

Incab

Entendiendo el concepto de diseño de tubo holgado

Leonardo Rojas

Gerente de Ventas Internacionales y de Banda Ancha

11 Abril 2024

CUMPLE CON EL RCEP

- Incab America ha cumplido con los estándares y requisitos del Programa de Educación Continua Registrado.
- Los créditos obtenido al completar este programa se informará a RCEP.net.
- Los certificados de finalización se emitirán a todos los participantes a través del sistema en línea RCEP.net.
- Como tal, no incluye contenido que pueda considerarse o interpretarse como una aprobación o respaldo por parte del RCEP.



PROPÓSITO Y OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Programa registrado de formación continua

- En este seminario web analizaremos por qué el concepto de diseño de tubo holgado es la solución ideal para los sistemas de cable de fibra óptica aéreos. Al hacerlo, aprenderemos la importancia del exceso de longitud de fibra (EFL), y al hacerlo, también aprenderemos sobre sus fuentes y el efecto del periodo y la fase.
- También conoceremos el rango esperado de EFL en los cables de fibra óptica modernos y exploraremos conceptos de diseño alternativos, sopesando sus ventajas e inconvenientes para aplicaciones específicas.



OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

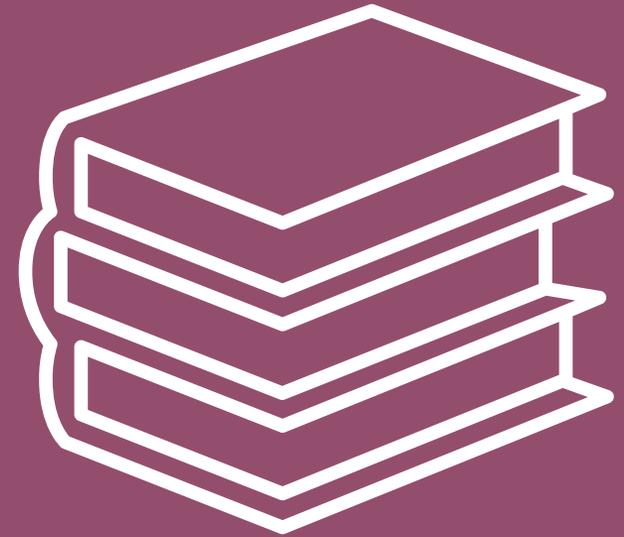
Después de esta clase, usted será capaz de:

1. Indicar el beneficio principal del concepto de diseño de tubo holgado para cables de fibra óptica.
2. Explicar por qué el concepto de diseño de tubo holgado es el camino a seguir para los sistemas de cable de fibra óptica aéreos.
3. Explicar qué es el "exceso de longitud de fibra" o "EFL" y cómo contribuye al concepto de diseño de tubos sueltos.
4. Indique las dos fuentes potenciales de EFL en un cable de fibra óptica.
5. Explique la importancia del período y la fase en relación con el EFL.
6. Indique el rango de EFL que debe esperarse en los cables de fibra óptica actuales.
7. Indique las tres alternativas al diseño de tubos holgados, sus ventajas y desventajas relativas, y cuándo estas alternativas son buenas soluciones para su uso en un cable de fibra óptica.

Universidad Incab "Escuela de Excelencia en Fibra Óptica"

Agenda

- Introducción
- Objetivos de aprendizaje
- Presentación
- Preguntas y respuestas
(solo preguntas técnicas)
- ¡Empecemos!





Antecedentes

Los cables aéreos tienen una vida dura

- Todos los cables aéreos lo tienen difícil porque están expuestos a elementos las 24 horas del día, los 7 días de la semana, los 365 días del año durante toda su vida útil, que puede ser
 - 20 – 25 años para cables dieléctricos de fibra óptica como ADSS
 - 40 – 80 años para cables metálicos, cables de fibra óptica como OPGW
- La mayoría de las empresas de servicios públicos esperan al menos 40
- Una empresa de servicios públicos ha estudiado esto y ha llegado a la conclusión de que 70 es realista para cables bien diseñados y bien hechos



Antecedentes

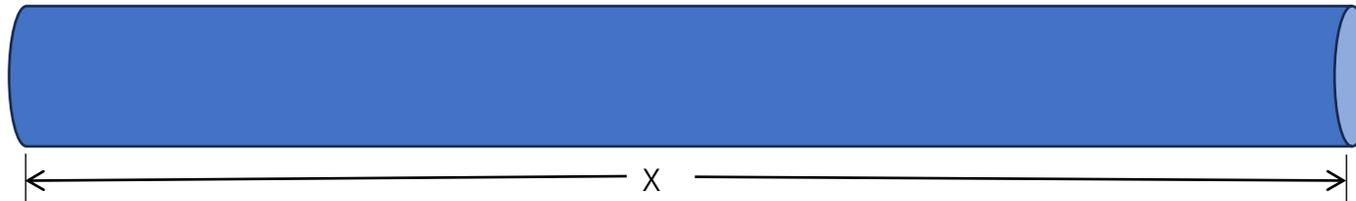
Los cables aéreos tienen una vida dura

- Durante esa exposición, las condiciones ambientales cambian constantemente
 - Cambios de temperatura: entrada de calor solar ambiental y directo en el cable
 - Cambios en la velocidad del viento
 - Cambios en la carga de nieve/hielo
- No es de extrañar, estos cambios provocan cambios en la tensión y el alargamiento del cable
- Pero, ¿cómo afectarían estos cambios a la fibra?
- Pensemos en ello...



Cambios en el alargamiento del cable

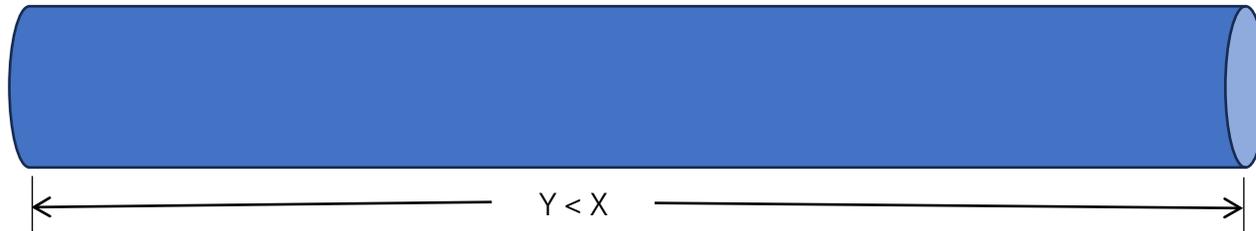
- Imaginemos un "cable" aéreo con un solo elemento
 - Mantengámoslo simple, y solo miremos una unidad corta de longitud



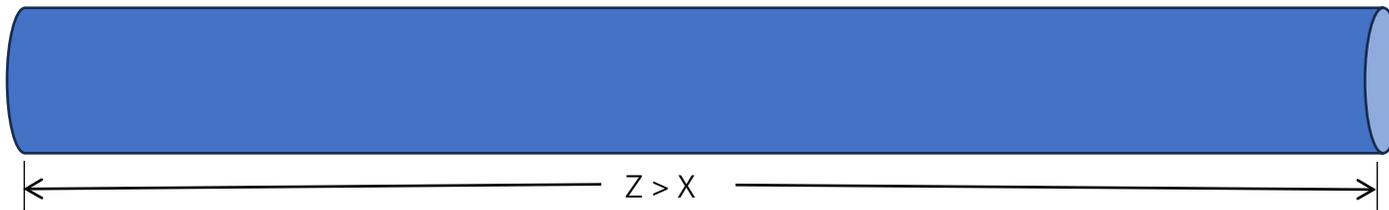
- Esta longitud cambiará en respuesta a los cambios ambientales...

Cambios en el alargamiento del cable

- Una temperatura más baja hará que el cable se encoja:



- Una temperatura más alta o un aumento de la carga de viento o hielo harán que el cable se estire:

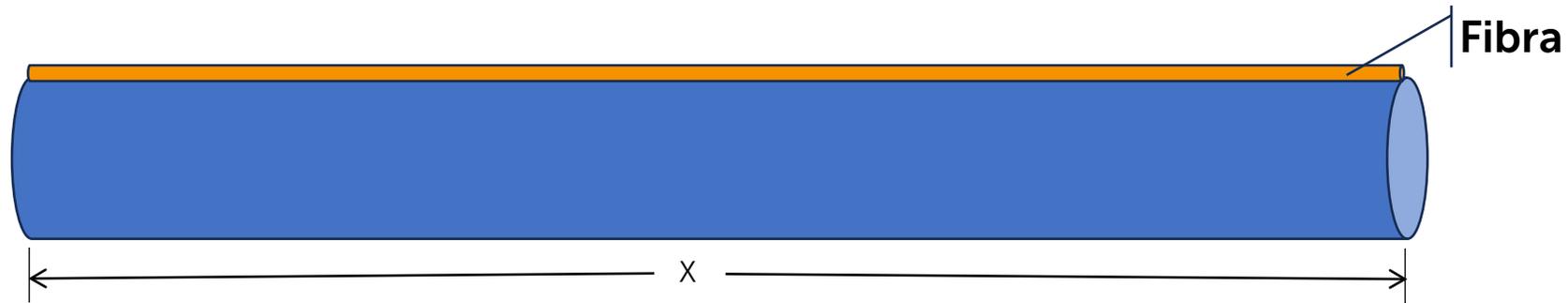


Cambios en el alargamiento del cable

- Estos cambios ocurren independientemente del material utilizado en el cable, pero...
 - En cables dieléctricos (plásticos), en relación con los cables metálicos
 - El cambio de longitud debido a los cambios de temperatura es pequeño
 - El cambio en la longitud debido a los cambios de carga (viento y hielo) es grande
 - En cables metálicos, en relación con los cables dieléctricos
 - El cambio de longitud debido a los cambios de temperatura es grande
 - El cambio en la longitud debido a los cambios de carga es pequeño
- Estas diferencias son el resultado de las diferencias entre las propiedades básicas de estos dos tipos de material

Cambios en el alargamiento del cable

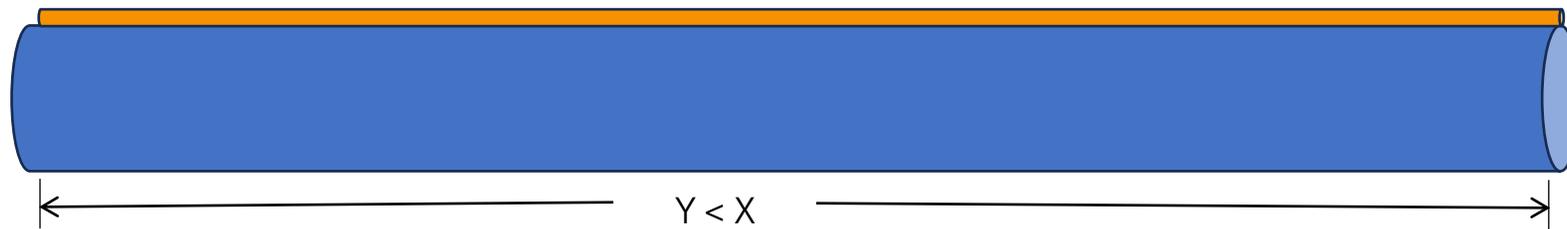
- Ahora, agreguemos una fibra a nuestro cable
- Mantengámoslo simple y simplemente peguemos la fibra encima.



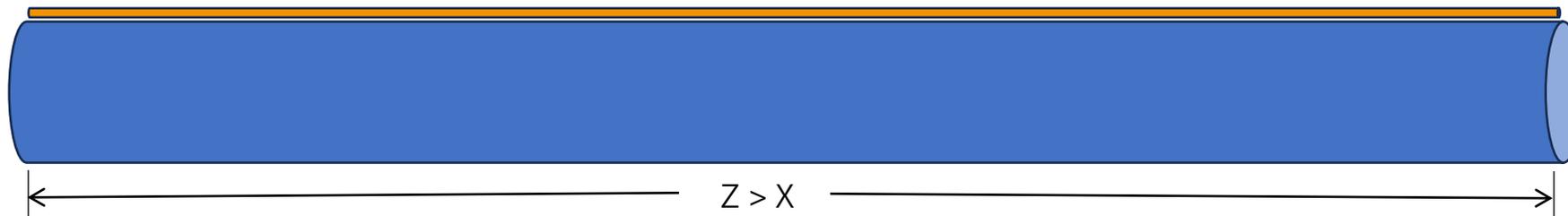
- Ahora, ¿qué pasa con los cambios de temperatura y carga?

Cambios en el alargamiento del cable

- **Respuesta: Tienden a suceder las mismas cosas**
- Una temperatura más baja hará que el cable y la fibra se encojan:



- Una temperatura más alta o un aumento de la carga de viento o hielo harán que el cable y la fibra se estiren:



Cambios en el alargamiento del cable

- *Pero, la fibra tiene sus propias propiedades materiales, por lo que sus respuestas a los cambios diferirán de las del propio cable, por lo que...*

La fibra tenderá a resistir los cambios

- Por consiguiente...
 - Cuando el cable se encoge, la fibra podría "doblarse" (tal vez rompiendo la unión)
 - Cuando el cable se estira, la fibra también se verá obligada a estirarse (o tal vez se rompa a sí misma o al enlace)

Cambios en el alargamiento del cable

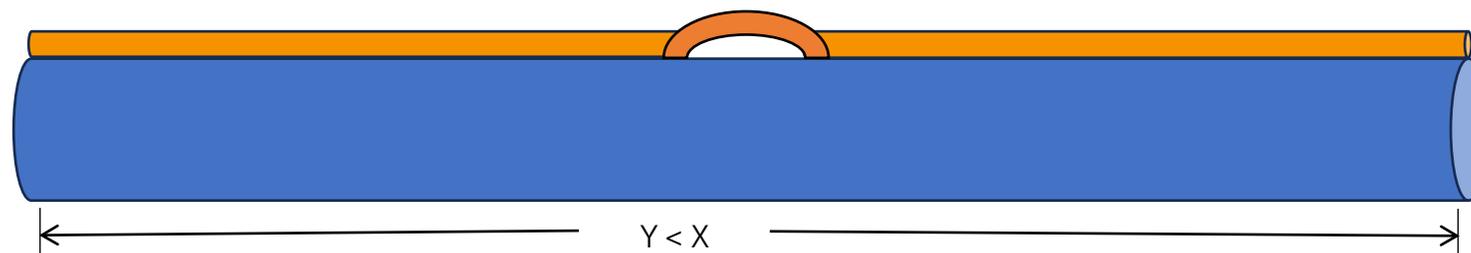
- Entonces, si la fibra y el cable no trabajan juntos naturalmente en paz, amor y armonía, ¿qué significa esto?

Más concretamente:

- ¿Cómo afectaría esta condición el funcionamiento y la vida útil de la fibra?
 - Si las respuestas a (1) son de naturaleza negativa, ¿podemos encontrar una manera de agregar la fibra a nuestro cable y evitar esas ramificaciones negativas?
- Veamos cada pregunta...

Cambios en el alargamiento del cable

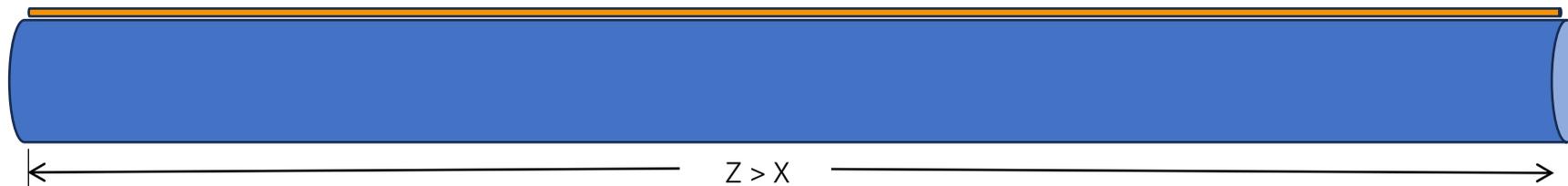
- Pregunta 1 - Si la fibra y el cable no funcionan juntos, ¿cómo afectará esto probablemente al funcionamiento y la vida útil de la fibra?
 - Caso 1 - Cuando el cable se está encogiendo, dijimos que la fibra podría "doblar"se"



- Efecto operacional - "Macroflexión" que podría conducir a un aumento de la atenuación
Nota: La "fibra insensible a la flexión" actual (según G.657) tolera mejor la macroflexión.
- Efecto de la vida útil: ninguno probable

Cambios en el alargamiento del cable

- Pregunta 1 - Si la fibra y el cable no funcionan juntos, ¿cómo afectará esto probablemente al funcionamiento y la vida útil de la fibra?
- Caso 2 - Cuando el cable se está estirando, dijimos que la fibra también debe estirarse (o romperse a sí misma o al enlace)



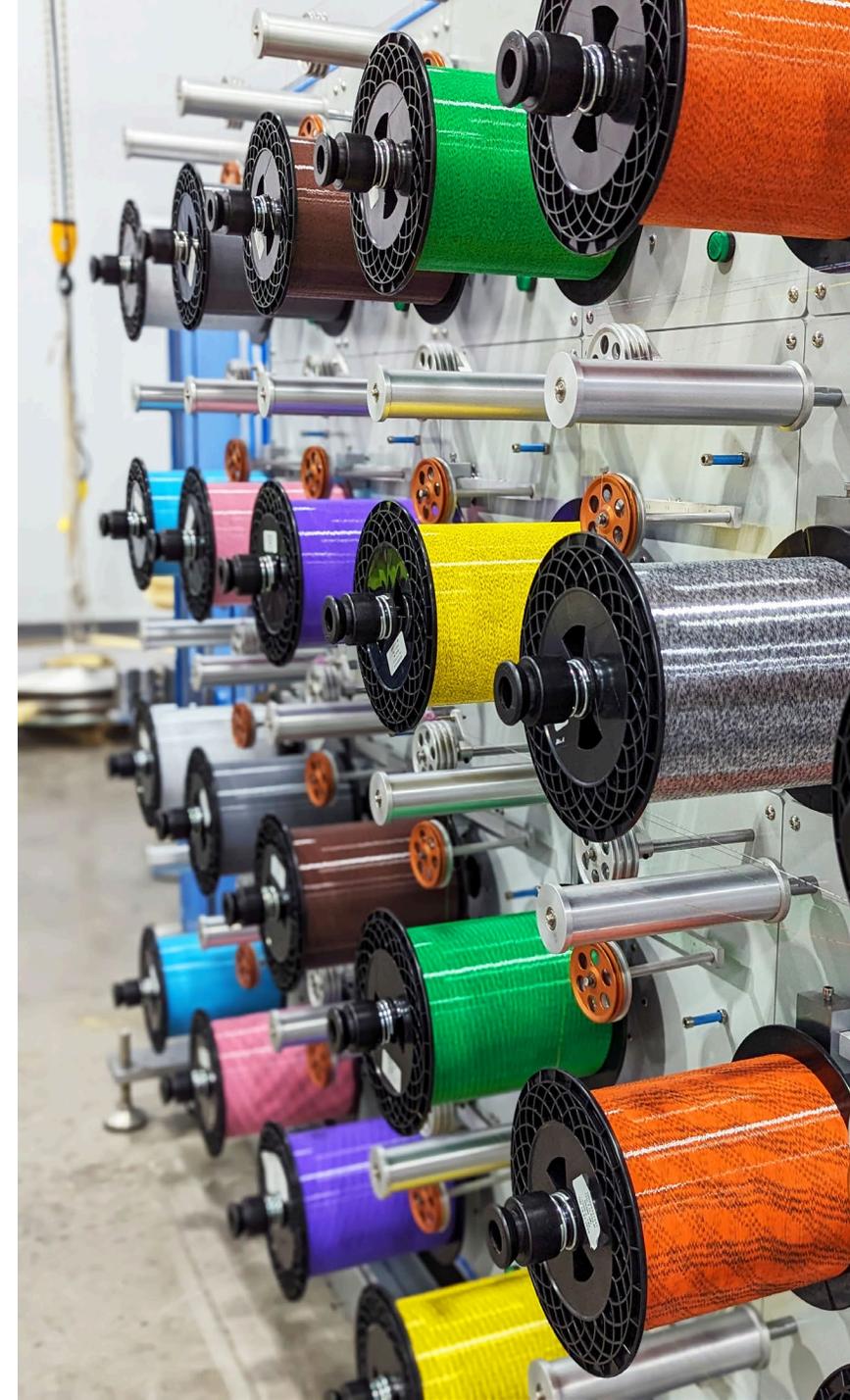
- Efecto operativo: probablemente ninguno, a menos que la fibra se rompa, por supuesto.
- Efecto de la vida útil: si el estiramiento ("tensión") excede un límite seguro, es probable que haya un efecto adverso en la vida útil (!)

Cambios en el alargamiento del cable

- ¡Ese es un punto clave en la última diapositiva! Repitémoslo y luego investiguemos:
 - Si el estiramiento ("tensión") excede un límite seguro, es probable que haya un efecto adverso en la vida útil (!)
- Esto plantea dos preguntas:
 - ¿Qué es un "límite seguro"?
 - ¿Podemos cuantificar el grado de "efecto adverso"?
- Afortunadamente, Corning ha realizado investigaciones para responder a estas dos preguntas

Efectos de la Tensión de fibra

- La investigación de Corning sobre los efectos de la Tensión de fibra resumió lo siguiente:
 - Vida útil de 40 años = Tensión de fibra $\leq 0,20\%$
 - Vida útil de 4 horas = Tensión de fibra $\leq 0,33\%$
 - Vida útil de 1 segundo = Tensión de fibra $\leq 0,50\%$
- ¡Estos son cálculos de "vida esperada", no cálculos de "vida garantizada" (o muerte)!
 - Todavía hay un riesgo "bajo" de roturas de fibras
 - Probabilidad $< 0,005$ roturas/millón de fibras-km/año
 - No hay un 100% de probabilidad de una ruptura después de estos tiempos
- Otros fabricantes de fibra tienen datos/directrices similares



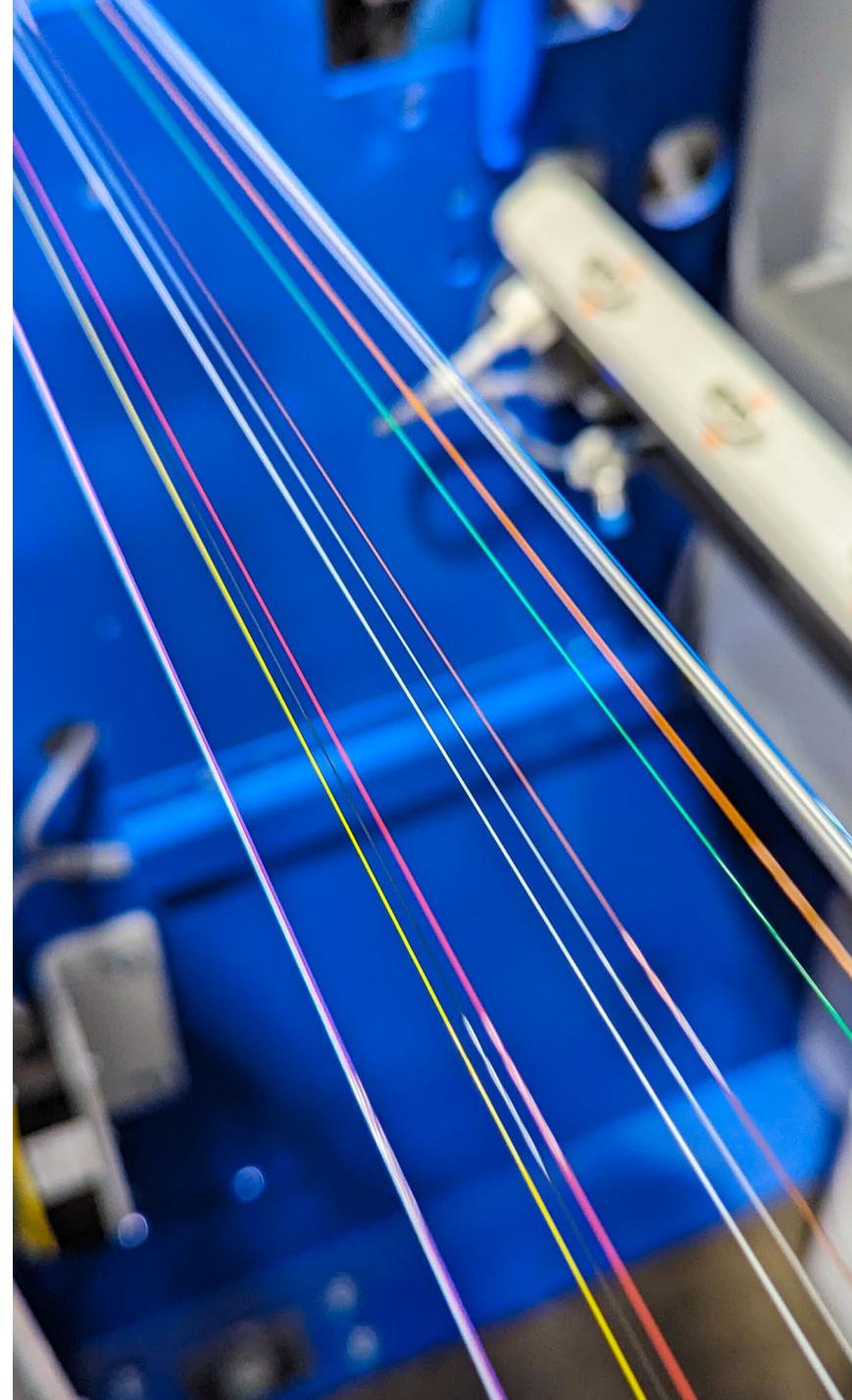
Efectos de la Tensión de fibra

- Recordemos que teníamos dos preguntas sobre el efecto de la tensión en nuestra fibra:
 - A. ¿Cuál es un "límite seguro" para la cepa?

Respuesta:

Suponiendo que queremos una vida útil de 40 años o más, entonces el 0,20% es nuestro límite seguro

Nota: Si se desea una vida más baja, se pueden utilizar estos datos para interpolar el límite seguro para la esperanza de vida deseada



Efectos de la Tensión de fibra

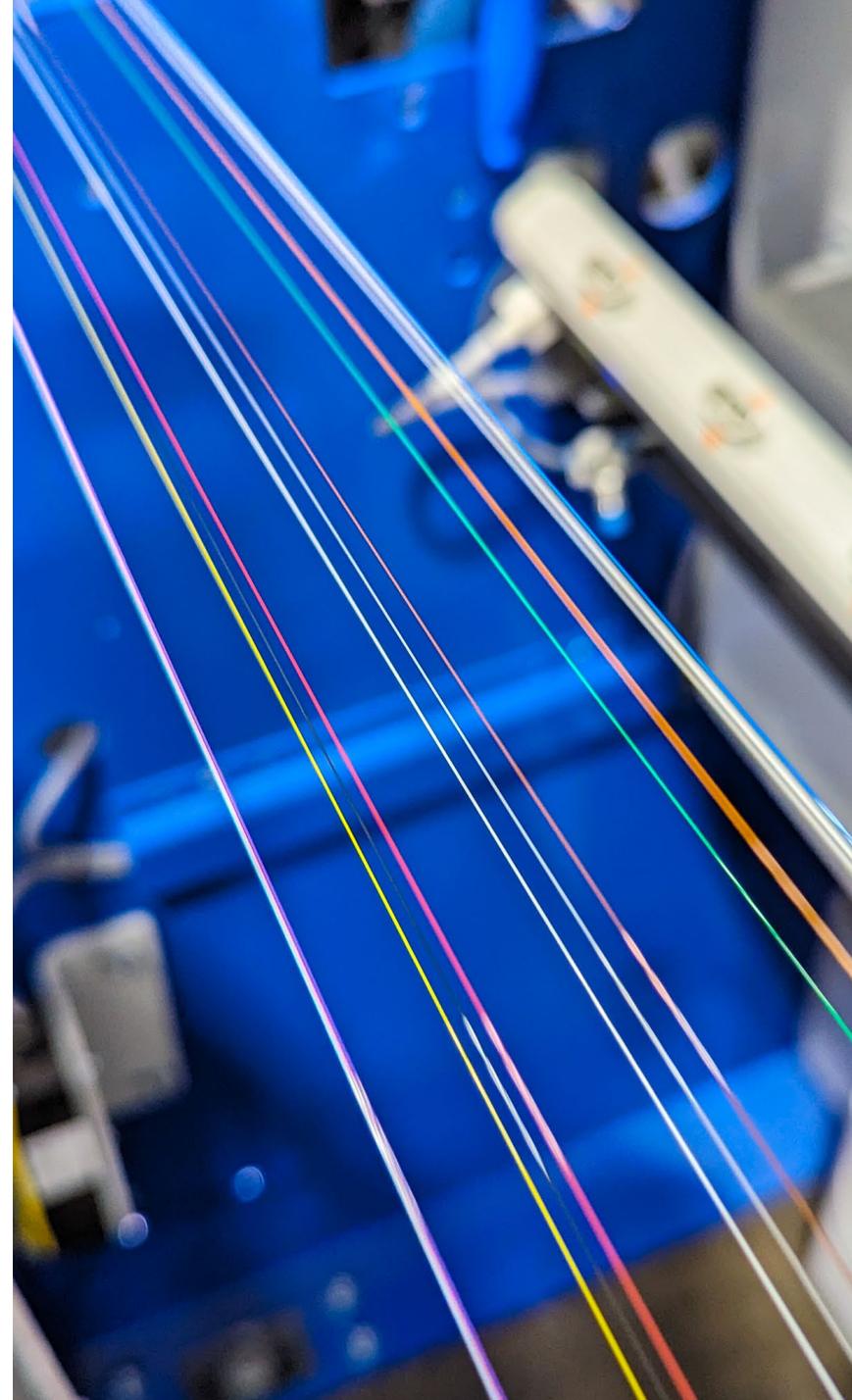
- Aquí está la segunda pregunta...

B. ¿Podemos cuantificar el grado de "efecto adverso"?

Respuesta:

Sí, podemos predecir la reducción esperada en la vida útil para cualquier nivel de tensión en una fibra que esté por encima del 0,20%

- Además, si se puede traducir la tensión del cable en la tensión de la fibra, también se puede predecir la pérdida de vida útil óptica (!)

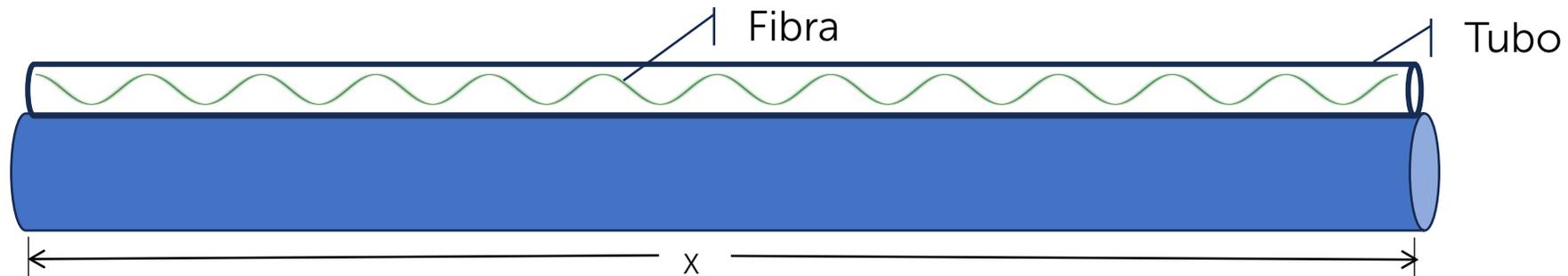


Cambios en el alargamiento del cable

- Y ahora, remontémonos en tu memoria para recordar esta pregunta:
 - "Si las respuestas a (1) [los efectos de la tensión o compresión en la fibra] son de naturaleza negativa, ¿podemos encontrar una manera de agregar la fibra a nuestro cable y evitar esas ramificaciones negativas?"
 - La respuesta es un rotundo "¡Sí, podemos!"
- ¿Cómo?, te preguntarás.
 - ¡A través del milagro del concepto de diseño de tubos holgados!
 - Veremos que su principal beneficio será que protegerá nuestra fibra de la tensión
- Veamos cómo funciona esto...

Diseño de tubo holgado

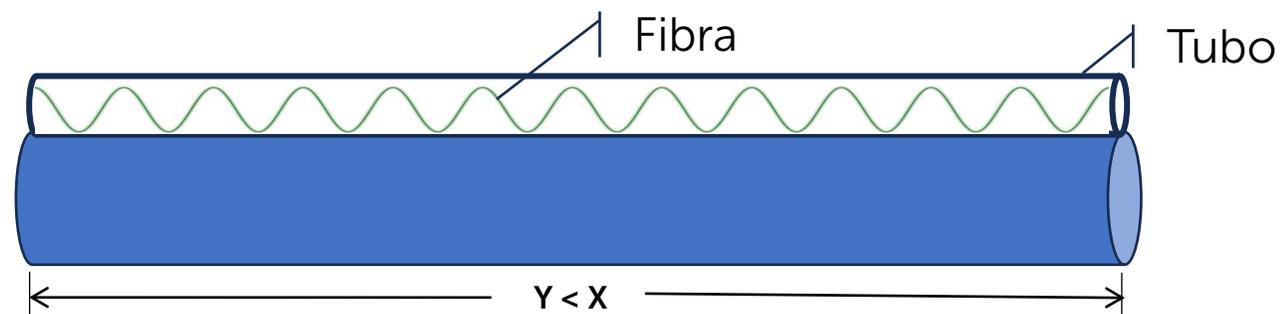
- Volvamos a nuestro cable simple
- Agreguemos nuevamente una fibra, pero en lugar de pegarla a la parte superior de nuestro cable, pongámosla dentro de un tubo en forma sinusoidal, y luego peguemos el tubo a nuestro cable



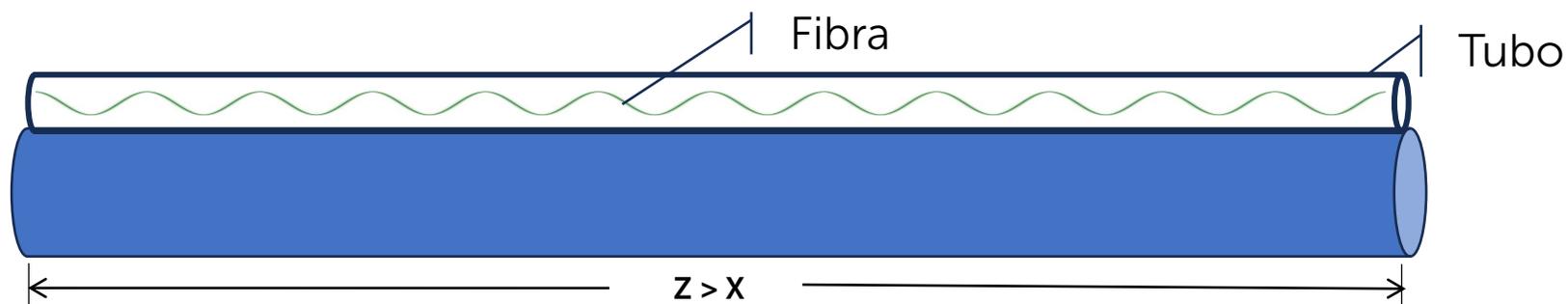
- Llamaremos a esto un "diseño de tubo holgado"

Diseño de tubo holgado

- Ahora observa lo que sucede cuando encogemos o estiramos el cable



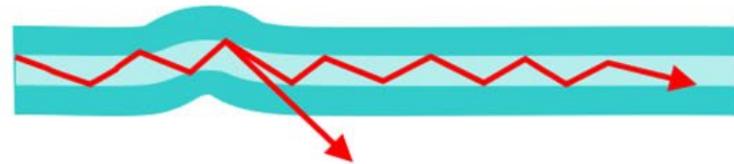
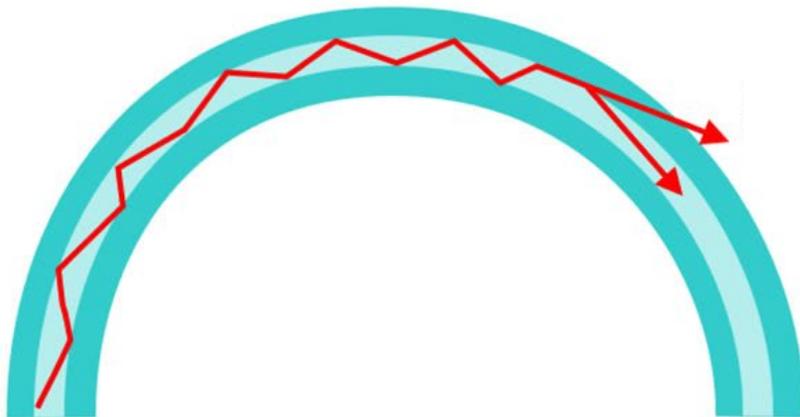
- Encogimiento: el período de la fibra se acorta y las fibras se "amontonan"



- Estiramiento: el período de fibra se alarga y las fibras se aplanan

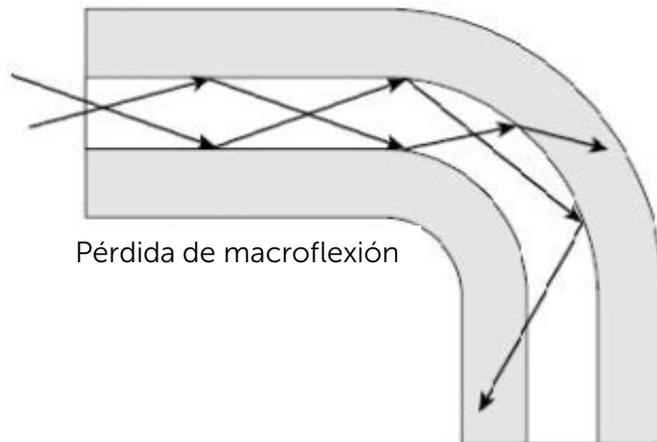
Diseño de tubo holgado

- Interesante... Pero, ¿cómo nos ayuda esto con nuestro problema?
- Antes de responder, debemos definir dos términos:
 - Macroflexion
 - Microflexion



Diseño de tubo holgado

- La "macroflexión" es la pérdida de señal por demasiada flexión
 - Se superó el radio de curvatura mínimo de la fibra
 - En consecuencia, la "reflexión interna total" (Ver nota) deja de funcionar correctamente

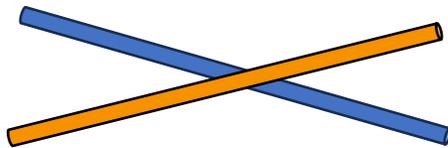


La luz no se refleja internamente; Se "escapa", lo que equivale a la pérdida de señal

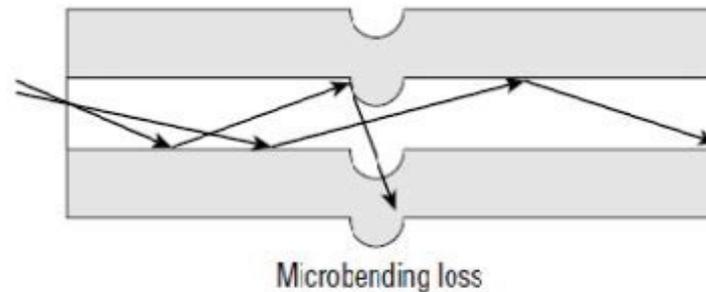
Nota: La reflexión interna total se explica en nuestro seminario web "Fibra óptica 101"

Diseño de tubo holgado

- La "microflexión" es una pérdida única causada por dos o más fibras que se cruzan entre sí
 - El cruce crea un punto de presión que crea una hendidura microscópica
 - En consecuencia, la "reflexión interna total" (Referencia Fibra Óptica 101) no funciona correctamente



Dos fibras se cruzan entre sí



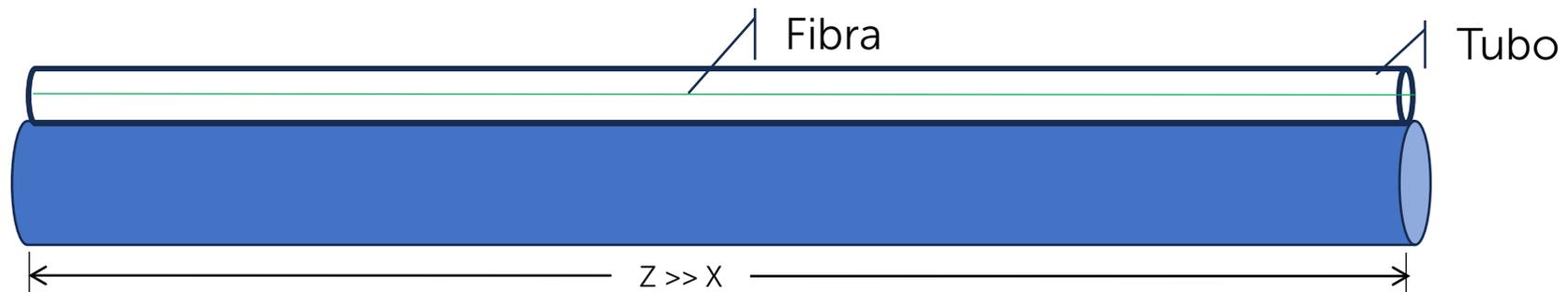
La hendidura resultante impide la transmisión de luz en ambas fibras

Diseño de tubo holgado

- Ahora, volvamos a cómo nuestro tubo con una fibra en forma sinusoidal nos ayuda con nuestro problema...
- Contracción: esperaríamos un problema con nuestra fibra solo cuando la temperatura es tan baja que la contracción ha causado que las fibras se amontonen tanto que la "macroflexión" hace que aumente la atenuación
 - Además: Nuestro cable simple tiene solo una fibra, así que...
 - Si añadimos incluso una fibra más, añadimos la posibilidad de tener también un problema de "microflexión"
- Los cables de hoy en día suelen estar diseñados de tal manera que estos problemas no se producen hasta $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-40\text{ }^{\circ}\text{F}$)
- Los cables pueden diseñarse para temperaturas aún más bajas

Diseño de tubo holgado

- Nuestra mayor preocupación es el estiramiento ("elongación") porque esto puede resultar en una tensión de la fibra que sabemos que puede ser mala (romper la fibra o reducir su vida útil esperada)
- Estiramiento: esperaríamos un problema solo después de que el alargamiento haya sido suficiente para aplanar completamente la fibra





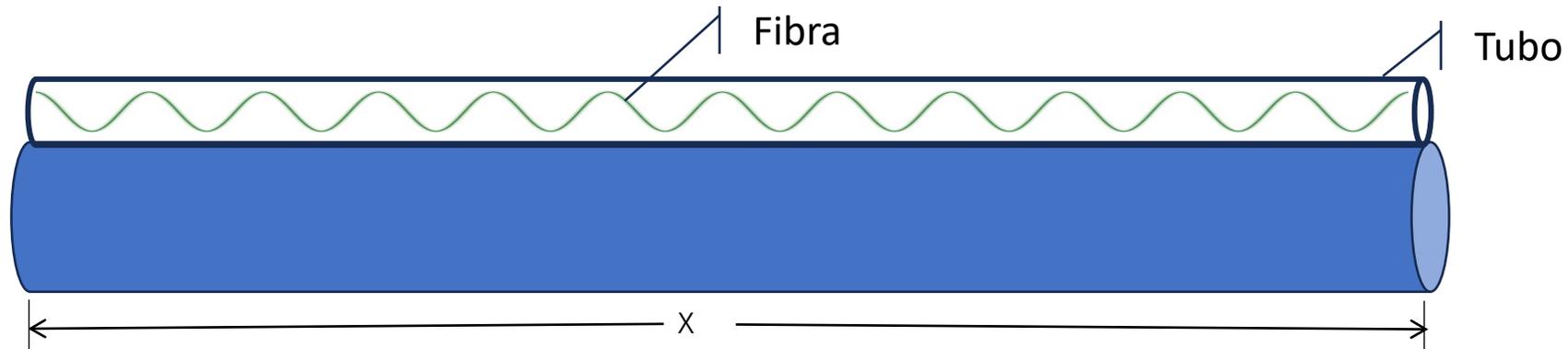
Diseño de tubo holgado

- Este grado de elongación no va a ocurrir solo por los cambios de temperatura
- También debe haber cambios de tensión, y estos solo pueden provenir de cambios en la carga de viento y hielo
- Pero, podemos ver que este diseño de tubo holgado puede proteger la fibra al menos a una cierta cantidad (significativa) de tensión
 - Hagamos algunas inferencias de lo que hemos visto hasta ahora y definamos también un par de términos más...

Diseño de tubo holgado

Inferencia 1

- Si la fibra en el "tubo holgado" tiene forma sinusoidal, entonces la longitud de la fibra debe ser mayor que la longitud del tubo



That is: $L_{\text{fibra}} > L_{\text{tubo}}$

- A esto lo hubiera llamado "longitud extra de fibra" (ELF), pero no me consultaron, así que en su lugar se llama:
 - "Exceso de longitud de fibra" o EFL

Diseño de tubo holgado

Inferencia 2

- If $L_{fiber} > L_{tube}$ entonces la proporción L_{fibra} to L_{tubo} debe ser mayor que 1

$$\text{Es decir: } \frac{L_{fiber}}{L_{tube}} > 1$$

- En la fabricación actual de cables, la mejor práctica es que haya entre un 0,25 y un 0,30 % más de fibra que de tubo
- Por lo tanto, la relación fibra-tubo o EFL suele ser de 1,0025 a 1,0030
 - EFL < 0.25% generalmente significa un tubo mal diseñado o hecho (algunas excepciones)
 - EFL puede ser "exprimido" hasta $\approx 0.40\%$ para algunos diseños de cable de tipo tubo central
- En general, un EFL más alto es mejor

Diseño de tubo holgado

Inferencia 3

- Si la fibra no experimenta tensión hasta que se haya aplanado por completo ($\frac{L_{fiber}}{L_{tube}} = 1$),
Entonces hay un "espacio" entre el momento en que se aplica la tensión en el cable por primera vez y el momento en que la fibra comienza a experimentar tensión
- Llamamos a esta brecha el "margen de deformación de fibra cero" (ZFSM)
 - ZFSM = La diferencia entre el momento en que el cable experimenta tensión y el momento en que las fibras lo hacen
 - Expresado como % de resistencia nominal a la rotura (%RBS) o % de resistencia a la tracción nominal (%RTS) (lo mismo; solo términos diferentes)
- Los cables tendrán diferentes ZFSM dependiendo de cómo estén diseñados
 - Más adelante daremos pautas

Diseño de tubo holgado

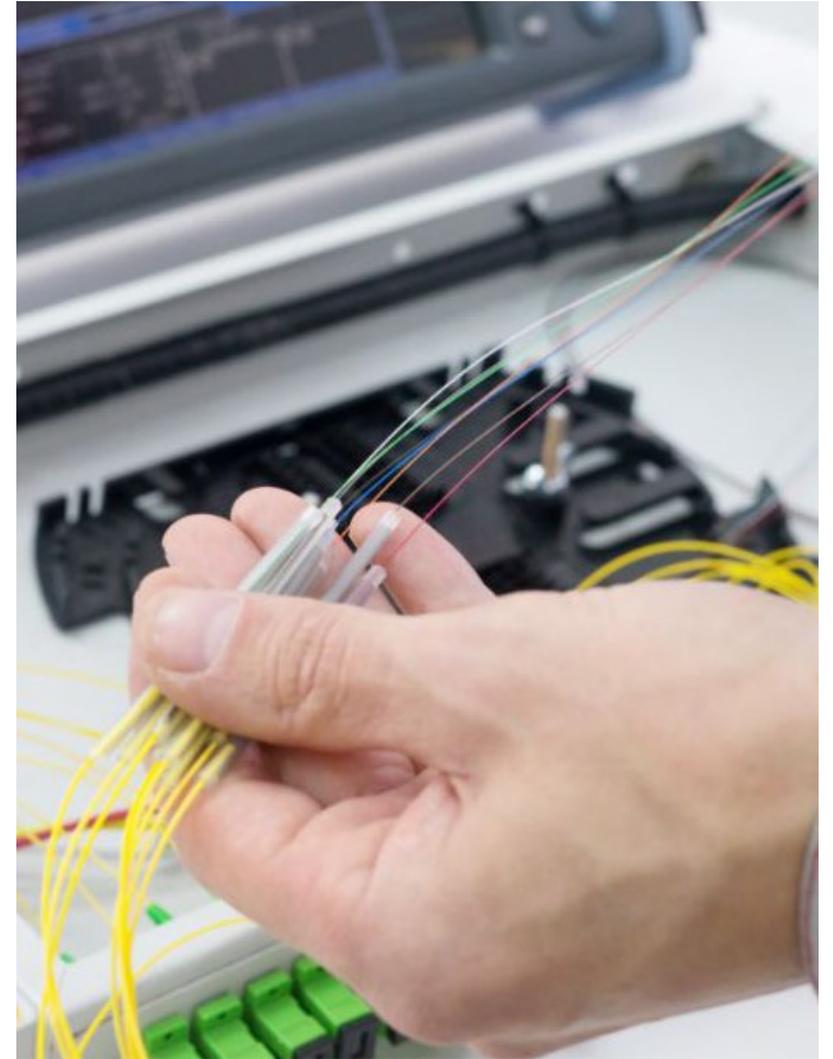
Inferencia 4

- Para que la fibra tenga una "buena" forma sinusoidal, el tubo debe ser "lo suficientemente grande"
- Si ponemos más de una fibra en un tubo, entonces debe haber suficiente espacio para que todas tengan una forma sinusoidal "buena"
- Por lo tanto, decimos que hay un "factor de llenado" máximo aceptable para un tamaño dado (interno) de tubo
 - Si se excede el factor de llenado seguro, entonces un tubo se ha "llenado en exceso"
 - ZFSM se reducirá (no es bueno)
 - Las fibras serán susceptibles a macro y microflexión (no es bueno)

Diseño de tubo holgado

- Nuestras inferencias nos llevan a preguntas:
 1. 0.25% EFL no parece mucho
 - ¿Es suficiente en el mundo real?
 - ¿Podemos hacerlo mejor?
 2. ¿Qué pasa si ponemos más de una fibra en un tubo, pero los sinusoides no son los mismos?
 3. ¿Qué pasa si necesitamos más de 12 fibras en un tubo?

Vamos a responder a cada una...

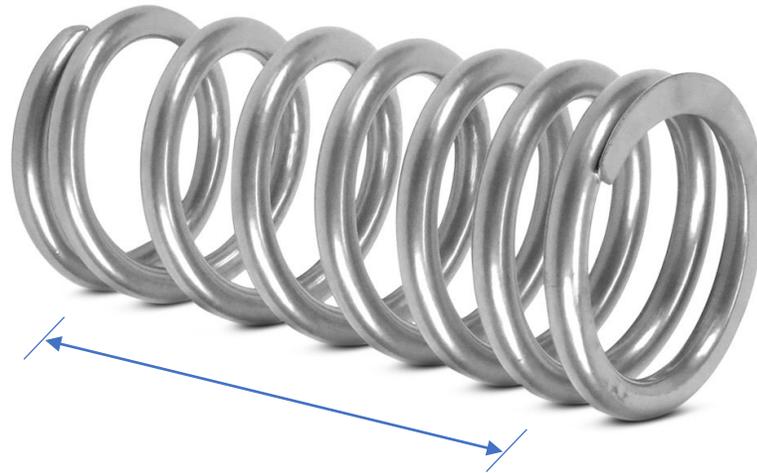


Diseño de tubo holgado

- Pregunta 1 - 0.25% EFL no parece mucho
 - ¿Es suficiente en el mundo real?
Respuesta: Depende del tipo de cable y de la aplicación
 - Está bien para un cable dieléctrico con un tubo central cuando el cable no experimenta muchos cambios de tensión, como un cable en un conducto
 - No está bien para un cable aéreo totalmente dieléctrico autoportante (ADSS) con un tubo central
 - Tal vez esté bien para un cable dieléctrico con un tubo central si está amarrado
 - Está bien para un cable aéreo metálico con un tubo central como Tipo C o CA OPGW si comprende y acepta las limitaciones de rendimiento (las describiremos más adelante)
 - ¿Podemos hacerlo mejor? Respuesta: ¡Sí! ¡Podemos enhebrar el tubo!
Veamos el efecto de trenzar el tubo...

Efecto del Trenzado (stranding)

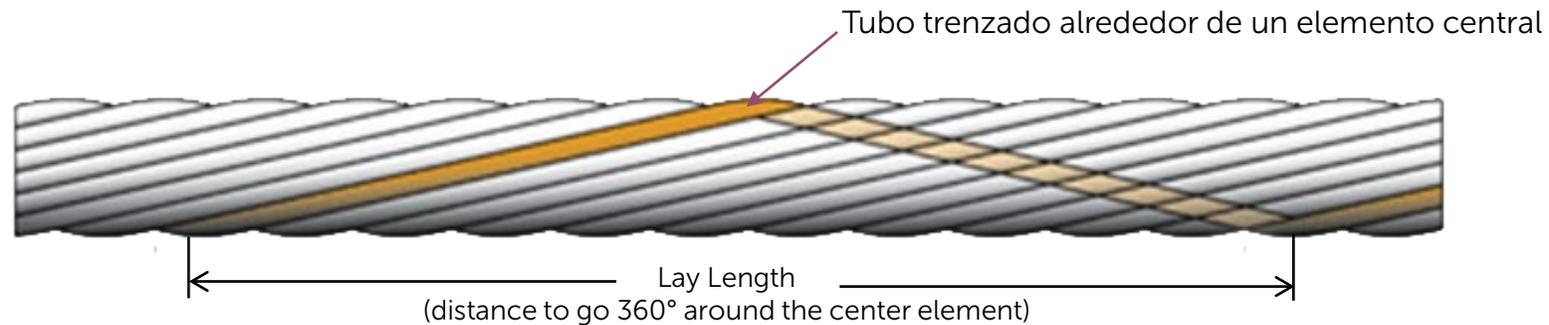
- Para comprender el efecto de trenzar un tubo, considere este resorte



- Puede ver que la longitud del alambre utilizado para hacer este resorte es mucho mayor que la longitud del resorte en sí
 - La forma del alambre en el resorte es una hélice
- Por lo tanto, si se trata de un tubo con fibras, y lo envolvemos ("trenzamos") alrededor de algo (un elemento central), ¡nuestro EFL aumentará considerablemente!

Efecto del trenzado (stranding)

- Entonces, en un cable, obtenemos algo como esto:



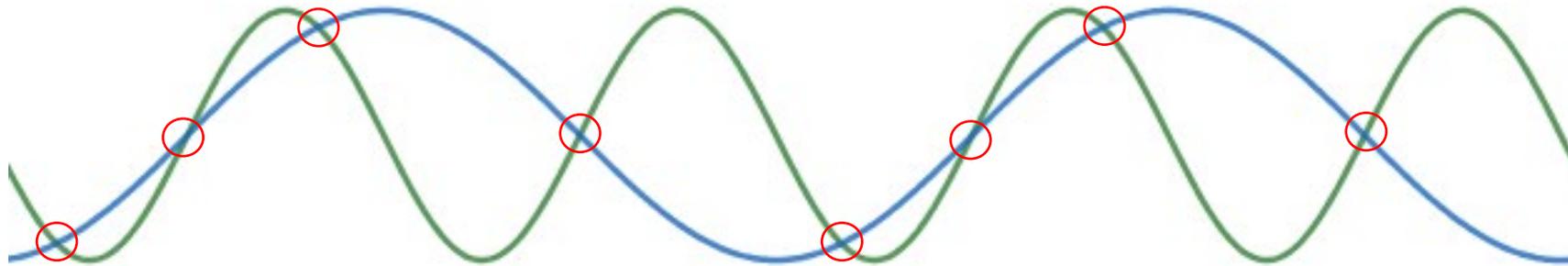
- Ahora tenemos EFL resultante de la forma helicoidal del tubo trenzado
 - Por lo general, podemos obtener alrededor de 2.5% EFL ($j \approx 10$ veces el EFL en el tubo!)
- Además, todavía tenemos EFL en el propio tubo
- Las dos fuentes trabajan juntas para impulsar el ZFSM del cable
 - Entonces, ahora debemos referirnos a $\frac{L_{fiber}}{L_{cable}}$, No solo el tubo
 - Y el EFL total debería ser ≈ 1.025 ← A menudo llamado el "factor de hélice" del cable

Volver a nuestras preguntas

Continuando donde lo dejamos

2. ¿Qué pasa si ponemos más de una fibra en un tubo, pero los sinusoides no son los mismos?

Respuesta: Obtienes algo como esto con solo dos fibras:



Tenga en cuenta los cruces: cada uno es un potencial de microcurvatura

Por lo tanto: Es fundamental que las fibras tengan:
EFL consistente. Cada fibra tiene la misma cantidad
EFL bien coordinado. Todas las fibras tienen el mismo período y fase

Volver a nuestras preguntas

Continuar

3. ¿Qué pasa si necesitamos más de 12 fibras en un tubo?

Respuesta: Tienes dos posibilidades

Opción 1. Marca de anillo o banda: repita los 12 colores estándar con marcas negras en un patrón como:

- Fibras 1 – 12 = colores estándar
- Fibras 13 – 24 = colores estándar + 1 marca de anillo
- Fibras 25 – 36 = colores estándar + 2 marcas de anillo
- Fibras 37 – 48 = colores estándar + 3 marcas de anillo

Notas:

- a. La fibra negra (#8, #20, #32 y #44) se deja "natural" (no coloreada; solo las marcas de los anillos)
- b. Este sistema de marcado de bandas se rompe por encima de 48 fibras

Volver a nuestras preguntas

Sin embargo, más

3. ¿Qué pasa si necesitamos más de 12 fibras en un tubo?(cont'd)

Opción 2. "Agrupa" las fibras en grupos de 12 con un hilo de agrupación (también conocido como unión) como:

- Fibras 1 – 12 agrupadas con hilo de agrupación azul
- Fibras 13 – 24 atadas con hilo de agrupación naranja
- Fibras 25 – 36 agrupadas con hilo de agrupación verde
- Fibras 37 – 48 atadas con hilo de agrupación marrón

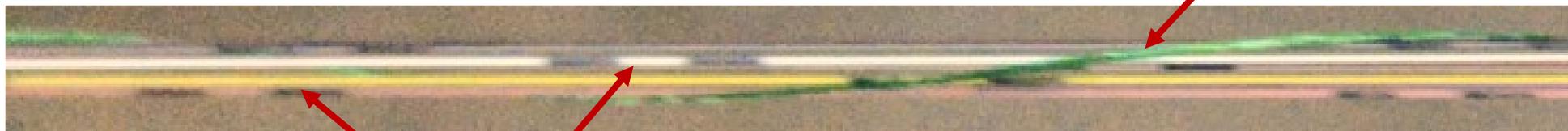
Notas:

- a. Los dos se pueden usar juntos ("cinturón y tirantes")
 - Las marcas de banda proporcionan una buena copia de seguridad en caso de que pierda el rastro del hilo de agrupación durante la preparación del empalme
- b. El sistema de hilo de agrupación funciona bien hasta 144 fibras, pero hay una consideración...

Volver a nuestras preguntas

Ilustración de agrupación

Hilo de agrupación verde, por lo que estas son fibras 25 - 36



Fíjate también en las marcas de doble banda

Volver a nuestras preguntas

- Fíjate también en las marcas de doble banda
- ¿Agrupar los hilos no restringirá la capacidad de las fibras para moverse libremente?

Respuesta: Sí, pero hay que tener en cuenta que el control actual de EFL durante la tubería produce:



- EFL consistente. Cada fibra tiene la misma cantidad
- EFL bien coordinado. Todas las fibras tienen el mismo período y fase

En consecuencia, aunque hay alguna restricción en el movimiento, los propios paquetes se mueven como una unidad, por lo que el sistema funciona bien

- También acelera significativamente la preparación de empalmes

Especificación del cable

¡Revisa tu Tensión de fibra!

- A estas alturas te estarás preguntando:
 - "¿Tengo que preocuparme por incluir detalles como la cantidad de EFL, el factor de llenado del tubo, la longitud del tendido, etc. en mis especificaciones?"
- **Respuesta: No.**
- ➔ Sin embargo, debe prestar atención al ZFSM y MRDT o MRCL de su cable aéreo
 - Además, debe exigir que estos valores se muestren en las hojas de datos de los cables

¡Deberías tener límites de deformación de fibra en tus especificaciones!

Especificación del cable

¡Revisa tu Tensión de fibra!

- Recomendaciones para MRCL = límites de MRDT, pero primero una revisión rápida:
 - "MRCL" = "Carga nominal máxima del cable" = El término utilizado para la tensión máxima que experimentará el cable ADSS en las condiciones de carga de viento y hielo más altas
 - MRCL es el término utilizado en IEEE 1222
 - "MRDT" = "Tensión nominal máxima de diseño" = El término utilizado para la tensión máxima que experimentará el cable OPGW en las condiciones de carga de viento y hielo más altas
 - MRDT es el término utilizado en IEEE 1138
- Los términos significan lo mismo: la tensión más alta a la que se diseña
 - La madre naturaleza puede someter su cable a mayores cargas de viento o hielo, pero eso no está bajo su control

Especificación del cable

¡Revisa tu Tensión de fibra!

- Recomendaciones para los límites de ZFSM
 - ADSS: debe tener cero tensión de fibra en condiciones "diarias" (sin hielo, sin viento = descargado)
 - OPGW – ZFSM variará según el tipo de diseño:
 - Tubo suelto central de acero inoxidable (Tipos C y CA): al menos un 30 % de RBS, lo que, al igual que con ADSS, garantizará que no haya tensión de fibra en condiciones diarias / descargadas
 - Tubería de aluminio con tubos amortiguadores de plástico (Tipo AP) – Al menos 50% RBS
 - Tubo suelto trenzado de acero inoxidable (Tipo S) – Al menos 80% RBS

Debe tener un requisito ZFSM en sus especificaciones

Especificación del cable

¡Revisa tu Tensión de fibra!

- Recomendaciones para los límites de MRCL para ADSS
 - ADSS: la "mejor práctica" es cero deformación de fibra a MRCL = Sin deformación incluso en condiciones de diseño a plena carga ("Sin tensión = Sin problemas")
 - Las alternativas aceptables (bajo riesgo, ¡pero no cero!) podrían ser:
 - Bien, $\leq 0.2\%$ (recuerde, este es nuestro límite seguro de 40 años en teoría)
 - No está mal, $\leq 0,3\%$ (si se planea una vida útil de 20 a 25 años)
 - ¡Arriesgado, $\leq 0.4\%$ más que esto es simplemente una locura!

Debe tener un límite de tensión de fibra en sus especificaciones

Especificación del cable

¡Revisa tu Tensión de fibra!

- Recomendaciones para los límites de MRDT para OPGW
 - OPGW - Las "mejores prácticas" varían según el tipo de diseño
 - Tubo suelto central de acero inoxidable (Tipos C y CA) –
 - La deformación $\leq 0,20\%$ al 60 % de RBS (condiciones tradicionales de NESC 250B)
 - Tubo de aluminio con tubos amortiguadores de plástico (Tipo AP) –
 - Ideal: deformación = 0,0% al 60% de RBS
 - Aceptable: Tensión $\leq 0,20\%$ al 60% RBS
 - Tubo suelto trenzado de acero inoxidable (Tipo S) – Al menos 80% RBS
 - Deformación = 0,0 % al 80 % de RBS (condiciones NESC 250C o D)

Debe tener un límite de tensión de fibra en sus especificaciones

Alternativas a tubos holgados

¿Qué más hay disponible?

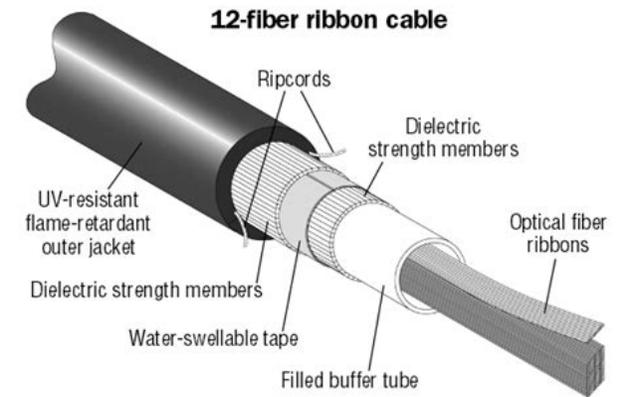
- **Tight Buffered:** cada fibra tiene su propia cubierta (900 μm)
 - Bueno: Conectores muy flexibles y fáciles de agregar
 - Malo: ZFSM bajo o nulo
- Ideal para cables de interior / Terrible para aplicaciones aéreas



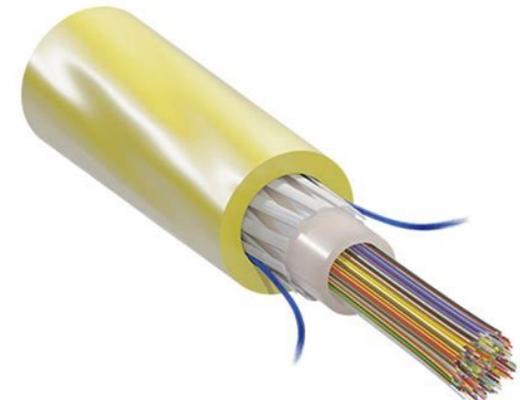
Alternativas a tubos holgados

¿Qué más hay disponible?

- **Cinta: dos versiones:** (1) "Stack" (tradicional) o (2) "Rollable" (más reciente)
 - Bueno: Excelente "densidad de fibra" y permite el "empalme por fusión masiva" para reducir el tiempo de empalme
 - Malo:
 - ZFSM inferior para la versión enrollable
 - ZFSM bajo o nulo para la versión de pila
 - Aumento de la pérdida de empalme para la versión de pila, posiblemente también para enrollable (o más tiempo)
 - La versión enrollable odiada por los técnicos de empalme
- ➔ Se utiliza en centros de datos y donde es imprescindible una densidad de fibra muy alta



(1) Cable con cintas apiladas

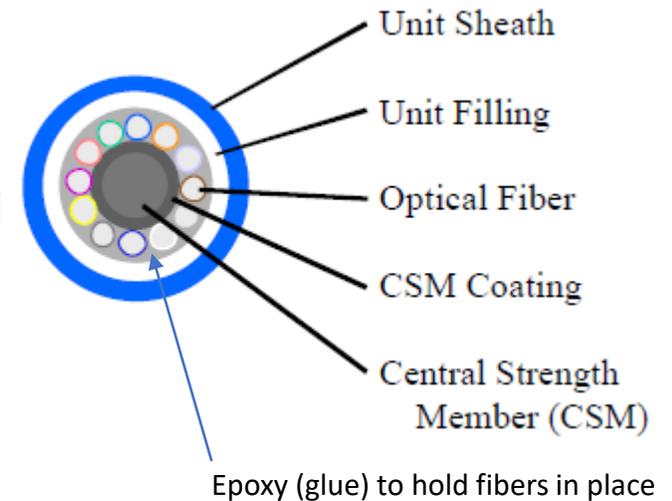


(2) Cable con cintas enrollables

Alternativas a tubos holgados

¿Qué más hay disponible?

- **Estructura apretada:** fibras trenzadas alrededor de un elemento central y pegadas en su lugar
 - Bueno: Ninguno (¡ay!)
 - Malo:
 - ZFSM bajo o nulo (= problemas de campo a lo largo del ti
 - Baja densidad de fibra
 - Preparación difícil de empalmar
 - ➔ Defunct

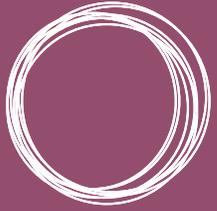




recapitulación

Ahora ya lo sabes...

- El por qué y el cómo del concepto de diseño de tubos sueltos
- La relación entre la deformación de la fibra y la vida útil óptica
- La importancia del margen de deformación de fibra cero
- Además, las pautas sobre qué ZFSM debe especificar
- La importancia de MRCL y MRDT
- Además, pautas sobre lo que debe especificar
- Alternativas al concepto de diseño de tubo suelto y cuándo podrían ser la solución preferida



Incab

Gracias

¿Preguntas?

INCABAMERICA.COM