Frecuencia de la portadora (medida en MHz)

Es importante indicar que para D_{hb} se toma en cuenta la altura de la antena más la altura promedio de las edificaciones. Con lo que se tendría una altura promedio de $D_{hb} \approx 15$ metros.

Además, se sabe que para la frecuencia de la portadora se tiene 1720 MHz en el UL y 2120 MHz en el DL.

Con estas aclaraciones se tendrá:

$$L = 40 (1 - 0.004 * 15) * \log(R) - 18 \log(15) + 21 \log(1720) + 80$$

Operando, se llega a la siguiente expresión:

$$\frac{L - 126.7764547}{37.6} = \log(R)$$

Con la expresión final:

$$R = 10^{\frac{L - 126.7764547}{37.6}}$$

Se observa que el Radio de Cobertura depende de la Pérdida en el Espacio hallado anteriormente. Por lo que en la TABLA A2-12 se muestra la los valores que tomará el radio de cobertura para las distintas pérdida en el espacio dependiendo de la modulación que se emplee.

TABLA A2 - 11: Radios de cobertura según modulación

FUENTE: "ELABORACIÓN PROPIA"

MODULACIÓN	MÍNIMA PÉRDIDA EN EL ESPACIO (dB)	MÁXIMA PÉRDIDA EN EL ESPACIO (dB)	MÍNIMO RADIO DE COBERTURA (km)	MÁXMO RADIO DE COBERTURA (km)
QPSK	108.147	121.647	0.319547761	0.730429546
16QAM	89.747	108.147	0.103555716	0.319547761
64QAM	NA	89.747	NA	0.103555716

La cobertura en LTE está determinada por un hexágono regular como se muestra en la FIGURA A2-3

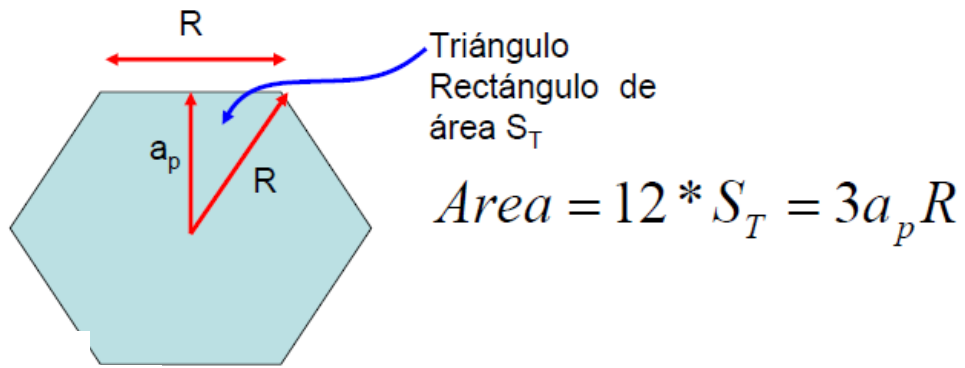


FIGURA A2 - 3: Área de una celda

FUENTE: "DIMENSIONAMIENTO DE RED" [DIO2010]

Con lo que se define que:

$$ap = \frac{\left((3)^{\frac{1}{2}} \right) * R}{2}$$

De ello, se tiene finalmente que:

$$\text{ÁREA} = \frac{3 * \left((3)^{\frac{1}{2}} \right) * R^2}{2}$$

Se observa que el área de cobertura depende del Radio máximo y mínimo, por lo que tendríamos que:

$$\text{ÁREA} = \frac{3 * \left((3)^{\frac{1}{2}} \right) * ((Rmax)^2 - (Rmin)^2)}{2}$$

Con ello, se obtendrán los valores obtenidos en la TABLA A2-13.

TABLA A2 - 12: Radios de cobertura según modulación

FUENTE: "ELABORACIÓN PROPIA"

MODULACIÓN	MÍNIMO RADIO EN EL COBERTURA (km)	MÁXIMO RADIO EN EL COBERTURA (km)	ÁREA HEXAGONAL (km ²)	ÁREA TOTAL (km ²)
QPSK	0.319547761	0.730429546	1.120853076	1.386145
16QAM	0.103555716	0.319547761	0.237430352	
64QAM	NA	0.103555716	0.027861214	

Por lo que obtenemos que el área de cobertura es de 1.386145 km^2 . Pero hay que considerar que esta área corresponde a un tercio del área total ya que se emplean antenas con un diagrama de radiación que ocupan sólo 120 grados. Por lo que se tendría un área total para el eNodo B de 4.158435 km^2 .