



Universidad Diego Portales
Escuela de Ingeniería en Informática y Telecomunicaciones
Examen de Titulación - Redes de Datos y Telecomunicaciones

07 de junio de 2023

Nombre: Flo1 Calla

RUT: 14761190-0

Puntaje: 173 puntos

1. Pregunta de Desarrollo:

1.1. Introducción

Este examen de título tiene solo un escenario sobre el cual se realizarán una serie de preguntas. Cada una de ellas DEBE tener un desarrollo que justifique su respuesta.

La empresa de distribución eléctrica ENEL tiene una serie de subestaciones eléctricas en distintas comunas de la región metropolitana. Cada subestación tiene varios servicios de datos que entregan la continuidad operacional a la subestación. A nivel de networking una subestación puede ser considerada como una oficina remota de ENEL y cada servicio de datos puede ser visto como una subred.

1.2. Consideraciones de diseño para radio enlaces

En esta sección se explican todas las consideraciones a la hora de diseñar los enlaces de radiofrecuencia. Se utilizará el equipo punto a punto (PtP) de la marca Ubiquity modelo airFiber 5XHD. El manual del equipo puede encontrarse en la sección 2.1.

- Todas las subestaciones tienen una torre de comunicaciones de 54 metros de altura.
- El edificio Headquarter de ENEL tiene una altura de 60 metros. Su azotea puede ser utilizada para instalar equipos.
- En su diseño considere que todas las subestaciones tienen LOS (Line of sight) a 54 metros de altura.
- La frecuencia de operación (frecuencia de la portadora) de los equipos de radio es 5200 MHz.
- La constante para la velocidad de la luz es de 299792458 m/s.
- La potencia máxima a utilizar es de 15 dBm (Suggested Max. TX Power).
- Siempre utilice canales con un ancho de banda de 100 MHz (ver tabla TDD Capacity (Mbps) en el manual de la sección 2.1)
- Siempre utilice la antena con la menor ganancia necesaria (siempre que sus cálculos lo permitan), ya que así evita sobrecargar la torre de comunicaciones.
- Siempre utilice la misma antena en ambos extremos del enlace.

El manual de los equipos de radio enlace microondas puede ser encontrado en la sección 2.1. Este manual tiene varios términos que es importante aclarar:

- Suggested Max. TX Power: Es la potencia máxima sugerida. La potencia máxima que escoga depende de la tasa de modulación o modulation rate. Por ejemplo, si escoge un modulation rate de 8X podrá transmitir con una potencia máxima de 22 dBm.
- Receive Sensitivity (dBm): Es la mínima potencia de la señal de radio que el equipo puede operar. Si la potencia es mas baja que este valor, no es posible establecer una comunicación exitosa.
- TDD Capacity (Mbps): Esta tabla indica la capacidad en Mbps que soporta el enlace tanto de subida como bajada. Esta capacidad depende del Modulation Coding Scheme (MCS). Por ejemplo, si se escoge una modulación de 16QAM MIMO y se utiliza un ancho de banda de canal de 100 MHz, podrá transmitir a una tasa máxima de 218,88 Mbps.
- En el mismo manual existe un listado de las antenas que se pueden utilizar con estos equipos de radio
 - AF-5G23-S45: antena directiva con una ganancia de 23 dBi. = 199.52
 - AF-5G30-S45: antena directiva con una ganancia de 30 dBi. = 100.0
 - AF-5G34-S45: antena directiva con una ganancia de 34 dBi. = 2511.88

→ vía
molecular

La figura 1 muestra la ubicación geográfica de las subestaciones en el mapa de Santiago de Chile.



Figura 1: Ubicación de las subestaciones de ENEL utilizadas en este examen

La tabla del cuadro 1 muestra la distancia entre las distintas subestaciones.

Cuadro 1: Matriz de distancias (metros) para las subestaciones en estudio.

| Nombre | S/E Santa Rosa Sur | S/E Santa Raquel | S/E Florida | S/E La Reina | S/E Santa Elena | Headquarter ENEL |
|--------------------|--------------------|------------------|-------------|--------------|-----------------|------------------|
| S/E Santa Rosa Sur | 0 | 3600 | 6250 | 13690 | 11980 | 15880 |
| S/E Santa Raquel | 3600 | 0 | 5450 | 10430 | 8390 | 12320 |
| S/E Florida | 6250 | 5450 | 0 | 9640 | 10010 | 14700 |
| S/E La Reina | 13690 | 10430 | 9640 | 0 | 4350 | 7720 |
| S/E Santa Elena | 11980 | 8390 | 10010 | 4350 | 0 | 4730 |
| Headquarter ENEL | 15880 | 12320 | 14700 | 7720 | 4730 | 0 |

1.3. Consideraciones de diseño para equipamiento de red

- El equipo de radio airFiber 5XHD se comporta como un switch. Por lo tanto al crear un enlace punto a punto es como que conecte dos switch.
- Para todas las subestaciones la distancia entre la sala de comunicaciones (donde está el gabinete para la instalación de equipos) y la base de la torre es de 50 metros.
- La distancia entre la azotea del edificio ENEL y el datacenter en el mismo edificio es de 200 metros (el datacenter está en el subterráneo).

Cada servicio de datos en cada subestación debe ser tratado como una subred. La siguiente lista muestra todos los servicios disponibles:

- Telefonía:** Teléfonos IP ubicados en distintas oficinas dentro de cada subestación.
- Videovigilancia de Seguridad:** Cámaras de video IP encargadas de la seguridad perimetral de la subestación .
- Red de datos para usuarios administrativos (RDUA):** Red de computadores para personal de mantenimiento y operación en terreno. Se utiliza principalmente para entregar acceso a Internet y a servidores ubicados en los *datacenters* de ENEL en Santiago de Chile.

- **Servicio de control SCADA:** Sensores y actuadores responsables de la apertura y cierre de interruptores eléctricos, medidores de corriente y voltaje.

La lista de *hosts* para cada servicio en cada subestación se muestra en la tabla del cuadro 2.

Cuadro 2: Cantidad de hosts por servicio y por subestación (sin contar default gateway)

| Cantidad de hosts (sin contar default gateway) | Telefonía | Videovigilancia de Seguridad | Red de datos para usuarios administrativos (RDUA) | Servicio de control SCADA |
|--|-----------|---------------------------------|--|------------------------------|
| S/E Santa Rosa Sur | 1 | 5 | 10 | 28 |
| S/E Santa Raquel | 2 | 5 | 10 | 30 |
| S/E Florida | 1 | 5 | 13 | 28 |
| S/E La Reina | 2 | 2 | 11 | 40 |
| S/E Santa Elena | 1 | 2 | 10 | 20 |

$28 + 30 + 28 + 40 + 20 = 144$
 $= 47$
 $= 47$
 $= 55$
 $= 32$
 226 host
 8 bits de host

1.4. Preguntas

1.4.1. Diseño de la capa de transporte

- Utilizando el equipo de red mostrado en la sección 2.1, diseñe la red de enlaces punto a punto microondas entre las siguientes subestaciones: (30 puntos en total)

- a) Headquarter ENEL y S/E La Reina
- b) Headquarter ENEL y S/E Santa Elena
- c) S/E La Reina y S/E Florida
- d) S/E Santa Elena y S/E Santa Raquel
- e) S/E Santa Raquel y S/E Florida
- f) S/E Santa Raquel y S/E Santa Rosa Sur

Considerando maximizar la tasa de transferencia (Mbps). Para cada enlace se debe calcular:

- Ganancia de antenas en ambos extremos. (2 puntos por enlace) → escoger otra na
- Potencia de recepción en cada extremo (2 punto por enlace) → escoger otra potencia de enlace
- Capacidad del enlace agregado (en Mbps)¹ (1 punto por enlace) → R

1.4.2. Diseño de la capa de red

Para las siguientes preguntas considere que le han entregado la red 10.20.48.0/20 para poder subdividirla.

- Calcule para cada servicio en la tabla del cuadro 2 los siguientes parámetros: (60 puntos en total)

- a) Dirección de subred. (1 punto por cada servicio)
- b) Máscara de subred. (1 punto por cada servicio)
- c) Dirección IP del *default gateway*. (1 punto por cada servicio)

- Calcule para cada enlace punto a punto los siguientes parámetros: (28 puntos en total)

- a) Dirección de subred. (1 punto por cada enlace)
- b) Máscara de subred. (1 punto por cada enlace)
- c) Dirección IP de cada extremo. (1 punto por cada extremo)

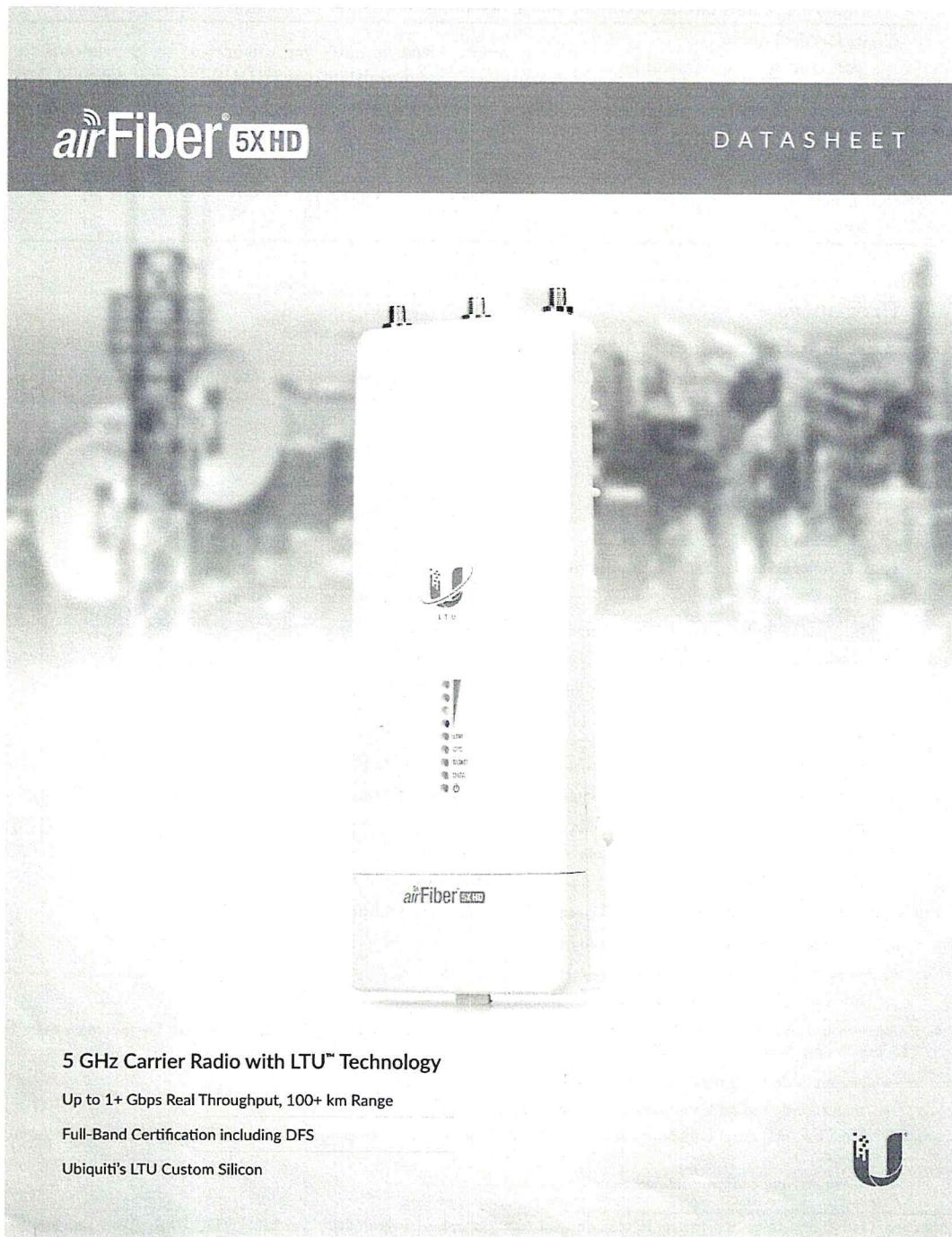
- Construya la topología de red lógica de toda la red, considerando routers y switch necesarios. La topología debe incluir: (55 puntos en total)

- Diagrama de red para cada subestación (5 puntos por subestación)
- Diagrama de red de los enlaces microondas (5 puntos por enlace)
- Considere que en el edificio de ENEL existe un Router al cual se conectan los enlaces de microondas ubicados en la azotea.
- Considere que cada servicio equivale a un switch.

¹la capacidad agregada es la suma de la tasa de transferencia upload y download. Ver tabla TDD Capacity en sección 2.1

2. Anexos

2.1. Equipos de Radio





DATASHEET

Deployment Flexibility

The AF-SXHD can be used with existing airFiber slant-polarized antennas for improved noise immunity and Signal-to-Noise Ratio (SNR). It is compatible with multiple Ubiquiti airFiber X antennas offering gain of 23 to 34 dBi. The compact form factor of the AF-SXHD allows it to fit into the radio mount of airFiber X antennas, so installation requires no special tools.

airFiber X Antenna Model Summary

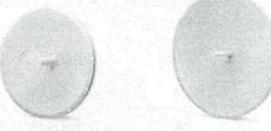
The airFiber X antennas are purpose-built with 45° slant polarity for seamless integration with the AF-SXHD. Pair the AF-SXHD with one of the following airFiber X antennas:



| | AF-5G23-S45 | AF-5G30-S45 | AF-5G34-S45 |
|-------|-------------|-------------|-------------|
| Freq. | 5 GHz | 5 GHz | 5 GHz |
| Gain | 23 dBi | 30 dBi | 34 dBi |

RocketDish Model Summary

You can also pair the AF-SXHD with one of the RocketDish antennas shown below using the included Universal Bracket or by using a kit to convert the RocketDish to 45° slant polarity.



| | RD-5G30 | RD-5G34 |
|-------|---------|---------|
| Freq. | 5 GHz | 5 GHz |
| Gain | 30 dBi | 34 dBi |

Conversion Kit

The 5 GHz RocketDish to airFiber Antenna Conversion Kit (model AF-5G-OMT-S45) converts the RocketDish RD-5G30 or RD-5G34 antenna for use with the AF-SXHD.



| Suggested Max. TX Power | |
|-------------------------|-------------|
| 12x | 12 - 15 dBm |
| 10x | 19 - 20 dBm |
| 8x | 21 - 22 dBm |
| 6x | 23 - 24 dBm |
| 4x | 29 dBm |
| 2x | 29 dBm |
| 1x | 29 dBm |

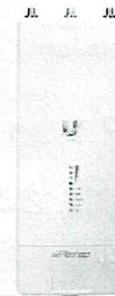
| Modulation Rate | Modulation | Sensitivity | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | | 10 MHz | 20 MHz | 30 MHz | 40 MHz | 50 MHz | 60 MHz | 80 MHz | 100 MHz |
| 12x | 4096QAM | -56 | -53 | -51 | -49 | -47 | -44 | -42 | -39 |
| 10x | 1024QAM | -66 | -63 | -61 | -59 | -57 | -55 | -53 | -51 |
| 8x | 256QAM | -72 | -69 | -67 | -65 | -63 | -61 | -59 | -57 |
| 6x | 64QAM | -78 | -75 | -73 | -71 | -69 | -67 | -65 | -63 |
| 4x | 16QAM MIMO | -84 | -81 | -79 | -77 | -75 | -73 | -71 | -69 |
| 2x | QPSK MIMO | -88 | -85 | -83 | -82 | -81 | -80 | -79 | -78 |
| 1x | ½ Rate QPSK xRT | -90 | -87 | -85 | -84 | -83 | -82 | -81 | -80 |



SPECIFICATIONS

| MCS | TDD Capacity (Mbps)* | | | | | | | | |
|---------------------|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | Channel Width | | | | | | | | |
| | 10 MHz | 20 MHz | 30 MHz | 40 MHz | 50 MHz | 60 MHz | 80 MHz | 100 MHz | |
| QPSK SISO | Upload | 5.76 | 12.16 | 18.24 | 24.32 | 29.76 | 35.20 | 45.44 | 54.72 |
| | Download | 5.76 | 12.16 | 18.24 | 24.32 | 29.76 | 35.20 | 45.44 | 54.72 |
| | Aggregate | 11.52 | 24.32 | 36.48 | 48.64 | 59.52 | 70.40 | 90.88 | 109.44 |
| QPSK MIMO | Upload | 11.52 | 24.32 | 36.48 | 48.64 | 59.52 | 70.40 | 90.88 | 109.44 |
| | Download | 11.52 | 24.32 | 36.48 | 48.64 | 59.52 | 70.40 | 90.88 | 109.44 |
| | Aggregate | 23.04 | 48.64 | 72.96 | 97.28 | 119.04 | 140.80 | 181.76 | 218.88 |
| 16 QAM MIMO | Upload | 23.04 | 48.64 | 72.96 | 97.28 | 119.04 | 140.80 | 181.76 | 218.88 |
| | Download | 23.04 | 48.64 | 72.96 | 97.28 | 119.04 | 140.80 | 181.76 | 218.88 |
| | Aggregate | 46.08 | 97.28 | 145.92 | 194.56 | 238.08 | 281.60 | 363.52 | 437.76 |
| 64 QAM MIMO | Upload | 34.56 | 72.96 | 109.44 | 145.92 | 178.56 | 211.20 | 272.64 | 328.32 |
| | Download | 34.56 | 72.96 | 109.44 | 145.92 | 178.56 | 211.20 | 272.64 | 328.32 |
| | Aggregate | 69.12 | 145.92 | 218.88 | 291.84 | 357.12 | 422.40 | 545.28 | 656.64 |
| 256 QAM MIMO | Upload | 46.08 | 97.28 | 145.92 | 194.56 | 238.08 | 281.60 | 363.52 | 437.76 |
| | Download | 46.08 | 97.28 | 145.92 | 194.56 | 238.08 | 281.60 | 363.52 | 437.76 |
| | Aggregate | 92.16 | 194.56 | 291.84 | 389.12 | 476.16 | 563.20 | 727.04 | 875.52 |
| 1024 QAM MIMO | Upload | 57.60 | 121.60 | 182.40 | 243.20 | 297.60 | 352.00 | 454.40 | 547.20 |
| | Download | 57.60 | 121.60 | 182.40 | 243.20 | 297.60 | 352.00 | 454.40 | 547.20 |
| | Aggregate | 115.20 | 243.20 | 364.80 | 486.40 | 595.20 | 704.00 | 908.80 | 1,094.40 |
| 4096 QAM MIMO | Upload | 69.12 | 145.92 | 218.88 | 291.84 | 357.12 | 422.40 | 545.28 | 656.64 |
| | Download | 69.12 | 145.92 | 218.88 | 291.84 | 357.12 | 422.40 | 545.28 | 656.64 |
| | Aggregate | 138.24 | 291.84 | 437.76 | 583.68 | 714.24 | 844.80 | 1,090.56 | 1,313.28 |

* For 2 ms frame length



max de transmisi

Este documento es propiedad de Ubiquiti Networks Inc. y sus filiales y se considera un material confidencial. No debe ser reproducido ni distribuido sin el consentimiento previo por escrito de Ubiquiti Networks Inc. Ubiquiti Networks, el logotipo de Ubiquiti Networks, airFiber, airMAX, airMAX Cloud, airMAX Prism, Rocket, RocketDish, UniFi, y iFi son marcas registradas o comerciales de Ubiquiti Networks Inc. en los Estados Unidos y en otros países. Apple y la marca Apple son marcas registradas de Apple Inc., registradas en los Estados Unidos y en otros países. App Store es un servicio mark de Apple Inc. registrada en los Estados Unidos y en otros países. Google, Google Play y el logotipo de Google Play son marcas registradas de Google LLC. Otras marcas y/o nombres propietarios son marcas de sus respectivas empresas.

/U/UN0220

Hoja de Respuesta

2.4. 2)

a) Headquarter y SIE Reina

$$\text{distancia} = 7720 \text{ m} \rightarrow r$$

Antena AF-S623-

$$G = 23 \text{ dBi} = 199.52 \text{ ues}$$

$$\frac{P_R}{P_T} = \frac{G_T \cdot G_R \cdot \lambda^2}{16\pi^2 \cdot R^2}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{299792458}{5200 \cdot 10^6} = 0.05 \text{ m}$$

$$\frac{P_R}{P_T} = \frac{(199.52)^2 \cdot 0.05^2}{16\pi^2 \cdot (7720)^2} = 8.057 \cdot 10^{-8} \text{ W}$$

con módulo en rote $6 \times$: $P_T = 24 \text{ dB} = 10^{24/10} = 251 \text{ mW}$

Sensibilidad para rote $6 \times$ en un canal $400 \text{ MHz} - 6.3 = -6.3 \text{ dBm}$

$$\Rightarrow P_R = 251 \cdot 10^{-3} \cdot 8.057 \cdot 10^{-8} = 2.65 \cdot 10^{-9} \text{ W} = 10 \log(1.057 \cdot 10^{-6}) = -55 \text{ dB} \rightarrow \text{funciona}$$

b) Headquarter y sonido clima

$$d = 4730 \text{ m}$$

$$\frac{P_R}{P_T} = \frac{G_T \cdot G_R \cdot \lambda^2}{16\pi^2 \cdot R^2} =$$

Antena: AF-S623

$$G = 23 \text{ dBi} = 199.52$$

$$\frac{P_R}{P_T} = \frac{(199.52)^2 \cdot (0.05)^2}{16\pi^2 \cdot (4730)^2} = 2.81 \cdot 10^{-8} \text{ W}$$

con modulación 8x $P_T = 22 \text{ dBm} = 158 \text{ mW}$

Sensibilidad para 8x = -57

$$\Rightarrow P_R = 158 \cdot 10^{-3} \cdot 2.81 \cdot 10^{-8} = 4.45 \cdot 10^{-9} \text{ W} = -53.5 \text{ dBm} > -57 \text{ dBm}$$

Hoja de Respuesta

c) La Reina - Flaido

$$d = 9640 \quad \lambda = 0.05$$

Antena : AF - 3623

$$G = 23 \text{ dBi} = 199.52 \text{ uus}$$

$$\frac{P_R}{P_T} = \frac{6 + 6R \cdot \lambda^2}{16 \pi^2 \cdot R^2} =$$

$$\frac{P_R}{P_T} = \frac{(199.52)^2 \cdot (0.05)^2}{16 \pi^2 \cdot (9640)^2} = 6.78 \times 10^{-9}$$

Con modulación 6x

$$P_T = 24 \text{ abm} = 25 \Delta \cdot \Delta \text{ mW}$$

$$= -63 \text{ dBm}$$

Sensibilidad para 6x

$$P_R = 25 \Delta \cdot \Delta \cdot 10^{-3} \cdot 6.78 \cdot 10^{-9} = 1.7 \times 10^{-9} \text{ W}$$

$$= -57.69 \text{ dBm} > -63 \text{ dBm}$$

d) Santos elena - Santos RoquelAntena AF - 3623
G = 23 dBi = 199.52 uus

$$d = 8390 \quad \lambda = 0.05$$

$$\frac{P_R}{P_T} = \frac{(199.52)^2 \cdot (0.05)^2}{16 \pi^2 \cdot (8390)^2} = 8.95 \cdot 10^{-9} \text{ W}$$

$$P_T = 24 \text{ abm} = 25 \Delta \cdot \Delta \text{ mW}$$

$$= -63 \text{ dBm}$$

Con modulación 6x

Sensibilidad para 6x

$$P_R = 25 \Delta \cdot \Delta \cdot 10^{-3} \cdot 8.95 \cdot 10^{-9} = 2.2 \times 10^{-9}$$

$$= -56.57 \text{ dBm} > -63 \text{ dBm}$$

Hoja de Respuesta

Hoja de Respuesta

1.4.2 A partir de los subredes con máscara /26 hace VLSM

② la reina / scda : 40 hosts

$$2^6 - 2 = 62 \text{ hosts disponibles}$$

máscara : /26

dir subred : 10.20.48.0

default gateway : 10.20.48.1

Santa rosa / scda : 30 hosts

$$2^5 - 2 = 30 \text{ hosts disponibles}$$

máscara : /27

dir subred : 10.20.48.64

default gateway : 10.20.48.65

Florida / scda : 28 hosts

dir subred : 10.20.48.96

máscara : /27

D.G : 10.20.48.97

Santa rosa sur / scda : 28 hosts

dir subred : 10.20.48.128

máscara : /27

D.G : 10.20.48.129

Santa clara / scda : 20 hosts

dir subred : 10.20.48.160

máscara : /27

D.G : 10.20.48.161

10.20.48.0 / 20

Flores / dom : 13

dir : 10.20.48.192

máscara : /28

D.G : 10.20.48.193

dominio : 126-128

la reina / dom : 11

dir : 10.20.48.208

máscara : /28

D.G : 10.20.48.209

Santa rosa / astor : 10

dir : 10.20.48.224

máscara : /28

D.G : 10.20.48.225

Santa clara / astor : 10

dir : 10.20.48.240

máscara : /28

D.G : 10.20.48.241

Santa rosalia / astor : 10

dir : 10.20.49.0

máscara : /28

D.G : 10.20.49.1

126-228

229-256

default gateway : 10.20.49.1

Hoja de Respuesta

Santa rosa / Vigilancia : 5

dir : 10.20.49.16
nosas : 129
D6 : 10.20.49.17

ULSN
28→29

Santa rosael / Vigilancia : 5

dir 10.20.49.24
nosas 129
D6 : 10.20.49.25

Santa Florida / Vigilancia : 5

dir 10.20.49.32
nosas 129
D6 : 10.20.49.33

La reina / Vigilancia : 2

dir : 10.20.49.40
nosas 130
D6 : 10.20.49.41

ULSN
129→30

Santa Elena / Vigilancia : 2

dir : 10.20.49.44
nosas 130
D6 : 10.20.49.45

Santa rosael / telefono : 2

dir : 10.20.49.48
nosas 130
D6 : 10.20.49.49

ULSN
28→30

La reina / telefono : 2

dir : 10.20.49.52
nosas 130
D6 : 10.20.49.53

Santa rosa / telefono

dir 10.20.48.36
nosas 130
D6 : 10.20.48.37

ULSN
26→30

Florida / telefono

dir : 10.20.48.60
nosas 130

D6

Santa Elena / telefono

dir : 10.20.48.64
nosas 130
D6 : 10.20.48.65

(3)

Headquarter - SIE La reina

dir : 10.20.48.68
nosas 130
ip extreme : 10.20.48.69 / 10.20.48.70

Headquarter - SIE Santa Elena
dir : 10.20.48.72
nosas : 130
ip extreme : 10.20.48.73
10.20.48.74

La reina - Florida

dir 10.20.48.76
nosas : 130
ip extreme : 10.20.48.77
" " " , 78

Hoja de Respuesta

santa clara - santa roque

dir : 10.20.49.80

mascara : 30

ip externo : 10.20.49.81
" " " 82santa roque - florido

dir : 10.20.49.84

máscara : 30

ip externo : 10.20.49.85
" " " 86santa roque - santa rosa

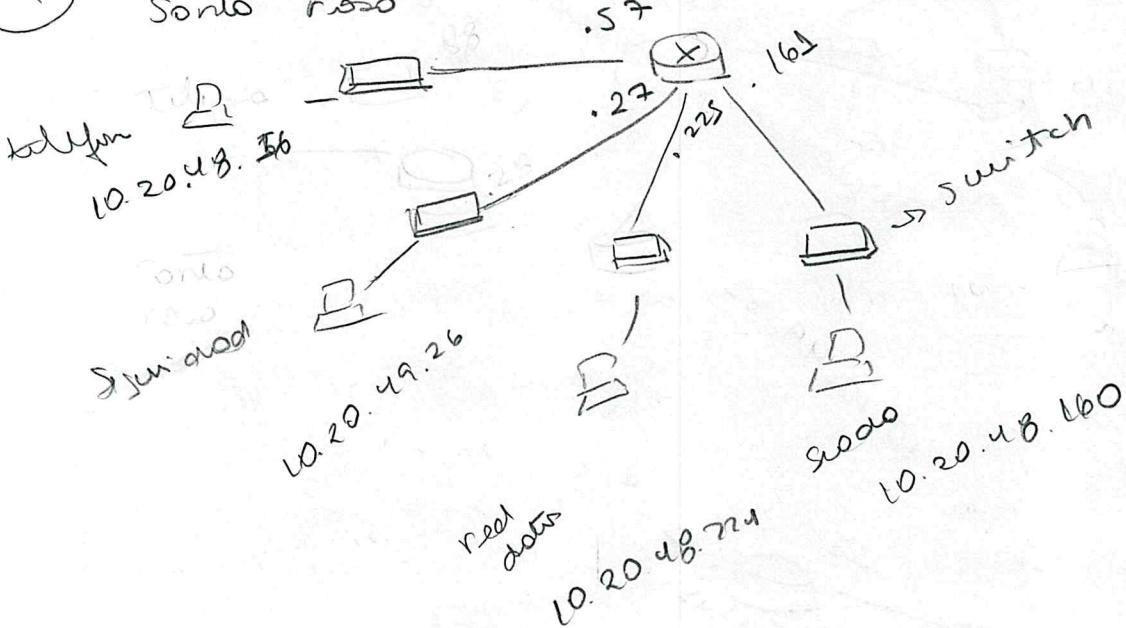
dir : 10.20.49.88

máscara : 30

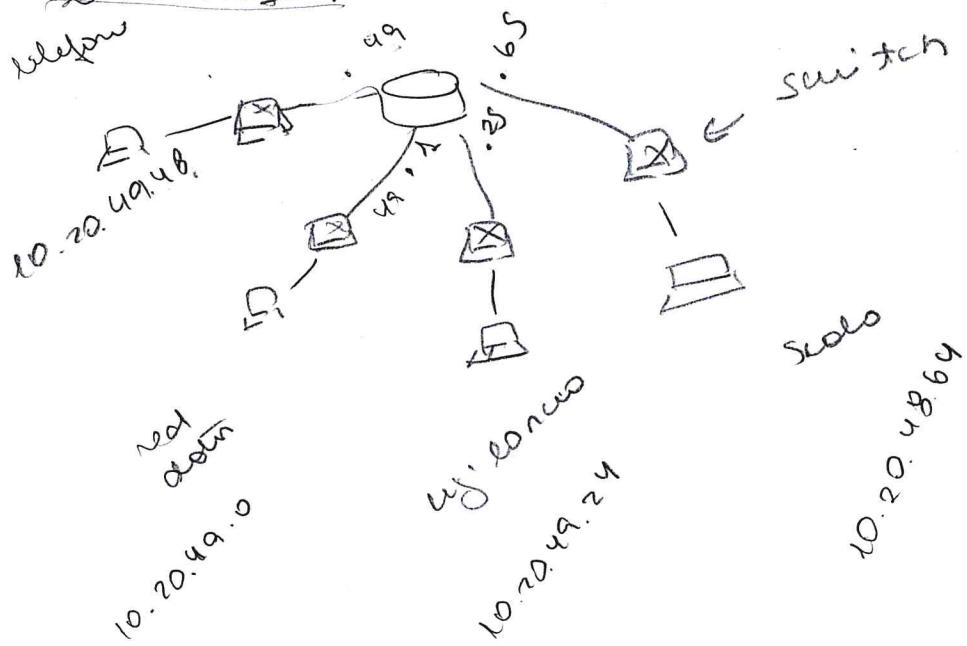
ip externo : 10.20.49.89
" " " 90

(4)

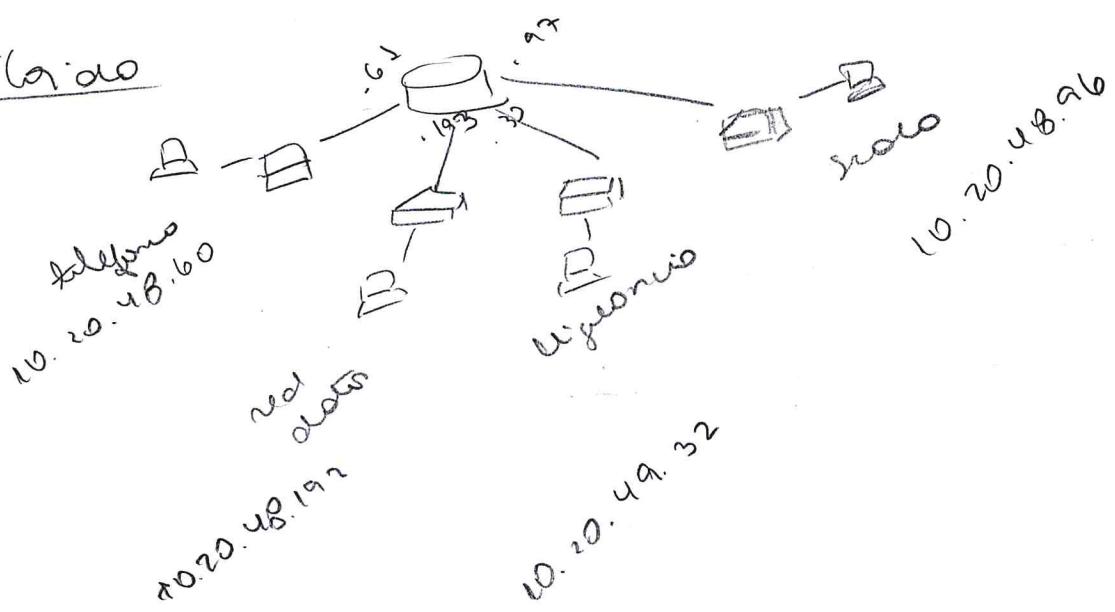
Santa rosa



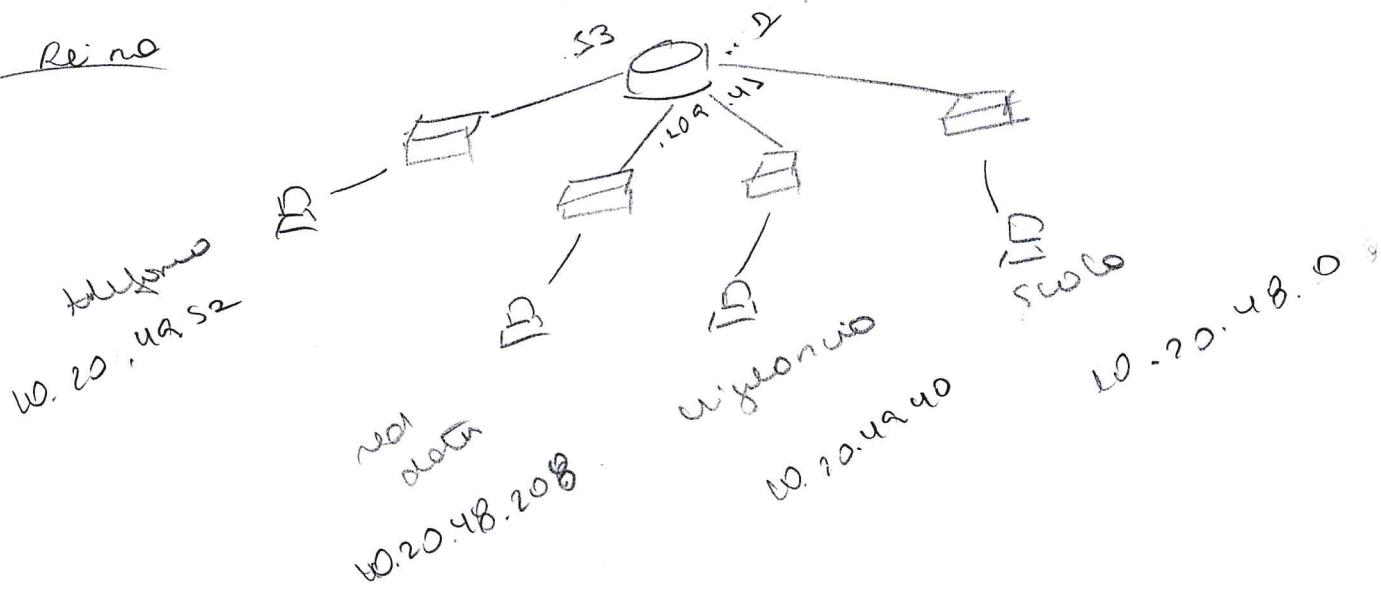
Santo nogueira



Florido

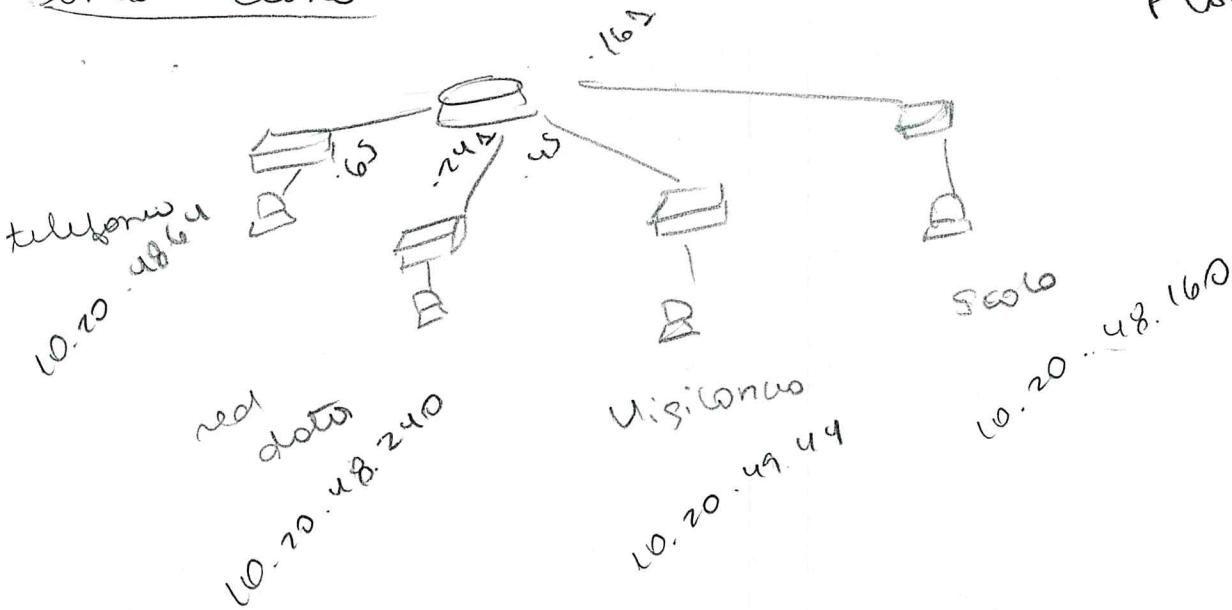


Lo Reino

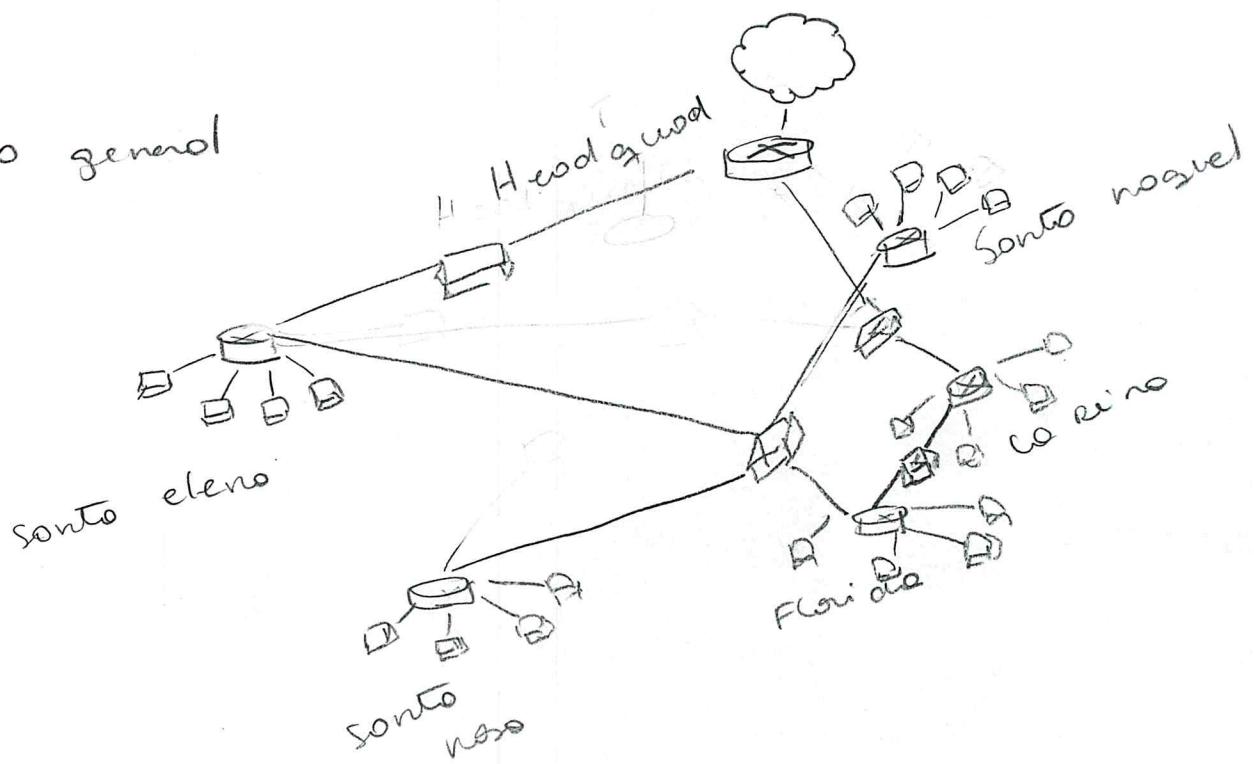


Sonto eleno

Floreto



Di sognano general





Universidad Diego Portales
Escuela de Ingeniería en Informática y Telecomunicaciones
Examen de Titulación - Redes de Datos y Telecomunicaciones

07 de junio de 2023

Nombre: Nicolas Reyes Correa

RUT: 19.137.861-K

Puntaje: 173 puntos

1. Pregunta de Desarrollo:

1.1. Introducción

Este examen de título tiene solo un escenario sobre el cual se realizarán una serie de preguntas. Cada una de ellas DEBE tener un desarrollo que justifique su respuesta.

La empresa de distribución eléctrica ENEL tiene una serie de subestaciones eléctricas en distintas comunas de la región metropolitana. Cada subestación tiene varios servicios de datos que entregan la continuidad operacional a la subestación. A nivel de *networking* una subestación puede ser considerada como una oficina remota de ENEL y cada servicio de datos puede ser visto como una subred.

1.2. Consideraciones de diseño para radio enlaces

En esta sección se explican todas las consideraciones a la hora de diseñar los enlaces de radiofrecuencia. Se utilizará el equipo punto a punto (PtP) de la marca Ubiquity modelo airFiber 5XHD. El manual del equipo puede encontrarse en la sección 2.1.

- Todas las subestaciones tienen una torre de comunicaciones de 54 metros de altura. (h)
- El edificio Headquarter de ENEL tiene una altura de 60 metros. Su azotea puede ser utilizada para instalar equipos.
- En su diseño considere que todas las subestaciones tienen LOS (Line of sight) a 54 metros de altura.
- La frecuencia de operación (frecuencia de la portadora) de los equipos de radio es 5200 MHz.
- La constante para la velocidad de la luz es de 299792458 m/s. (c)
- La potencia máxima a utilizar es de 15 dBm (Suggested Max. TX Power).
- Siempre utilice canales con un ancho de banda de 100 MHz (ver tabla TDD Capacity (Mbps) en el manual de la sección 2.1) (B)
- Siempre utilice la antena con la menor ganancia necesaria (siempre que sus cálculos lo permitan), ya que así evita sobrecargar la torre de comunicaciones.
- Siempre utilice la misma antena en ambos extremos del enlace.

El manual de los equipos de radio enlace microondas puede ser encontrado en la sección 2.1. Este manual tiene varios términos que es importante aclarar:

- Suggested Max. TX Power: Es la potencia máxima sugerida. La potencia máxima que escoge depende de la tasa de modulación o *modulation rate*. Por ejemplo, si escoge un *modulation rate* de 8X podrá transmitir con una potencia máxima de 22 dBm.
- Receive Sensitivity (dBm): Es la mínima potencia de la señal de radio que el equipo puede operar. Si la potencia es mas baja que este valor, no es posible establecer una comunicación exitosa.
- TDD Capacity (Mbps): Esta tabla indica la capacidad en Mbps que soporta el enlace tanto de subida como bajada. Esta capacidad depende del *Modulation Coding Scheme (MCS)*. Por ejemplo, si se escoge una modulación de 16QAM MIMO y se utiliza un ancho de banda de canal de 100 MHz, podrá transmitir a una tasa máxima de 218,88 Mbps.
- En el mismo manual existe un listado de las antenas que se pueden utilizar con estos equipos de radio
 - AF-5G23-S45: antena directiva con una ganancia de 23 dBi. 21 -7
 - AF-5G30-S45: antena directiva con una ganancia de 30 dBi. 28 -7
 - AF-5G34-S45: antena directiva con una ganancia de 34 dBi. 32 -7

La figura 1 muestra la ubicación geográfica de las subestaciones en el mapa de Santiago de Chile.

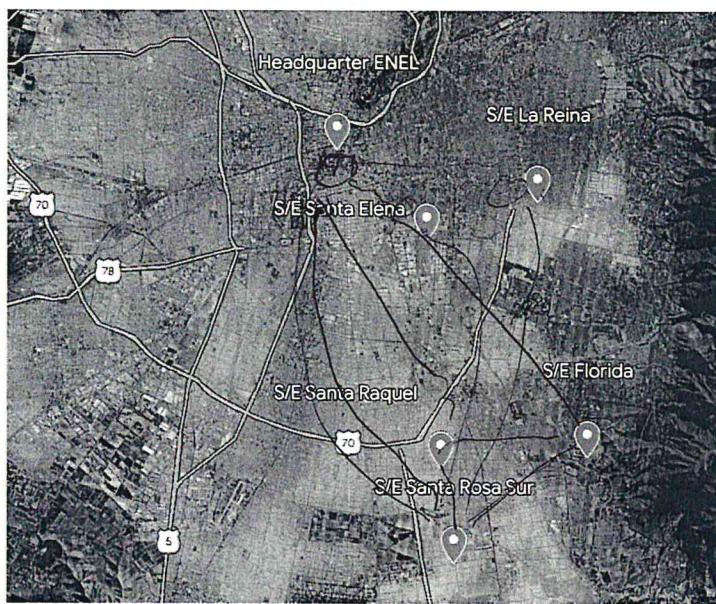


Figura 1: Ubicación de las subestaciones de ENEL utilizadas en este examen

La tabla del cuadro 1 muestra la distancia entre las distintas subestaciones.

Cuadro 1: Matriz de distancias (metros) para las subestaciones en estudio.

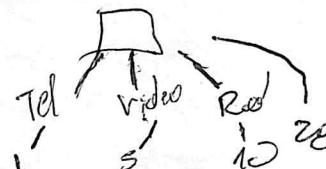
| Nombre | S/E Santa Rosa Sur | S/E Santa Raquel | S/E Florida | S/E La Reina | S/E Santa Elena | Headquarter ENEL |
|--------------------|--------------------|------------------|-------------|--------------|-----------------|------------------|
| S/E Santa Rosa Sur | 0 | 3600 | 6250 | 13690 | 11980 | 15880 |
| S/E Santa Raquel | 3600 | 0 | 5450 | 10430 | 8390 | 12320 |
| S/E Florida | 6250 | 5450 | 0 | 9640 | 10010 | 14700 |
| S/E La Reina | 13690 | 10430 | 9640 | 0 | 4350 | 7720 |
| S/E Santa Elena | 11980 | 8390 | 10010 | 4350 | 0 | 4730 |
| Headquarter ENEL | 15880 | 12320 | 14700 | 7720 | 4730 | 0 |

1.3. Consideraciones de diseño para equipamiento de red

- El equipo de radio *airFiber 5XHD* se comporta como un switch. Por lo tanto al crear un enlace punto a punto es como que conecte dos switch.
- Para todas las subestaciones la distancia entre la sala de comunicaciones (donde está el gabinete para la instalación de equipos) y la base de la torre es de 50 metros.
- La distancia entre la azotea del edificio ENEL y el datacenter en el mismo edificio es de 200 metros (el datacenter está en el subterráneo).

Cada servicio de datos en cada subestación debe ser tratado como una subred. La siguiente lista muestra todos los servicios disponibles:

- Telefonía:** Teléfonos IP ubicados en distintas oficinas dentro de cada subestación.
- Videovigilancia de Seguridad:** Cámaras de video IP encargadas de la seguridad perimetral de la subestación .
- Red de datos para usuarios administrativos (RDUA):** Red de computadores para personal de mantenimiento y operación en terreno. Se utiliza principalmente para entregar acceso a Internet y a servidores ubicados en los *datacenters* de ENEL en Santiago de Chile.



- **Servicio de control SCADA:** Sensores y actuadores responsables de la apertura y cierre de interruptores eléctricos, medidores de corriente y voltaje.

La lista de *hosts* para cada servicio en cada subestación se muestra en la tabla del cuadro 2.

Cuadro 2: Cantidad de hosts por servicio y por subestación (sin contar default gateway)

| Cantidad de hosts (sin contar default gateway) | Telefonía | Videovigilancia de Seguridad | Red de datos para usuarios administrativos (RDUA) | Servicio de control SCADA |
|--|-----------|---------------------------------|--|------------------------------|
| S/E Santa Rosa Sur | 1 ✓ | 5 ✓ | 10 ✓ | ✓ 28 → 44 16 |
| S/E Santa Raquel | 2 ✓ | 5 ✓ | 10 ✓ | ✓ 30 → 47 16 |
| S/E Florida | 1 ✓ | 5 ✓ | 13 ✓ | ✓ 28 → 47 16 |
| S/E La Reina | 2 ✓ | 2 ✓ | 11 ✓ | ✓ 26 → 40 → 35 16 |
| S/E Santa Elena | 1 ✓ | 2 ✓ | 10 ✓ | ✓ 20 → 33 16 |

1.4. Preguntas

1.4.1. Diseño de la capa de transporte

- Utilizando el equipo de red mostrado en la sección 2.1, diseñe la red de enlaces punto a punto microondas entre las siguientes subestaciones: (30 puntos en total)

- A) Headquarter ENEL y S/E La Reina
 B) Headquarter ENEL y S/E Santa Elena
 C) S/E La Reina y S/E Florida
 D) S/E Santa Elena y S/E Santa Raquel
 E) S/E Santa Raquel y S/E Florida
 F) S/E Santa Raquel y S/E Santa Rosa Sur

Considerando maximizar la tasa de transferencia (Mbps). Para cada enlace se debe calcular:

- Ganancia de antenas en ambos extremos. (2 puntos por enlace)
- Potencia de recepción en cada extremo (2 punto por enlace)
- Capacidad del enlace agregado (en Mbps)¹ (1 punto por enlace)

1.4.2. Diseño de la capa de red

Para las siguientes preguntas considere que le han entregado la red 10.20.48.0/20 para poder subdividirla.

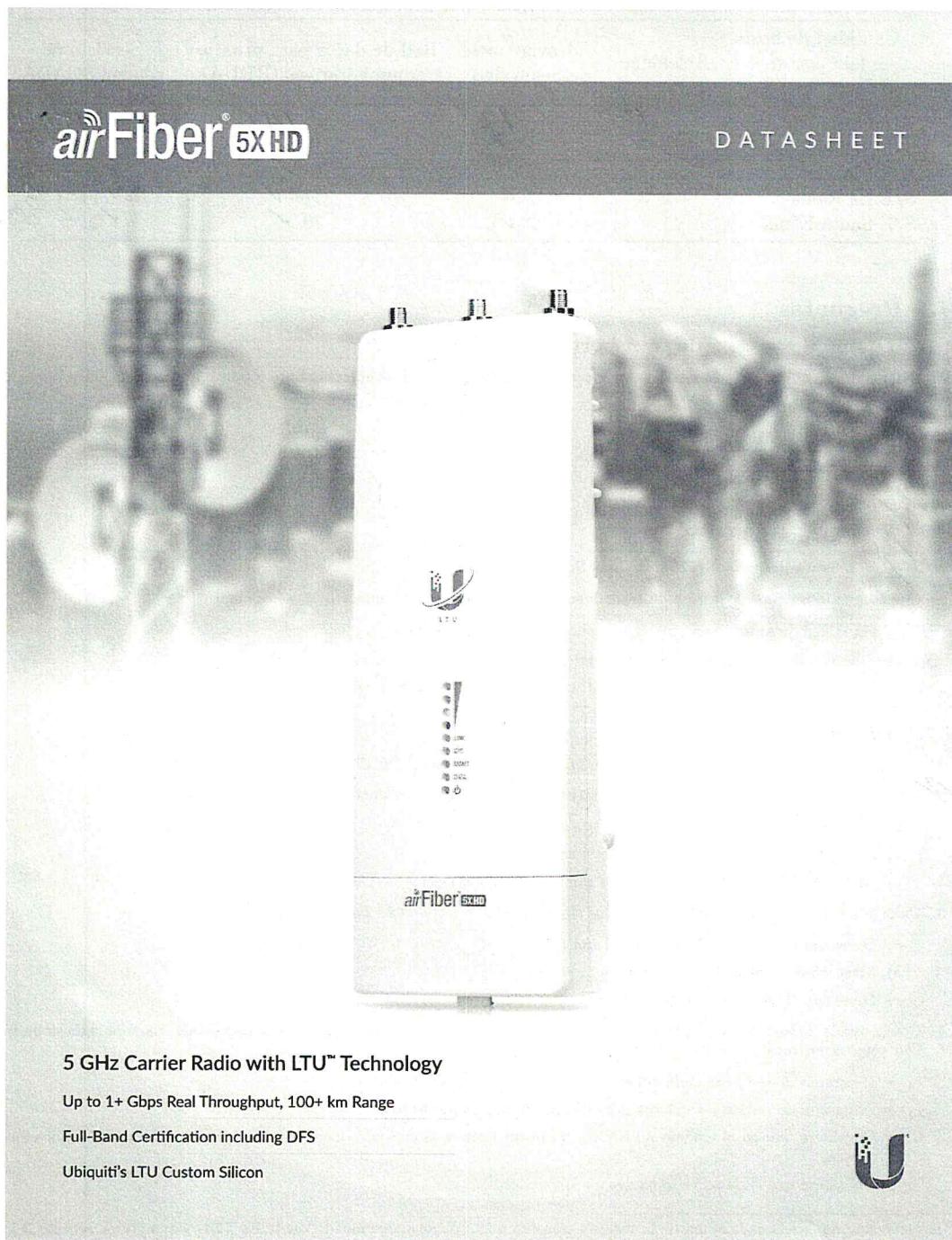
2. Calcule para cada servicio en la tabla del cuadro 2 los siguientes parámetros: (60 puntos en total)

- Dirección de subred. (1 punto por cada servicio)
 - Máscara de subred. (1 punto por cada servicio)
 - Dirección IP del *default gateway*. (1 punto por cada servicio)
- Calcule para cada enlace punto a punto los siguientes parámetros: (28 puntos en total)
 - Dirección de subred. (1 punto por cada enlace)
 - Máscara de subred. (1 punto por cada enlace)
 - Dirección IP de cada extremo. (1 punto por cada extremo)
 - Construya la topología de red lógica de toda la red, considerando routers y switch necesarios. La topología debe incluir: (55 puntos en total)
 - Diagrama de red para cada subestación (5 puntos por subestación)
 - Diagrama de red de los enlaces microondas (5 puntos por enlace)
 - Considere que en el edificio de ENEL existe un Router al cual se conectan los enlaces de microondas ubicados en la azotea.
 - Considere que cada servicio equivale a un switch.

¹la capacidad agregada es la suma de la tasa de transferencia upload y download. Ver tabla TDD Capacity en sección 2.1

2. Anexos

2.1. Equipos de Radio





DATASHEET

Deployment Flexibility

The AF-5XHD can be used with existing airFiber slant-polarized antennas for improved noise immunity and Signal-to-Noise Ratio (SNR). It is compatible with multiple Ubiquiti airFiber X antennas offering gain of 23 to 34 dBi. The compact form factor of the AF-5XHD allows it to fit into the radio mount of airFiber X antennas, so installation requires no special tools.

airFiber X Antenna Model Summary

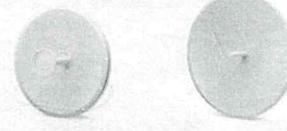
The airFiber X antennas are purpose-built with 45° slant polarity for seamless integration with the AF-5XHD. Pair the AF-5XHD with one of the following airFiber X antennas:



| | AF-5G23-S45 | AF-5G30-S45 | AF-5G34-S45 |
|-------|-------------|-------------|-------------|
| Freq. | 5 GHz | 5 GHz | 5 GHz |
| Gain | 23 dBi | 30 dBi | 34 dBi |

RocketDisk Model Summary

You can also pair the AF-5XHD with one of the RocketDisk antennas shown below using the included Universal Bracket or by using a kit to convert the RocketDisk to 45° slant polarity.



| | RD-5G30 | RD-5G34 |
|-------|---------|---------|
| Freq. | 5 GHz | 5 GHz |
| Gain | 30 dBi | 34 dBi |

Conversion Kit

The 5 GHz RocketDisk to airFiber Antenna Conversion Kit (model AF-5G-OMT-S45) converts the RocketDisk RD-5G30 or RD-5G34 antenna for use with the AF-5XHD.



| Suggested Max. TX Power | |
|-------------------------|-------------|
| 12x | 12 - 15 dBm |
| 10x | 19 - 20 dBm |
| 8x | 21 - 22 dBm |
| 6x | 23 - 24 dBm |
| 4x | 29 dBm |
| 2x | 29 dBm |
| 1x | 29 dBm |

| Modulation Rate | Modulation | Sensitivity | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | | 10 MHz | 20 MHz | 30 MHz | 40 MHz | 50 MHz | 60 MHz | 80 MHz | 100 MHz |
| 12x | 4096QAM | -56 | -53 | -51 | -49 | -47 | -44 | -42 | -39 |
| 10x | 1024QAM | -66 | -63 | -61 | -59 | -57 | -55 | -53 | -51 |
| 8x | 256QAM | -72 | -69 | -67 | -65 | -63 | -61 | -59 | -57 |
| 6x | 64QAM | -78 | -75 | -73 | -71 | -69 | -67 | -65 | -63 |
| 4x | 16QAM MIMO | -84 | -81 | -79 | -77 | -75 | -73 | -71 | -69 |
| 2x | QPSK MIMO | -88 | -85 | -83 | -82 | -81 | -80 | -79 | -78 |
| 1x | ½ Rate QPSK xRT | -90 | -87 | -85 | -84 | -83 | -82 | -81 | -80 |



SPECIFICATIONS

| | | TDD Capacity (Mbps)* | | | | | | | | |
|---------------------|-----------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|----|
| | | Channel Width | | | | | | | | |
| MCS | | 10 MHz | 20 MHz | 30 MHz | 40 MHz | 50 MHz | 60 MHz | 80 MHz | 100 MHz | |
| QPSK SISO | Upload | 5.76 | 12.16 | 18.24 | 24.32 | 29.76 | 35.20 | 45.44 | 54.72 | J1 |
| | Download | 5.76 | 12.16 | 18.24 | 24.32 | 29.76 | 35.20 | 45.44 | 54.72 | J2 |
| | Aggregate | 11.52 | 24.32 | 36.48 | 48.64 | 59.52 | 70.40 | 90.88 | 109.44 | J3 |
| QPSK MIMO | Upload | 11.52 | 24.32 | 36.48 | 48.64 | 59.52 | 70.40 | 90.88 | 109.44 | |
| | Download | 11.52 | 24.32 | 36.48 | 48.64 | 59.52 | 70.40 | 90.88 | 109.44 | |
| | Aggregate | 23.04 | 48.64 | 72.96 | 97.28 | 119.04 | 140.80 | 181.76 | 218.88 | |
| 16 QAM MIMO | Upload | 23.04 | 48.64 | 72.96 | 97.28 | 119.04 | 140.80 | 181.76 | 218.88 | |
| | Download | 23.04 | 48.64 | 72.96 | 97.28 | 119.04 | 140.80 | 181.76 | 218.88 | |
| | Aggregate | 46.08 | 97.28 | 145.92 | 194.56 | 238.08 | 281.60 | 363.52 | 437.76 | |
| 64 QAM MIMO | Upload | 34.56 | 72.96 | 109.44 | 145.92 | 178.56 | 211.20 | 272.64 | 328.32 | |
| | Download | 34.56 | 72.96 | 109.44 | 145.92 | 178.56 | 211.20 | 272.64 | 328.32 | |
| | Aggregate | 69.12 | 145.92 | 218.88 | 291.84 | 357.12 | 422.40 | 545.28 | 656.64 | |
| 256 QAM MIMO | Upload | 46.08 | 97.28 | 145.92 | 194.56 | 238.08 | 281.60 | 363.52 | 437.76 | |
| | Download | 46.08 | 97.28 | 145.92 | 194.56 | 238.08 | 281.60 | 363.52 | 437.76 | |
| | Aggregate | 92.16 | 194.56 | 291.84 | 389.12 | 476.16 | 563.20 | 727.04 | 875.52 | |
| 1024 QAM MIMO | Upload | 57.60 | 121.60 | 182.40 | 243.20 | 297.60 | 352.00 | 454.40 | 547.20 | |
| | Download | 57.60 | 121.60 | 182.40 | 243.20 | 297.60 | 352.00 | 454.40 | 547.20 | |
| | Aggregate | 115.20 | 243.20 | 364.80 | 486.40 | 595.20 | 704.00 | 908.80 | 1,094.40 | |
| 4096 QAM MIMO | Upload | 69.12 | 145.92 | 218.88 | 291.84 | 357.12 | 422.40 | 545.28 | 656.64 | |
| | Download | 69.12 | 145.92 | 218.88 | 291.84 | 357.12 | 422.40 | 545.28 | 656.64 | |
| | Aggregate | 138.24 | 291.84 | 437.76 | 583.68 | 714.24 | 844.80 | 1,090.56 | 1,313.28 | |

* For 2 ms frame length



Specifications are subject to change. Ubiquiti products are sold with a limited warranty described at www.ubnt.com/support/warranty.
The limited warranty requires the use of arbitration to resolve disputes on an individual basis, and, where applicable, specifies arbitration instead of jury trials or class actions.
Ubiquiti Networks Inc. © 2012. All rights reserved. Ubiquiti, the Ubiquiti logo, airFiber, airMAX, airMAX Cloud, airMAX Pro, airMAX Prism, Rocket, RocketDish, UBIQUITI, and iFi are trademarks or registered trademarks of Ubiquiti Networks Inc. in the United States and in other countries. Apple and the Apple logo are trademarks of Apple Inc., registered in the U.S. and other countries. App Store is a service mark of Apple Inc., registered in the U.S. and other countries. Android, Google, Google Play and Google Play logo are trademarks of Google LLC. All other trademarks are the property of their respective owners.

AUA02020

Hoja de Respuesta

1.4)

Q) Headquarter ENEL y S/E La Reina (Max Enst Errmf Mbps)

$$\begin{aligned}
 h_1(\text{ENEL}) &= 60 \text{ [m/s]} \\
 h_2(\text{SobES}) &= 54 \text{ [m/s]} \\
 f &= 5200 \text{ [MHz]} \rightarrow 5,2 \times 10^9 \text{ [Hz]} \\
 c &= 299792458 \text{ [m/s]} \\
 P_{\max} &= 15 \text{ dBm} \rightarrow 0,0316 \text{ [W]} \\
 B &= 100 \text{ [MHz]} \\
 d &= 7720 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

formulas:

$$P_r = \frac{P_e G_1 G_2 \cdot \lambda^2}{(4\pi d)^2}$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$\text{dB} = 10 \log_{10}(x)$$

$$\text{dB}_i = \text{dB} + 2,19$$

i) Primos a calcular $\lambda = \frac{c}{f}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{299792458 \text{ [m/s]}}{5,2 \times 10^9 \text{ [Hz]}} \\
 \boxed{\lambda = 0,0576 \text{ [m]}}
 \end{aligned}$$

ii) La ganancia min a usar son 23 dBi con la antena AF-5623-S415, primos 23 dBi a veces $\Rightarrow 23 \text{ dBi} = 21 \text{ dB}$

$$21 \text{ dB} = 10 \log_{10}(x)$$

$$21 \text{ dB} = \log_{10} x$$

$$x = 10^{21} \quad \text{Ganancia} = 10^{21} \text{ veces}$$

 \Rightarrow Para una potencia dc 15 dBm tendría

$$\begin{aligned}
 P_r &= \frac{0,0316 \text{ [W]} \cdot 10^{21} \cdot 10^{21} \cdot (0,0576)^2 \text{ [m]}^2}{(4\pi \cdot 7720 \text{ [m]})^2} = \\
 &\quad \cancel{1,7127 \times 10^{-5}} \quad \cancel{1,7127 \times 10^{-5}} \quad \cancel{1,7127 \times 10^{-5}} \\
 &\quad = \cancel{-17,66 \text{ dBm}} \\
 &\quad -17,66 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Hoja de Respuesta

iii) Considerando esto se puede utilizar la modulación 16QAM,
ya que este está por debajo del umbral $P_r = -17 \text{ dBm}$

$$16 \text{ bits} \times \text{símbolo} \xrightarrow{\text{I=16}} 2^{\text{I}^{\text{bits}}} \quad B = 100 \text{ MHz} \rightarrow$$

$$D = 2B = \frac{R}{T}$$

$$200 = \frac{R}{16 \text{ bits}}$$

$$R = 3200 \text{ bps} \rightarrow \text{capacidad} = 1.313,28 \text{ Mbps}$$

b.) $d = 4730 \text{ [m]}$

~~λ~~ $\lambda = 0,0576 \text{ [m]}$

i) Utilizando 2 antenas AF-S623-S4S, con ganancias de $10^{2,1} \text{ [VCoax]}$, la potencia recibida si usamos la max pot de 15dBm sería

$$P_r = \frac{0,0316 \text{ [W]} \cdot 10^{2,1} \cdot 10^{2,1} \cdot (0,0576 \text{ [m]})^2}{(4\pi \cdot 4730)^2} = 4,7 \times 10^{-10} \text{ [W]} \\ = -63,279 \text{ dBm}$$

ii) ACA tendría que utilizar una Modulación 16QAM MiMo para usar el canal de 100 MHz ya que me permite $-69 \text{ dBm} \approx -63,279$ y la capacidad sería de 1137,76 Mbps

Hoja de Respuesta

c.) Distancia La Reina y La Florida = 9640[m]

i) Usando antenas AF-5623-S4S

$$g = 10^{21} \text{ [Veces]}$$

$$P_{t,\max} = 15 \text{ [dBm]}$$

$$P_r = \frac{0,0316 \text{ [W]} \cdot 10^{21} \cdot 10^{21} \cdot (0,0576 \text{ [m]})^2}{(4\pi \cdot 9640 \text{ [m]})^2} = 1,13 \times 10^{-10} \text{ [W]} \\ = -69,46 \text{ [dBm]}$$

ii) tendría que usar una modulación ~~QPSK~~ QPSK M:40

con una CAP para una canal de 100 MHz de 218,88 [Mbps]

d.) DSE-S64 rango / Serie Elisa d = 8390[m]

i) Usando antenas AF-5623-S4S

$$g = 10^{21} \text{ Veces}$$

$$P_{t,\max} = 15 \text{ dBm}$$

$$P_r = \frac{0,0316 \text{ [W]} \cdot 10^{21} \cdot 10^{21} \cdot (0,0576 \text{ [m]})^2}{(4\pi \cdot 8390 \text{ [m]})^2} = 1,4194 \times 10^{-10} \text{ [W]} \\ = -68,256 \text{ [dBm]}$$

ii) tendría que usar una modulación 64 QAM para una banda de 100 MHz con una capacidad de 656,64 [Mbps]

Hoja de Respuesta

- e) Distancia Sta Rayuel / La Florida = 5450 [m]
- Usando antenas AF-SG23-S4S
 $S = 10^{21} [\text{vect}]$
 $P_{t\max} = 15 [\text{dBm}]$

$$Pr = \frac{0,316 [\text{w}] \cdot 10^{21} \cdot 10^{21} \cdot (0,0576 [\text{m}])^2}{(4\pi \cdot 5450 [\text{m}])^2} = 3,5425 \times 10^{-10} [\text{w}] = -64,50 [\text{dBm}]$$
 - Tendría que usar una Modulación de 100 MHz, con una capacidad de 64 QAM para la banda
- f) Distancia Sta Rayuel / Sta Rosa Sur = 3600 [m]
- Usando antenas AF-SG23-S4S
 $S = 10^{21} [\text{vect}]$
 $P_{t\max} = 15 [\text{dBm}]$

$$Pr = \frac{0,316 [\text{w}] \cdot 10^{21} \cdot 10^{21} \cdot (0,0576 [\text{m}])^2}{(4\pi \cdot 3600)^2} = 8,119 \times 10^{-10} [\text{w}] = -60,9 [\text{dBm}]$$
 - Tendría que usar Modulación 256QAM para la banda de 100 MHz, con una CAP de 875,52 [Mbps]

Hoja de Respuesta

MAX

10.20.63.255

1.4.2) red 10.20.48.0/20 $2^{12} = 4096$

Santa Rosa Sur → 44 host /26

Santa Rosal → 47 host /26

LA Florida → 47 host /26

LA Reina → 53 host /26

Santa Elena → 33 host /26

Encl → 2

228 host Cuento con 4096 ✓.

Carcilo es visible

~~Dirx~~

| | Sub RED | MASCARA | Default gateway |
|---|--------------|-----------------|-----------------|
| Santa Rosa Sur 10.20.48.0/26 | 10.20.48.56 | 255.255.255.252 | 10.20.48.59 |
| | 10.20.48.48 | 255.255.255.248 | 10.20.48.55 |
| | 10.20.48.32 | 255.255.255.240 | 10.20.48.47 |
| | 10.20.48.0 | 255.255.255.224 | 10.20.48.31 |
| Santa Rosal 10.20.48.64/26 | 10.20.48.104 | 255.255.255.252 | 10.20.48.107 |
| | 10.20.48.96 | 255.255.255.240 | 10.20.48.111 |
| | 10.20.48.64 | 255.255.255.224 | 10.20.48.95 |
| LA Florida 10.20.48.128/26 | 10.20.48.184 | 255.255.255.252 | 10.20.48.187 |
| | 10.20.48.176 | 255.255.255.248 | 10.20.48.183 |
| | 10.20.48.160 | 255.255.255.240 | 10.20.48.175 |
| | 10.20.48.128 | 255.255.255.224 | 10.20.48.95 |
| SANTA GLÉNA 10.20.48.192/26 | 10.20.48.248 | 255.255.255.252 | 10.20.48.251 |
| | 10.20.48.220 | 255.255.255.248 | 10.20.48.247 |
| | 10.20.48.224 | 255.255.255.240 | 10.20.48.239 |
| SANTA GLÉNA | 10.20.48.192 | 255.255.255.224 | 10.20.48.223 |

Hoja de Respuesta

LA REINA
Santa Elena
10.20.49.0/25

| SubRed | SubRed | Máscara | Default Gateway |
|-----------|-------------|-----------------|-----------------|
| Teléfono | 10.20.49.84 | 255.255.255.252 | 10.20.49.87 |
| Vídeo Vis | 10.20.49.80 | 255.255.255.252 | 10.20.49.83 |
| RDUA | 10.20.49.64 | 255.255.255.240 | 10.20.49.79 |
| SCADA II | 10.20.49.0 | 255.255.255.192 | 10.20.49.63 |

10.20.49.128/30

10.20.49.128/30

SubRed

10.20.49.128

MASK

255.255.255.252

DG

10.20.49.131

*TABLA 1)

3. Calcular para cada enlace gto a gto

LA Reina - Teléfono 10.20.49.133 255.255.255.252 10.20.49.136

LA Reina - Vídeo 10.20.49.137 130 10.20.49.140

LA Reina - RDUA 10.20.49.140 130 10.20.49.144

LA Reina - SCADA 10.20.49.145 130 10.20.49.148

Santa Elena - Telf 10.20.49.149 130 10.20.49.152

II - Vídeo 10.20.49.153 130 10.20.49.156

II - RDUA 10.20.49.157 130 10.20.49.160

II - SCADA 10.20.49.161 130 10.20.49.164

La Florida - Telf 10.20.49.165 130 10.20.49.168

II - Vídeo 10.20.49.169 130 10.20.49.172

II - RDUA 10.20.49.173 130 10.20.49.176

II - SCADA 10.20.49.177 130 10.20.49.180

Santa Rosa - Telf 10.20.49.181 130 10.20.49.184

II - Vídeo 10.20.49.185 130 10.20.49.188

II - RDUA 10.20.49.189 130 10.20.49.192

II - SCADA 10.20.49.193 130 10.20.49.196

SANTA ROSA - Telf 10.20.49.197 130 10.20.49.200

II - Vídeo 10.20.49.201 130 10.20.49.204

II - RDUA 10.20.49.205 130 10.20.49.208

II - SCADA 10.20.49.209 130 10.20.49.212

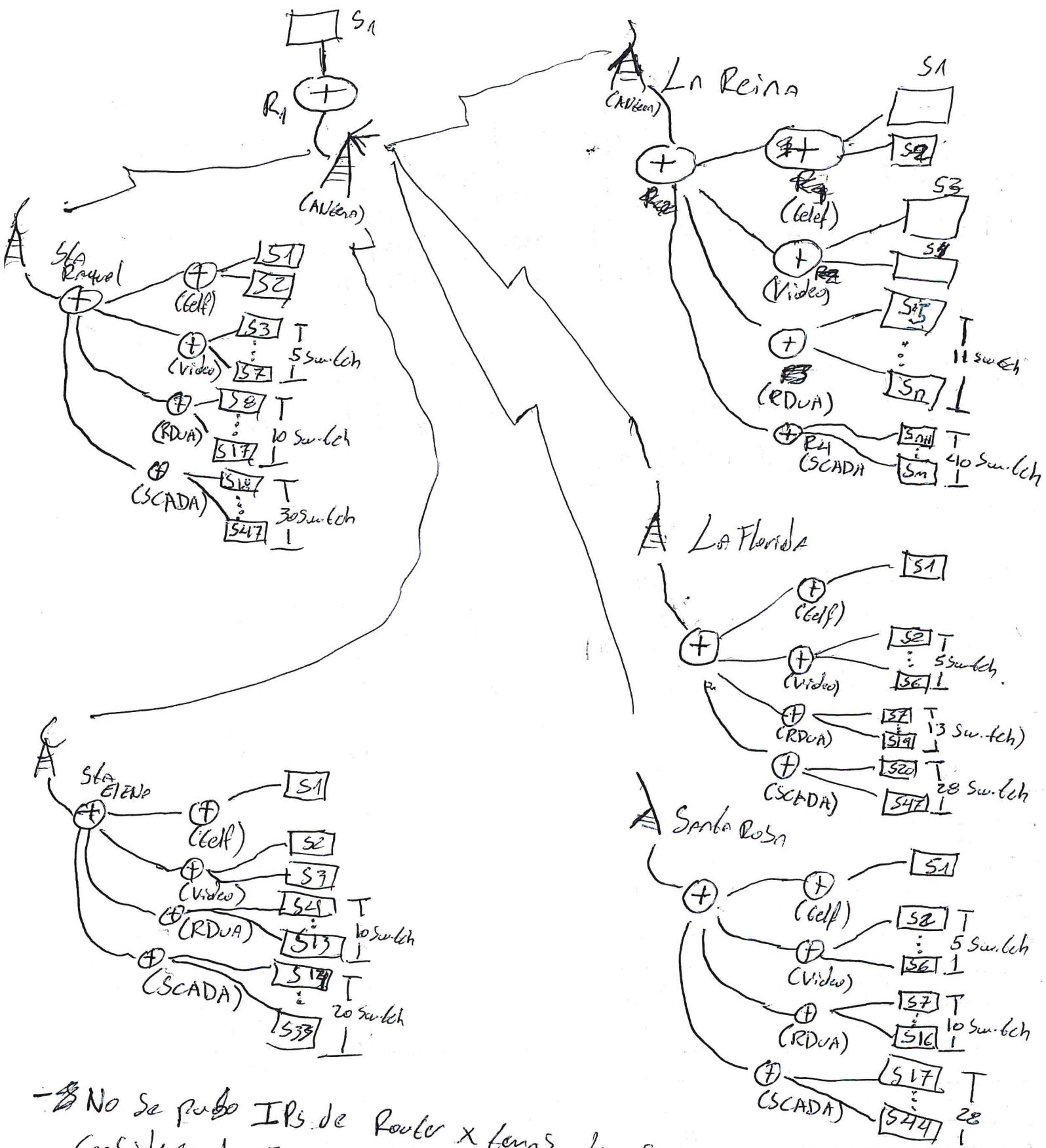
LR-LF 10.20.49.213 130 10.20.49.216

LR-SE 10.20.49.217 130 10.20.49.220

LR-CD 10.20.49.211 130 10.20.49.224

Fin de Exámen

ENEL



- No se puso IPs de Router x faltar de espacio, pero se considera la IP para el Router en la Tabla 1 (Red utilizable) que las Subestaciones estan comunicadas entre si.



Universidad Diego Portales
Escuela de Ingeniería en Informática y Telecomunicaciones
Examen de Titulación - Redes de Datos y Telecomunicaciones

07 de junio de 2023

Nombre: DIEGO LAGOS

RUT: 19.648.854-5

Puntaje: 173 puntos

1. Pregunta de Desarrollo:

1.1. Introducción

Este examen de título tiene solo un escenario sobre el cual se realizarán una serie de preguntas. Cada una de ellas DEBE tener un desarrollo que justifique su respuesta.

La empresa de distribución eléctrica ENEL tiene una serie de subestaciones eléctricas en distintas comunas de la región metropolitana. Cada subestación tiene varios servicios de datos que entregan la continuidad operacional a la subestación. A nivel de *networking* una subestación puede ser considerada como una oficina remota de ENEL y cada servicio de datos puede ser visto como una subred.

1.2. Consideraciones de diseño para radio enlaces

En esta sección se explican todas las consideraciones a la hora de diseñar los enlaces de radiofrecuencia. Se utilizará el equipo punto a punto (PtP) de la marca *Ubiquity* modelo *airFiber 5XHD*. El manual del equipo puede encontrarse en la sección 2.1.

- Todas las subestaciones tienen una torre de comunicaciones de 54 metros de altura.
- El edificio Headquarter de ENEL tiene una altura de 60 metros. Su azotea puede ser utilizada para instalar equipos.
- En su diseño considere que todas las subestaciones tienen LOS (Line of sight) a 54 metros de altura.
- La frecuencia de operación (frecuencia de la portadora) de los equipos de radio es 5200 MHz
- La constante para la velocidad de la luz es de 299792458 m/s.
- La potencia máxima a utilizar es de 15 dBm (*Suggested Max. TX Power*).
- Siempre utilice canales con un ancho de banda de 100 MHz (ver tabla *TDD Capacity (Mbps)* en el manual de la sección 2.1)
- Siempre utilice la antena con la menor ganancia necesaria (siempre que sus cálculos lo permitan), ya que así evita sobrecargar la torre de comunicaciones.
- Siempre utilice la misma antena en ambos extremos del enlace.

El manual de los equipos de radio enlace microondas puede ser encontrado en la sección 2.1. Este manual tiene varios términos que es importante aclarar:

- *Suggested Max. TX Power*: Es la potencia máxima sugerida. La potencia máxima que escoge depende de la tasa de modulación o *modulation rate*. Por ejemplo, si escoge un *modulation rate* de 8X podrá transmitir con una potencia máxima de 22 dBm.
- *Receive Sensitivity (dBm)*: Es la mínima potencia de la señal de radio que el equipo puede operar. Si la potencia es más baja que este valor, no es posible establecer una comunicación exitosa.
- *TDD Capacity (Mbps)*: Esta tabla indica la capacidad en Mbps que soporta el enlace tanto de subida como bajada. Esta capacidad depende del *Modulation Coding Scheme (MCS)*. Por ejemplo, si se escoge una modulación de 16QAM MIMO y se utiliza un ancho de banda de canal de 100 MHz, podrá transmitir a una tasa máxima de 218,88 Mbps.
- En el mismo manual existe un listado de las antenas que se pueden utilizar con estos equipos de radio
 - AF-5G23-S45: antena directiva con una ganancia de 23 dBi.
 - AF-5G30-S45: antena directiva con una ganancia de 30 dBi.
 - AF-5G34-S45: antena directiva con una ganancia de 34 dBi.

La figura 1 muestra la ubicación geográfica de las subestaciones en el mapa de Santiago de Chile.



Figura 1: Ubicación de las subestaciones de ENEL utilizadas en este examen

La tabla del cuadro 1 muestra la distancia entre las distintas subestaciones.

Cuadro 1: Matriz de distancias (metros) para las subestaciones en estudio.

| Nombre | S/E Santa Rosa Sur | S/E Santa Raquel | S/E Florida | S/E La Reina | S/E Santa Elena | Headquarter ENEL |
|--------------------|-----------------------|---------------------|-------------|-----------------|--------------------|---------------------|
| S/E Santa Rosa Sur | 0 | (3600) | 6250 | 13690 | 11980 | 15880 |
| S/E Santa Raquel | (3600) | 0 | (5450) | 10430 | (8390) | 12320 |
| S/E Florida | 6250 | (5450) | 0 | (9640) | 10010 | 14700 |
| S/E La Reina | 13690 | 10430 | (9640) | 0 | 4350 | (7720) |
| S/E Santa Elena | 11980 | (8390) | 10010 | 4350 | 0 | (4730) |
| Headquarter ENEL | 15880 | 12320 | 14700 | (7720) | (4730) | 0 |

1.3. Consideraciones de diseño para equipamiento de red

- El equipo de radio *airFiber 5XHD* se comporta como un switch. Por lo tanto al crear un enlace punto a punto es como que conecte dos switch.
- Para todas las subestaciones la distancia entre la sala de comunicaciones (donde está el gabinete para la instalación de equipos) y la base de la torre es de 50 metros.
- La distancia entre la azotea del edificio ENEL y el datacenter en el mismo edificio es de 200 metros (el datacenter está en el subterráneo).

Cada servicio de datos en cada subestación debe ser tratado como una subred. La siguiente lista muestra todos los servicios disponibles:

- Telefonía:** Teléfonos IP ubicados en distintas oficinas dentro de cada subestación.
- Videovigilancia de Seguridad:** Cámaras de video IP encargadas de la seguridad perimetral de la subestación .
- Red de datos para usuarios administrativos (RDUA):** Red de computadores para personal de mantenimiento y operación en terreno. Se utiliza principalmente para entregar acceso a Internet y a servidores ubicados en los *datacenters* de ENEL en Santiago de Chile.

- **Servicio de control SCADA:** Sensores y actuadores responsables de la apertura y cierre de interruptores eléctricos, medidores de corriente y voltaje.

La lista de *hosts* para cada servicio en cada subestación se muestra en la tabla del cuadro 2.

Cuadro 2: Cantidad de hosts por servicio y por subestación (sin contar default gateway)

| Cantidad de hosts (sin contar default gateway) | Telefonía | Videovigilancia de Seguridad | Red de datos para usuarios administrativos (RDUA) | Servicio de control SCADA |
|--|-----------|---------------------------------|--|------------------------------|
| S/E Santa Rosa Sur | 1 | 5 | 10 | 28 |
| S/E Santa Raquel | 2 | 5 | 10 | 30 |
| S/E Florida | 1 | 5 | 13 | 28 |
| S/E La Reina | 2 | 2 | 11 | 40 |
| S/E Santa Elena | 1 | 2 | 10 | 20 |

1.4. Preguntas

1.4.1. Diseño de la capa de transporte

- Utilizando el equipo de red mostrado en la sección 2.1, diseñe la red de enlaces punto a punto microondas entre las siguientes subestaciones: (*30 puntos en total*)

- a) Headquarter ENEL y S/E La Reina
- b) Headquarter ENEL y S/E Santa Elena
- c) S/E La Reina y S/E Florida
- d) S/E Santa Elena y S/E Santa Raquel
- e) S/E Santa Raquel y S/E Florida
- f) S/E Santa Raquel y S/E Santa Rosa Sur

Considerando maximizar la tasa de transferencia (Mbps). Para cada enlace se debe calcular:

- Ganancia de antenas en ambos extremos. (2 puntos por enlace)
- Potencia de recepción en cada extremo (2 punto por enlace)
- Capacidad del enlace agregado (en Mbps)¹ (1 punto por enlace)

1.4.2. Diseño de la capa de red

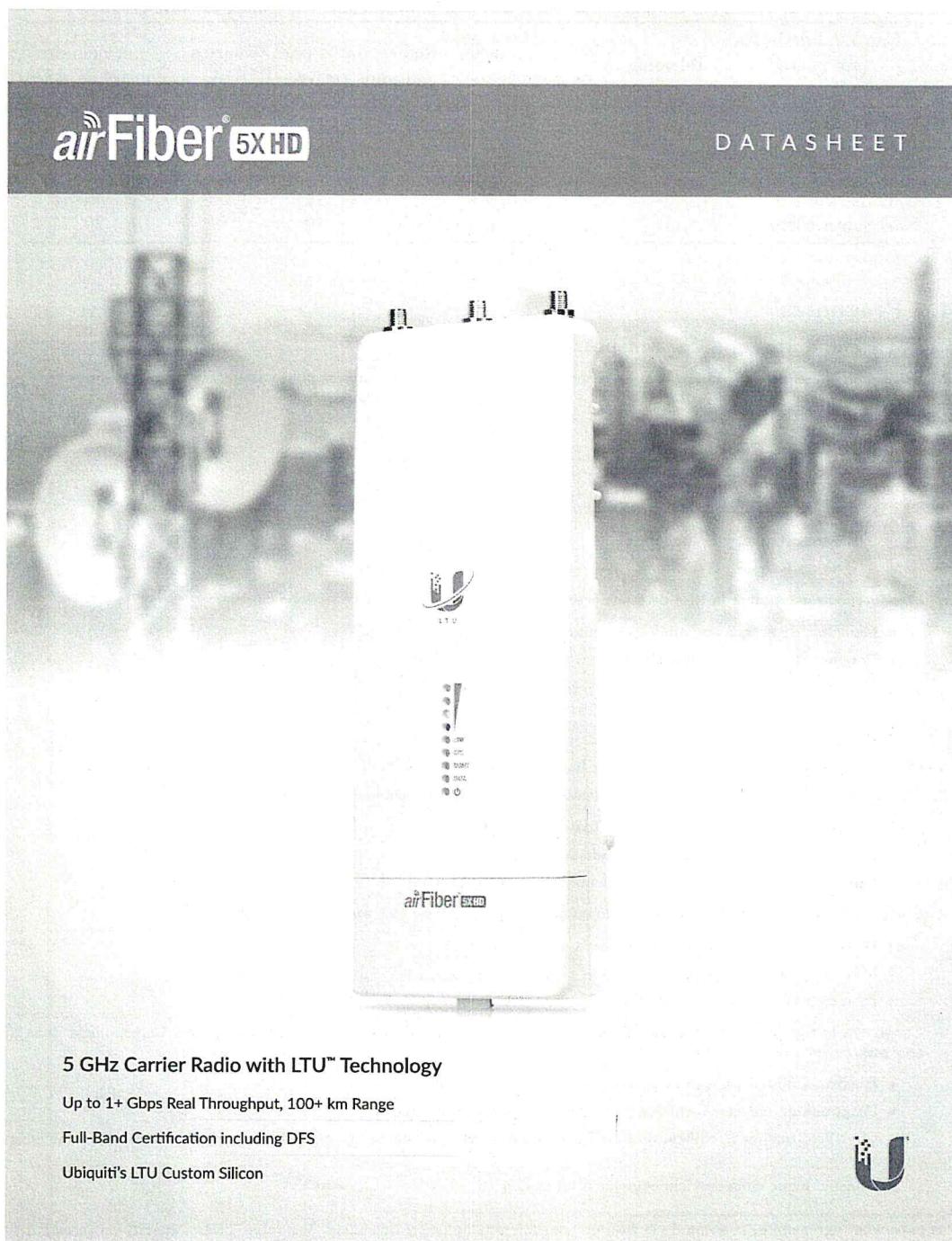
Para las siguientes preguntas considere que le han entregado la red 10.20.48.0/20 para poder subdividirla.

- Calcule para cada servicio en la tabla del cuadro 2 los siguientes parámetros: (*60 puntos en total*)
 - Dirección de subred. (1 punto por cada servicio)
 - Máscara de subred. (1 punto por cada servicio)
 - Dirección IP del *default gateway*. (1 punto por cada servicio)
- Calcule para cada enlace punto a punto los siguientes parámetros: (*28 puntos en total*)
 - Dirección de subred. (1 punto por cada enlace)
 - Máscara de subred. (1 punto por cada enlace)
 - Dirección IP de cada extremo. (1 punto por cada extremo)
- Construya la topología de red lógica de toda la red, considerando routers y switch necesarios. La topología debe incluir: (*55 puntos en total*)
 - Diagrama de red para cada subestación (5 puntos por subestación)
 - Diagrama de red de los enlaces microondas (5 puntos por enlace)
 - Considere que en el edificio de ENEL existe un Router al cual se conectan los enlaces de microondas ubicados en la azotea.
 - Considere que cada servicio equivale a un switch.

¹la capacidad agregada es la suma de la tasa de transferencia upload y download. Ver tabla TDD Capacity en sección 2.1

2. Anexos

2.1. Equipos de Radio





DATASHEET

Deployment Flexibility

The AF-5XHD can be used with existing airFiber slant-polarized antennas for improved noise immunity and Signal-to-Noise Ratio (SNR). It is compatible with multiple Ubiquiti airFiber X antennas offering gain of 23 to 34 dBi. The compact form factor of the AF-5XHD allows it to fit into the radio mount of airFiber X antennas, so installation requires no special tools.

airFiber X Antenna Model Summary

The airFiber X antennas are purpose-built with 45° slant polarity for seamless integration with the AF-5XHD. Pair the AF-5XHD with one of the following airFiber X antennas:



| | AF-5G23-S45 | AF-5G30-S45 | AF-5G34-S45 |
|-------|-------------|-------------|-------------|
| Freq. | 5 GHz | 5 GHz | 5 GHz |
| Gain | 23 dBi | 30 dBi | 34 dBi |

RocketDisk Model Summary

You can also pair the AF-5XHD with one of the RocketDisk antennas shown below using the included Universal Bracket or by using a kit to convert the RocketDisk to 45° slant polarity.



| | RD-5G30 | RD-5G34 |
|-------|---------|---------|
| Freq. | 5 GHz | 5 GHz |
| Gain | 30 dBi | 34 dBi |

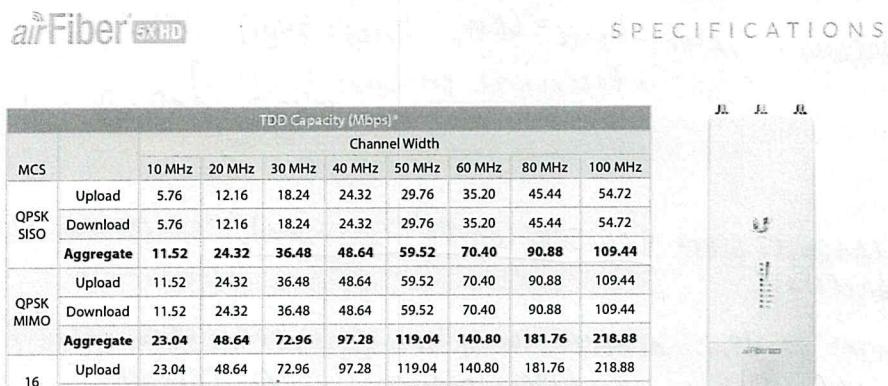
Conversion Kit

The 5 GHz RocketDisk to airFiber Antenna Conversion Kit (model AF-5G-OMT-S45) converts the RocketDisk RD-5G30 or RD-5G34 antenna for use with the AF-5XHD.



| Suggested Max TX Power | |
|------------------------|-------------|
| 12x | 12 - 15 dBm |
| 10x | 19 - 20 dBm |
| 8x | 21 - 22 dBm |
| 6x | 23 - 24 dBm |
| 4x | 29 dBm |
| 2x | 29 dBm |
| 1x | 29 dBm |

| Modulation Rate | Modulation | Receive Sensitivity (dBm) | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | | 10 MHz | 20 MHz | 30 MHz | 40 MHz | 50 MHz | 60 MHz | 80 MHz | 100 MHz |
| 12x | 4096QAM | -56 | -53 | -51 | -49 | -47 | -44 | -42 | -39 |
| 10x | 1024QAM | -66 | -63 | -61 | -59 | -57 | -55 | -53 | -51 |
| 8x | 256QAM | -72 | -69 | -67 | -65 | -63 | -61 | -59 | -57 |
| 6x | 64QAM | -78 | -75 | -73 | -71 | -69 | -67 | -65 | -63 |
| 4x | 16QAM MIMO | -84 | -81 | -79 | -77 | -75 | -73 | -71 | -69 |
| 2x | QPSK MIMO | -88 | -85 | -83 | -82 | -81 | -80 | -79 | -78 |
| 1x | ½ Rate QPSK xRT | -90 | -87 | -85 | -84 | -83 | -82 | -81 | -80 |



airFiber[®] 5XHD

SPECIFICATIONS

| | | TDD Capacity (Mbps)* | | | | | | | | |
|---------------------|------------------|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|--|
| | | Channel Width | | | | | | | | |
| MCS | | 10 MHz | 20 MHz | 30 MHz | 40 MHz | 50 MHz | 60 MHz | 80 MHz | 100 MHz | |
| QPSK SISO | Upload | 5.76 | 12.16 | 18.24 | 24.32 | 29.76 | 35.20 | 45.44 | 54.72 | |
| | Download | 5.76 | 12.16 | 18.24 | 24.32 | 29.76 | 35.20 | 45.44 | 54.72 | |
| | Aggregate | 11.52 | 24.32 | 36.48 | 48.64 | 59.52 | 70.40 | 90.88 | 109.44 | |
| QPSK MIMO | Upload | 11.52 | 24.32 | 36.48 | 48.64 | 59.52 | 70.40 | 90.88 | 109.44 | |
| | Download | 11.52 | 24.32 | 36.48 | 48.64 | 59.52 | 70.40 | 90.88 | 109.44 | |
| | Aggregate | 23.04 | 48.64 | 72.96 | 97.28 | 119.04 | 140.80 | 181.76 | 218.88 | |
| 16 QAM MIMO | Upload | 23.04 | 48.64 | 72.96 | 97.28 | 119.04 | 140.80 | 181.76 | 218.88 | |
| | Download | 23.04 | 48.64 | 72.96 | 97.28 | 119.04 | 140.80 | 181.76 | 218.88 | |
| | Aggregate | 46.08 | 97.28 | 145.92 | 194.56 | 238.08 | 281.60 | 363.52 | 437.76 | |
| 64 QAM MIMO | Upload | 34.56 | 72.96 | 109.44 | 145.92 | 178.56 | 211.20 | 272.64 | 328.32 | |
| | Download | 34.56 | 72.96 | 109.44 | 145.92 | 178.56 | 211.20 | 272.64 | 328.32 | |
| | Aggregate | 69.12 | 145.92 | 218.88 | 291.84 | 357.12 | 422.40 | 545.28 | 656.64 | |
| 256 QAM MIMO | Upload | 46.08 | 97.28 | 145.92 | 194.56 | 238.08 | 281.60 | 363.52 | 437.76 | |
| | Download | 46.08 | 97.28 | 145.92 | 194.56 | 238.08 | 281.60 | 363.52 | 437.76 | |
| | Aggregate | 92.16 | 194.56 | 291.84 | 389.12 | 476.16 | 563.20 | 727.04 | 875.52 | |
| 1024 QAM MIMO | Upload | 57.60 | 121.60 | 182.40 | 243.20 | 297.60 | 352.00 | 454.40 | 547.20 | |
| | Download | 57.60 | 121.60 | 182.40 | 243.20 | 297.60 | 352.00 | 454.40 | 547.20 | |
| | Aggregate | 115.20 | 243.20 | 364.80 | 486.40 | 595.20 | 704.00 | 908.80 | 1,094.40 | |
| 4096 QAM MIMO | Upload | 69.12 | 145.92 | 218.88 | 291.84 | 357.12 | 422.40 | 545.28 | 656.64 | |
| | Download | 69.12 | 145.92 | 218.88 | 291.84 | 357.12 | 422.40 | 545.28 | 656.64 | |
| | Aggregate | 138.24 | 291.84 | 437.76 | 583.68 | 714.24 | 844.80 | 1,090.56 | 1,313.28 | |

* For 2 ms frame length

Specifications are subject to change. Ubiquiti products are sold with a limited warranty described at ubnt.com/support/warranty.
The limited warranty covers the use of arbitration to resolve disputes on an individual basis and, where applicable, solely arbitration instead of jury trials or class actions.
©2012-2020 Ubiquiti Inc. All rights reserved. Ubiquiti, Ubiquiti Networks, the Ubiquiti logo, the Ubiquiti beam logo, airFiber, airMAX, airOS, AlignLock, LUTU, NanoStation, Prism, Rocket, RocketDish, UniFi, and iFi are trademarks or registered trademarks of Ubiquiti Inc. in the United States and/or other countries. Apple and the Apple logo are trademarks of Apple Inc., registered in the U.S. and other countries. App Store is a service mark of Apple Inc., registered in the U.S. and other countries. Android, Google, Google Play and other marks are trademarks of Google LLC. All other trademarks are the property of their respective owners.



* SEGÚN UN CÁLCULO DE LOS USANDO $h=54$
 $\gamma_{DL} = \sqrt{2\ln h}$ QUEDA QUE LA DISTANCIA
DE VISTA ES: 26237[m], MAYOR QUE
LA DISTANCIA HEADQUARTER - SANTA ROSA

Hoja de Respuesta

1.4.1) HAY QUE ORDENAR DATOS: $h_{FLORIDA} = 60m$, $h_{REINA} = 54m$

- FRECUENCIA PORTADORA = 5200 [MHz]
- POTENCIA MÁXIMA = 15 [dBm] = 32 [mw]
- ANCHO DE BANDA = 400 [MHz]

CASO 1: ENLACE MÁS LARGO PEDIDO: 9640[m] (FLORIDA - LA REINA), SI ES POSIBLE POR LOS (VER NOTA EN VENTA SUPERIOR DERECHA)*

- SE PASAN LAS GANANCIAS DE dBm A VECES PORQUE NO SE PUEDEN USAR VALORES LOGARÍTMICOS EN FÓRMULAS LINEALES: $X[dbm] = 10 \log_{10}(X) [\text{VECES}] = \gamma X [\text{VECES}]$
 - SE UTILIZARÁ LA ANTENA CON LA PEOR GANANCIA PARA VERIFICAR EL PEOR CASO. O SEA $G = 23[dB]$, PASANDO A VECES: $16 = 13,62 [\text{VECES}]$
- EL ANCHO DE BANDA $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{299792548 [ms]}{408 [\text{Hz}]} = 730 \text{ m/s}$
- ASUMIMOS ($\tau =$ POTENCIA MÁXIMA $P_T = 32 [\text{mw}]$)
- NUESTRA POTENCIA DE RECEPCIÓN ENTRE LA FLORIDA - LA REINA USANDO $\gamma = 3,14$:

$$P_R = \frac{32 * (13,62)^2 * (3)^2}{(4 * \pi * 9640)^2} = 3,6 * 10^{-6} \text{ mw} = -54,38 \text{ dBm} \rightarrow$$
CUALQUIER MODULACIÓN

CASO 2: SE CALCULA OTRO ENLACE (HEADQUARTER Y LA REINA): $d = 1120[m]$

$$P_R = \frac{32 * (13,62)^2 * (3)^2}{(4 * \pi * 1120)^2} = 5,6 * 10^{-6} \text{ mw} = -52,45 \text{ dBm} \rightarrow$$
CUALQUIER MOD

CASO 3: HEADQUARTER Y SANTA HELENA: $d = 4730$

$$P_R = \frac{32 * (13,62)^2 * (3)^2}{(4 * \pi * 4730)^2} = 1,51 * 10^{-6} \text{ mw} = -48,199 \text{ dBm} \rightarrow$$
CUALQUIER MOD

CASO 4: SANTA HELENA - SANTA HELENA: $d = 8390$

$$P_R = \frac{32 * (13,62)^2 * (3)^2}{(4 * \pi * 8390)^2} = 4,8 * 10^{-6} \text{ mw} = -53,18 \text{ dBm} \rightarrow$$
CUALQUIER MOD

CASO 5: SANTA RAQUEL - LA FLORIDA d=5450

$$Pr = \frac{32 \cdot (13,62)^2 \cdot (3)^2}{(4 \cdot \pi \cdot 5450)^2} = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ mW} = -49,43 \text{ dBm}$$

Hoja de Respuesta

CASO 6: STA RAQUEL - STA ROSA: d=3600

$$Pr = \frac{32 \cdot (13,62)^2 \cdot (3)^2}{(4 \cdot \pi \cdot 5450)^2} = 2,6 \cdot 10^{-6} \mu\text{W} = -45,08 \text{ dBm}$$

A HORA SE ESCOGE MODULACIÓN PARA TRANSMISIÓN Y BTA. SE ELIGE 256 QAM POR MAYOR BITRATE Y PRECIO

L = BITS POR SIMBOLO (SEGÚN LA MODULACIÓN)

$$L = 8$$

V=0 (NO SE ESPECIFICA roll-off entonces se deja en 0)

R (BITRATE): VALOR A ENCONTRAR

B (FLUJO de Bits): 437.76 (SEGÚN TABLA TDD EN 256 QAM)

$$D = 2B = \frac{R}{L}$$

$$D = \frac{2 \cdot 437.76}{1} = 875,52 = \frac{R}{8}$$

$$R = 875,52$$

$$\boxed{R = 4004.16 \text{ Kbps}}$$

NO SE ESPECIFICA N: SE PIDE BER

Hoja de Respuesta

Hoja de Respuesta

Hoja de Respuesta

1.6.2) 2) Si nos pasan la ip 10.20.48.0/20, comienza Anemos a reparar redes

SANTA ROSA

| LAN | REQUERIDOS | ENCONTRADOS | DIRECCIÓN | PREFIJO | RANGO | BROADCAST |
|-----------|------------|-------------|-------------|---------|---------------------------|-----------|
| SCADA | 28 | 30 | 10.20.48.0 | /27 | 10.20.48.1 - 10.20.48.30 | .31 |
| ZONA | 10 | 14 | 10.20.48.32 | /28 | 10.20.48.33 - 10.20.48.46 | .47 |
| VIGILIA | 5 | 6 | 10.20.48.48 | /29 | 10.20.48.49 - 10.20.48.53 | .54 |
| TELÉFONIA | 1 | 2 | 10.20.48.55 | /30 | 10.20.48.56 - 10.20.48.57 | .58 |

SANTA MARÍA

| LAN | REQ | ENCONTRADOS | DIRECCIÓN | PREFIJO | RANGO | BROADCAST |
|-----------|-----|-------------|--------------|---------|-----------------------------|--------------|
| SCADA | 30 | 30 | 10.20.48.89 | /27 | 10.20.48.60 - 10.20.48.89 | 10.20.48.90 |
| ZONA | 10 | 14 | 10.20.48.91 | /28 | 10.20.48.92 - 10.20.48.105 | 10.20.48.106 |
| VIGILIA | 5 | 6 | 10.20.48.107 | /29 | 10.20.48.108 - 10.20.48.113 | 10.20.48.114 |
| TELÉFONIA | 2 | 2 | 10.20.48.118 | /30 | 10.20.48.116 - 10.20.48.119 | 10.20.48.118 |

LA Florida

| LAN | REQ | ENCONTRADOS | DIRECCIÓN | PREFIJO | RANGO | BROADCAST |
|---------|-----|-------------|--------------|---------|-----------------------------|--------------|
| SCADA | 28 | 30 | 10.20.48.119 | /27 | 10.20.48.120 - 10.20.48.149 | 10.20.48.150 |
| ZONA | 13 | 14 | 10.20.48.151 | /28 | 10.20.48.152 - 10.20.48.165 | 10.20.48.166 |
| VIGILIA | 5 | 6 | 10.20.48.167 | /29 | 10.20.48.168 - 10.20.48.173 | 10.20.48.174 |
| TEL | 1 | 2 | 10.20.48.175 | /30 | 10.20.48.176 - 10.20.48.177 | 10.20.48.178 |

LA REINA

| LAN | REQ | ENCONTRADOS | DIRECCIÓN | PREFIJO | RANGO | BROADCAST |
|---------|-----|-------------|--------------|---------|-----------------------------|--------------|
| SCADA | 40 | 62 | 10.20.48.179 | /26 | 10.20.48.180 - 10.20.48.241 | 10.20.48.242 |
| ZONA | 11 | 14 | 10.20.48.243 | /28 | 10.20.48.244 - 10.20.49.1 | 10.20.49.2 |
| VIGILIA | 2 | 2 | 10.20.49.3 | /30 | 10.20.49.4 - 10.20.49.5 | 10.20.49.6 |
| TEL | 2 | 2 | 10.20.49.4 | /30 | 10.20.49.8 - 10.20.49.9 | 10.20.49.10 |

Hoja de Respuesta

SANTA HELENA

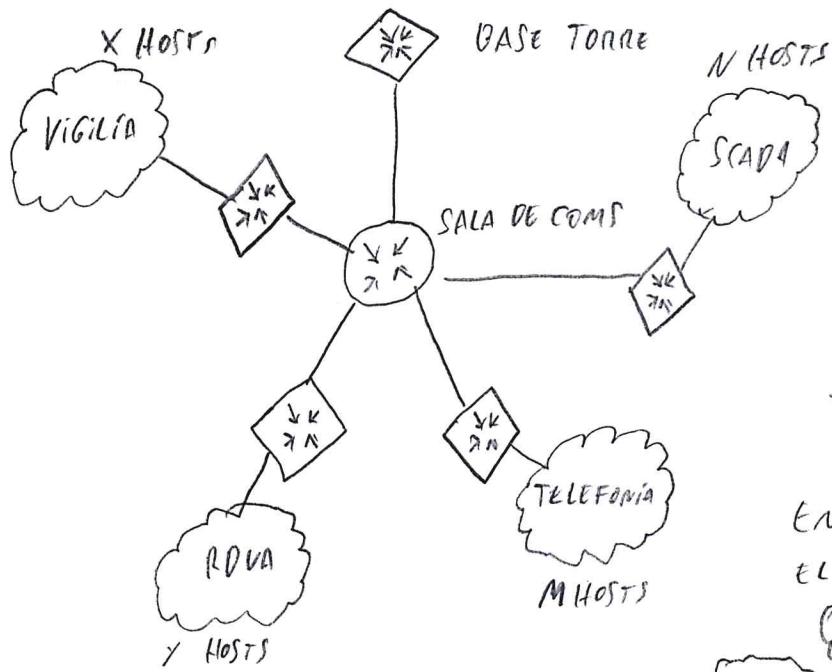
| LAN | RES | EN CONTACTOS | DIRECCIÓN | PREFIJO | RANGO | BROADCAST |
|---------|-----|--------------|-------------|---------|---------------------------|-------------|
| SCADA | 26 | 30 | 10.20.49.11 | /27 | 10.20.49.12 - 10.20.49.41 | 10.20.49.42 |
| LDUA | 10 | 14 | 10.20.49.43 | /28 | 10.20.49.44 - 10.20.49.57 | 10.20.49.58 |
| PIGILIA | 2 | 2 | 10.20.49.59 | /30 | 10.20.49.60 - 10.20.49.61 | 10.20.49.62 |
| TEL | 1 | 2 | 10.20.49.63 | /30 | 10.20.49.64 - 10.20.49.65 | 10.20.49.66 |

3.) CADA ENLACE PUNTO A PUNTO

- HEADQUARTER Y LA REINA:
 - DIRECCIÓN SUBRED: 10.20.49.68
 - MÁSCARA: /30
 - IP CADA EXTREMO:
 - HEADQUARTER: 10.20.49.67
 - LA REINA: 10.20.48.179
- HEADQUARTER Y SANTA HELENA:
 - DIRECCIÓN SUBRED: 10.20.49.72
 - MÁSCARA: /30
 - IP CADA EXTREMO:
 - HEADQUARTER: 10.20.49.67
 - STA HELENA: 10.20.49.11
- LA REINA Y LA FLORIDA:
 - SUBRED: 10.20.49.46
 - MÁSCARA: /30
 - IP: LA REINA: 10.20.48.179 / LA FLORIDA: 10.20.48.119
- STA HELENA Y STA RAQUEL:
 - SUBRED: 10.20.49.80
 - MÁSCARA: /30
 - IP: STA HELENA: 10.20.49.91 / STA RAQUEL: 10.20.48.59
- STA RAQUEL Y LA FLORIDA:
 - SUBRED: 10.20.49.84
 - MÁSCARA: /30
 - IP: STA RAQUEL: 10.20.49.89 / LA FLORIDA: 10.20.48.119
- STA RAQUEL Y SANTA ROSA:
 - SUBRED: 10.20.49.88
 - MÁSCARA: /30
 - IP: STA RAQUEL: 10.20.48.89 / STA ROSA: 10.20.48.0

- 1.4.2) 4)
- SALA DE COMS (SE ELIGE UN ROUTER PARA PODER HACER SUBREDES EN CADA SERVICIO)
 - BASE DE TONNE CON UN SWITCH (EXCEPTO EN HEADQUARTER)
 - SERVICIOS Y SUBREDES CON SWITCHES PARA SATISFACER EL ENUNCIADO

ENTONCES CADA SUBESTACIÓN DEBE VERSE ASÍ:



ADICIONALMENTE. EL NÚMERO DE HOSTS (X, Y, M, N) CAMBIA SEGÚN EL SITI

| | X | Y | M | N |
|--------------|---|----|---|----|
| SANTA ROSA | 5 | 10 | 1 | 28 |
| SANTA RAQUEL | 5 | 10 | 2 | 30 |
| LA Florida | 5 | 13 | 1 | 28 |
| LA REINA | 2 | 11 | 2 | 40 |
| SANTA HELENA | 2 | 10 | 1 | 20 |

EN CAMBIO PARA HEADQUARTERS EL DIAGRAMA QUEDA



PARA EL DIAGRAMA ENTRE LOS ENLACES

MICROONDAS SE TOMARÁN LOS ENLACES DE LA PREGUNTA 1.4.1)) YA QUE NO HAY INFO SUFICIENTE PARA APLICAR STP

