



# INFRAESTRUCTURAS Y REDES DE COMUNICACIÓN

Julio de 2013 - Examen

Nombre ..... *Resolución Oficial* ..... DNI.....

Parte 1: Cuestionario (1 punto)

Responda a las preguntas marcando claramente la respuesta que considere más acertada con una X.  
Las respuestas correctas suman 0,1 puntos y las incorrectas restan 0,05 puntos.

- El modelo de Erlang B se corresponde con:
  - ☐ a. M/M/N/1.
  - ☒ b. M/M/N/N.
  - ☐ c. M/M/N.
- La transición de HFC a FTTN es
  - ☐ a. Táctica
  - ☒ b. Estratégica
  - ☐ c. Operativa
- La opción de bucle totalmente desagregado supone:
  - ☒ a. Que tanto las frecuencias altas como bajas se les entrega al nuevo operador, en todo caso.
  - ☐ b. Que las frecuencias altas se les entrega al nuevo operador, y la telefonía se establece mediante VoIP.
  - ☐ c. Ninguna de estas.
- Los MuxFIN son:
  - ☐ a. Nodos intermedios en el bucle que soportan banda ancha.
  - ☐ b. Los equipos de usuario que, en HFC, permiten conectarse a la red
  - ☒ c. Ninguno de los anteriores.
- Un RNC es:
  - ☐ a. El controlador de recursos radio en GSM.
  - ☐ b. La central de conmutación en UMTS.
  - ☒ c. Ninguna de ellas.
- Actualmente los servicios de 4G:
  - ☐ a. Todavía no están comercialmente disponibles
  - ☐ b. Se han empezado a prestar en ciertas ciudades, en las frecuencias del Dividendo Digital.
  - ☒ c. Se han empezado a prestar en ciertas ciudades, pero no en las frecuencias del Dividendo Digital.
- Cuántas BATs de telefonía + Banda ancha se requieren por piso:
  - ☐ a. 1 BAT por habitación, salvo baños y trasteros.
  - ☒ b. 2 BATs por sala principal y 1 BAT en el resto de salas, salvo baños y trasteros.
  - ☐ c. 2 BATs por sala principal y 1 BAT en el resto de salas, sin excepción.
- La formación de un STM-1 en SDH se realiza:
  - ☐ a. bit a bit
  - ☒ b. byte a byte
  - ☐ c. es indistinto.

Tiempo estimado: 1h

test prácticas = 15 min

test teoría = 20 min

Prag estas = 20 min

Prácticas 1 = 1h

Prácticas 2 = 1h

T total = 3h

- Suponga una trama de 10  $\mu$ s, 500 bits de datos en total (incluyendo relleno positivo) y 5 afluentes. La velocidad nominal de cada afluente es:
  - ☒ a. 10 Mbps
  - ☐ b. 1 Mbps
  - ☐ c. 0.1 Mbps

10 En SDH una entidad VC-12 está formada por:

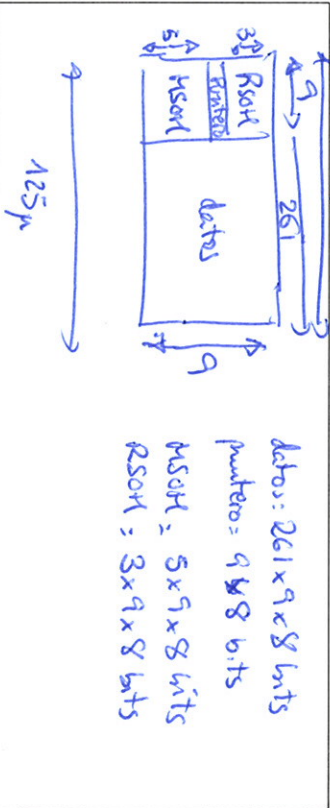
- ☐ a. una columna de POH, una columna de puntero y 2 columnas de datos.
- ☐ b. un byte de POH y 4 columnas de datos.
- ☒ c. 35 bytes, incluyendo un byte de POH.

Parte 2: Preguntas cortas (1,5 puntos)

- Indique qué es WCDMA y en qué consiste (0,9 puntos)

Fig 12.1 libro "Infraestructuras y Redes de Comunicación"  
Ed. Gidel 2012.

- Dibuje la estructura de la trama STM-1, indicando número de bits, tiempo de trama y los distintos campos que la conforman (0,6)



### Parte 3: Ejercicios (3.5 puntos)

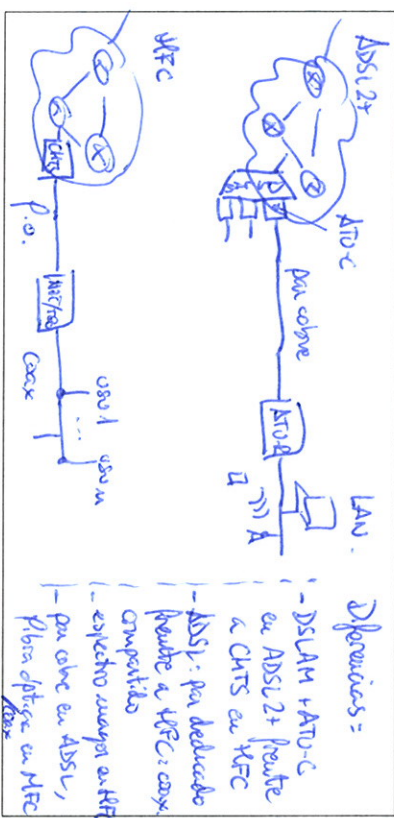
3. Un operador de telecomunicaciones decide dar servicio de banda ancha (teléfono, datos de banda ancha y TV) a un barrio residencial formado por 350 viviendas unifamiliares. En su *Estudio de Demanda y Mercado* establece que el 45% de dichas viviendas contratarían el servicio. Para ello estudia el despliegue mediante dos opciones tecnológicas: ADSL2+ con cancelación de eco y HFC. Los requisitos de servicio para cada usuario son:

- Telefonía: en frecuencias bajas (servicio convencional).
- Datos, enlace descendente: 4.5Mbps, enlace ascendente: 1Mbps (capacidades efectivas).
- TV: 20 canales, 16 de ellos a 2 Mbps, 4 de ellos a 8 Mbps (capacidades efectivas). Dos posibilidades de transmisión: bien seleccionable (sólo un canal a la vez) o bien tipo *broadcast*, (todos a la vez).

Los costes genéricos de elementos para la red son:

Equipo de cabecera (sólo se requiere uno)	Equipos de usuario	cableado	Derivadores de señal
ADSL	1000€/equipo	30€/equipo	0.25€/metro
HFC	3500€/equipo	60€/equipo	0.55€/metro
			1.4€/derivador

- a) Dibuje el esquema genérico de ambas redes y señale las diferencias entre éstas (0.3 puntos).



Suponga que se toma la solución 1, ADSL

- b) Indique cómo repartiría el espectro radioeléctrico (dibujelo y ponga valores aproximados de frecuencia). ¿Qué solución de las dos mencionadas aplicaría para TV (Indique por qué)? (0.3 puntos).



- c) Suponiendo que en todo el espectro hay disponibles 400 canales para la banda descendente de 4.3125 MHz, que el 35% de ellos emplea 256-QAM, el 25% emplea 64-QAM, el 25% emplea 16-QAM y el 15% emplea 4-QAM. ¿Cuál es la capacidad efectiva del enlace descendente? ¿Es suficiente para dar servicio a un usuario? (0.3 puntos).

$140 \text{ canales a } 256\text{-QAM} \rightarrow R_1 = 400 \cdot \log_2 16 = 400 \cdot 4 = 1600 \text{ Mbps}$   
 $100 \text{ canales a } 64\text{-QAM} \rightarrow R_2 = 400 \cdot \log_2 8 = 400 \cdot 3 = 1200 \text{ Mbps}$   
 $150 \text{ canales a } 16\text{-QAM} \rightarrow R_3 = 400 \cdot \log_2 4 = 400 \cdot 2 = 800 \text{ Mbps}$   
 $60 \text{ canales a } 4\text{-QAM} \rightarrow R_4 = 400 \cdot \log_2 2 = 400 \cdot 1 = 400 \text{ Mbps}$   
 $R_{\text{tot}} = \sum R_i = 5000 \text{ Mbps}$

o el uso por el usuario necesitaría 8 Mbps (TV) + 4.5 Mbps = 12.5 Mbps, el enlace ADSL2+ sería suficiente

Suponga ahora que se toma la solución 2, HFC. Suponiendo que para el enlace descendente se emplea modulación 256-QAM, que la distribución de TV requiere un 20% de sobrecarga por cabeceras y los datos en enlace descendente requieren 12 bits de cabecera por cada 60 de datos,

- d) ¿Qué ancho de banda para datos en enlace descendente requiere cada usuario? (0.3)

para datos, 4.5 Mbps a 256-QAM (con efectividad)  
 $R_{\text{datos}} = R_{\text{bruta}} \cdot \frac{60}{60+12} \Rightarrow B_{\text{w}} = R_{\text{datos}} \cdot \frac{60+12}{60} \cdot \frac{1}{\log_2 16} = 0.675 \text{ MHz}$

- e) ¿Cuál es el ancho de banda total necesario para la distribución de TV? ¿qué modalidad de las dos indicadas se debe emplear para usar el espectro de modo eficiente? Justifique su respuesta (0.3 puntos)

Se emplea la modalidad de Todos a la vez (en total se emite a todo el mundo 20 canales). La otra opción no pone a disposición de todos los canales (medio compartido) 0.45 · 350 usuarios distribuidos  
 $R_{\text{datos-TV}} = 16 \cdot 2 \text{ Mbps} + 4 \cdot 8 \text{ Mbps} = 64 \text{ Mbps}$  (efectivo todos los canales de TV)  
 $R_{\text{datos}} = 64 \text{ Mbps} \cdot \frac{1}{0.8} = 80 \text{ Mbps}$   
 $B_{\text{w}} = \frac{R_{\text{datos}}}{\log_2 16} = \frac{80}{4} = 20 \text{ MHz}$

**Tipo Broadcast**



- f) Cuál es el coste total del despliegue de cada solución, teniendo en cuenta que los usuarios se encuentran uniformemente repartidos, que el más cercano a la central se encuentra a 200 metros y el más lejano a 1km. ¿Qué solución elegiría por coste? (0,3 puntos)

$$\text{Total usuarios} = 350 \cdot 0,45 \approx 157 \text{ usuarios}$$

$$\text{coste ADSL2+} = \frac{1 + 0,2}{2} = 600 \text{ metros}$$

$$C_{\text{ADSL2+}} = 157 \text{ usuarios} \left[ 600 \text{ m} \times 0,25 \frac{\text{€}}{\text{m}} + 30 \right] + 1000 = 29260 \text{ €}$$

$$\text{coste VFC} = 157 \text{ usuarios} \left[ 60 + 1,14 \right] + \frac{1200 \text{ m} \times 0,55 \frac{\text{€}}{\text{m}} + 3500}{1,2} = 137918 \text{ €}$$

↑ la más barata.

4. El operador dominante tiene una central local telefónica con 500 bucles de abonado a los que presta servicio. El 65% de ellos tiene contratado servicio de banda ancha ADSL y el resto sólo telefonía (en ambos casos la telefonía se presta en las frecuencias bajas). La central telefónica encamina todo su tráfico por un enlace SDH con capacidad para tramas STM-N. En la central hay un promedio de 445 llamadas/hora en la hora cargada y 30 llamadas/hora en la hora valle, en ambos casos con una duración promedio de 1 minuto y 12 segundos. El 90% de las llamadas de/a la central va dirigido o proviene del exterior. Es igual de probable recibir una llamada que realizarla. Adicionalmente, cada usuario envía a la red datos con una tasa promedio de 1,90 Mbps.

- a) ¿Cuál es la intensidad de tráfico saliente en la central local debido al servicio de telefonía? (0,3 puntos).

$$500 \text{ bucles} \left\{ \begin{array}{l} 325 \text{ bucles ADSL} \\ 175 \text{ usuarios con telefonía} \end{array} \right.$$

$$A_{\text{voz}} = \frac{\lambda_{\text{voz}}}{\mu} = \frac{445 \frac{1}{h} \cdot \frac{1}{3600} \cdot 0,9}{1/72s} = 8,61 \text{ E}$$

↑ es la crítica, y por lo que hay que dimensionar

$$\Delta_{\text{voz}} = \frac{\lambda_{\text{voz}}}{\mu} = \frac{30 \frac{1}{h} \cdot \frac{1}{3600} \cdot 0,9}{1/72s} = 0,54 \text{ E}$$

- b) Suponiendo digitalización de los canales de voz de tipo PCM, indique cuál es la capacidad total agregada necesaria para dar servicio a las conexiones telefónicas en la central local con una probabilidad de bloqueo del 1% en la hora cargada y del 0,5% en la hora valle. (0,2 puntos).

$$A_{\text{voz}} = 8,605 \text{ E} \rightarrow N = 15$$

$$A_{\text{voz}} = 0,54 \text{ E} \rightarrow N = 4$$

$$R_{\text{voz}} = 64 \text{ kbps} \times 15 = 960 \text{ kbps}$$

- c) Independientemente de lo anterior, el tráfico total agregado saliente de telefonía es el efectivo de un E1, esto es, de 1920 Kbps. ¿Cuál es el volumen de tráfico total saliente de la central local considerando telefonía y datos? (0,3 puntos)

$$R_{\text{telefono}} = 1920 \text{ kbps (efectivo)} = 1920 \text{ Mbps}$$

$$R_{\text{datos}} = 1,9 \text{ Mbps} \times 325 \text{ usuarios B.A.} = 617,5 \text{ Mbps}$$

$$R_{\text{total}} = 617,5 \text{ Mbps (efectivo)}$$

- d) Supuesta la integración de dicho flujo en tramas TU-12, ¿cuántas tramas son necesarias para satisfacer dicho tráfico saliente? Supuesto un esquema de multiplexación de tipo TU-12 → VC-4 → STM-1 → ... → STM-N, indique el valor de N mínimo necesario. (0,3 puntos).

$$\text{Trama TU-12 (4 canales} \times 9 \text{ fllos} = 36 \text{ bytes en 0,45 ms)}$$

$$\text{contiene un E1.}$$

$$N_{\text{TU-12}} = \frac{617,5 \text{ Mbps}}{192 \text{ Mbps}} = 3226 \rightarrow 3228 \text{ TU-12}$$

$$\text{Cada STM-1 contiene 63 TU-12, luego:}$$

$$N_{\text{STM-1}} = \frac{3228}{63} = 51,2 \rightarrow \text{STM-16 (y sobra capacidad)}$$

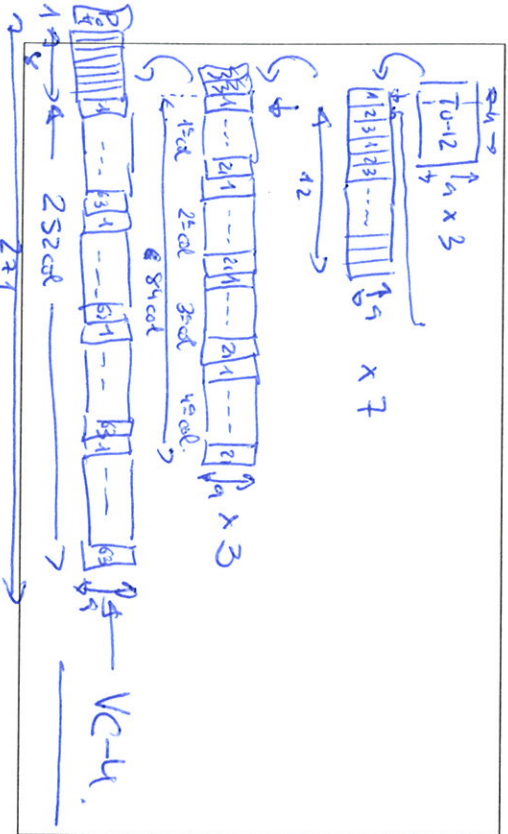
e) Supuesto dicho valor de N, ¿cuál es la capacidad efectiva del STM-N que se desaprovecha? (0,3 puntos).

$$R_{STM-16} = 16 \times \left[ \frac{261 \times 9 \times 8}{125 \mu s} \right] = 2405137 \text{ Mbps}$$

$$R_{STM-16} = 5142 \times \left[ \frac{261 \times 9 \times 8}{125 \mu s} \right] = 769172 \text{ Mbps}$$

$$R_{STM-16} \text{ desaprovechada} = 2405137 - 769172 \text{ Mbps} \approx 1635965 \text{ Mbps}$$

f) Dibuje cómo se produce el esquema de multiplexación de tipo TU-12 → VC-4 (0,3 puntos).



Nota: si lo requiere, puede emplear las tablas siguientes:

Tabla de Erlang B  
Intensidad de tráfico según  $P_b$  (%) y N

N/P <sub>b</sub>	0.1	0.5	1.0	2	5	10
1	0.010	0.050	0.100	0.204	0.356	0.511
2	0.008	0.040	0.076	0.146	0.254	0.387
3	0.006	0.032	0.058	0.108	0.186	0.281
4	0.005	0.025	0.044	0.080	0.134	0.204
5	0.004	0.020	0.036	0.064	0.106	0.156
6	0.003	0.016	0.028	0.050	0.080	0.116
7	0.002	0.012	0.022	0.040	0.064	0.094
8	0.002	0.010	0.018	0.032	0.050	0.070
9	0.001	0.008	0.014	0.026	0.040	0.056
10	0.001	0.006	0.010	0.020	0.032	0.044

Tabla de Erlang C  
Intensidad de tráfico según  $P_c$  (%) y N

N/P <sub>c</sub>	0.1	0.5	1.0	2	5	10
1	0.010	0.050	0.100	0.200	0.350	0.500
2	0.008	0.040	0.076	0.146	0.254	0.387
3	0.006	0.032	0.058	0.108	0.186	0.281
4	0.005	0.025	0.044	0.080	0.134	0.204
5	0.004	0.020	0.036	0.064	0.106	0.156
6	0.003	0.016	0.028	0.050	0.080	0.116
7	0.002	0.012	0.022	0.040	0.064	0.094
8	0.002	0.010	0.018	0.032	0.050	0.070
9	0.001	0.008	0.014	0.026	0.040	0.056
10	0.001	0.006	0.010	0.020	0.032	0.044