

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS TELEMÁTICOS
ASIGNATURA: REDES Y SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES**

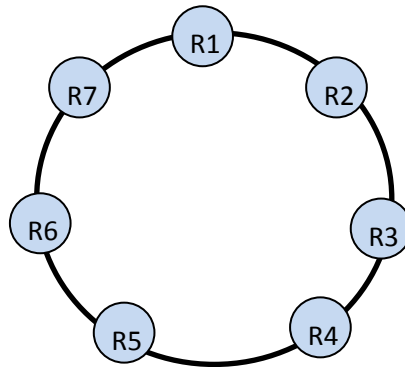
Renuncia, o ha renunciado ya, a la evaluación continua: **Sí - No. Firma:**.....
(Marque con un círculo lo que proceda y firme en el espacio reservado)

SEGUNDA PRUEBA DE SEGUIMIENTO: 10-6-2014.

EJERCICIO 1

DURACIÓN: 50 MINUTOS, PUNTUACIÓN: Ver normas tras el ejercicio 1.

Considere la red en anillo de la figura, formada por siete enrutadores IP (R1 ... R7). Los enlaces entre ellos son todos dúplex simétricos de capacidad 100 Mbps. Cada uno de los enrutadores tiene conectada una LAN (LAN_Ri) no mostrada en la figura. Los ordenadores de cada una de las LANs generan un tráfico agregado de 1000 pps hacia cada una de las demás LANs. El tamaño medio de los paquetes es de 800 octetos. Los enrutadores IP usan un encaminamiento dinámico de vector de distancias, con métrica el número de saltos.



Los retardos de propagación y de procesamiento en los enrutadores son despreciables. Puede suponerse que se cumplen las condiciones de Jackson.

Obtener justificadamente:

1. El retardo medio que experimentan en esta red los paquetes con origen en LAN_R1 y destino LAN_R2.
2. El retardo medio que experimentan los paquetes en cruzar la red.

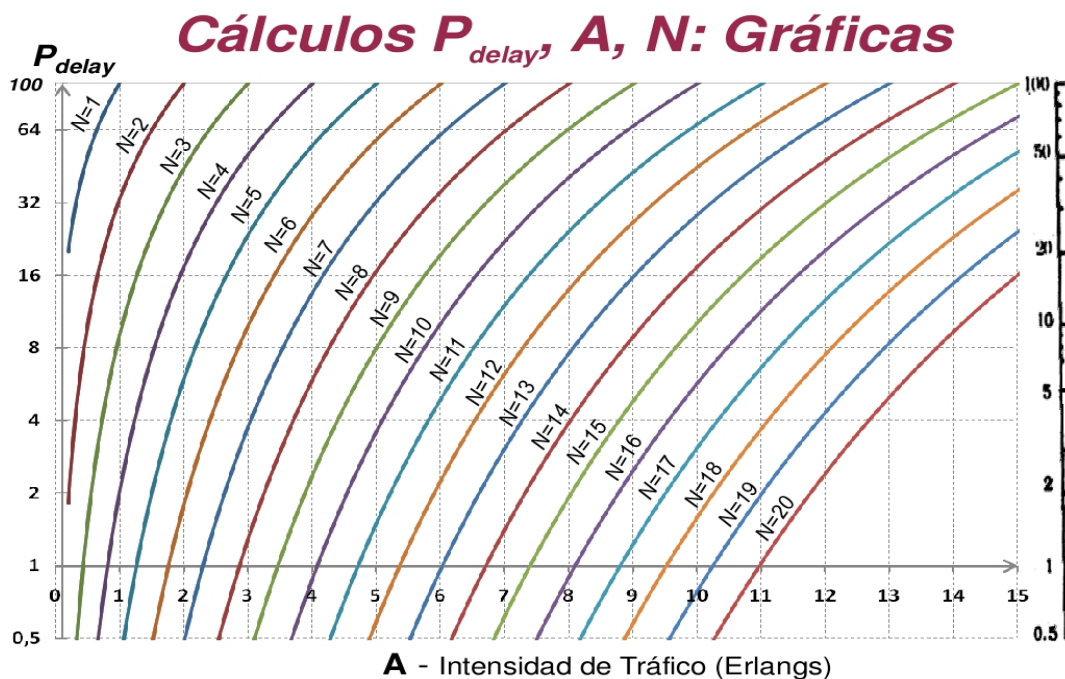
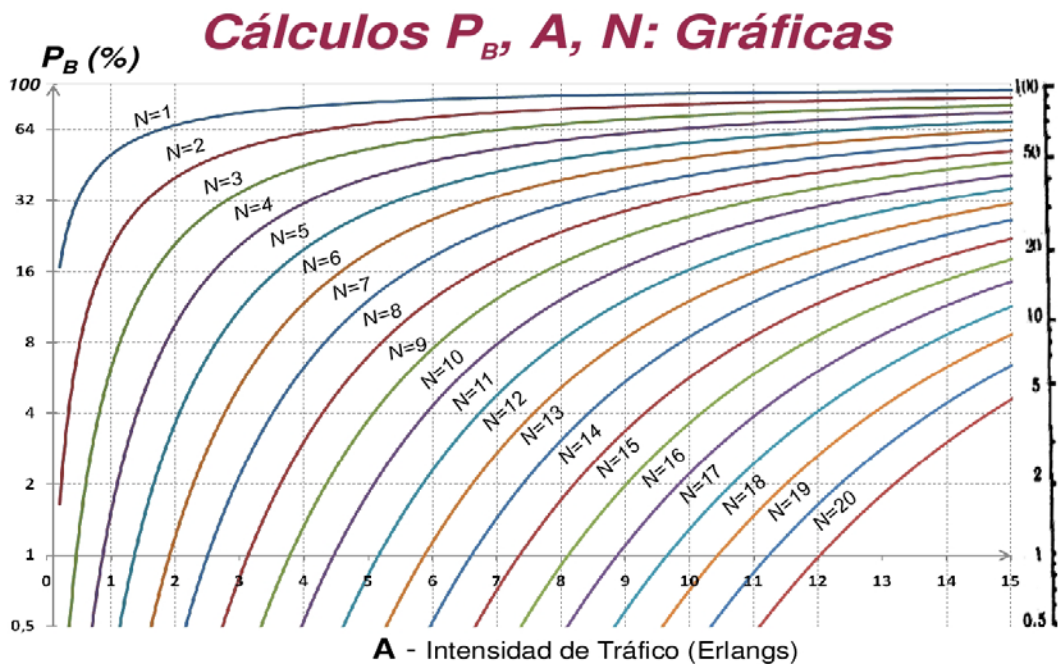
El enlace entre R1 y R7 se rompe. En esas nuevas condiciones, **obtenga justificadamente:**

3. El retardo medio que experimentan en esta red los paquetes con origen en LAN_R1 y destino LAN_R2.

NOTA: los retardos pedidos se refieren exclusivamente a la red representada en la figura. No se deben incluir los retardos en las LANs conectadas a cada enrutador.

NORMAS DEL EXAMEN:

- Recordamos que se pueden usar libros y apuntes pero **no ejercicios resueltos**.
- No se deben entregar soluciones de ejercicios diferentes en la misma hoja.
- Se entregarán los enunciados como primera hoja de cada problema.
- El examen se debe entregar con todas las hojas dobladas en un único bloque.
- Se debe poner el nombre en todas las hojas entregadas.
- PUNTUACIÓN de los Ejercicios:
 - * Por Evaluación continua,
 - Ejercicios 1 y 2: 2,5 puntos de la nota final sobre 10, cada uno.
 - Ejercicio de prácticas: 0,5 puntos de la nota final sobre 10.
 - * Por Examen final,
 - Ejercicios 1, 2 y final: 10/3 puntos de la nota final sobre 10, cada uno.
- Las fechas de publicación de calificaciones y el límite de petición de revisión son:
 1. Calificaciones provisionales: 16-6-14
 2. Límite petición de revisión: 19-6-14



Solución.

En los apartados 1 y 2, el modelo de Jackson resultante tiene los siguientes parámetros:

$$\gamma = 7 \times 6 \times 1000 = 42000 \text{ pps.}$$

Por simetría de tráfico y topología, todas las colas del modelo van a ser iguales. En cada enrutador hay dos colas, cada una para la transmisión hacia cada uno de sus vecinos. En total, por tanto, el modelo de Jackson de la red tiene 14 colas. Como los enlaces tienen todos la misma capacidad, todos tienen la misma $\mu = 100000000/6400 = 15625$ pps.

Las tasas de llegada a cada cola serán también las mismas. Se va a razonar la tasa ofrecida al enlace R1→R2. Por el encaminamiento de la red, en ese enlace y sentido circulan los siguientes tráficos: LAN_R1 → LAN_R2, LAN_R1 → LAN_R3, LAN_R1 → LAN_R4, LAN_R7 → LAN_R2, LAN_R7 → LAN_R3 y LAN_R6 → LAN_R2. Es decir, un total de $\lambda = 6 \times 1000 = 6000$ pps.

Luego se pueden responder las dos primeras preguntas:

1. $E(R1 \rightarrow R2) = 1 / (\mu - \lambda) = 1 / (15625 - 6000) = 0,1 \text{ ms.}$
2. $E(T) = (1/\gamma) \sum \lambda / (\mu - \lambda) = (1/42000) \times 14 \times 6000 / (15625 - 6000) = 0,2 \text{ ms.}$
3. Si se rompe el enlace R1-R7, queda una red con topología lineal. El tráfico que circula por el enlace R1→R2 en estas nuevas condiciones es exclusivamente el que se genera en la LAN_1 con destino a todas las demás, es decir, un total de $\lambda = 6 \times 1000 = 6000$ pps. Como μ no ha cambiado, los parámetros de la cola de ese enlace son exactamente los mismos que en el apartado 1, y la respuesta es la misma.

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS TELEMÁTICOS
ASIGNATURA: REDES Y SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES
SEGUNDA PRUEBA DE SEGUIMIENTO: 10-6-2014.**

EJERCICIO 2

DURACIÓN: 50 MINUTOS, PUNTUACIÓN: Ver normas tras el ejercicio 1.

Un proveedor de vídeo por cable (**PV**) que trabaja en una determinada capital quiere extender su catálogo de servicios de forma que ofrecería vídeo bajo demanda (VoD) a través de Internet a sus usuarios. Para hacerlo, monta un servidor de vídeos (**SV**) en una de sus oficinas de la capital.

Cada vídeo emitido genera un tráfico periódico, de periodo $T=10$ seg., en el que en los primeros $S=100$ mseg se transmite una ráfaga a $V_{\text{máx}}=60$ Mbps y en el resto se transmite a $V_{\text{mín}}=1$ Mbps.

Dado que PV quiere ofrecer el servicio a toda la Internet, y con buena calidad, contrata un acceso a una red metropolitana (MAN) que permite a ese servidor enviar sus vídeos a través de los tres proveedores "tier 1" ($PT1_i$, $i=1...3$) de acceso a Internet que operan en esa capital. Cada uno de estos proveedores "tier 1" tiene conectado un router IP ($RIPT1_i$, $i=1...3$) a esa MAN que opera en la misma capital.

En una primera fase de implantación del servicio, PV ha estimado que, en la hora cargada, la tasa de peticiones de vídeos por el conjunto de sus clientes será de $\lambda=10$ vídeos por hora, siguiendo un modelo de llegadas de Poisson, y la duración media de los vídeos que ofrece es de $t_s=90$ min, duración que puede suponerse distribuida exponencialmente.

PV quiere dimensionar SV, y sus comunicaciones, para mantener simultáneamente un máximo de $N=20$ vídeos en emisión, las peticiones que superen ese límite se rechazan.

Calcular justificadamente:

1. La probabilidad (P_B) de que un usuario que quiera ver un vídeo no pueda hacerlo.
2. La velocidad (V_{eth}) de la tecnología del nivel físico a usar en la red local Ethernet a la que está conectado SV de forma que pueda atender al tráfico de vídeo de mayor velocidad que pueda producir SV al emitir simultáneamente el máximo número de vídeos previsto.

Para evitar pérdidas de información en el resto de la red, el equipo de la LAN de SV conectado a la MAN incorpora un conformador de tráfico basado en un "leaky bucket" (**LB**) que asegura que no se van a producir ráfagas de información en la entrada de la red MAN, ni por el propio perfil de tráfico de los vídeos ni por la suma que se produce con la emisión simultánea de los mismos.

Calcular justificadamente:

3. El caudal (ρ_L) y la capacidad (C_L) que aseguran que no se va a perder tráfico de la mezcla de vídeos emitida en el caso peor; caso en que todos los vídeos emitidos comienzan sus periodos en el mismo instante.
4. El retardo máximo que podría sufrir la ráfaga de uno de los vídeos, en este caso peor.

El retardo que introduce el conformador LB anterior no es asumible por lo que se elimina y se **sustituye** por la incorporación, en el propio SV, de un algoritmo de conformado de tráfico que asegura, mediante desplazamientos temporales de los vídeos, que sus ráfagas no coincidan en el tiempo. Además, se contrata un servicio de acceso a la red MAN que soporta la transmisión de ráfagas. Este servicio usa un algoritmo de "token bucket" (TB) para determinar si deja pasar o tira (cuando no hay tokens) los paquetes transmitidos por los usuarios:

Calcular justificadamente:

5. Los parámetros del TB, el caudal (ρ_T) y la capacidad (C_T), a contratar para que en ningún caso se tiren paquetes.

NOTAS

- Suponer despreciable el tráfico de señalización de los diferentes protocolos de los diferentes niveles de la torre OSI.
- Suponer que los vanos (distancias entre equipos de red), de la red local donde se conecta el servidor de vídeo, son menores de 100mt.

Solución

1. $\lambda=10$ vph; $\mu=1/t_s = 60 / 90$ vph ; $A = 15$ Erlangs. $N=20 \Rightarrow P_B = 0,05$
2. En el caso peor (todos los vídeos en fase) $\Rightarrow N \times V_{\text{máx}} = 1200$ Mbps $\Rightarrow V_{\text{eth}} = 10$ Gbps con unos de estos medios de nivel físico: 10GBaseT cat. 6ª o superior, 10GBase-SR, 10GBase-LRM, 10GBase-LR, 10GBase-SR, 10GBase-ER.
3. El caudal medio de un vídeo es $R_v = (S \times V_{\text{máx}} + (T-S) \times V_{\text{mín}}) / T = 1.59$ Mbps.
La velocidad media necesaria será la suma de las velocidades medias de cada vídeo $\Rightarrow \rho_L = N \times R_v = 31,8$ Mbps.
El LB se llenará hasta $C_L = (N \times V_{\text{máx}} - \rho_L) \times S / 8 = 14,6$ MB.
4. El retardo (D) será: Igualando las áreas $1200 \times 100 = 31.8 \times (D+100) \Rightarrow D = 3674$ ms
5. Como las ráfagas no están solapadas, el caso peor de ráfagas sería cuando todas estuvieran justo una detrás de otra ($N \times S=2$ seg).
Entonces $\rho_T = \rho_L = 31,8$ Mbps;
Los tokens se vaciarían a $(V_{\text{máx}} + (N-1) \times V_{\text{mín}}) - \rho_T$ durante un tiempo $N \times S$; $C_T = 11.8$ MB.

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS TELEMÁTICOS**ASIGNATURA: REDES Y SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES****EJERCICIO DE PRÁCTICAS: 10-6-2014.****DURACIÓN: 20 MINUTOS. PUNTUACIÓN: Ver normas tras el ejercicio 1.**

Considere una red Ethernet construida con dos conmutadores SW1 y SW2, con soporte de VLAN y QoS. Entre SW1 y SW2 hay un enlace de 100 Mbps. El único tráfico significativo en la red es un tráfico de fondo de volumen considerable, con valor de prioridad 0 en la cabecera 802.1Q. Entre un ordenador PC1 (conectado a SW1) se realiza una videollamada a otro ordenador PC2 (conectado a SW2). La videollamada tiene problemas y el usuario de PC1 decide hacer un ping a PC2. La orden ping indica que el porcentaje de pings no respondidos (pérdidas) es del 60%. Ante esto, el administrador de PC1 cambia la configuración, de modo que las tramas Ethernet que dicho ordenador transmite salen con prioridad 7 en la cabecera 802.1Q. En PC2, sin embargo, no se realiza ningún cambio. En estas condiciones se repite el ping a PC2 y todos los pings se responden.

Responda las siguientes cuestiones, **justificando las respuestas**:

- 1.¿Alguno de los sentidos en la ruta entre los ordenadores está congestionado? ¿Por qué?
- 2.¿Qué usuarios de la videollamada (el de PC1, PC2, o ambos) habrán percibido problemas en la comunicación?

Solución.

1. El hecho de que los pings no se contestasen en su totalidad antes del cambio de prioridades indica que sí. Además, si se supone que inicialmente los dos PCs transmiten con la misma prioridad, el hecho de que cambiando la prioridad de la transmisión desde PC1 se solucione el problema de los pings indica que el sentido congestionado es precisamente PC1→PC2.
El comportamiento descrito en el enunciado también se puede explicar de otro modo, si se supone que PC2 transmite desde el principio tramas con un valor de prioridad en la cabecera 802.1Q que les asegura un mejor trato en los conmutadores que el que recibe el tráfico de fondo. En ese caso, se puede decir que el tráfico que viaja en el sentido PC1→PC2 experimenta congestión, mientras que no se puede asegurar nada para el que viaja en sentido contrario.
2. Por las explicaciones anteriores, PC2 habrá recibido con pérdidas significativas la transmisión de PC1. En sentido contrario lo más probable es que no.

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS TELEMÁTICOS
ASIGNATURA: REDES Y SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES**

EXAMEN FINAL Ejercicio final: 10-6-2014.

DURACIÓN: 50 MINUTOS, PUNTUACIÓN: Ver normas tras el ejercicio 1.

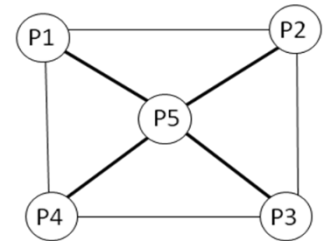
Una corporación cuenta con varias sedes repartidas por diferentes ciudades. Los equipos de usuario de cada sede se conectan localmente mediante una red Ethernet. Las sedes intercambian información entre sí a través de una subred WAN privada. Además, cada sede tiene un enlace de acceso a Internet. Los equipos de usuario utilizan la arquitectura de protocolos TCP/IP.

Cada sede dispone de un “router IP” con tres interfaces de red:

- Con la LAN Ethernet de 100Mbps.
- Con Internet, mediante una conexión VDSL por la que se transmiten tramas Ethernet.
- Con la subred WAN privada.

La subred WAN privada se caracteriza por:

- Topología como se muestra en la imagen.
- Enlaces troncales simétricos y full-dúplex. Entre los nodos P1, P2, P3 y P4 son de 600Mbps. Los de P5 son de 1Gbps.
- Nivel físico: compuesto por una línea física simétrica “full-dúplex”. La tasa de error de bit es despreciable.
- Nivel de enlace: no orientado a conexión, “overhead” de 10 octetos y SDU máxima de 1024 octetos.
- Nivel de red: basado en Circuitos Virtuales Simplex. El “overhead” introducido por este nivel es de 24 octetos. La SDU máxima es de 1000 octetos. Encaminamiento por “vector de distancias” con costes por enlace troncal igual a la inversa de su velocidad física expresada en Gbps.



Describa, justificadamente:

1. La arquitectura de protocolos del router IP de una sede.

Un equipo conectado a la LAN de una sede envía una PDU UDP de 1300 octetos que se ha de encaminar por la subred WAN.

Indique, justificadamente:

2. Las longitudes, en bytes, de cabeceras y de datos de cada PDU que produce este envío, en los niveles: IP, red y enlace del interfaz de la subred WAN del “router IP” de la sede.

Suponiendo que la subred WAN permanece estable, topológicamente hablando.

Indique, justificadamente:

3. La tabla de “forwarding” de P1
4. El “vector de distancias” que emite P1.

Tres sedes, conectadas a P2, P3 y P4 respectivamente, establecen CVs para obtener interconexión total entre ellas. Suponga que se establecen primero todos los necesarios desde P2, después desde P3 y, por último, desde P4.

Indique, justificadamente:

5. El contenido de cada una de las tablas de CVs de la subred WAN (Suponga que no hay otros CVs establecidos).

En la hora cargada, se ha medido que el tráfico que introducen en la subred WAN las oficinas conectadas a P1, tiene una intensidad de 60 kpps (60000 paquetes/s) y está compuesto por paquetes de longitud aleatoria de 1000 octetos de media y desviación típica de 200 octetos. Este tráfico se reparte uniformemente entre los otros nodos de la subred WAN.

Teniendo en cuenta el encaminamiento “óptimo” que se está dando en la subred WAN.

Calcule, justificadamente:

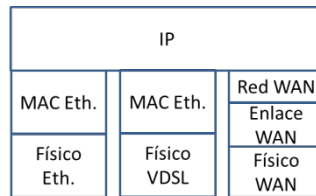
6. El retardo medio que experimentan los paquetes dirigidos a oficinas conectadas a P2, desde que llegan a P1 hasta que son completamente recibidos por P2.

NOTAS:

- Los “overheads” de protocolo no declarados explícitamente se consideran despreciables.
- Los tiempos de procesamiento y propagación son despreciables.
- Cabeceras de protocolos: TCP => 20 bytes, UDP => 8 bytes, IP => 20 bytes.

Solución

1.-



2.- PDU UDP: HDR => 8 B, Datos => 1300 -8 = 1292 B.

MTUmáx IP = 65K => IP tiene que fragmentar para atender a las MTUs máximas de los interfaces de red,

PDU_s IP (Máx = 1000 B) : PDU1 -> HDR = 20 B, Datos = 1000-20=980. PDU2 -> HDR = 20 B, Datos = 1300 - 980 = 320.

MTUmáx RED subred WAN = 1000 B

PDU_s RED subred WAN: PDU1 -> HDR = 24 B, Datos = 1000 B, PDU2 -> HDR=24 B, Datos = 340 B

MTUmáx Enlace subred WAN = 1024 B.

PDU_s Enlace subred WAN: PDU1 -> HDR = 10 B, Datos = 1024 B, PDU2 -> HDR=10, B, Datos = 364 B

MTU FIS subred WAN -> bit a bit

3.- Como la red está topológicamente estable, el encaminamiento será óptimo y se podría calcular directamente usando Dijkstra. Viendo la topología en conjunto se puede deducir que los paquetes que se intercambia entre nodos vecinos irán por el enlace que les une y los que van nodos no vecinos han de dar dos saltos en cualquier caso que son menos costosos por P5 dada la mayor velocidad de los troncales conectados a este nodo.

La tabla de "forwarding" de P1 quedaría:

Destino	Next Hop
P1	--
P2	P2
P3	P5
P4	P4
P5	P5

4.- Por los mismos motivos, el vector de distancias de P1 quedaría: (0, 1'7, 2, 1'7, 1)

5.- Todos los nodos P1...P5 tienen tablas de CVs

Según el orden de establecimiento:

Los CVs a establecer, en el orden de establecimiento y su ruta, son:

	Sede Pe -> Sede Ps	Ruta óptima (nodos en la ruta)
1	SP2 -> SP3	P2-> P3
2	SP2 -> SP4	P2-> P5 -> P4
3	SP3 -> SP2	P3 -> P2
4	SP3 -> SP4	P3 -> P4
5	SP4 -> SP2	P4 -> P5 -> P2
6	SP4 -> SP3	P4 -> P3

Con lo que la tabla de CVs de los CV será, en orden de creación

P1		P2		P3		P4		P5			
In,	cv	Out,	cv	In,	cv	Out,	cv	In,	cv	Out,	cv
		SP2,	1	P3,	1	P2,	1	SP3,	1		
		SP2,	2	P5,	1			P5,	1	SP4,	1
		P3,	1	SP2,	1	SP3,	1	P2,	1		
				SP3,	2	P4,	1	P3,	1	SP4,	2
		P5,	1	SP2,	2			SP4,	1	P5,	1
				P3,	1	SP3,	2	SP4,	2	P3,	1

6.- por el encaminamiento óptimo:

- En esa ruta han de cruzar un único enlace, el que conecta P1 con P2,
- Por ese enlace no iría ningún otro tráfico que se produjera en la red.

Se puede modelar, por tanto, el sistema como una cola M/G/1 con:

$$\lambda = 60/4 \text{ kpps} = 15 \text{ kpps}$$

$$E(t_s) = 1000 \times 8 / 6 \times 10^8 = 13'3 (\mu s) \Rightarrow \mu = 75 \text{ kpps}; \rho = 15 / 75 = 0,2$$

$$\sigma = 200 \times 8 / 6 \times 10^8 = 2,7 (\mu s); \sigma^2 = 7,1 \times 10^{-12}$$

$$E(T) = E(n) / \lambda = (0,2 / 0,8) [1 - 0,1 (1 - (75 \times 10^3)^2 (7,1 \times 10^{-12}))] / (15 \times 10^3) = 15,07 (\mu s)$$