



**Evaluación de parámetros de desempeño de una implementación de red DWDM coherente de cobertura nacional para la empresa V usando tecnología de Padtec.**

Jonny Albeiro Taborda Acosta

Informe final para optar al título de Ingeniero de Telecomunicaciones

Asesor Interno

Ana María Cárdenas Soto, PhD

Asesor Externo

Hernán Dario Yepes Montoya,

Msc. en Ingeniería de Telecomunicaciones.

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Electrónica

Ingeniería de Telecomunicaciones

Medellín

2023

---

Cita	Taborda Acosta Jonny
<b>Referencia</b>  Estilo IEEE (2020)	J. Taborda Acosta, “Evaluación de parámetros de desempeño de una implementación de red DWDM coherente de cobertura nacional para la empresa V usando tecnología de Padtec.”, Semestre de Industria, Ingeniería de Telecomunicaciones, Universidad de Antioquia, Medellín, 2023.

---



**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Julio César Saldarriaga Molina

**Jefe departamento:** Augusto Enrique Salazar Jiménez.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## Índice de contenido

1.0 MARCO TEÓRICO.....	7
1.1 TIPOS DE NODOS QUE CONFORMAN UNA RED OTN.....	8
1.2 PARÁMETROS DE DESEMPEÑO DE UNA RED ÓPTICA. ....	11
1.2.1 Presupuesto Óptico de potencia.....	11
1.2.2 OSNR .....	11
1.2.3 BER pre FEC.....	13
1.2.4 Factor de calidad Q.....	13
2.0 METODOLOGÍA .....	14
2.1 CÁLCULOS TEÓRICOS .....	15
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA RED OTN PARA LA EMPRESA V.....	15
2.2.1 Atenuación de potencia óptica.....	17
2.2.2 Matriz de tráfico .....	18
2.2.3 Presupuesto óptico y OSNR por canal.....	19
3.0 IMPLEMENTACIÓN.....	23
3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	27
4.0 CONCLUSIONES .....	29
5.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	31
ANEXO 1. CÁLCULOS TEÓRICOS DE CADA UNO DE LOS ENLACES IMPLEMENTADOS. ....	32
ANEXO 2 REGISTRO DE PARÁMETROS DE DESEMPEÑO TRAS IMPLEMENTACIÓN. ....	49

## Índice de Tablas

Tabla 1.	Valor de OSNR mínimo por tasa de transmisión, formato de modulación y separación de canales .....	12
Tabla 2.	Información de enlaces agregados en la implementación de la fase 1. ....	16
Tabla 3.	Información de atenuación de potencia en fibra externa en enlaces agregados en la implementación de la fase 1 .....	17
Tabla 4.	Información de matriz de tráfico de canales correspondientes a la implementación de la fase 1 .....	18
Tabla 5.	Información de osnr cálculos teóricos de canales correspondientes a la fase 1. ....	22
Tabla 6.	Información de osnr cálculos de implementación de canales correspondientes a la fase 1.....	26
Tabla 7.	Información de canales pendientes de implementación correspondientes a la fase 1.....	26

**Índice de figuras**

Figura 1.	Diagrama de enlace punto a punto DWDM [3].....	8
Figura 2.	Diagrama nodo amplificador.....	9
Figura 3.	Diagrama nodo OADM. ....	9
Figura 4.	Diagrama nodo WSS ROADMs. ....	10
Figura 5.	Diagrama nodo terminal. ....	11
Figura 6.	Uso del sistema de corrección de errores de reenvío (PRE-FEC). [4].....	13
Figura 7.	Topología previa a la implementación de la fase 1. ....	15
Figura 8.	Diseño de topología de red y matriz de tráfico fase 1. ....	16
Figura 9.	Diagrama de enlace protegido Riohacha – San Rafael.....	19
Figura 10.	Diagrama de enlace protegido San Rafael – Maracaibo .....	20
Figura 11.	Interfaz web NMS Plus describiendo listado de colectores implementados. ....	23
Figura 12.	Interfaz web NMS Plus describiendo estado de sub- rack y tarjetas instaladas en sitio.....	24
Figura 13.	Interfaz web NMS Plus describiendo estado de parámetros de desempeño en TM800 lado Riohacha. .....	25
Figura 14.	Interfaz web NMS Plus describiendo estado de parámetros de desempeño en TM800 lado Maracaibo.....	25
Figura 15.	Curvas de atenuación y dispersión cromática en los diferentes tipos de fibra.....	28
Figura 16.	Diagrama de enlace San Rafael – Punto Fijo.....	32
Figura 17.	Diagrama de enlace protegido san rafael - maracaibo .....	32
Figura 18.	Diagrama de enlace Maracaibo – Cabimas .....	35
Figura 19.	Diagrama de enlace Cabimas – El Venado – Carora.....	36
Figura 20.	Diagrama de enlace Carora – Barquisimeto.....	37
Figura 21.	Diagrama de enlace Maracaibo - Barquisimeto .....	39
Figura 22.	Diagrama de enlace Valera - Barinas.....	40
Figura 23.	Diagrama de enlace Mérida- Timotes- Valera.....	42
Figura 24.	Diagrama sistémico de enlace Santa Bárbara- Barinas .....	44
Figura 25.	Diagrama sistémico de enlace Santa Bárbara- San Cristóbal .....	46
Figura 26.	Diagrama de enlace san Cristóbal - Barinas .....	48

## **Presentación de la empresa**

Padtec S.A. es una empresa brasileña fundada en 2001, con sede en Campinas, en el estado de São Paulo. Opera en el mercado de las telecomunicaciones desarrollando, fabricando y comercializando soluciones llave en mano para sistemas ópticos. Padtec ha sido el mayor centro de fabricación de sistemas de transporte óptico con la tecnología de multiplexado denso por división en longitudes de onda (DWDM) por sus siglas en inglés, en América Latina y como resultado de una fuerte vocación por la investigación y el desarrollo, la tecnología pionera de Padtec recorre grandes distancias y desafía los límites para conectar al mundo de manera inteligente.

Como punto de referencia en tecnología y sistemas de transporte óptico de alta capacidad, Padtec ofrece una amplia cartera de productos que cumple con las demandas de extremo a extremo, en transmisión, amplificación óptica y protección de ruta, de los principales operadores, integradores, carriers de carriers, empresas de energía y proveedores de servicios.

### **Resumen – Caso de estudio**

Padtec atiende múltiples proyectos por todo América Latina, aumentando su participación en implementación de proyectos Long Haul (Redes de larga distancia) DWDM, dando soluciones en tecnología OTN/DWDM a la empresa V, una empresa de telecomunicaciones en el mercado venezolano dedicada al desarrollo de proyectos en red con fibra óptica.

Actualmente, V requiere expandir su capacidad y cobertura de transmisión con el fin de ofrecer mejores servicios a sus usuarios y cubrir nuevos mercados a nivel nacional. Por tal motivo, nace el proyecto V Fase 1, que consiste en una ampliación de infraestructura óptica que permitirá aumentar sus capacidades de transmisión, protección de sus enlaces y cobertura del servicio.

Dicha expansión consiste en la implementación de 1320 km distribuidos en 14 tramos de fibra, de los cuales tenemos 2 enlaces punto a punto con capacidad de 200 Gbps, 4 enlaces con etapas de amplificación con capacidad de 200 Gbps y 4 enlaces con nodos de amplificación y des-agregación intermedia con capacidad de 200 Gbps. Para este tipo de implementaciones es necesario garantizar que los parámetros de desempeño alcancen un valor óptimo que nos permita una comunicación sin errores en tramos de fibra que superan incluso los 200 km de distancia sin etapas de amplificación. Este trabajo tiene como enfoque realizar la medición de dichos parámetros y comparar su valor con los obtenidos de manera teórica, de modo que, tras la implementación, se pueda garantizar el correcto funcionamiento de la red DWDM.

**Palabras clave** – DWDM, fibra óptica, OTN.

## Objetivos

Apoyar en la evaluación de parámetros de desempeño de una implementación de red de transporte nacional para la empresa V basada en tecnología DWDM coherente, mediante la herramienta NMS de Padtec.

### Objetivos específicos:

- Realizar un análisis conceptual y teórico sobre los elementos relevantes que involucran la implementación de capa óptica y parámetros que determinan el correcto funcionamiento de redes de transporte nacionales de larga distancia.
- Asistir la ejecución del proyecto de red nacional DWDM V según diseño de la topología y registrar los parámetros de desempeño obtenidos, canal a canal, en los equipos instalados.
- Analizar el desempeño de los enlaces implementados en el proyecto de red V, mediante la comparación de los datos teóricos con los obtenidos a través del NMS Padtec.

## 1.0 Marco Teórico

Las redes de transporte óptico (Optical Transport Network - OTN) están definidas por la ITU-T como un conjunto de elementos ópticos de red conectados por enlaces de fibra óptica que son capaces de proveer funcionalidad de transporte, multiplexación, enrutamiento, gestión y supervisión de los canales ópticos en los que viajan las señales de información. OTN maneja diversos protocolos que permiten la gestión de los equipos, monitorear el rendimiento de la red, manejo del jitter, así como también están definidas la arquitectura de trama y las características físicas de la red. Una de las aplicaciones más importantes de OTN es la implementación de sistemas DWDM basados en OTN, es decir, los elementos de red son los utilizados para redes DWDM, pero el transporte de la información se hace a través de protocolos OTN [1].

La Multiplexación por División de Onda (WDM) y Multiplexación por División de Onda Densa (DWDM) son tecnologías que nos permiten transmitir múltiples longitudes de onda en una misma fibra óptica simultáneamente como se observa en la figura 1. El rango de longitudes de onda utilizado en la fibra puede ser dividido en varias bandas, las cuales contienen un amplio número de canales. Cada uno de estos canales, a distinta longitud de onda, puede transmitir señales de diferentes velocidades y formatos. WDM, incrementa la capacidad de transmisión en el medio físico (fibra óptica), asignando a las señales ópticas de entrada, específicas frecuencias de luz (longitudes de onda), principalmente las que están dentro del rango

de la banda convencional (banda C), cuyas longitudes de onda se encuentran entre los 1530 y los 1565 nm. [2]

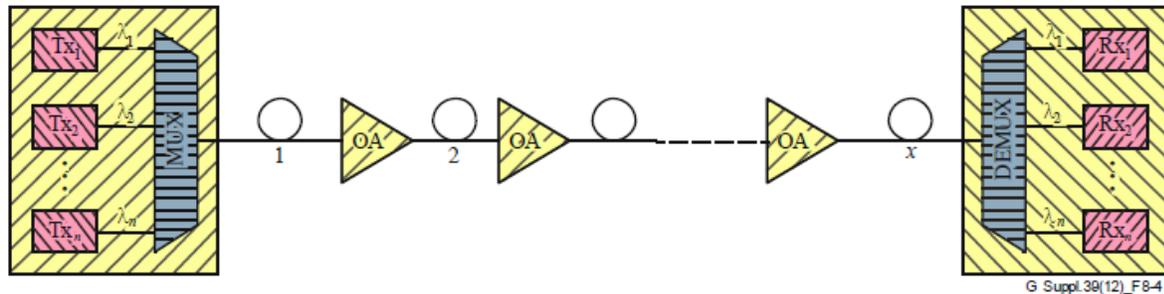


Figura 1. Diagrama de enlace punto a punto DWDM [3].

En la actual topología de red V Fase 1, las distancias de transporte de un canal superan los 500 km sin nodos de regeneración, estas redes son llamadas Long-Haul Networks, son redes terrestres de fibra óptica de larga distancia que conectan ciudades y países de todo el mundo. En la actualidad, estas redes suelen tener entre unos cientos y varios miles de kilómetros y han migrado en gran medida a sistemas de multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM) que a diferencia de la Multiplexación por División de Onda (WDM), los canales son más estrechos y aumenta el número alcanzando hasta los 80 canales de 50 GHz de espectro. Estas redes son funcionales mediante el direccionamiento y amplificación en potencia de los diferentes canales, que dan origen a diferentes tipos de nodos los cuales mencionaremos a continuación:

## 1.1 Tipos de nodos que conforman una red OTN

### Nodo de amplificación óptica

Este tipo de nodo tiene la funcionalidad de amplificar la señal óptica en vanos de grandes distancias o grandes pérdidas. En la figura 2 se muestra un diagrama de nodo amplificador, donde es utilizado un amplificador óptico de línea (LOA), el cual tiene dos etapas de amplificación tanto en transmisión como en recepción. Cada una de estas etapas tiene una funcionalidad específica, donde A<sub>21</sub> hace referencia a la etapa de pre-amplificación siendo el numero 21 el valor de referencia a la máxima potencia de transmisión del amplificador (21 dBm) y L<sub>21</sub> hace referencia a la etapa de amplificación de transmisión, encargado de recuperar pérdidas que se generen por elementos pasivos dentro de las dos etapas de amplificación, como ejemplo, compensadores de dispersión cromática en el caso de redes compensadas, las cuales son redes que requieren dichos compensadores. [2]

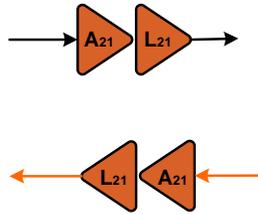


Figura 2. Diagrama Nodo Amplificador.

Recuperado del diagrama sistémico del proyecto.

### Nodo Multiplexor óptico de agregación y desagregación (Optical Add Dropp Multiplexer OADM)

Extraen e insertan los canales ópticos pre-planificados por medio de filtros pasivos sintonizados a una longitud de onda específica. El OADM, está basado en rejillas de difracción que tienen la capacidad de añadir o retirar selectivamente un canal individual o un subconjunto de longitudes de onda del sistema de transmisión, sin una regeneración completa opto-electrónica de todas las longitudes de onda, y permite manipular el tráfico sobre la base de la longitud de onda en la capa óptica. [4] La capacidad de tráfico es menor en estos nodos y tiene dos vías o caminos. Atendiendo al costo, son los más económicos por su simpleza al ser elementos pasivos en comparación a soluciones con multiplexor óptico de agregación y desagregación reconfigurable (ROADM). En la figura 3 se muestra un diagrama de nodo OADM de 8 canales, donde tenemos amplificación en dos direcciones con amplificadores tipo EDFA (Erbium-Doped Fiber Amplifier), amplificación necesaria para compensar las pérdidas de inserción que obtenemos en el OADM, observamos de qué manera se agrega y se desagrega el tráfico de los diferentes canales de manera específica (Canal 21 y Canal 22) en ambas direcciones por los puertos Add/Dropp y la posición de inserción en el sub rack o armario (Slots) de las transponders.

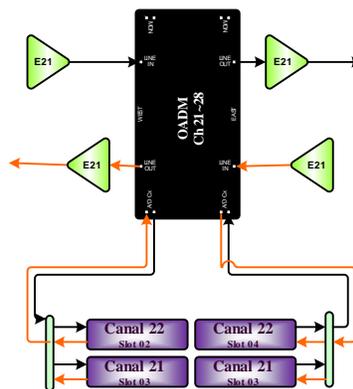


Figura 3. Diagrama Nodo OADM.

Recuperado del diagrama sistémico del proyecto.

### Nodo Multiplexor óptico de agregación y desagregación reconfigurable (Wavelength Selective Switch Reconfigurable Optical Add Dropp Multiplexer WSS ROADMs)

Los nodos WSS ROADMs tienen las mismas características que los OADMs con la salvedad que se usan tarjetas WSS, que conmutan longitudes de onda específicas que operan en el dominio óptico. Tienen como prestación el enrutado de longitudes de onda o canales según las necesidades. Existen varios tipos de WSS atendiendo al número de vías con las que puede trabajar, podemos distinguir WSS de 4 vías y de 9 vías. Con este tipo de elementos de red se puede tener varias configuraciones y funcionalidades, como son: Control automático de ecualización, atenuación y potencia por canal. En la figura 4 se muestra un diagrama de una de las vías de un nodo WSS ROADM de 4 vías, donde se especifican elementos de multiplexado y demultiplexado de diferentes canales agregados (Canal 28 y Canal 23), amplificación de línea en recepción y amplificación Booster (B24) el cual es un amplificador de una sola etapa con una potencia máxima de transmisión de 24 dBm. Además, se muestra a través de qué puertos hace interconexión con las demás vías del WSS ROADM [2]

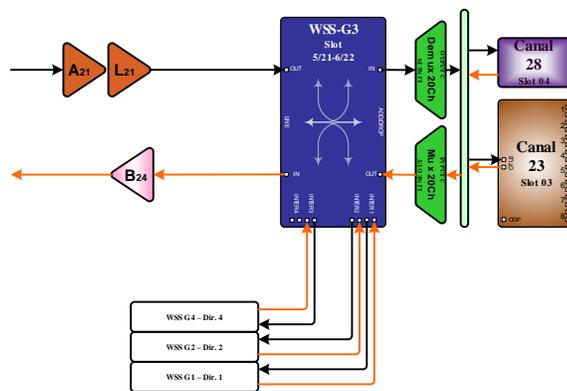


Figura 4. Diagrama Nodo WSS ROADMs.

Recuperado del diagrama sistémico del proyecto

### Nodo Terminal

A través de este nodo se hace tanto la agregación como la desagregación de todo el tráfico (Canales) que llegan a él, realizando el multiplexado y demultiplexado de las señales ópticas, tal como se representa en la figura 5, donde se muestra un esquema sencillo conformado por un Mux/Dmux de 40 canales de capacidad y dos transponders que se encargan de originar y recibir la señal óptica.

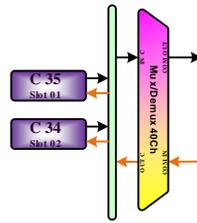


Figura 5. Diagrama Nodo Terminal.

Recuperado del diagrama sistémico del proyecto

## 1.2 Parámetros de desempeño de una red óptica.

Para verificar el correcto desempeño de las redes, se hace el análisis de los principales parámetros que nos indican el cumplimiento a la norma internacional [3] para este tipo de enlaces, tramo a tramo y por canal implementado en toda la topología. Dentro de los principales parámetros encontramos el presupuesto de potencia, análisis BER pre FEC, OSNR y factor de calidad, los cuales mencionaremos a continuación:

### 1.2.1 Presupuesto Óptico de potencia

La potencia de la luz láser que sale a través de la fibra óptica, la cual se mide en dBm, a medida que recorre el trayecto hasta llegar al otro extremo, se va perdiendo debido a los diferentes mecanismos de absorción, dispersión y reflexiones de la luz al interior del medio de transmisión, además de pérdidas de inserción de elementos ópticos. Por lo que es necesario verificar los márgenes de sensibilidad de los receptores para garantizar una correcta comunicación en la red.

### 1.2.2 OSNR

En un sistema de comunicación óptico, la relación señal a ruido óptico (OSNR) es la relación entre la potencia de la señal óptica y la potencia del ruido óptico a la salida del medio óptico. La relación señal a ruido es una medida de cómo una buena señal óptica sobresale a cualquier luz que se genere de manera no deseada en el sistema, como lo es el ruido de emisión espontánea amplificada (ASE, amplified spontaneous emission), el cual es un factor de degradación típico en enlaces de comunicaciones ópticas de larga distancia que utilizan cadenas de amplificadores ópticos (normalmente EDFAs). La señal debe ser considerablemente más potente que el ruido subyacente. La señal reduce su potencia con la distancia en una fibra óptica y debe ser necesariamente elevada en forma periódica, por medio de amplificadores ópticos. No obstante, la ganancia óptica asociada a esos amplificadores debe balancearse contra el ruido adicional que cada amplificador introduce. Los amplificadores ópticos aumentan el nivel de potencia, pero también el ruido

indeseado. Mientras menor sea la diferencia entre la potencia de la señal y la potencia del ruido, menor será el OSNR. [3]

Cálculo de OSNR por enlace [3]:

$$OSNR_x \text{ dB} = Pin_x \text{ (dBm)} - NF \text{ (dB)} + 58 \text{ (dBm)}$$

El valor 58 es establecido para una Long Onda de 1550 nm y ancho de banda de canal de 0.1 nm.

$Pin$ : Potencia de entrada al amplificador óptico.

$NF$ : Figura de ruido.

Cálculo de OSNR acumulado, Ruido acumulado cuando los amplificadores son iguales en su OSNR, siendo  $x$  el número de amplificadores en cascada [4]:

$$OSNR_x = \frac{1}{10^{\frac{OSNR_x \text{ dB}}{10}}}$$

Ruido acumulado de amplificadores que tienen diferente OSNR:

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{OSNR(x1) + OSNR(x2) + OSNR(x3) + OSNR(x4)}$$

En la siguiente tabla, podemos observar los valores mínimos de OSNR necesarios para alcanzar una tasa de transmisión específica, tomando en cuenta su formato de modulación y grilla mínima (separación de canales), se precisa que al momento de aumentar los bits/símbolo, la distancia euclidiana de los datos se reduce aumentando la probabilidad de registro de errores en la comunicación, por lo que es necesario un valor de OSNR más alto en dichos formatos de modulación.

*Tabla 1. Valor de OSNR Mínimo por Tasa de Transmisión, Formato de Modulación y Separación de Canales.*

<u>Tasa</u>	<u>Formato de Modulación</u>	<u>Bits/symbol</u>	<u>Tasa de Símbolos</u>	<u>Grilla Mínima</u> <u>(GHz)</u>	<u>OSNR (dB)</u>
100G	DP-QPSK	2	34.72	37.5	10.2
200G	DP-QPSK	2	69.43	100	13.4
200G	DP-16QAM	4	34.71	50	17.0
300G	DP-8QAM	3	69.43	100	17.8
300G	DP-32QAM	3	46.29	50	20.0
400G	DP-16QAM	4	69.43	100	21.2

Nota: Información obtenida a través de los datasheets y manual de usuario de los elementos Padtec.

\*A medida que se aumenta la tasa de transmisión, de igual manera lo hace el ancho espectral de la señal, obteniendo como limitante un ajustado ancho de banda que requiere cambiar el formato de modulación, aumentando el número de bits por símbolo y reduciendo la distancia de cada uno de los símbolos en la constelación de la señal, lo cual hace que, en presencia de ruido introducido al sistema por los amplificadores ópticos, la tasa de error aumenta y los bits se vuelven indistinguibles. Por tal motivo, se debe respetar un umbral de OSNR mínimo el cual aumenta proporcionalmente a la tasa de transmisión para que garantice el desempeño de la comunicación y se logren cubrir las distancias deseadas.

### 1.2.3 BER pre FEC

La tasa de errores binarios (BER) es el indicador final para medir la calidad de datos que son entregados por nuestro transponder. Debido al impacto de factores tales como el ruido, los efectos no lineales y la dispersión, tanto cromática (CD) como por estado de polarización (PMD), las formas de onda de las señales ópticas acopladas a las fibras se distorsionan cuando las señales ópticas llegan al final de los enlaces de fibra. Por lo tanto, los errores de bits están presentes cuando el receptor convierte las señales ópticas en señales eléctricas. [1]

Las interfaces de la red de transporte óptico (OTN) utilizan la tasa de errores de bits (BER) anterior a la corrección de errores (pre-FEC) para monitorear la condición de un enlace OTN, sin embargo, tiene la capacidad de reducir la tasa de error hasta un margen de  $10e-12$ . Si se utiliza la corrección de errores de reenvío (pre-FEC) como podemos observar en la figura 6, los valores de sensibilidad de recepción y penalidad de trayecto óptico medidos en la salida del receptor (punto A) con una tasa BER de  $1.8 \times 10^{-4}$  serán normalmente estimaciones prudentes de los valores de sensibilidad de detector y penalidad del trayecto para un valor BER de  $10e-12$  después del decodificador FEC (punto B). [4]

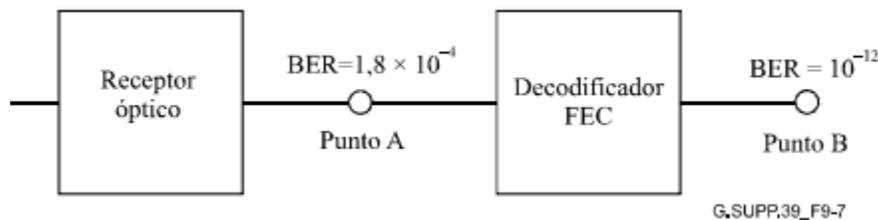


Figura 6. Uso del sistema de corrección de errores de reenvío (pre-FEC). [4]

### 1.2.4 Factor de calidad Q

A este factor Q se le conoce habitualmente como relación señal a ruido (SNR) en unidades de tensión o corriente. está dado por el valor medio de los niveles lógicos  $\mu_0$  y  $\mu_1$ , y por la distribución del ruido

gaussiano en torno a los niveles lógicos, definidos por las desviaciones típicas  $\sigma_0$  y  $\sigma_1$ . [5] Es el parámetro que da cuenta del nivel de calidad de la señal transmitida tras las degradaciones originadas por las características del medio de transmisión (Principalmente por el ruido).

$$Q = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\sigma_0 + \sigma_1}$$

## 2.0 Metodología

**Fase 1: Realizar un análisis conceptual y teórico sobre los elementos relevantes que involucran la implementación de capa óptica y parámetros que determinan el correcto funcionamiento de redes de transporte nacionales de larga distancia.**

**1.1** Estudiar detalladamente la documentación provista para entender el funcionamiento y configuración de los equipos que hacen parte de la solución.

**1.2** Revisar la topología de red del proyecto con el fin de identificar puntos críticos que se presentan al momento de la implementación de los elementos de red y servicios.

**1.3** Realizar los cálculos teóricos de los enlaces de la topología de red, tomando en cuenta los parámetros de desempeño y validar la correcta estructura del diseño.

**Fase 2: Asistir la ejecución del proyecto de red nacional DWDM V según diseño de la topología y registrar los parámetros de desempeño obtenidos en los equipos instalados a través del NMS Padtec.**

**2.1** Realizar la configuración de los equipos DWDM correspondientes a la plataforma LigthPad i6400G a través del NMS Padtec de acuerdo al cronograma establecido por el gerente de proyectos.

**2.2** Realizar la correcta calibración de los canales establecidos en la matriz de tráfico del proyecto por medio de un analizador de espectro óptico y ejecutando pruebas de desempeño RFC2544 por medio de un analizador de protocolos.

**2.3** Comparar los cálculos obtenidos de manera teórica de la topología de red con los valores obtenidos a través del NMS Pactec de cada uno de los elementos de red implementados.

**Fase 3: Analizar el desempeño de los enlaces implementados en el proyecto de red V, mediante la comparación de los datos teóricos con los obtenidos a través del NMS Padtec.**

**3.1** Documentar los valores obtenidos durante la implementación de la red de transporte a través del NMS Padtec en los diferentes nodos de la topología V Fase 1.

**3.2** Presentar el estado de la implementación mediante un informe, donde se acoten los parámetros que garanticen rendimiento y escalabilidad de la red Long-Haul DWDM.

## 2.1 Cálculos teóricos

La empresa V en sus operaciones dentro del territorio local presenta una topología y matriz de tráfico de canales, fibra mono-modo G652 a implementar y algunos de sus enlaces presentan fibra G655, como es el caso del tramo Punto Fijo <> San Rafael, tramo de fibra submarina con implementación previa a la ampliación que implica la ejecución de la fase 1. En la figura 7 observamos la topología previa a la implementación de la fase 1, donde podemos observar en su mayoría, nodos de amplificación y nodos terminales.

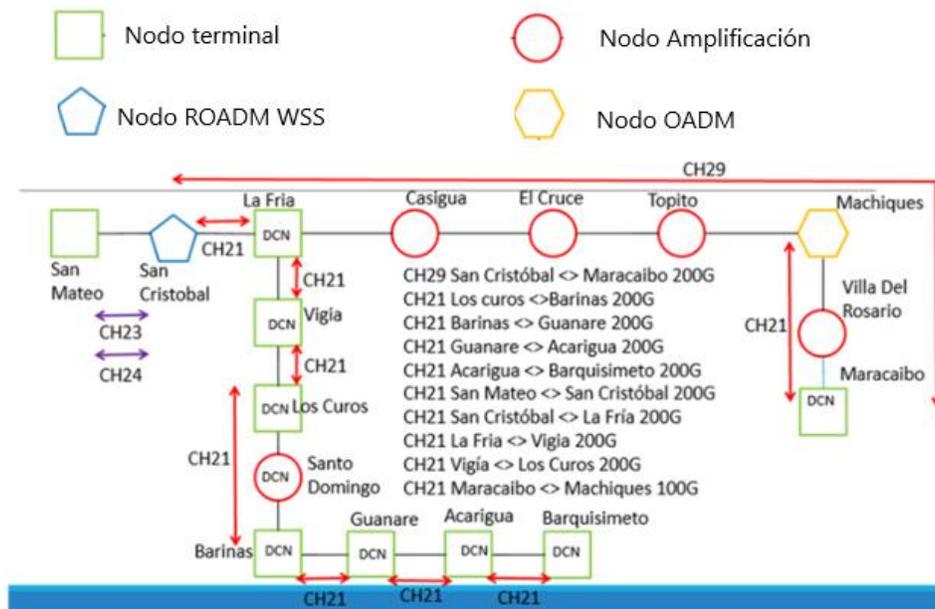


Figura 7. Topología Previa a la implementación de la fase 1.

Tomada de la documentación del proyecto.

## 2.2 Descripción de la red OTN para la empresa V.

En la topología de red representada en la Figura 8, observamos una red de larga distancia nacional DWDM, diseño de red de anillos interconectados donde en algunos enlaces se presenta doble ruta para efectos de protección y un despliegue de fibra óptica que alcanza una longitud de más de 3000 km, con enlaces punto a punto que cubren desde los 50 hasta los 140 km y canales que son transportados hasta los 600 km sin regeneración. Además de su respectiva matriz de tráfico, canales a implementar y capacidad de los mismos, donde se especifica el tipo de transponder a utilizar en cada uno de los nodos.

Para la implementación de la Fase 1, es necesario que algunos de los nodos sean transformados en nodos que soporten mayor capacidad de direccionamiento de tráfico como lo son los nodos ROADM WSS, los sitios que fueron cambiados fueron:



San Rafael	Terminal	Maracaibo	ROADM WSS	50
Maracaibo	ROADM WSS	Cabimas	Terminal	55
Cabimas	Terminal	El Venado	Amplificación	90
El Venado	Amplificación	Carora	Amplificación	120
Carora	Amplificación	Barquisimeto	ROADM WSS	100
Barinas	ROADM WSS	Socopó	Amplificación	90
Socopó	Amplificación	Santa Bárbara	Terminal	70
Santa Bárbara	Terminal	Santo Domingo	Amplificación	122
Santo Domingo	Amplificación	San Cristóbal	ROADM WSS	52
Barinas	ROADM WSS	Valera	ROADM WSS	140
Valera	ROADM WSS	Timotes	Amplificación	50
Timotes	Amplificación	Los Curos (Mérida)	ROADM WSS	120

Nota: Información obtenida a través de documentación del proyecto.

### 2.2.1 Atenuación de potencia óptica

Para cada uno de los enlaces tomaremos un factor de atenuación de 0,27 dB/km, valor aportado por el cliente bajo prueba a su infraestructura óptica. En la siguiente tabla, calculamos los valores de atenuación en fibra externa del enlace (no se toman en cuenta atenuaciones ocasionadas por elementos activos y/o pasivos).

$$At = \text{Distancia del enlace} * \text{Factor de atenuación de la fibra óptica}$$

Tabla 3. Información de atenuación de potencia en fibra externa en enlaces agregados en la implementación de la Fase 1.

<u>Sitio A</u>	<u>Sitio B</u>	<u>Factor de Atenuación</u> <u>(dB/km)</u>	<u>Distancia de</u> <u>Enlace (km)</u>	<u>Atenuación teórica</u> <u>del enlace (dB)</u>
Riohacha	San Rafael	0,27	165	44,5
San Rafael	Punto Fijo	0,27	223	60,2
San Rafael	Maracaibo	0,27	50	13,5
Maracaibo	Cabimas	0,27	55	14,85
Cabimas	El Venado	0,27	90	24,3
El Venado	Carora	0,27	120	32,4

Carora	Barquisimeto	0,27	100	27
Barinas	Socopó	0,27	90	24,3
Socopó	Santa Bárbara	0,27	70	18,9
Santa Bárbara	Santo Domingo	0,27	122	32,9
Santo Domingo	San Cristóbal	0,27	52	14
Barinas	Valera	0,27	140	37,8
Valera	Timotes	0,27	50	13,5
Timotes	Los Curos (Mérida)	0,27	120	32,4

Nota: Información de distancias de enlace obtenida a través de documentación del proyecto.

### 2.2.2 Matriz de tráfico

V en su ampliación de cobertura, tiene contemplada una matriz de tráfico con canales específicos entre nodos estratégicos para su operación. La longitud que puede separar estos nodos depende del número de nodos intermedios a los nodos terminales y del factor de OSNR acumulado en la totalidad de la ruta del canal. La tabla 4 nos presenta información de la matriz de tráfico a implementar, origen y destino de los enlaces además de capacidad y características adicionales como es el caso de los enlaces protegidos con llaves ópticas.

Tabla 4. Información de matriz de tráfico de canales correspondientes a la implementación de la Fase I.

<u>Sitio A</u>	<u>Sitio B</u>	<u>Canales</u>	<u>Canal Protegido</u>	<u>Capacidad</u>
Riohacha	Maracaibo	C23/C24	SI	2*200G
Punto Fijo	Maracaibo	C21/C22	SI*	2*200G
Maracaibo	Cabimas	C21	NO	200G
Cabimas	Barquisimeto	C21	NO	200G
Maracaibo	Barquisimeto	C23	NO	200G
Barinas	Santa Bárbara	C21	NO	200G
Santa Bárbara	San Cristóbal	C21	NO	200G
Barinas	San Cristóbal	C23	NO	200G

Barinas	Valera	C21	NO	200G
Valera	Mérida	C21	NO	200G

Nota: \*Ruta Punto Fijo- Maracaibo está protegida a partir de paso por San Rafael.

### 2.2.3 Presupuesto óptico y OSNR por canal

Sitio A	Sitio B	Canales	Canal Protegido	Capacidad
Riohacha	Maracaibo	C23/C24	SI	2*200G

Para esta ruta tenemos dos canales protegidos mediante llaves ópticas (OPS-HB Padtec), que hacen paso por nodo terminal San Rafael, a continuación, en la figura 9 (Enlace Riohacha- San Rafael) y figura 10 (Enlace San Rafael - Maracaibo) veremos los diagramas sistémicos de cómo están constituidos cada uno de los nodos. Para el cálculo del OSNR acumulado es necesario precisar el valor de potencia de recepción de las amplificadoras que son usadas en la ruta y figura de ruido de las mismas.

#### Diagrama sistémico de enlaces (Riohacha - San Rafael – Maracaibo)

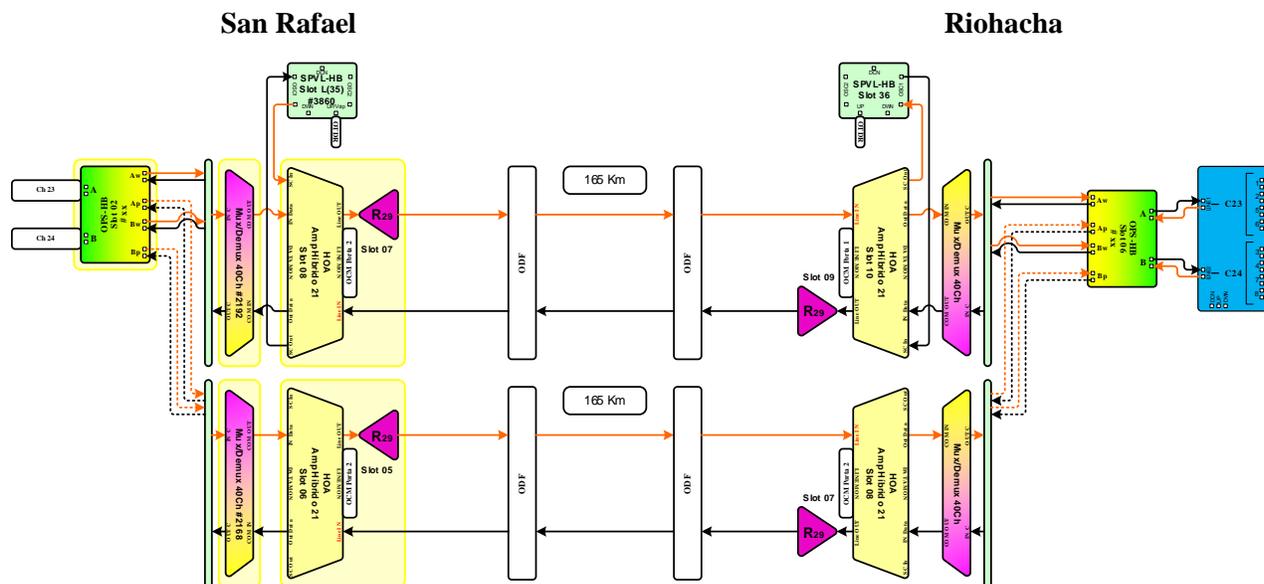


Figura 9. Diagrama de enlace protegido Riohacha – San Rafael

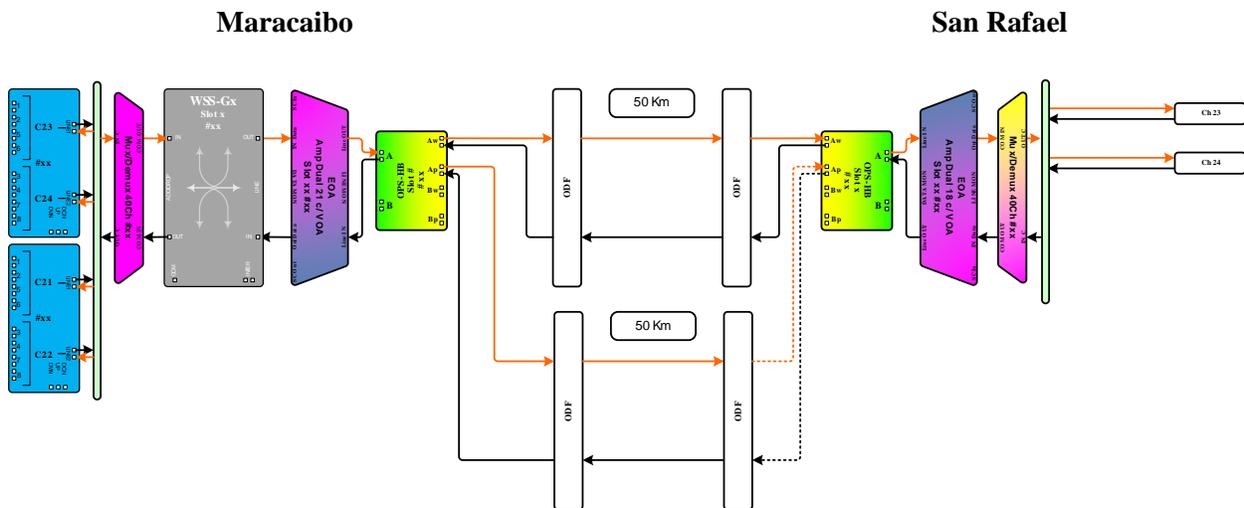


Figura 10. Diagrama de enlace protegido San Rafael – Maracaibo

Calculo OSNR enlaces (Riohacha - San Rafael – Maracaibo).

Riohacha Dirección San Rafael			
<b>Transponder TM800</b>	<u>Potencia Out Line</u>		
	-4 dBm		
<b>Llave óptica (OPS-HB)</b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
	4 dB		
<b>Mux/Dmux</b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
	5 dB		
<b>Amplificadora Tx (HOA)</b>	<u>Potencia In Data</u>	<u>Ganancia</u>	<u>Potencia Out Line</u>
	<b>-13 dBm</b>	16 dB	3 dBm

Pérdida en fibra externa= 41 dB de los cuales 12 dB son recuperados con Amplificación Raman  
165 km

Recepción San Rafael - Transmisión Maracaibo			
<b>Amplificadora Rx (HOA)</b>	<u>Potencia In Line</u>	<u>Ganancia</u>	<u>Potencia Out Line</u>
	<b>-26 dBm</b>	26 dB	0 dBm
<b>Mux/Dmux</b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		

5 dB			
<b><u>Llave óptica (OPS-HB)</u></b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
4 dB			
<b><u>Mux/Dmux</u></b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
5 dB			
<b><u>Amplificadora Tx (EOA)</u></b>	<u>Potencia In Data</u>	<u>Ganancia</u>	<u>Potencia Out Line</u>
	<b>-14 dBm</b>	16 dB	2 dBm
<b><u>Llave óptica (OPS-HB)</u></b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
4 dB			

Pérdida en fibra externa= 13,5 dB

50 km

Recepción Maracaibo			
<b><u>Llave óptica (OPS-HB)</u></b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
4 dB			
<b><u>Amplificadora Tx (EOA)</u></b>	<u>Potencia In Line</u>	<u>Ganancia</u>	<u>Potencia Out Data</u>
	<b>-19,5 dBm</b>	20 dB	0,5 dBm
<b><u>Mux/Dmux</u></b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
5 dB			
<b><u>WSS</u></b>	<u>Pérdida de Inserción</u>	-	-
9 dB			
<b><u>Transponder TM800</u></b>	<u>Potencia In Line</u>		
-13,5 dBm			

- Se usará una figura de ruido de 5 dB para el cálculo de OSNR en las amplificadoras.
- Los valores marcados en color rojo, corresponden al valor de potencia a la entrada del amplificador, parámetro principal para el cálculo del OSNR.

**OSNR**

$$Pin_{x1} = -13 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x2} = -26 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x3} = -14 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x4} = -19,5 \text{ dBm}$$

$$OSNR_x \text{ dB} = Pin_x \text{ (dBm)} - NF \text{ (dB)} + 58 \text{ (dBm)}$$

$$OSNR_x = \frac{1}{10^{\frac{OSNR_x \text{ dB}}{10}}}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{OSNR(x1) + OSNR(x2) + OSNR(x3) + OSNR(x4)}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{0,0001 + 0,001995262 + 0,000125893 + 0,000446684}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 25,73840473 \text{ dB}$$

De manera similar, se realizan los cálculos para los demás enlaces que están contemplados en la implementación de la fase 1 de la empresa V y son presentados en el anexo 1. La tabla 5 nos presenta el resumen de los cálculos teóricos, el OSNR total por enlace implementado y la comparación con el valor mínimo para garantizar la capacidad deseada.

Tabla 5. Información de OSNR cálculos teóricos de canales correspondientes a la Fase 1.

<u>Sitio A</u>	<u>Sitio B</u>	<u>Capacidad</u>	<u>OSNR mínimo</u> (dB)	<u>OSNR Teórico</u> (dB)
Riohacha	Maracaibo	2*300G	17	25,7
Punto Fijo	Maracaibo	2*200G	17	26,2
Maracaibo	Cabimas	200G	17	39,5
Cabimas	Barquisimeto	200G	17	25
Maracaibo	Barquisimeto	200G	17	23,7
Barinas	Santa Bárbara	200G	17	35
Santa Bárbara	San Cristóbal	200G	17	26
Barinas	San Cristóbal	200G	17	25,5

Barinas	Valera	200G	17	24,8
Valera	Mérida	200G	17	30,2

### 3.0 Implementación.

Para la implementación de cada uno de los enlaces, fue necesario el apoyo del personal dispuesto por la empresa V cliente en cada uno de los sitios, así, atendiendo cada una de las directrices del personal Padtec quienes remotamente realizamos la configuración de los colectores (Grupo de sitios dentro de un mismo dominio IP), calibración de las tarjetas y sistemas de amplificación de acuerdo con los cálculos teóricos y esquemas de topología previamente documentados.

**Padtec NMS Plus:** la figura 11 nos muestra la interfaz para la configuración de los elementos y cómo están cargados a la gestión web, podemos visualizar en la zona izquierda, cada uno de los colectores que han sido implementados y puestos en operación, al seleccionar cada uno de ellos nos despliega los sitios uno a uno y los elementos instalados.



Figura 11. Interfaz web NMS Plus describiendo listado de colectores implementados.

Tomada de la gestión web NMS plus Padtec.

Padtec NMS Plus es una interfaz web que nos permite gestionar los elementos previamente instalados por el personal en sitio y monitorear el estado de los diferentes enlaces, estado de ocupación en sub-rack, validando las diferentes transponders usadas y obteniendo información de los principales parámetros que describen un buen desempeño de la red.

En la figura 12 podemos observar la presentación del estado de los diferentes bastidores (Diagrama de Rack) implementados en los diferentes sitios, donde se especifica tipo de sub rack, tarjeta, Slot (posición).

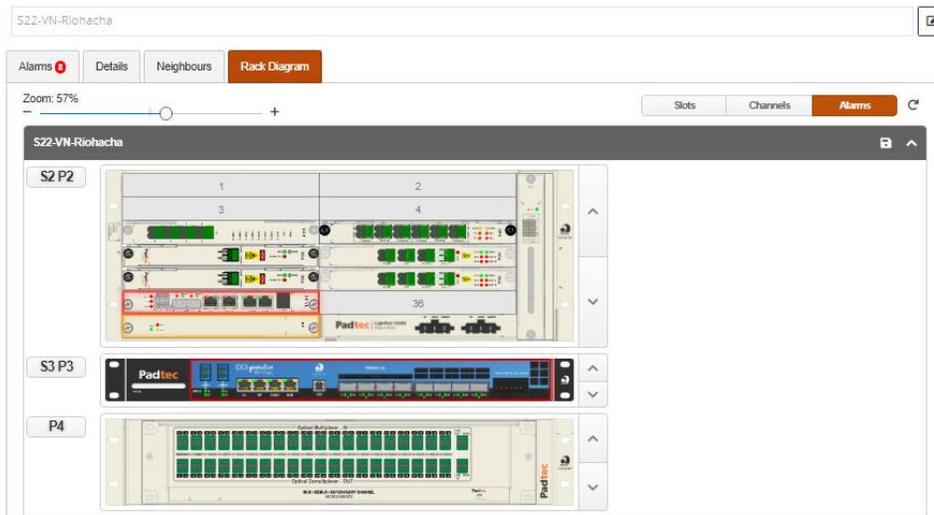


Figura 12. Interfaz web NMS Plus describiendo estado de Sub- rack y tarjetas instaladas en sitio.  
Tomada de la gestión web NMS plus Padtec.

### Parámetros de desempeño obtenidos a través del Padtec NMS Plus

<u>Sitio A</u>	<u>Sitio B</u>	<u>Canales</u>	<u>Canal Protegido</u>	<u>Capacidad</u>
Riohacha	Maracaibo	C23/C24	SI	2*300G

Las figuras 13 y 14 presentan los valores de desempeño de los principales parámetros ópticos que se deben tener en cuenta para garantizar la correcta comunicación del enlace. Parámetros como OSNR, Factor Q, modo de operación, potencia de transmisión y recepción, entre otros. *Parámetros cuyos métodos de cálculo no son dados a conocer en este documento por restricciones en protección de la propiedad intelectual.*

Adicionalmente nos presenta una serie de pestañas donde podemos tener información adicional del elemento, estado de alarmas, detalle elementos en sitio, ubicación en armario, topología de conexiones, estado de servicio, configuración de tarjeta supervisora, desempeño de contador de errores OTN, estado de licencia de equipos.

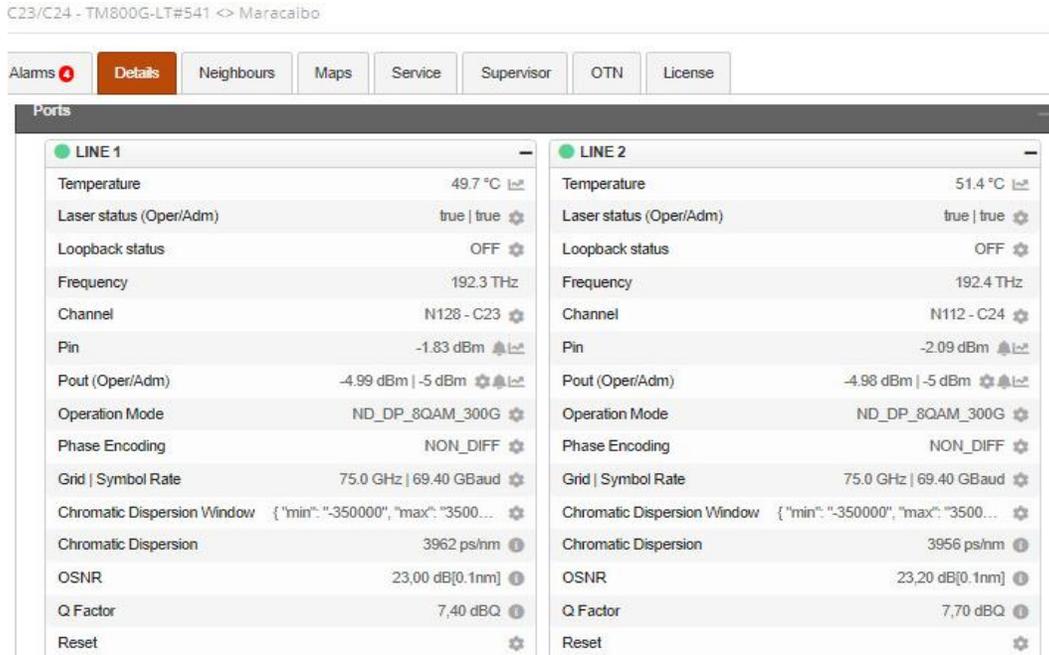


Figura 13. Interfaz web NMS Plus describiendo estado de parámetros de desempeño en TM800 lado Riohacha.

Tomada de la gestión web NMS plus Padtec.

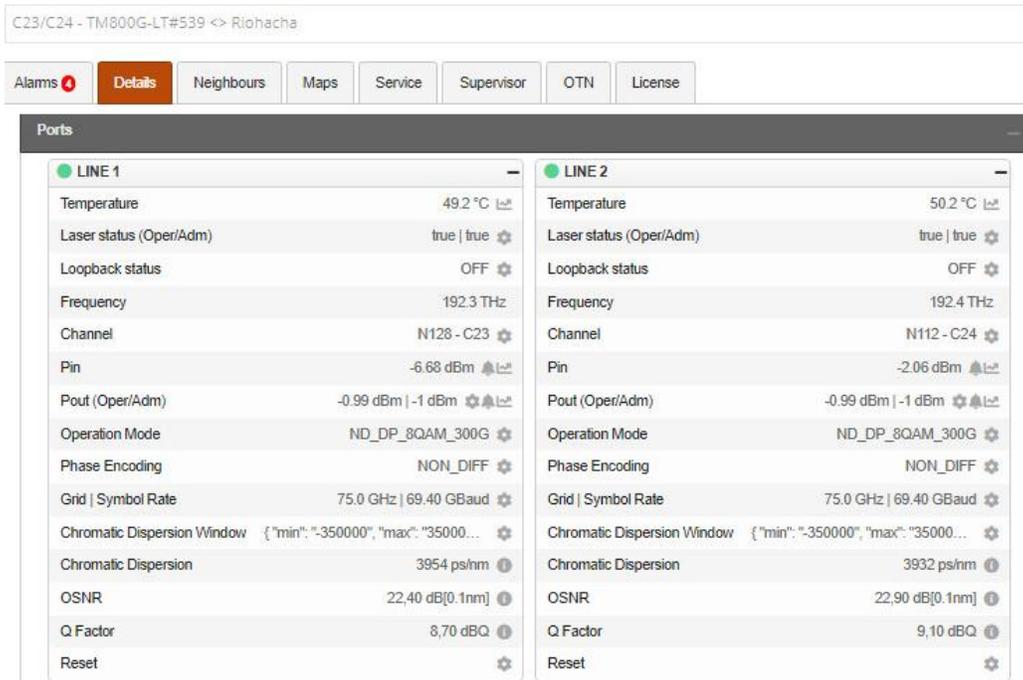


Figura 14. Interfaz web NMS Plus describiendo estado de parámetros de desempeño en TM800 lado Maracaibo.

Tomada de la gestión web NMS plus Padtec.

De igual manera se hace toma del mismo registro de parámetros de los demás enlaces implementados y agregados en anexo 2. La tabla 6 nos presenta un resumen de los valores de OSNR obtenidos tras la implementación, se presenta dos valores de OSNR por enlace debido a que cada tarjeta registra su valor de OSNR de manera independiente, es decir, un valor de OSNR por cada sentido de la comunicación. Teóricamente, dichos valores deben coincidir, sin embargo, vemos que tras la implementación obtenemos variaciones considerables en dichos valores de OSNR, esto es debido a que en su mayoría la empresa V no usó fibra óptica nueva, tercerizó su infraestructura de fibra con otros proveedores que tenían dicha fibra instalada de manera previa, tramos que incluso tenían problemas que debieron repararse para hacer las implementaciones correctas, teniendo diferentes desempeños en cada sentido.

Tabla 6. Información de OSNR cálculos de implementación de canales correspondientes a la Fase I.

<u>Sitio A</u>	<u>Sitio B</u>	<u>Capacidad</u>	<u>OSNR mínimo</u> (dB)	<u>OSNR Teórico</u> (dB)	<u>OSNR Implementación</u> (dB)
Riohacha	Maracaibo	2*300G	17,8	25,7	23,20 / 22,9
Punto Fijo	Maracaibo	2*200G	17	26,2	17,8 / 18,1
Barinas	Santa Bárbara	200G	17	35	25,1 / 23,1
Santa Bárbara	San Cristóbal	200G	17	26	28 / 28
Barinas	San Cristóbal	200G	17	25,5	20,2 / 19,7

Nota: Se presentan dos valores de OSNR, uno por cada transponder en sitio.

La tabla 7 nos presenta información de Sitios pendientes de implementación debido a cambios en la programación de actividades por parte del cliente.

Tabla 7. Información de canales pendientes de implementación correspondientes a la Fase I.

<u>Sitio A</u>	<u>Sitio B</u>	<u>Capacidad</u>	<u>OSNR mínimo</u> (dB)	<u>OSNR Teórico</u> (dB)	<u>OSNR Implementación</u> (dB)
Maracaibo	Cabimas	200G	17	39,5	-
Cabimas	Barquisimeto	200G	17	25	-
Maracaibo	Barquisimeto	200G	17	23,7	-
Barinas	Valera	200G	17	24,8	-
Valera	Mérida	200G	17	30,2	-

### 3.1 Análisis de resultados

A continuación, se presentan algunas observaciones en enlaces que contemplaban retos de implementación y, sin embargo, fue posible poner la capacidad objetivo en operación.

#### Enlace Riohacha<>Maracaibo

<u>Sitio A</u>	<u>Sitio B</u>	<u>Capacidad</u>	<u>OSNR mínimo</u> (dB)	<u>OSNR Teórico</u> (dB)	<u>OSNR</u> <u>Implementación</u> (dB)
Riohacha	Maracaibo	2*300G	17,8	25,7	23,20 / 22,9

Tras la implementación, el enlace obtiene valor de OSNR que cumple con los valores óptimos de desempeño para el transporte de dos lambdas de 300 Gbps, capacidad que inicialmente estaba contemplada en 200 Gbps, aumentando así el valor mínimo de OSNR para la operación del enlace.

#### Enlace Punto Fijo<>Maracaibo

<u>Sitio A</u>	<u>Sitio B</u>	<u>Capacidad</u>	<u>OSNR mínimo</u> (dB)	<u>OSNR Teórico</u> (dB)	<u>OSNR</u> <u>Implementación</u> (dB)
Punto Fijo	Maracaibo	2*200G	17	26,2	17,8 / 18,1

Los resultados obtenidos en el enlace Punto Fijo – Maracaibo tienen una amplia diferencia con los valores teóricos debido a diversas razones:

El enlace Punto Fijo – San Rafael, es un tramo de fibra submarina que tiene una longitud de 223 km, es una fibra mono modo G655 (NZD), una fibra mono-modo con un coeficiente de dispersión cromática que es mayor que algún valor distinto de cero a lo largo de las longitudes de onda mayores que 1530 nm. Esta dispersión reduce el crecimiento de efectos no lineales que pueden ser particularmente perjudiciales en los sistemas de multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM). En longitudes de onda más bajas, el coeficiente de dispersión puede cruzar cero [6]. La fibra G655 tiene un alto índice de atenuación en lambdas de operación de banda C, cercana a los 0,35 dB/km, como podemos observar en la figura 15, aunque su dispersión cromática es leve (cercana a los 5 ps/nm.km), la alta atenuación del enlace hace necesario usar amplificación Raman tanto en Tx como en Rx.

Al momento de la calibración, como novedad, se obtuvo alta potencia en el equipo de prueba, la cual reducía el rendimiento del canal, por lo que se tuvo que disparar con baja potencia por canal y poder tomar mejores valores en OSNR y eliminar los efectos no lineales que se presentan en este tipo de fibra.

La figura 15 nos presenta las curvas de atenuación y dispersión cromática en los diferentes tipos de fibra, obteniendo de la misma, las longitudes de onda en las cuales podemos operar registrando menor índice de atenuación y dispersión cromática dependiendo del tipo de fibra.

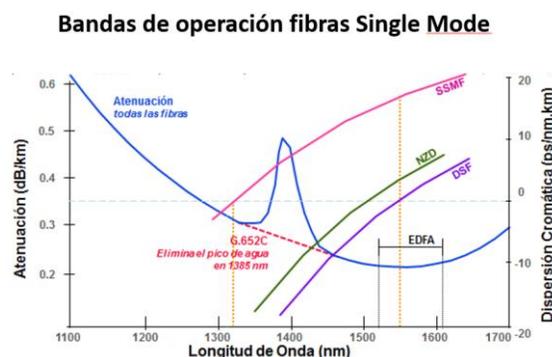


Figura 15. Curvas de atenuación y dispersión cromática en los diferentes tipos de fibra.

Tomado de documentación Padtec [7].

### Enlace Barinas<>Santa Bárbara

<u>Sitio A</u>	<u>Sitio B</u>	<u>Capacida</u> <u>d</u>	<u>OSNR mínimo</u> <u>(dB)</u>	<u>OSNR Teórico</u> <u>(dB)</u>	<u>OSNR</u> <u>Implementación (dB)</u>
Barinas	Santa Bárbara	200G	17	35	25,1 / 23,1

Para este enlace se tiene gran diferencia entre el valor de OSNR teórico y el real, es debido a que fue necesario el uso de atenuadores a la entrada de las tarjetas amplificadoras para lograr estar dentro de los parámetros mínimos de amplificación y no transmitir con demasiada potencia por canal, lo cual causa que aparezcan efectos no lineales en la fibra G652D. Al incrementar la atenuación en la entrada de las amplificadoras, el OSNR decae, aunque para la tasa usada en el enlace, el canal se encuentra con un excelente desempeño.

### Enlaces Santa Bárbara<>San Cristóbal - Barinas<>San Cristóbal

<u>Sitio A</u>	<u>Sitio B</u>	<u>Capacidad</u>	<u>OSNR mínimo</u> <u>(dB)</u>	<u>OSNR Teórico</u> <u>(dB)</u>	<u>OSNR Implementación</u> <u>(dB)</u>
Santa Bárbara	San Cristóbal	200G	17	26	28 / 28
Barinas	San Cristóbal	200G	17	25,5	20,2 / 19,7

Los enlaces Santa Bárbara - San Cristóbal y Barinas- San Cristóbal, presentan buenos parámetros de potencia y algunas variaciones en el nivel de OSNR comparando con el valor obtenido de manera teórica, esto debido a las condiciones físicas de la fibra implementada en cada sentido de la comunicación.

## 4.0 Conclusiones

- Si bien el tramo Punto fijo<>San Rafael esta implementado con una fibra submarina G655, cuyo factor de atenuación por km es bastante elevado en comparación con la fibra estándar G652D y presenta efectos no lineales al interior de la misma al salir con altas potencias, la amplificación Raman, elemento que no añade ruido al sistema, resulta ser una gran alternativa a la hora de recuperar gran parte de la potencia de la señal con su sistema de bombeo de potencia, permitiendo que no lleguen niveles bajos de potencia al amplificador EDFA, lo cual afecta el valor de OSNR.
- Para las redes coherentes, la dispersión cromática no es un parámetro que comprometa el desempeño del enlace, ya que los transponder que operan a estas tasas, tienen sensibilidades de hasta 41000 ps/nm, lo cual estipula un enlace aproximadamente de 2300 km sin ser regenerado, tomando en cuenta que para una fibra mono modo G652D tiene un índice de dispersión cromática de 17 ps/nm.km. En nuestras implementaciones en el proyecto, la ventana de tolerancia de dispersión cromática está estipulada desde los -35000 ps/nm hasta los 35000 ps/nm (enlace de 2058 km) mientras el enlace que alcanza la mayor longitud sin ser regenerada no supera los 400 km, por lo que no tomamos en cuenta el valor de dicho parámetro.
- Tras la implementación, los valores obtenidos con la herramienta web NMS Padtec tienen en algunos casos, grandes diferencias con los cálculos obtenidos de manera teórica. Esto es debido a que el desempeño de atenuación de la fibra no correspondía al esperado, pérdidas adicionales por reúso de elementos en conectorización, especialmente los sitios que estaban previamente implementados y solo tuvieron cambios en tipo de nodo.
- Como estudiante de Ingeniería de Telecomunicaciones, la practica académica desarrollada en la empresa Padtec, brinda un conocimiento de gran valor de cara a una etapa laboral en el ámbito de las comunicaciones ópticas, saber que, en una implementación, hay condiciones que no se pueden controlar, pone a prueba nuestras habilidades ingenieriles para superar inconvenientes técnicos de un proyecto de implementación.
- Como recomendación a la Universidad de Antioquia, especialmente al Departamento de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones: Veo en el ámbito de las comunicaciones ópticas, un área que está en un crecimiento de gran magnitud, con múltiples aplicaciones en diferentes áreas laborales, sugiero estipular por lo menos un curso obligatorio (fuera de cursos electivos profesionales) dentro

del p nsum de Ingeniería de Telecomunicaciones que trate sobre comunicaciones ópticas en todos sus módulos. Así fomentar interés en esta área por parte del estudiantado, quien actualmente solo alcanza a ver un módulo introductorio en el curso de transmisión por medios confinados.

## 5.0 Referencias Bibliográficas

[1]. Recomendación ITU-T G.709. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.709-201911-S!Cor2/es>

[2]. Castilla S. Septiembre (2017). PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE REDES ÓPTICAS WDM. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. España. Recuperado de: [https://oa.upm.es/49901/1/PFC\\_SERGIO\\_CASTILLA\\_IBEAS.pdf](https://oa.upm.es/49901/1/PFC_SERGIO_CASTILLA_IBEAS.pdf)

[3]. Recomendación ITU-T G-series Recommendations – Supplement 39. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.Sup39-201602-I/es>

[4]. Gaona E. Gaona P. Montenegro C. Enero (2013). Dispositivos de conmutación óptica en redes de nueva Generación. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5038470.pdf>

[5]. Capítulo 2. Govind P. Agrawal, "Fiber-Optic Communication Systems", Wiley Series in Microwave and Optical Engineering, Wiley-Interscience, 2002. (ISBN: 0471215716).

[6]. Recomendación ITU-T G.655: Características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.655-200911-I/es>

[7]. Documentación Padtec. Septiembre (2022). Implementación - Operación y Solución de Problemas en redes DWDM.

**Anexo 1. Cálculos teóricos de cada uno de los enlaces implementados.**

<u>Sitio A</u>	<u>Sitio B</u>	<u>Canales</u>	<u>Canal Protegido</u>	<u>Capacidad</u>
Punto Fijo	Maracaibo	C21/C22	SI*	2*200G

**Diagrama sistémico de enlaces (Punto Fijo - San Rafael – Maracaibo)**

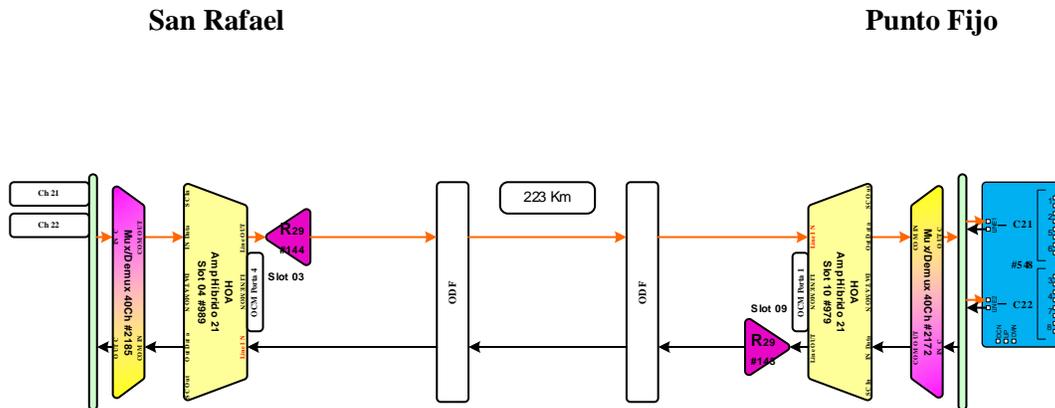


Figura 16. Diagrama de enlace San Rafael – Punto Fijo.

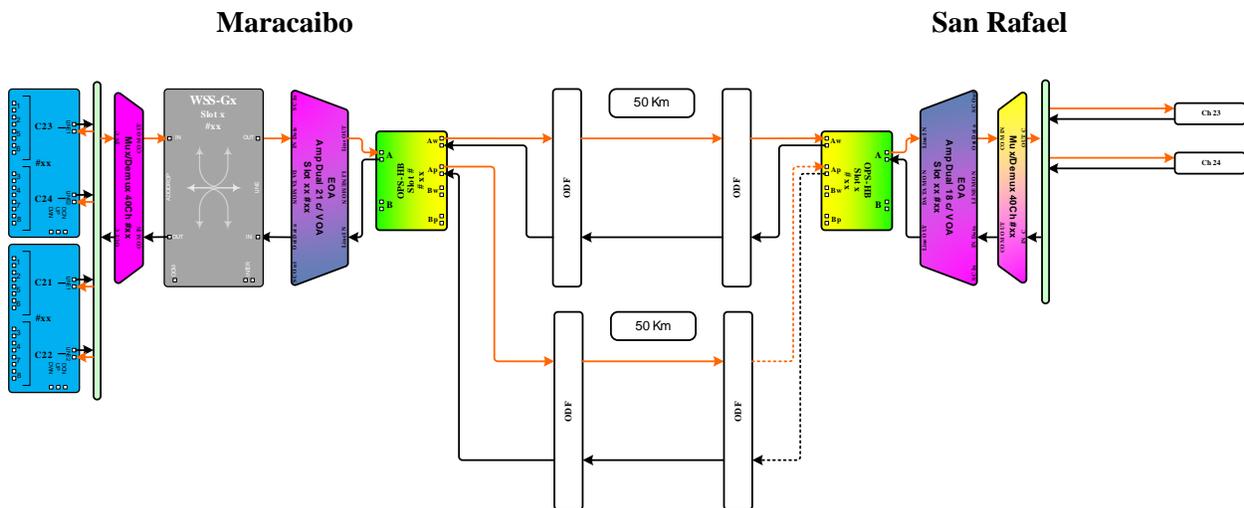


Figura 17. Diagrama de enlace protegido San Rafael - Maracaibo

**Punto Fijo Dirección San Rafael**

<b><u>Transponder TM800</u></b>	<u>Potencia Out Line</u>		
	-5 dBm		
<b><u>Mux/Dmux</u></b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
	5 dB		
<b><u>Amplificadora Tx (HOA)+Raman</u></b>	<u>Potencia In Data</u>	<u>Ganancia</u>	<u>Potencia Out Line</u>
	<b>-10 dBm</b>	15 dB	5 dBm

Pérdida en fibra externa= 55 dB

223 km

**Recepción San Rafael - Transmisión Maracaibo**

<b><u>Amplificadora Rx (HOA)+Raman</u></b>	<u>Potencia In Line</u>	<u>Ganancia</u>	<u>Potencia Out Line</u>
	<b>-26 dBm</b>	26 dB	0 dBm
<b><u>Mux/Dmux</u></b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
	5 dB		
<b><u>Mux/Dmux</u></b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
	5 dB		
<b><u>Amplificadora Tx (EOA)</u></b>	<u>Potencia In Data</u>	<u>Ganancia</u>	<u>Potencia Out Line</u>
	<b>-10 dBm</b>	14 dB	4 dBm
<b><u>Llave óptica (OPS-HB)</u></b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
	4 dB		

Pérdida en fibra externa= 13,5 dB

50 km

**Recepción Maracaibo**

<b>Llave óptica (OPS-HB)</b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
	4 dB		
<b>Amplificadora Tx (EOA)</b>	<u>Potencia In Line</u>	<u>Ganancia</u>	<u>Potencia Out Data</u>
	<b>-17,5 dBm</b>	20 dB	2,5 dBm

<b>Mux/Dmux</b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
	5 dB		
<b>WSS</b>	<u>Pérdida de Inserción</u>	-	-
	9 dB		
<b><u>Transponder TM800</u></b>	<u>Potencia In Line</u>		
	-11,5 dBm		

\*Se usará una figura de ruido de 5 dB para el cálculo de OSNR en las amplificadoras.

## OSNR

$$Pin_{x1} = -10 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x2} = -26 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x3} = -10 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x4} = -17,5 \text{ dBm}$$

$$OSNR_x \text{ dB} = Pin_x \text{ (dBm)} - NF \text{ (dB)} + 58 \text{ (dBm)}$$

$$OSNR_x = \frac{1}{10^{\frac{OSNR_x \text{ dB}}{10}}}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{OSNR(x1) + OSNR(x2) + OSNR(x3) + OSNR(x4)}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{5,01187E - 05 + 0,001995262 + 5,01187E - 05 + 0,000281838}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 26,23909058 \text{ dB}$$



WSS	<u>Pérdida de Inserción</u>	-	-
	9 dB		
<u>Transponder TM200</u>	<u>Potencia In Line</u>		
	-9,5 dBm		

\*Se usará una figura de ruido de 5 dB para el cálculo de OSNR en las amplificadoras.

OSNR

$$Pin_{x1} = -10 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x2} = -26 \text{ dBm}$$

$$OSNR_x \text{ dB} = Pin_x \text{ (dBm)} - NF \text{ (dB)} + 58 \text{ (dBm)}$$

$$OSNR_x = \frac{1}{10^{\frac{OSNR_x \text{ dB}}{10}}}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{OSNR(x1) + OSNR(x2)}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{5,01187E - 05 + 6,09537E - 05}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 39,54393793 \text{ dB}$$

<u>Sitio A</u>	<u>Sitio B</u>	<u>Canales</u>	<u>Canal Protegido</u>	<u>Capacidad</u>
Cabimas	Barquisimeto	C21	NO	200G

Diagrama sistémico de enlaces (Cabimas- Barquisimeto)

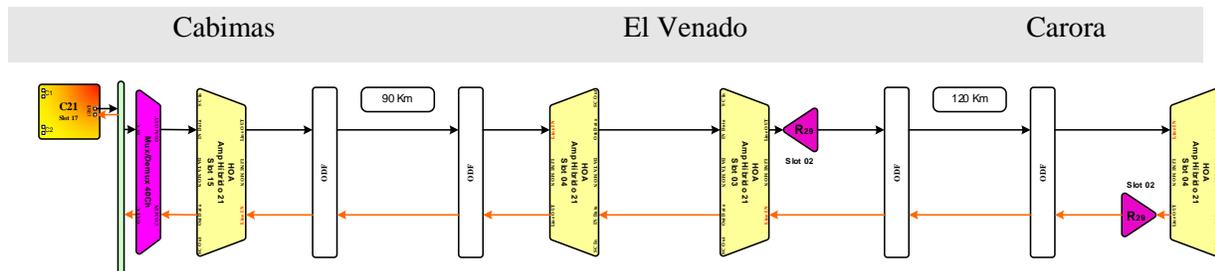


Figura 19. Diagrama de enlace Cabimas – El Venado – Carora



<b>Amplificadora Rx (HOA/ Raman On)</b>	<u>Potencia In</u>	<u>Ganancia</u>	<u>Potencia Out</u>
	<u>Line</u>		<u>Data</u>
	<b>-25,4 dBm</b>	20 dB	-5,4 dBm
<b>Amplificadora Tx (HOA) + At 10 dB</b>	<u>Potencia In</u>	<u>Ganancia</u>	<u>Potencia Out</u>
	<u>Data</u>		<u>Line</u>
	<b>-15,4 dBm</b>	15 dB	0,5 dBm

Pérdida en fibra externa= 27 dB

100 km

<b>Recepción Barquisimeto</b>			
<b>Amplificadora Rx (HOA/ Raman On)</b>	<u>Potencia In</u>	<u>Ganancia</u>	<u>Potencia Out</u>
	<u>Line</u>		<u>Data</u>
	<b>-19,5 dBm</b>	20 dB	0,5 dBm
<b>WSS</b>	<u>Pérdida de</u>		
	<u>Inserción</u>		
	9 dB		
<b>Mux/Dmux</b>	<u>Pérdida de</u>		
	<u>Inserción</u>		
	5 dB		
<b>Transponder TM200</b>	<u>Potencia In</u>		
	<u>Line</u>		
	-13,5 dBm		

OSNR

$$Pin_{x1} = -10 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x2} = -20,3 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x3} = -15,5 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x4} = -25,4 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x5} = -15,4 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x6} = -19,5 \text{ dBm}$$

$$OSNR_x \text{ dB} = Pin_x \text{ (dBm)} - NF \text{ (dB)} + 58 \text{ (dBm)}$$

$$OSNR_x = \frac{1}{10^{\frac{OSNR_x \text{ dB}}{10}}}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{OSNR(x1) + OSNR(x2) + OSNR(x3) + OSNR(x4) + OSNR(x5) + OSNR(x6)}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{5,01187E - 0 + 0,000537032 + 0,000177828 + 0,001737801 + 0,00017378 + 0,000446684}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 25,0539423 \text{ dB}$$

<u>Sitio A</u>	<u>Sitio B</u>	<u>Canales</u>	<u>Canal Protegido</u>	<u>Capacidad</u>
Maracaibo	Barquisimeto	C23	NO	200G

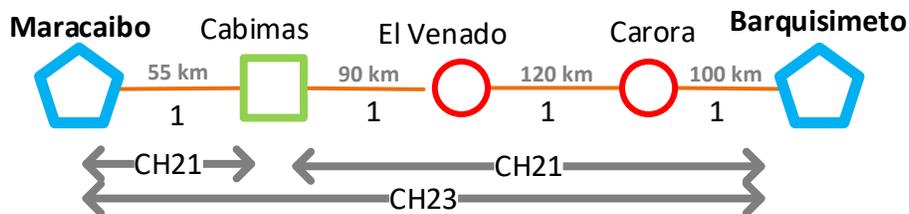


Figura 21. Diagrama de enlace Maracaibo - Barquisimeto

Para este canal se tiene calculado el OSNR del enlace Maracaibo – Cabimas y el OSNR acumulado del enlace Cabimas – Barquisimeto, debemos calcular un nuevo acumulado con los valores de ambos enlaces.

## OSNR

$$Pin_{x1} = -10 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x2} = -20,3 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x3} = -15,5 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x4} = -25,4 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x5} = -15,4 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x6} = -19,5 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x7} = -10 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x8} = -26 \text{ dBm}$$

$$OSNR_x \text{ dB} = Pin_x \text{ (dBm)} - NF \text{ (dB)} + 58 \text{ (dBm)}$$

$$OSNR_x = \frac{1}{10^{\frac{OSNR_x \text{ dB}}{10}}}$$

$$OSNR_{Acumulado}$$

$$= 10 \log_{10} \frac{1}{OSNR(x1) + OSNR(x2) + OSNR(x3) + OSNR(x4) + OSNR(x5) + OSNR(x6) + OSNR(x7) + OSNR(x8)}$$

$OSNR_{Acumulado}$

$$= 10 \log_{10} \frac{1}{5,01187E - 05 + 0,000537032 + 0,000177828 + 0,001737801 + 0,00017378 + 0,000446684 + 5,01187E - 05 + 6,09537E - 05}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 23,79513975 \text{ dB}$$

<u>Sitio A</u>	<u>Sitio B</u>	<u>Canales</u>	<u>Canal Protegido</u>	<u>Capacidad</u>
Barinas	Valera	C21	NO	200G

**Diagrama sistémico de enlaces (Valera- Barinas)**

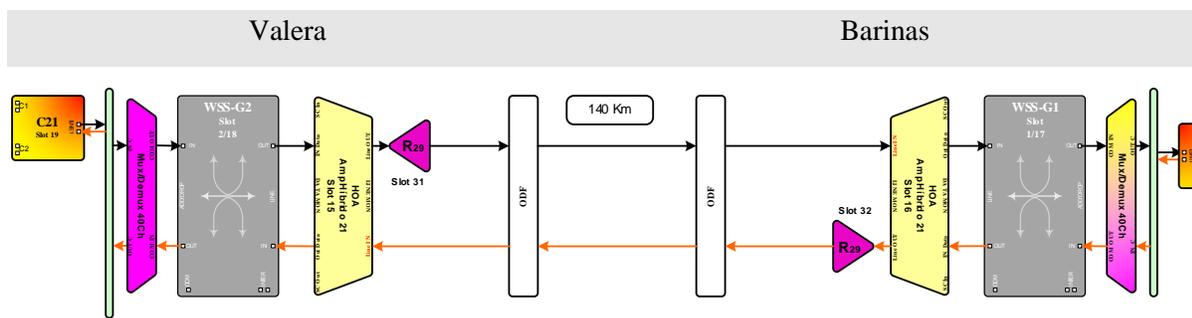


Figura 22. Diagrama de enlace Valera – Barinas

<b>Barinas Dirección Valera</b>			
<b>Transponder TM200</b>	<u>Potencia Out Line</u>		
		-4 dBm	
<b>Mux/Dmux</b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
		4 dB	
<b>WSS</b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
		9 dB	
<b>Amplificadora Tx (HOA)</b>	<u>Potencia In Data</u>	<u>Ganancia</u>	<u>Potencia Out Line</u>
	<b>-17 dBm</b>	20 dB	3 dBm

**Pérdida en fibra externa= 37,8 dB**

**140 km**

Recepción Valera			
Amplificadora Tx (HOA)	Potencia In Line	Ganancia	Potencia Out Data
	<b>-27,8 dBm</b>	30 dB	2,2 dBm
Mux/Dmux	Pérdida de Inserción		
	4 dB		
WSS	Pérdida de Inserción		
	9 dB		
Transponder TM200	Potencia In Line		
	-10,8 dBm		

\*Se usará una figura de ruido de 5 dB para el cálculo de OSNR en las amplificadoras.

OSNR

$$Pin_{x1} = -17 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x2} = -27,8 \text{ dBm}$$

$$OSNR_x \text{ dB} = Pin_x \text{ (dBm)} - NF \text{ (dB)} + 58 \text{ (dBm)}$$

$$OSNR_x = \frac{1}{10^{\frac{OSNR_x \text{ dB}}{10}}}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{OSNR(x1) + OSNR(x2)}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{0,000251189 + 0,003019952}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 24,8530082 \text{ dB}$$



Pérdida en fibra externa= 32,4dB

120 km

Recepción Valera			
Amplificadora Tx (HOA)	Potencia In Line	Ganancia	Potencia Out Data
	<b>-21 dBm</b>	22 dB	1 dBm
Mux/Dmux	Pérdida de Inserción		
	4 dB		
WSS	Pérdida de Inserción		
	9 dB		
Transponder TM200	Potencia In Line		
	-12 dBm		

\*Se usará una figura de ruido de 5 dB para el cálculo de OSNR en las amplificadoras.

OSNR

$$Pin_{x1} = -17 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x2} = -10,5 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x3} = -21 \text{ dBm}$$

$$OSNR_x \text{ dB} = Pin_x \text{ (dBm)} - NF \text{ (dB)} + 58 \text{ (dBm)}$$

$$OSNR_x = \frac{1}{10^{\frac{OSNR_x \text{ dB}}{10}}}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{OSNR(x1) + OSNR(x2) + OSNR(x3)}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{0,000251189 + 5,62341E - 05 + 0,000630957}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 30,27621201 \text{ dB}$$



	<b>-14 dBm</b>	14 dB	0 dB
<b>Amplificadora Tx (HOA) + At 10 dB</b>	<u>Potencia In</u>	<u>Ganancia</u>	<u>Potencia Out</u>
	<u>Data</u>		<u>Line</u>
	<b>-10 dBm</b>	15 dB	5 dB

Pérdida en fibra externa= 24,3 dB

90 km

Recepción Barinas			
<b>Amplificadora Tx (HOA)</b>	<u>Potencia In Line</u>	<u>Ganancia</u>	<u>Potencia Out Data</u>
	<b>-13 dBm</b>	15 dB	2 dB
<b>Mux/Dmux</b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
	4 dB		
<b>WSS</b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
	9 dB		
<b>Transponder TM200</b>	<u>Potencia In Line</u>		
	-11 dBm		

**OSNR**

$$Pin_{x1} = -9 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x2} = -14 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x3} = -10 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x4} = -13 \text{ dBm}$$

$$OSNR_x \text{ dB} = Pin_x \text{ (dBm)} - NF \text{ (dB)} + 58 \text{ (dBm)}$$

$$OSNR_x = \frac{1}{10^{\frac{OSNR_x \text{ dB}}{10}}}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{OSNR(x1) + OSNR(x2) + OSNR(x3) + OSNR(x4)}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{3,98107E - 05 + 0,000125893 + 5,01187E - 05 + 0,0001}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 35,00557646 \text{ dB}$$

Sitio A	Sitio B	Canales	Canal Protegido	Capacidad
San Cristóbal	Santa Bárbara	C21	NO	200G

**Diagrama sistémico de enlaces (Santa Bárbara- San Cristóbal)**

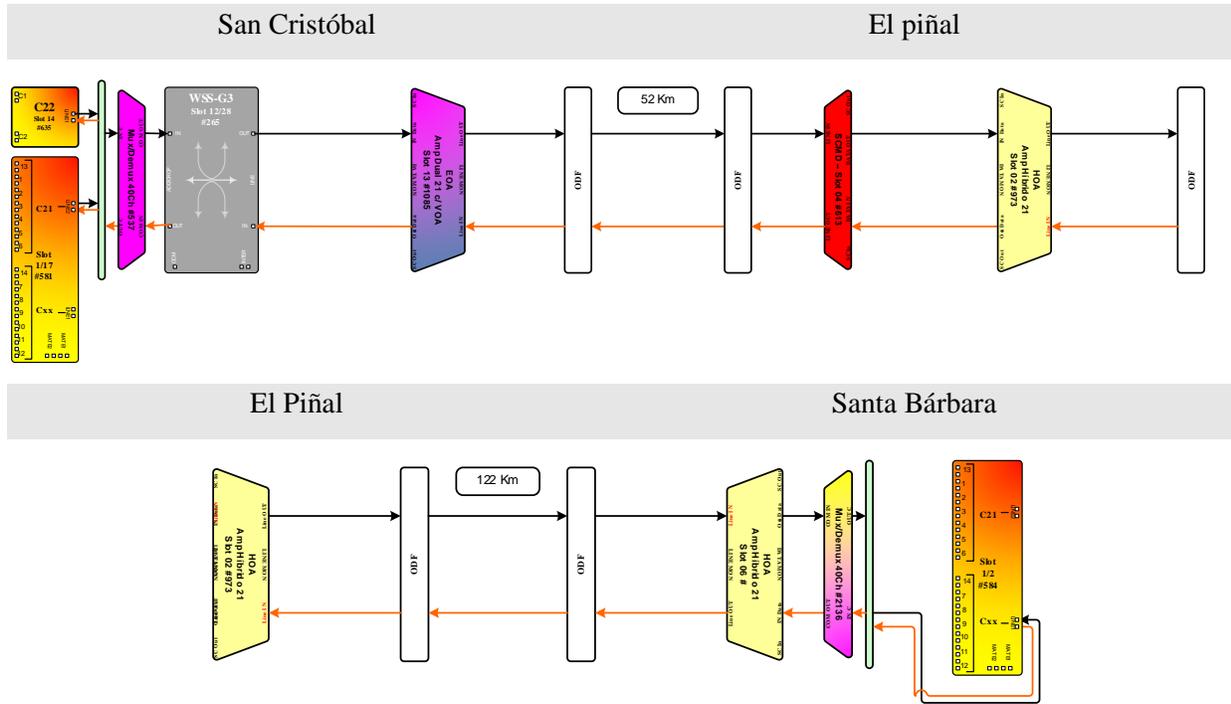


Figura 25. Diagrama sistémico de enlace Santa Bárbara- San Cristóbal

**San Cristóbal Dirección El Piñal**

<b>Transponder TCX200</b>	<u>Potencia Out Line</u>		
		-5 dBm	
<b>Mux/Dmux</b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
		4 dB	
<b>WSS</b>	<u>Pérdida de Inserción</u>		
		9 dB	
<b>Amplificadora Tx (EOA)</b>	<u>Potencia In Data</u>	<u>Ganancia</u>	<u>Potencia Out Line</u>
	<b>-19 dBm</b>	20 dB	1 dBm

Pérdida en fibra externa= 14 dB

52 km

Recepción El Piñal – Tx Dirección Santa Bárbara			
Amplificadora Rx (HOA)	Potencia In	Ganancia	Potencia Out
	Data		Data
	<b>--13 dBm</b>	15 dB	2 dBm

Pérdida en fibra externa= 33 dB

122 km

Recepción Barinas			
Amplificadora Tx (HOA)	Potencia In Line	Ganancia	Potencia Out Data
			<b>--26 dBm</b>
Mux/Dmux	Pérdida de Inserción		
	4 dB		
Transponder TM200	Potencia In Line		
	-9 dBm		

OSNR

$$Pin_{x1} = -19 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x2} = -13 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x2} = -26 \text{ dBm}$$

$$OSNR_x \text{ dB} = Pin_x \text{ (dBm)} - NF \text{ (dB)} + 58 \text{ (dBm)}$$

$$OSNR_x = \frac{1}{10^{\frac{OSNR_x \text{ dB}}{10}}}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{OSNR(x1) + OSNR(x2) + OSNR(x3)}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{0,000398107 + 0,0001 + 0,001995262}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 26,0321336 \text{ dB}$$

Sitio A	Sitio B	Canales	Canal Protegido	Capacidad
San Cristóbal	Barinas	C29	NO	200G

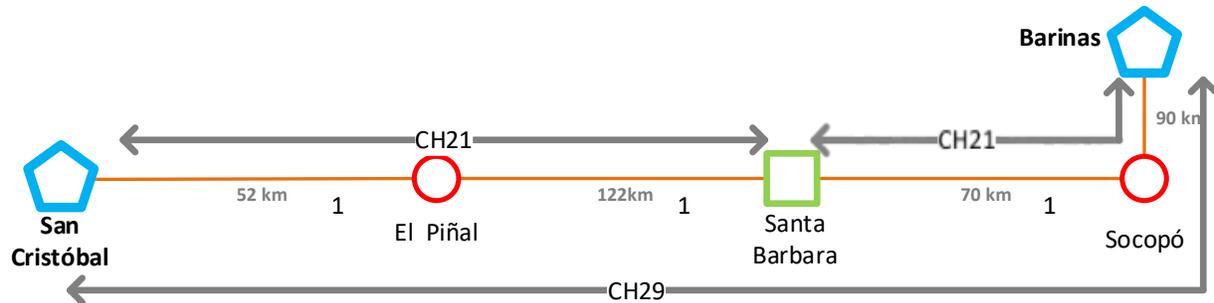


Figura 26. Diagrama de enlace San Cristóbal - Barinas

Para este canal se tiene calculado el OSNR del enlace Barinas-Santa Bárbara y el OSNR acumulado del enlace Santa Bárbara - San Cristóbal, debemos calcular un nuevo acumulado con los valores de ambos enlaces.

## OSNR

$$Pin_{x1} = -9 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x2} = -14 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x3} = -10 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x4} = -13 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x5} = -19 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x6} = -13 \text{ dBm}$$

$$Pin_{x7} = -26 \text{ dBm}$$

$$OSNR_x \text{ dB} = Pin_x \text{ (dBm)} - NF \text{ (dB)} + 58 \text{ (dBm)}$$

$$OSNR_x = \frac{1}{10^{\frac{OSNR_x \text{ dB}}{10}}}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{OSNR(x1) + OSNR(x2) + OSNR(x3) + OSNR(x4) + OSNR(x5) + OSNR(x6) + OSNR(x7)}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 10 \log_{10} \frac{1}{3,98107E - 05 + 0,000125893 + 5,01187E - 05 + 0,0001 + 0,000398107 + 0,0001 + 0,00199526}$$

$$OSNR_{Acumulado} = 25,51418659 \text{ dB}$$

**Anexo 2 Registro de parámetros de desempeño tras implementación.**

Sitio A	Sitio B	Canales	Canal Protegido	Capacidad
Punto Fijo	Maracaibo	C21/C22	SI	2*200G

C21/C22 - TM800G-LT#548 <> Maracaibo

- Alarms 0
- Details
- Neighbours
- Maps
- Service
- Supervisor
- OTN
- License

Ports

LINE 1	LINE 2
Temperature: 46.6 °C	Temperature: 47.3 °C
Laser status (Oper/Adm): true   true	Laser status (Oper/Adm): true   true
Loopback status: OFF	Loopback status: OFF
Frequency: 192.1 THz	Frequency: 192.2 THz
Channel: N160 - C21	Channel: N144 - C22
Pin: -10.39 dBm	Pin: -10.58 dBm
Pout (Oper/Adm): -4.98 dBm   -5 dBm	Pout (Oper/Adm): -4.99 dBm   -5 dBm
Operation Mode: ND_DP_QPSK_200G	Operation Mode: ND_DP_QPSK_200G
Phase Encoding: NON_DIFF	Phase Encoding: NON_DIFF
Grid   Symbol Rate: 75.0 GHz   69.40 GBaud	Grid   Symbol Rate: 75.0 GHz   69.40 GBaud
Chromatic Dispersion Window: {"min": "-3000", "max": "20000"} ...	Chromatic Dispersion Window: {"min": "-3000", "max": "20000"} ...
Chromatic Dispersion: 1152 ps/nm	Chromatic Dispersion: 1138 ps/nm
OSNR: 17,80 dB[0.1nm]	OSNR: 17,40 dB[0.1nm]
Q Factor: 6,40 dBQ	Q Factor: 6,30 dBQ
Reset	Reset

C21/C22 - TM800G-LT#544 <> Punto Fijo

- Alarms 0
- Details
- Neighbours
- Maps
- Service
- Supervisor
- OTN
- License

Ports

LINE 1	LINE 2
Temperature: 46.5 °C	Temperature: 47.5 °C
Laser status (Oper/Adm): true   true	Laser status (Oper/Adm): true   true
Loopback status: OFF	Loopback status: OFF
Frequency: 192.1 THz	Frequency: 192.2 THz
Channel: N160 - C21	Channel: N144 - C22
Pin: -2.41 dBm	Pin: -1.86 dBm
Pout (Oper/Adm): -0.96 dBm   -1 dBm	Pout (Oper/Adm): -1.09 dBm   -1.1 dBm
Operation Mode: ND_DP_QPSK_200G	Operation Mode: ND_DP_QPSK_200G
Phase Encoding: NON_DIFF	Phase Encoding: NON_DIFF
Grid   Symbol Rate: 75.0 GHz   69.40 GBaud	Grid   Symbol Rate: 75.0 GHz   69.40 GBaud
Chromatic Dispersion Window: {"min": "-350000", "max": "350000"} ...	Chromatic Dispersion Window: {"min": "-350000", "max": "350000"} ...
Chromatic Dispersion: 1140 ps/nm	Chromatic Dispersion: 1124 ps/nm
OSNR: 17,50 dB[0.1nm]	OSNR: 18,10 dB[0.1nm]
Q Factor: 8,20 dBQ	Q Factor: 8,60 dBQ
Reset	Reset

Sitio A	Sitio B	Canales	Canal Protegido	Capacidad
Barinas	Santa Bárbara	C21	NO	200G

C21 - TCX200G-9A#576 >> L2 Santa Barbara

Alarms 11 **Details** Neighbours Maps Service OTN

Ports	
<b>LINE 1</b>	<b>LINE 2</b>
Pluggable: CFP2	Pluggable: CFP2
Temperature: 37.4 °C	Temperature: 46.2 °C
Laser status (Oper/Adm): false   false	Laser status (Oper/Adm): true   true
Protocol Line 1.1: OTU4	Protocol Line 2.1: OTU4
Protocol Line 1.2: NONE	Protocol Line 2.2: NONE
Loopback status: OFF	Loopback status: OFF
Frequency: 192.1 THz	Frequency: 192.1 THz
Channel: N160 - C21	Channel: N160 - C21
Pin: N/A dBm	Pin: -13 dBm
Pout (Oper/Adm): N/A dBm   1 dBm	Pout (Oper/Adm): 0.79 dBm   1 dBm
Operation Mode: SDFEC_NONDIFF_15_QPSK_D...	Operation Mode: SDFEC_NONDIFF_15_QPSK_D...
Chromatic Dispersion Window: {"min": "-2000", "max": "20000"}...	Chromatic Dispersion Window: {"min": "-40000", "max": "40000"}...
Chromatic Dispersion: 0 ps/nm	Chromatic Dispersion: 3086 ps/nm
OSNR: 0,00 dB[0.1nm]	OSNR: 25,10 dB[0.1nm]
Q Factor: 0,00 dBQ	Q Factor: 14,80 dBQ

C21 - TCX200G-9A#584 >> L1 San Cristóbal / L2 Barinas

Alarms 0 **Details** Neighbours Maps Service OTN

Ports	
<b>LINE 1</b>	<b>LINE 2</b>
Pluggable: CFP2	Pluggable: CFP2
Temperature: 32.3 °C	Temperature: 28 °C
Laser status (Oper/Adm): true   true	Laser status (Oper/Adm): true   true
Protocol Line 1.1: OTU4	Protocol Line 2.1: OTU4
Protocol Line 1.2: NONE	Protocol Line 2.2: NONE
Loopback status: OFF	Loopback status: OFF
Frequency: 192.1 THz	Frequency: 192.1 THz
Channel: N160 - C21	Channel: N160 - C21
Pin: -10.35 dBm	Pin: -9.34 dBm
Pout (Oper/Adm): -0.02 dBm   0 dBm	Pout (Oper/Adm): -0.02 dBm   0 dBm
Operation Mode: SDFEC_NONDIFF_15_QPSK_D...	Operation Mode: SDFEC_NONDIFF_15_QPSK_D...
Chromatic Dispersion Window: {"min": "-2000", "max": "20000"}...	Chromatic Dispersion Window: {"min": "-40000", "max": "40000"}...
Chromatic Dispersion: 3057 ps/nm	Chromatic Dispersion: 3084 ps/nm
OSNR: 28,00 dB[0.1nm]	OSNR: 23,10 dB[0.1nm]
Q Factor: 15,50 dBQ	Q Factor: 14,10 dBQ

Sitio A	Sitio B	Canales	Canal Protegido	Capacidad
Barinas	San Cristóbal	C29	NO	200G

C29 - TM200G-HA#659<->San Cristobal

Alarms 0 **Details** Neighbours Maps Service OTN

**Ports**

**LINE 1**

Pluggable	CFP2
Temperature	33.3 °C
Laser status (Oper/Adm)	true   true
Protocol Line 1.1	OTU4
Protocol Line 1.2	OTU4
Loopback status	OFF
Frequency	192.9 THz
Channel	N032 - C29
Pin	-16.55 dBm
Pout (Oper/Adm)	1 dBm   1 dBm
Operation Mode	SDFEC_NONDIFF_15_8QAM_200G
Chromatic Dispersion Window	{ "min": "-2000", "max": "20000" } ps/nm
Chromatic Dispersion	5952 ps/nm
OSNR	20,20 dB[0.1nm]
Q Factor	8,30 dBQ

C29 - TM200G-HA#635<->Barinas

Alarms 0 **Details** Neighbours Maps Service OTN

**Ports**

**LINE 1**

Pluggable	CFP2
Temperature	38.5 °C
Laser status (Oper/Adm)	true   true
Protocol Line 1.1	OTU4
Protocol Line 1.2	OTU4
Loopback status	OFF
Frequency	192.9 THz
Channel	N032 - C29
Pin	-14.63 dBm
Pout (Oper/Adm)	1.02 dBm   1 dBm
Operation Mode	SDFEC_NONDIFF_15_8QAM_200G
Chromatic Dispersion Window	{ "min": "-2000", "max": "20000" } ps/nm
Chromatic Dispersion	5948 ps/nm
OSNR	19,70 dB[0.1nm]
Q Factor	8,10 dBQ

Sitio A	Sitio B	Canales	Canal Protegido	Capacidad
Santa Bárbara	San Cristóbal	C21	NO	200G

C21 - TCX200G-9A#581 <> Santa Barbara

Alarms 5 **Details** Neighbours Maps Service OTN

Ports

LINE 1	LINE 2
Pluggable: absent	Pluggable: CFP2
Temperature: N/A °C	Temperature: 40.1 °C
Laser status (Oper/Adm): false   false	Laser status (Oper/Adm): true   true
Protocol Line 1.1: OTU4	Protocol Line 2.1: OTU4
Protocol Line 1.2: NONE	Protocol Line 2.2: NONE
Loopback status: OFF	Loopback status: OFF
Frequency: N/A THz	Frequency: 192.1 THz
Channel: P000 - C31	Channel: N160 - C21
Pin: N/A dBm	Pin: -11.67 dBm
Pout (Oper/Adm): N/A dBm   1 dBm	Pout (Oper/Adm): 0.98 dBm   1 dBm
Operation Mode: SDFEC_NONDIFF_15_QPSK_D...	Operation Mode: SDFEC_NONDIFF_15_QPSK_D...
Chromatic Dispersion Window: {"min": "-2000", "max": "20000"}...	Chromatic Dispersion Window: {"min": "-40000", "max": "40000"}...
Chromatic Dispersion: N/A ps/nm	Chromatic Dispersion: 3048 ps/nm
OSNR: N/A dB[0.1nm]	OSNR: 28.00 dB[0.1nm]
Q Factor: N/A dBQ	Q Factor: 15,50 dBQ

C21 - TCX200G-9A#584 >> L1 San Cristóbal / L2 Barinas

Alarms 0 **Details** Neighbours Maps Service OTN

Ports

LINE 1	LINE 2
Pluggable: CFP2	Pluggable: CFP2
Temperature: 32.3 °C	Temperature: 28 °C
Laser status (Oper/Adm): true   true	Laser status (Oper/Adm): true   true
Protocol Line 1.1: OTU4	Protocol Line 2.1: OTU4
Protocol Line 1.2: NONE	Protocol Line 2.2: NONE
Loopback status: OFF	Loopback status: OFF
Frequency: 192.1 THz	Frequency: 192.1 THz
Channel: N160 - C21	Channel: N160 - C21
Pin: -10.35 dBm	Pin: -9.34 dBm
Pout (Oper/Adm): -0.02 dBm   0 dBm	Pout (Oper/Adm): -0.02 dBm   0 dBm
Operation Mode: SDFEC_NONDIFF_15_QPSK_D...	Operation Mode: SDFEC_NONDIFF_15_QPSK_D...
Chromatic Dispersion Window: {"min": "-2000", "max": "20000"}...	Chromatic Dispersion Window: {"min": "-40000", "max": "40000"}...
Chromatic Dispersion: 3057 ps/nm	Chromatic Dispersion: 3084 ps/nm
OSNR: 28.00 dB[0.1nm]	OSNR: 23.10 dB[0.1nm]
Q Factor: 15.50 dBQ	Q Factor: 14.10 dBQ