Cálculo de la indisponibilidad:

Para calcular la indisponibilidad de un vano del enlace seguiremos la metodología de la recomendación P.530 que proporciona la UIT-R, procederemos así:

1. Calculamos la intensidad de lluvia superada en el 0,01% del tiempo según la recomendación UIT-R P.837 (teniendo en cuenta que en nuestro enlace las coordenadas del punto medio son Lat = 41º 21’ 35,0368’’ N ó 41,3597º y Lon = 4º 54’ 57,0654’’ O ó -4,9158º) y los valores de k y α para polarización horizontal y frecuencia de 23 GHz con el programa que proporciona la propia UIT-R. Tenemos que:
   1. R0,01 = 23.2303 mm/h.
   2. k = 0,1286.
   3. α = 1,0214.
2. Calcularemos la PrxCN en el elemento (vano) y en función del umbral requerido por el equipo receptor determinaremos el margen necesario para el atenuador (MD = PrxCN – U = Fq).
3. Con los resultados anteriores y en función de la distancia, calculamos q% del tiempo que se excede ese valor de MD con ayuda de la función [q] =MDTinv(Fq, d , f, R\_001, k, alpha) y dicho valor de q se corresponderá con la indisponibilidad por lluvia (URlluvia = q). (se puede anexar al final)
4. En función del equipo elegido, calculamos la indisponibilidad de equipos según la fórmula URequipos = Nequipos\*MTTR\*100/MTBF.
5. Calculamos la indisponibilidad del vano como URvano = URlluvia + URequipos
6. Desde el punto 2 al 5 se repite el proceso con todos los vanos del enlace y con los resultados obtenidos calculamos la URtotal =

Elección de equipos:

De entre los equipos que hay disponibles, el TRuepoint 5000 no lo vamos a tomar en consideración porque la separación entre canales con la que trabajaremos no se corresponde con ninguna de las que nos ofrece. Dicho esto, detallamos las características y parámetros de interés del resto de equipos para el posterior cálculo comparativo del balance de enlace:

Alcatel-Lucent 9500 Microwave Cross-Connect:

Para canales de 56 MHz este equipo nos ofrece la posibilidad de trabajar con 64 QAM y 128 QAM:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Potencia (dBm) | Umbral (dBm), BER=10-6 | Modulación | Capacidad |
| 16,5 | -71 | 64 QAM | 106xE1 |
| 15,5 | -65 | 128 QAM | 2xSTM1 |

Eclipse:

De los tres modelos de este dispositivo que ofrece Aviat Networks, el modelo ODU300SP no trabaja con las modulaciones que pretendemos utilizar, de modo que no lo consideraremos.

Eclipse ODU300HP/EP:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Potencia (dBm) | Umbral (dBm), BER=10-6 | Modulación | Capacidad |
| 16,5 | -71 | 64 QAM | 200 Mbps |
| 16,5 | -67,5 | 64 QAM | 250 Mbps |
| 15,5 | -65 | 128 QAM | 2xSMT1, 310 Mbps |
| 13,5 | -61,5 | 256 QAM | 360 Mbps |

Motorola PTP 800:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Potencia (dBm) | Umbral (dBm), BER=10-6 | Modulación | Capacidad |
| 17 | -70,8 | 64 QAM | 255,2 Mbps |
| 17 | -67,8 | 128 QAM | 303,5 Mbps |
| 15 | -65,1 | 256 QAM-L | 347,1 Mbps |
| 15 | -63,2 | 256 QAM-H | 368,6 Mbps |

Considerando la longitud de nuestro enlace (d = 69,48 km), mínimo necesitamos dos vanos para cumplir con el requisito de 1 vano máximo por 40 km. Por tanto, hemos realizado el balance de potencias para los tres equipos anteriores y las tres modulaciones considerando dos vanos.

Teniendo en cuenta que debemos restar 2 dB a las Ptx anteriores y sumar 2 dB a los umbrales, en las siguientes tablas actualizamos los resultados obtenidos para cada configuración y aplicamos las fórmulas del balance de enlace:

PrxCN=Ptx – 2xLt + 2xG – Lb

MD=PrxCN – U

Siendo:

* Lb=20xlog10(4πdvano / λ) + γgasesdvano = 20xlog10(4πx34720 / 0,013) + 0,2x34,72 = 157,4409 dB
* Lt = 1,5 dB
* G = 43,6 dB

Modulación 64 QAM

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Equipos | Alcatel | Aviat 200 M | Aviat 250 M | Motorola |
| Ptx (dBm) | 14,5 | 14,5 | 14,5 | 15 |
| PrxCN (dBm) | -58,7409 | -58,7409 | -58,7409 | -58,2409 |
| U (dBm) | -69 | -69 | -65.5 | -68.8 |
| MD (dB) | 10,2591 | 10,2591 | 6,7591 | 10,5591 |

Modulación 128 QAM

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Equipos | Alcatel | Aviat | Motorola |
| Ptx (dBm) | 13,5 | 13,5 | 15 |
| PrxCN (dBm) | -59,7409 | -59,7409 | -58,2409 |
| U (dBm) | -63 | -63 | -65,8 |
| MD (dB) | 3,2591 | 3,2591 | 7,5591 |

Modulación 256 QAM

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Equipos | Alcatel | Aviat | Motorola 347M | Motorola 368M |
| Ptx (dBm) | - | 11,5 | 13 | 13 |
| PrxCN (dBm) | - | -61,7409 | -60,2409 | -60,2409 |
| U (dBm) | - | -59,5 | -63,1 | -61,2 |
| MD (dB) | - | -2,2409 | 2,8591 | 0,9591 |

Como podemos observar en los resultados anteriores, para trabajar con una modulación de 64 QAM todos los equipos ofrecen las mismas prestaciones en cuanto a MD, pero si quisiéramos aumentar dichas modulaciones a 128 y 256 QAM, el equipo de Motorola es el que mejores resultados nos da. Por tanto, nos quedaremos con este que además para todas las modulaciones ofrece mayor Rb que los anteriores equipos, aunque nos limita a trabajar con Ethernet.

Atenuación por lluvia en función del número de vanos: