

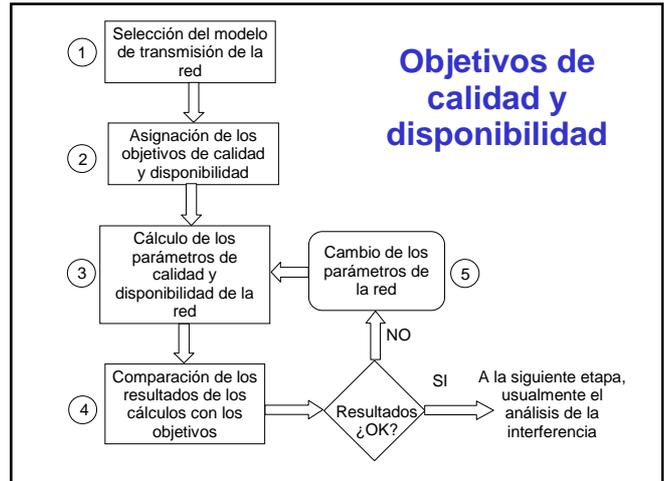


## Estándares de Calidad (Confiabilidad)

### Capítulo 3

Ing. Marcial Antonio López Tafur  
mlopez@uni.edu.pe

2010-2



## Estándares de Calidad

- Se debe tener claro los objetivos del diseño
- Trata de predecir la calidad que se puede esperar para un determinado diseño de enlace.
- Se guían bastante en los estándares de calidad desarrollados por la UIT-R (UIT) aplicados a las radiocomunicaciones.

UNI - Sistemas de MW

3

## La UIT

- UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU International Telecommunications Union)
- Tiene dos agencias:
  - UIT-R agencia de radiocomunicaciones
  - UIT-T agencia de telecomunicaciones
- Sede en ginebra y elabora recomendaciones para los usuarios

UNI - Sistemas de MW

4

## Objetivos del UIT-R

- *“...Asegurar un uso del espectro racional, equitativo, eficiente y económico para todos los servicios, .....*
- *... Efectuar y adoptar Recomendaciones sobre asuntos de radiocomunicación”*
- Reemplaza al CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones) desde 1993.

UNI - Sistemas de MW

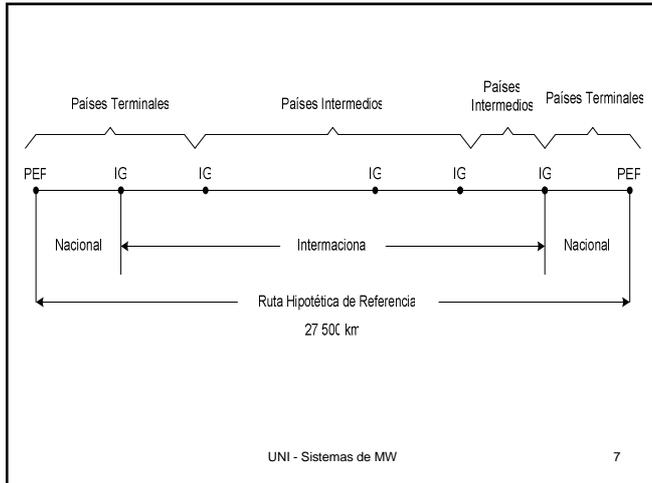
5

## Recomendaciones UIT-R

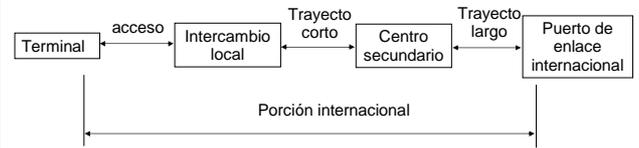
- > 900 Recomendaciones en 16 series
- “Estándares” en áreas of administración del espectro y tecnología de radio
- Resultado del consenso en reuniones mundiales de expertos
- Usados por planificadores del espectro y diseñadores de sistemas

UNI - Sistemas de MW

6



### Porción nacional de la ruta hipotética de referencia



### Objetivo de la calidad

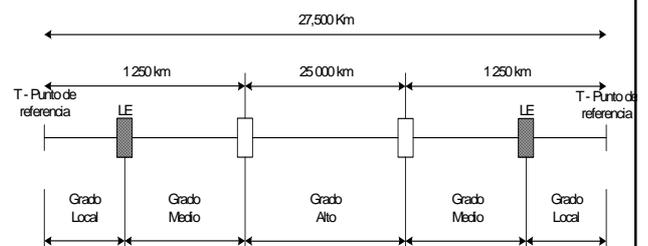
- Los operadores quieren que sus sistemas operen al 100% libres de errores.
- Imposible de alcanzar en el mundo real.
- Se trabaja con los estándares de la UIT-R como referencia, aunque estén escritos para enlaces internacionales.
- Deben aplicarse con cuidado para rutas más pequeñas (nacionales o regionales)

- Uno realmente debe entender claramente que niveles de calidad se están tratando de alcanzar de manera de aplicarlos atinadamente
- Se trata de proporcionar una guía práctica que permita aplicar esos estándares para encontrar un punto de equilibrio con los requerimientos de calidad del operador

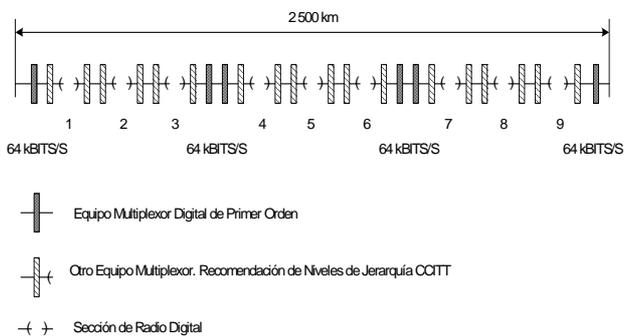
### Ruta Hipotética de Referencia

- Proporciona consejo para un circuito típico de conexión que luego puede ser aplicado a una conexión real.
  - La UIT-T especifica una longitud de 27,500 Km "internacional" con 3 grados de calidad
  - La UIT-R lo mismo pero que los radio enlaces sean del orden de 2,500 Km con nueve secciones de aprox. 280 Km cada una.

### Conexión Hipotética de Referencia. UIT G.821



### Ruta Hipotética de Referencia para sistemas repetidores de radio. UIT – R



UNI - Sistemas de MW

13

- La CCIR dividió las interrupciones en:
  - > 10 seg (Prolongadas o de NO disponibilidad) incluye periodos de tiempo con  $BER > 10^{-3}$
  - < 10 seg (Cortas definido como disponible, aunque no es utilizable por el usuario durante estos periodos) aunque suman para efectos del calculo de la confiabilidad.
- La UIT-R las ha mantenido.
  - Las interrupciones largas pueden reducirse usando circuitos alternos (re-enrutamiento)

UNI - Sistemas de MW

14

### Estándares de NO Disponibilidad

- Por 10 o más segundos consecutivos:
  - Señal digital interrumpida (pérdida del alineamiento o sincronización)
  - $BER > 10^{-3}$  en cada segundo, considerado dentro del tiempo de no disponible
- Termina cuando para ambas direcciones de transmisión, o la señal se restaura o el BER es mejor que  $10^{-3}$  (más pequeño)

UNI - Sistemas de MW

15

### Causas de NO Disponibilidad

- Propagación
  - Pérdida por difracción
  - Entubamiento (ducting) de la señal de RF
  - Lluvia
- Falla de Equipos
- Otros
  - Fallas catastróficas, incendios o caída de la torre

UNI - Sistemas de MW

16

### Propagación

- Las interrupciones relacionadas a la propagación mayores a 10 seg son debidas a:
  - Pérdida por difracción
  - Entubamiento (Ducting)
  - Lluvia
- Los desvanecimientos (fadings) por multi-trayecto no están incluidos (son < 10 seg.)

UNI - Sistemas de MW

17

### Pérdida por difracción

- Causados por desvanecimientos atmosféricos dominantes.
- Hay que tener mucho cuidado para la instalación de las antenas, con altura insuficiente puede ocurrir pérdida de señal.
- Ocurre cuando una parte del frente de onda total es interrumpida por un obstáculo

UNI - Sistemas de MW

18

## Entubamiento (Ducting)

- Ocurre cuando la curvatura del haz, excede la curvatura de la tierra, llegando a interrupciones totales (outages) que pueden durar varias horas.
- Afortunadamente las áreas geográficas con alto riesgo de falla por ducting están bien documentadas. (Se conoce cuales son)
- Se reduce su efecto usando diversidad de espacio con antenas grandes.

UNI - Sistemas de MW

19

## Lluvia

- La interrupción de la señal es proporcional a la tasa de lluvia en la región, no depende del promedio.
- Las moléculas de agua absorben la energía de las microondas en forma de calor.
- A mayor tamaño de gotas mayor atenuación.
- La niebla causa menor atenuación que una lluvia fuerte

UNI - Sistemas de MW

20

- La nieve o lluvia no debe depositarse sobre las antenas, o la atenuación será mayor.
- Las antenas usan cobertores (radomes) para protección.
- La atenuación es de tipo plano.
- Se mejora usando grandes antenas.
- La polarización vertical ayuda mucho y tiene menos atenuación de la horizontal.
- La atenuación por lluvia aumenta con la frecuencia (más crítico a 10 GHz o más)

UNI - Sistemas de MW

21

## Equipos

- **MTBF: Mean Time Before Failure** (tiempo medio antes de la falla)
- **MTTR: Mean Time To Restore** (tiempo medio para reposición)
- Disponibilidad (A)

$$A = \left( \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \right) \times 100\%$$

UNI - Sistemas de MW

22

$$MTBF_{(Enlace)} = \frac{MTBF_{(Terminal)}}{2}$$

- **No Disponibilidad del enlace (U)**  
 $U = (100 - A) \%$
- Para aplicaciones de alta calidad los equipos deben estar protegidos (con respaldo o backup)

UNI - Sistemas de MW

23

## Objetivos de NO Disponibilidad

- Según recomendación G.821 de UIT-R
  - Grado Alto
  - Grado Medio
  - Grado Local
- Para un circuito hipotético de referencia de 27,500 Km, de los cuales 25,000 Km son considerados de grado alto y 2,500 Km (1,250 a cada lado) entre grado medio y grado local

UNI - Sistemas de MW

24

## Grado Alto

- La parte de la columna vertebral (backbone) se diseña para este grado.
- La disponibilidad ( $A$ ) con una longitud  $L$  de enlace entre 280 Km y 2,500 Km deberá ser:

$$A = 100 - \left( \frac{0.3 \times L}{2500} \right) \%$$

UNI - Sistemas de MW

25

## Grado Medio

- El diseñador decidirá la importancia relativa del enlace para determinar cual grado aplicar
- La no disponibilidad está dada en función a 4 clases de calidad definidos para un circuito de este tipo, la longitud varía con cada clase: 280 Km para las clases 1 y 2, 50 Km para las clases 3 y 4

UNI - Sistemas de MW

26

**Tabla 3.1 - Clasificación de Calidad para el Grado medio**

Clase de Calidad	No Disponibilidad ( % )
Clase 1	0,033 %
Clase 2	0,05 %
Clase 3	0,05 %
Clase 4	0,1 %

UNI - Sistemas de MW

27

## Grado Local

- Definido por la UIT como el nivel de calidad para el circuito de abonado (podría decirse "la última milla").
- Ejemplos:
  - Topología punto a multipunto de baja capacidad.
  - Redes de enlaces para celulares
- El grado de presunción va de 0.01 a 0.25%

UNI - Sistemas de MW

28

## Prorrato de Objetivos

- Los objetivos totales de no disponibilidad de 0,3% (alto grado) deben ser prorratados entre las tres principales categorías de desconexión: propagación, equipos, y otros.
- Una aproximación es un igual prorrato, sería:
  - Propagación (difracción, lluvia, "ducting") : 0,1 %
  - Equipos (MTBF y MTTR): 0,1 %
  - Otros (Mantenimiento y fallas por catástrofes, etc.): 0,1 %

UNI - Sistemas de MW

29

## Consejos Prácticos

- La práctica en la industria ha interpretado los objetivos como sigue:
  - Lluvia: disponibilidad del enlace de 99,99 %.
  - Difracción: un valor mínimo de  $k$  especificado para 99,99 % (no disponibilidad de 0,01 %).
  - Ducting : ignorado excepto en áreas de alto riesgo.

UNI - Sistemas de MW

30

- En cuanto a equipos para disponibilidad de alto grado (99.9% con 2,500 Km) los sistemas deben ser de hot-standby (equipo de reserva en caliente) o diversidad en la ruta.
- En las otras clasificaciones el objetivo de 99.9% no es real, sobre todo con frecuencias de enlace altos (por ejemplo 13 GHz)

UNI - Sistemas de MW

31

## Estándares de Rendimiento

- La medida del promedio del BER no es lo más adecuado porque cualquier ráfaga con gran cantidad de errores distorsionará los resultados.
- Los objetivos modernos de rendimientos (G.821 y G.826) proponen la exclusión de las ráfagas con gran cantidad de errores y definir los objetivos de rendimiento sólo en periodos cuando el sistema está disponible

UNI - Sistemas de MW

32

- Estos objetivos de rendimiento consideran una sola dirección de transmisión y se consideran para periodos de un mes
- Los objetivos de disponibilidad, son considerados para ambas direcciones y con medición anual

UNI - Sistemas de MW

33

## Causas de Interrupción

- Las interrupciones cortas que afectan el rendimiento de un sistema son principalmente causadas por tres motivos:
  1. Efectos de desvanecimiento por multitrayecto
  2. Errores internos en el equipo
  3. Viento

UNI - Sistemas de MW

34

## Efectos de desvanecimiento por multitrayecto

- La refracción del haz causa trayectos múltiples sobre el enlace, resultando en:
  - La interrupción por desvanecimiento plano (Desvanecimiento de Raleigh) en sistemas de banda estrecha
  - Interrupción por desvanecimiento selectivo en sistemas de banda ancha.

UNI - Sistemas de MW

35

- El mayor desafío en el diseño del enlace es predecir la cantidad de desvanecimiento por esta causa que pueda ocurrir.
- Para corregir se emplean técnicas avanzadas como las de ecualización adaptiva.

UNI - Sistemas de MW

36

## Errores internos en el equipo

- El ruido térmico origina errores de goteo (*dribble errors*).
- Se emplean sistemas de corrección de errores en adelante (**FEC**: **F**orward **E**rror **C**orrection)

## Viento

- A menudo es inadvertido.
- Si la torre no es lo suficientemente fuerte se moverá por efecto del viento, produciéndose oscilaciones y curvatura de la misma; pudiendo ocurrir interrupciones.
- En zonas arenosas, las tormentas de polvo pueden causar interrupciones.

## Objetivos de Rendimiento

- Objetivos de la recomendación G.821. Los objetivos de rendimiento están referidos a las siguientes definiciones:
  - Segundos con error (**ES**): cualquier período de 1 segundo en el cual al menos ocurre un error
  - Segundos con muchos errores (**SES**): un período de 1 segundo en el cual el BER es mayor que  $10^{-3}$
  - Minutos degradados (**DM**): un período de 60 períodos de 1 segundo, excluyendo cualquier SES, en el cual el BER es mayor que  $10^{-6}$ . Este período no es necesariamente continuo.

## Grado Alto

- De longitud entre 280 Km y 2,500 Km, los criterios de rendimiento son:
  - $BER \geq 10^{-3}$  para no más que  $(0,054 \times L/2500)\%$  del peor mes
  - $BER \geq 10^{-6}$  para no más que  $(0,4 \times L/2500)\%$  del peor mes
  - ES (64 Kbps) para no más que  $(0,32 \times L/2500)\%$  del peor mes

## Tabla 3.2 - Objetivos Grado Medio

Parámetros de Rendimiento	Clase 1 (280 Km)	Clase 2 (280 Km)	Clase 3 (50 Km)	Clase 4 (50 Km)
$BER > 1 \times 10^{-3}$	0,006	0,0075	0,002	0,005
$BER > 1 \times 10^{-6}$	0,045	0,2	0,2	0,5
ES	0,036	0,16	0,16	0,4

## Grado Local

- Para cada dirección de un canal de 64 Kbps los objetivos de rendimiento son definidos como:
  - $BER \geq 10^{-3}$  para no más que 0,015% del peor mes
  - $BER \geq 10^{-6}$  para no más que 1,5% del peor mes (medido en 1 minuto)
  - ES para no más que 1,2% del peor mes

## Prorrrateo de objetivos

- Los objetivos de la UIT – T especificados en estándares tales como G.821 y G.826 están especificados para conexiones internacionales sobre un circuito de referencia de 27,500 Km.
- Es clara la importancia para el diseñador de la red que planifica una ruta de enlace de radio de unos pocos cientos de kilómetros conocer el estándar de ...

UNI - Sistemas de MW

43

...diseño de tal manera que si dicho enlace forma parte de un circuito internacional, la conexión total cumple los objetivos.

- Si el circuito no forma parte de tal larga conexión internacional, puede asumirse que los objetivos son los de una red pequeña.
- El estándar actual usado en la práctica es un compromiso entre la convergencia de objetivos razonablemente prorrrateados y alcanzar el nivel de calidad deseado usando radio-enlaces

UNI - Sistemas de MW

44

- La UIT – T ha proporcionado los tres objetivos
  - SES = 0,2 %,
  - DM = 10 %, y
  - ES = 8 %, sobre 27,500 Km a través de los tres grados de calidad discutidos anteriormente.
- La porción de alto grado asumida en 25,000 Km se le asigna el 40% de los objetivos totales, el 60% se divide (15% en las porciones de grado medio y local para cada extremo)

UNI - Sistemas de MW

45

- Los objetivos de la UIT-R asumen longitud referencial de 2,500 Km, con ello se consiguen un décimo de los objetivos de la UIT-T.
- El prorrrateo del SES es un poco más complicado porque los objetivos de 0.2% sobre 27,500 Km son divididos en dos objetivos de 0.1%, uno para los equipos y el otro para los efectos del desvanecimiento, la porción de alto grado se le asigna el 40% de los objetivos totales del equipamiento.

UNI - Sistemas de MW

46

## Consejos Prácticos

- Los objetivos de la UIT-R para circuitos de 2,500 Km basados en G.821 son:
  - SES = 0.054%
  - DM = 0.4%
  - ES = 0.32%
- En una ruta real el SES es dominante, por lo que este objetivo debería ser considerado en la determinación del tamaño de las antenas.

UNI - Sistemas de MW

47

- En resumen, el objetivo práctico clave para el diseño es:
  - Interrupción ( $10^{-3}$ ) <  $0,054 \times L \text{ (Km)} / 2,500 \%$  (del peor mes)
  - Un enlace de dos saltos de 50 Km por salto debería ser:
    - Interrupción <  $0,054 \% \times (50 + 50) / 2,500 = 0,00216 \%$  (del peor mes)
    - Asumiendo que un mes tiene 2'678,400 segundos (31 días  $\times$  24 horas  $\times$  60 minutos  $\times$  60 segundos) significa que la desconexión en el peor mes debe ser menor que: **29 segundos**

UNI - Sistemas de MW

48

## Recomendación G.826

- G.821 es inadecuado para servicio de datos de alta capacidad.
- G.826 especifica un bloque de bits para análisis que pueden ser significativamente menores que 1 seg.
- Especifica también el tipo de sistema en lugar del tipo de circuito
- No hay DM en el G.826

UNI - Sistemas de MW

49

## Definiciones del G.826

- *Tasa de bloques errados (EBR: Errored Block Ratio)*: un bloque en el cual uno o más bits están errados, y la medida del bloque es especificado separadamente para cada sistema considerado.
- *Tasa de segundos errados (ESR: Errored Second Ratio)*: un período de 1 segundo que contiene uno o más bloques errados.

UNI - Sistemas de MW

50

- Tasa de segundos con muchos errores (*SESR Severely Errored Second Ratio*): Período de un 1 segundo que contiene mas del 30 % de bloques errados o al menos un período severamente perturbados (*SDP Severely Disturbed Period*), por ejemplo cuando ha ocurrido una pérdida de apuntamiento en una de las antenas del enlace.
- Errores de fondo de bloque (*BBE Background Block Error*): un bloque errado que no ocurre como parte de un SES

UNI - Sistemas de MW

51

Tabla 3.3 – Objetivos G.826

Tasa (Mbits/s)	1,5 – 5	>5 – 15	> 15 – 55	< 55 – 160
Bits /bloque	2 000 – 8 000	2 000 – 8 000	4 000 – 20 000	15 000 – 30 000
ESR	0,04	0,05	0,075	0,16
SESR	0,002	0,002	0,002	0,002
BBE	3 X 10 <sup>-4</sup>	2 X 10 <sup>-4</sup>	2 X 10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup>

UNI - Sistemas de MW

52

## Prorrato G.826

- La metodología del prorrato divide el circuito total en porciones nacional e internacional.
- Los dos factores bajo el control de los operadores son la tasa de otorgamiento de bloques BR y la decisión acerca si uno está operando como país terminal o intermedio, lo cual a su vez determina el factor de otorgamiento de bloques BL

UNI - Sistemas de MW

53

Tabla 3.4 - Objetivos del Radio-Enlace Porción Internacional

Tasa (Mbits/s)	1,5 – 5	>5 – 15	> 15 – 55	< 55 – 160
ESR	0,04 (FL+BL)	0,05(FL+BL)	0,075(FL+BL)	0,16(FL+BL)
SESR	0,002(FL+BL)	0,002(FL+BL)	0,002(FL+BL)	0,002(FL+BL)
BBER	3x10 <sup>-4</sup> (FL+BL)	2x10 <sup>-4</sup> (FL+BL)	2x10 <sup>-4</sup> (FL+BL)	10 <sup>-4</sup> (FL+BL)

FL : Factor de asignación de distancia

BL : Factor de otorgamiento de bloques

UNI - Sistemas de MW

54

## Consejos prácticos

- Los ingenieros de diseño trabajan con G.821 o G.826, raramente especifican las presunciones de prorrateo o rangos de parámetros dentro de estas reglas.
- Es necesario hacer presunciones razonables.
- Una condición real de un trayecto hipotético rara vez se presenta, salvo casos de redes muy grandes.

- El diseñador del radio enlaces necesita considerar el tipo de servicio que será proporcionado y que calidad del servicio alternativo frente al cual se comparará el nuevo servicio.
- Este es el aspecto clave a considerar cuando se escoja un estándar para aplicar.
- Si el "backbone" del sistema de radio transportará tráfico que podría ser transportado sobre fibra, debería escogerse el estándar de alta calidad más alto.

UNI - Sistemas de MW

56

- Si no hay medio de transmisión alternativo y el servicio no es crítico, tal como un servicio de voz para un área rural, puede emplearse el estándar de más baja calidad.
- El tipo de red, solamente, no es una buena guía para el fijar el nivel de calidad.
- Por ejemplo, ya ha sido establecido que una red GSM debería ser diseñada para un estándar de grado local; aún si la red de transmisión transportara otros servicios, es aconsejable diseñar la red de transmisión para estándares más altos.

57

## BTM10 E1/T1 Analyzer and BER Tester



## Performance Analysis G.821

- G.821 Degraded Minutes
- G.821 Severely Error Seconds
- G.821 Error Seconds
- G.821 Unavailable Seconds
- G.826 Blocks
- G.826 Available Seconds
- G.826 errored block (EB)
- G.826 background block error (BBE)
- G.826 errored second (ES)
- G.826 severely errored second (SES)
- G.826 errored second ratio (ESR)
- G.826 severely errored second ratio (SESR)
- G.826 background block error ratio (BBER)



**Muchas gracias por su atención**



UNI - Sistemas de MW

60