

Boletín 35

DESEMPEÑO DE LAS BANDEJAS PORTACABLES FRENTE A LAS ALTAS TEMPERATURAS

Boletín técnico N°35
Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

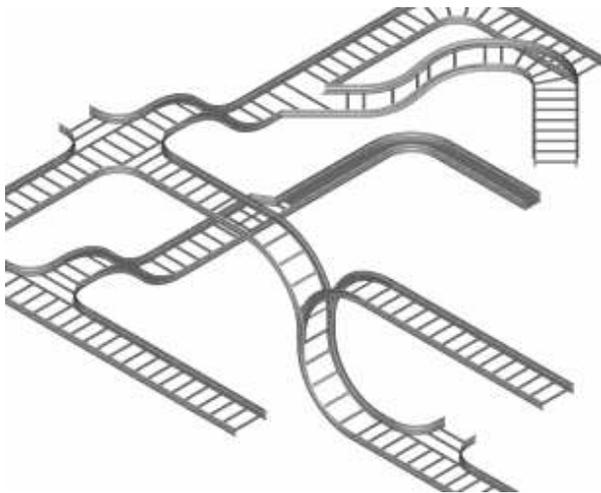
DESEMPEÑO DE LAS BANDEJAS PORTACABLES FRENTE A LAS ALTAS TEMPERATURAS.

Por:

Ing. Gregor Rojas
 GERENTE NACIONAL
 MERCADEO Y VENTAS
 División materiales eléctricos

1. General.

Al momento de diseñar sistemas de canalizaciones eléctricas empleando bandejas portacables se debe considerar las temperaturas a la cual estará sometida la instalación bien sean las del ambiente natural o las que podría alcanzar por cualquier eventualidad en situaciones no controladas



Sistema de canalización por bandejas portacables
Figura N° 1

En toda instalación eléctrica los cables requieren ser apoyados de forma segura para ofrecer un confiable desempeño en el suministro de energía y comunicaciones. Instalar bandejas portacables en la proximidad de una caldera o de un foco de irradiación de abundante calor puede producir que la misma este sometida a temperaturas muy elevadas.

Esto puede traer como consecuencia que la bandeja se vea afectada por las altas temperaturas dependiendo del material del cual están construidas. En tal sentido, una

buena comprensión de cómo los distintos materiales con los que puede ser elaborada una bandeja portacables se desempeñan a temperaturas extremas es crítico para evitar serios daños y costosas reparaciones, así como horas fuera de servicio por interrupciones de la planta o producción.

2. Materiales para fabricación de bandejas portacables

Los materiales disponibles para fabricar bandejas portacables son: aluminio, acero, acero inoxidable y fiberglass. Todos estos materiales se desempeñan muy bien a temperatura ambiente cercana a los 30°C. Sin embargo, una vez sé que se exceden los límites de estas temperaturas, los materiales empiezan a comportarse de manera diferente.

Como es del conocimiento de todos los materiales presentan características específicas entre las que se encuentran su punto de fusión, adicionalmente, al aumentar la temperatura, los materiales disminuyen su resistencia a la tracción o rigidez. En otras palabras, los metales se vuelven débiles, menos rígidos y más dúctiles.

La tabla N° 1 nos dará la primera impresión del comportamiento de una bandeja portacables ante las altas temperaturas, en ella se indican los puntos de fusión de los materiales con que pueden ser construidas o recubiertas.

TABLA 1		
PUNTO DE FUSION DE MATERIALES BANDEJAS PORTACABLES		
Materiales	Punto de fusión	
	°C	°F
Fiberglass	-	-
Aluminio	660	1220
Acero de bajo Carbono	1350	2460
Acero inoxidable	1398	2530

La tabla anterior nos permite rápidamente evaluar hasta donde un material puede ser el requerido para una determinada aplicación, no obstante, la interrogante obligada sería:

¿Hasta dónde el material con que están fabricados los conductores instalados en una bandeja puede soportar las altas temperaturas?

La respuesta a esta y otras interrogantes se reduce a que los conductores y sus aislantes pueden ser contruidos de acuerdo a las necesidades de un determinado requerimiento, inclusive resistentes al fuego, pudiendo soportar u operar a temperaturas superiores a los 1000 °C.

La temperatura nominal continua más alta para conductores con aislamiento para 600V es de 90°C. Cables especiales como los de aislamiento con Teflon pueden alcanzar temperaturas nominales superiores a los 250°C.

Como el objeto de este artículo no es tratar sobre los cables conductores sino sobre bandejas portacables, por tal motivo, nos concentraremos en el comportamiento de los materiales con que se fabrican las bandejas.

En base a lo descrito hasta los momentos, a continuación en la tabla N° 2 se listan en orden de desempeño desde el menos eficiente hasta el más eficaz los materiales con que son fabricadas las bandejas portacables y el rango de temperaturas máximas hasta donde se recomienda que opere.

TABLA 2		
COMPORTAMIENTO DE MATERIALES A LAS ALTAS TEMPERATURAS		
Materiales	Punto de fusión	
	°C	°F
Fiberglass	32,5- 49	90-120
Aluminio	83- 94	180-200
Acero de bajo Carbono	206- 262	400-500
Acero inoxidable	430	800

Algunas pautas generales para seleccionar el material apropiado para una bandeja portacables cuando se está diseñando un sistema de canalización que esté sometido a los rigores de altas temperaturas las analizaremos a continuación.

2.1 Material fiberglass.

Las bandejas portacables de material fiberglass, son fabricadas de fibra de vidrio con formas de plástico reforzadas, adecuadas a las normas ASTM que reúnen los requisitos antiinflamables y auto extingüibles.

Un velo es colocado en la superficie de la fibra de vidrio en ambas caras durante el proceso del pultrusionado fijado

mediante una resina donde son sumergidos para su fijación y de esta forma aumentar la resistencia a los rayos ultravioleta. Las bandejas portacables de fiberglass son fabricadas de poliéster y vinilo, por lo tanto no son metálicas, o en un sentido muy simple, plásticas.

Las bandejas de Fiberglass son las menos efectivas en su comportamiento ante el calor. Tal como se puede observar en la tabla N° 2 su máxima temperatura de operación no debe exceder los 49°C para evitar daños o colapsos de la instalación.

La bandeja portacables elaboradas de Fiberglass pierden un 10% de su rigidez a temperaturas de 37,8°C que se registran frecuentemente en nuestras zonas calientes del oriente y occidente del país. En sitios en donde se pueda alcanzar temperaturas de unos 90°C el fiberglass perderá hasta un 50% de su capacidad de carga.

Dependiendo de la carga que representen los cables instalados sobre ella, esto significa que la bandeja portacables de fibra podría colapsar, es decir, pierde la clase de designación bajo norma NEMA VE-1 con la cual fue seleccionada para su aplicación.



Bandejas de fibra de vidrio
Figura N° 2

A objeto de compensar los efectos de la temperatura en canalizaciones con bandejas de fiberglass es recomendable el empleo de soportes adicionales para compensar la disminución de la fuerza del material a temperaturas superiores a los 38°C.

Por supuesto que esto genera un incremento sobre los costos de materiales y mano de obra en la instalación y en muchos casos salvar las distancias entre los soportes cuando estos no pueden ser instalados entre el largo de la bandeja debido a la imposibilidad física de fijar los soportes, esto complica la instalación al convertirse este segmento de la canalización en

un punto de fragilidad que puede colapsar en un momento determinado.

La limitación más importante que presenta este material para fabricación de bandejas portables, lo constituye la temperatura del sitio en donde serán instaladas. La temperatura del ambiente es una consideración primordial en el diseño cuando se eligen para el sistema de canalización bandejas de fibra de vidrio.

Por ejemplo una temperatura ambiente de 37,8°C disminuirá la capacidad cargante de la bandeja portables de fibra de vidrio en por lo menos un 10%, situación está, la cual no afecta a las fabricadas con materiales metálicos.

Esta característica de las bandejas de fibra de vidrio es estipulada en las normas americanas NEMA VE-1 de la publicación FG-1 Fiverglass Cable Tray systems, en su sección 4.3 Efectos de la temperatura.

En esta sección se indica que las propiedades de la rigidez de plásticos reforzados son reducidas cuando son expuestas continuamente a elevadas temperaturas, por lo tanto sus capacidades de carga deberán ser reducidas en base a la tabla 3 siguiente.

TABLA 3		
Efectos de la temperatura		
Normas Nema VE-1 Sección 4.3 publicación FG-1		
Porcentaje de rigidez aproximado	Temperatura	
	°C	°F
100	75	23,7
90	100	37,8
78	125	51,7
68	150	65,6
60	175	79,4
52	200	93,3

De la información contenida en la tabla anterior nos permite aconsejar al diseñador que debe tener presente estas indicaciones al momento de elegir el material para una bandeja.

Una zona de altas temperaturas en alguna época del año o la instalación cercana a una fuente de calor excesiva puede generar el colapso en el tiempo de este tipo de bandejas.

Para mayores detalles consulte las normas americanas NEMA VE-1 de la publicación FG-1 Fiverglass Cable Tray systems, en la cual contiene información adicional acerca de la cargabilidad y características de fabricación de las bandejas de fibra de vidrio.

2.2 Material aluminio.

La dureza es la medida de la resistencia de un metal a la indentación. Hay varias pruebas para determinar la dureza, siendo las más comunes la Brinell, la Pirámide de Diamante Vickers, y la Rockwell. Todos los ensayos de dureza son empíricos, y aunque hay tablas que indican la relación entre ellos, las cifras "equivalentes" tienen que usarse con reserva. No hay relación directa entre el número de dureza.

La fatiga es la tendencia de los metales a romperse al ser sometidos a esfuerzos cíclicos repetidos, que son considerablemente más bajos que la resistencia a la tracción. Conforme disminuye el esfuerzo cíclico aplicado, aumenta el número de ciclos requerido para producir la fractura.

Algunos metales alcanzan un Límite de Fatiga que al parecer puede aplicarse un número infinito de veces sin que se produzca la ruptura. Las aleaciones de aluminio no muestran un verdadero límite de fatiga, aunque el número de ciclos antes de la falla aumenta considerablemente con la reducción del esfuerzo.

La forma de la muestra que se ensaya produce efectos importantes en los resultados. Las concentraciones de tensiones que se producen por cambios abruptos de sección o de aspereza superficial reducen la resistencia a la fatiga

TABLA N° 4		
Efectos de la temperatura		
Aluminio aleación 6063 temple 6		
Temperatura	Resistencia a la ruptura	Límite elástico
°C	Kgs/mm²	Kgs/mm²
100	28,8	26
150	22,5	21
200	13,4	11,2
250	4,9	3,5
300	2,8	1,8
350	2,1	1,41

La resistencia del aluminio disminuye conforme aumenta su temperatura. A temperaturas bajas hasta de 100 °C (212 °F)

los efectos son perceptibles, y cuando son de más de 260 °C (500 °F) las propiedades tienen que haberse reducido hasta un 80%.

La tabla 4 indica las propiedades típicas a la tracción para la aleación de aluminio 6063 con temple T6 a altas temperaturas, es importante recalcar, que esta aleación es la más utilizada en la fabricación de bandejas portacables.

Tal como se puede observar en la tabla N° 1 el aluminio presenta un mejor desempeño que el fiberglass operando a elevadas temperaturas alrededor de un 92% por encima. No obstante, su máxima temperatura de operación no debe exceder los 94°C para evitar daños o colapsos de la instalación.

Se debe tener presente que el aluminio con que son fabricadas las bandejas portacables son aleaciones específicas que dan un mejor desempeño en función de la resistencia a la tracción, por tal motivo, nos referimos la aleación de aluminio 6063 con temple T6 el cual es el más utilizado en la fabricación de perfiles extruccionados para componentes de bandejas.

Esta aleación de aluminio pierde tan sólo un 9% de su rigidez a partir de los 95°C, mientras que más de una tercera parte de su fuerza o el equivalente a un 33% cuando la temperatura alcanza los 150°C.

En comparación con el fiberglass que pierde un 10% de su rigidez a temperaturas de 38°C y el 50% de su fuerza a temperaturas de 90°C, es decir colapsa, es a partir de los 90°C que el aluminio comienza a ser afectado por los efectos de la temperatura.

Por lo antes expuesto el aluminio es más aconsejable utilizar en instalaciones en donde las temperaturas de operación se encuentren en el rango de los 35°C hasta 95°C.



Bandejas portacables de aluminio
Figura N° 3

En la figura 3 anterior se aprecia una bandeja portacables fabricada en aluminio, son elaboradas con la misma forma de los rieles laterales y travesaños de una bandeja de acero galvanizada, lo que cambia es el material con que se fabrica. La forma de los rieles laterales generalmente se hacen iguales para todos los materiales, esto se debe a que cada fabricante intenta dentro de lo posible mantener la forma del riel lateral de la bandeja portacables que lo identifica.

Nuevamente dependiendo de la carga que representen los cables instalados sobre la bandeja de aluminio, esto significa que la cargabilidad de la bandeja debe ser revisada para evitar colapsos, en virtud de que a temperaturas de operación superiores a 120 °C puede verse afectada la clase de designación con la cual fue seleccionada.

2.3 Acero.

Más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre.

El acero de bajo carbono presenta un mejor desempeño que el aluminio en cualquiera de sus aleaciones y por supuesto que el fiberglass en ambientes sumamente calientes, tal como se puede observar en la tabla N° 1 operando a elevadas temperaturas alrededor de un 250% por encima del desempeño del aluminio.

La bandeja de acero común se desempeñara con cambios muy pequeños en su fuerza operando a temperaturas superiores los 300°C. No obstante, su máxima temperatura de operación no debe exceder los 400 °C para evitar daños o colapsos de la instalación.

El acero de bajo carbono pierde aproximadamente un 10% de su rigidez a partir de los 430 °C, si la temperatura alcanza los 540 °C la fuerza del acero de bajo carbono disminuye hasta en un 50%



Bandejas de acero galvanizado
Figura N° 4

En comparación con el aluminio que pierde un 33% de su rigidez a temperaturas de 150 °C, es decir puede registrarse un colapso de la instalación, para el acero de bajo carbono es a partir de los 400 °C que comienza a ser afectado por los efectos de la temperatura.

Por lo antes expuesto acero de bajo carbono es mucho más aconsejable que el aluminio para ser utilizado en instalaciones en donde las temperaturas de operación se alcancen los 300 °C.

A pesar de que el acero de bajo carbono puede resistir temperaturas superiores a los 500 °C, no así lo efectúa el recubrimiento que se le debe aplicar a las bandejas portacables para protegerlas contra la corrosión.

Recuerde también considerar las limitaciones de la capa protectora aplicadas a su bandeja de acero, es decir, el recubrimiento que generalmente es zinc se ve afectado a estas temperaturas.

El punto de fusión del zinc es de 450 °C, una capa de zinc podría deteriorarse bien a temperaturas debajo de la temperatura de servicio del sustrato de acero, por lo que es importante recalcar que las temperaturas más recomendadas para operar la composición de estos dos materiales en una bandeja portacables es entre 200 °C y unos 300 °C.

Para bandejas portacables fabricadas de acero de bajo carbono recubiertas de zinc presentan su principal problema frente a las altas temperaturas no por el material sustrato en este caso el acero, sino por el material con que son protegidas contra la corrosión en este caso el zinc que si se ve afectado a temperaturas incluso de operación del acero.

En consecuencia, el cuidado lo representa el material con que está protegida y no el material que presta la rigidez del conjunto.

2.4 Acero Inoxidable.

El acero se hace resistente a la corrosión por el agregado de 11% o más de cromo. El término inoxidable describe la apariencia brillante y no oxidable de estas aleaciones.

Los primeros tipos de acero inoxidable fueron hechos solamente con el agregado de cromo (10 - 18%), pero a través de los años se han descubierto un número de diferentes tipos de aleaciones de acero inoxidable y se han categorizado en 5 grupos:

- martensíticos (serie AISI 400 *)
- ferríticos (serie AISI 400 *)
- austeníticos (serie AISI 300 *)
- endurecibles por precipitación
- duplex

* De acuerdo a la American Iron and Steel Institute

Los aceros inoxidables austeníticos son los usados más ampliamente en la fabricación de bandejas portacables.

Cuando se discuten las técnicas de fabricación y soldadura, se debe identificar al grupo particular de acero inoxidable, de otra manera se pueden cometer gruesos errores.

Por ejemplo, usar un procedimiento desarrollado para soldar un acero inoxidable austenítico en la soldadura de uno martensítico, podría resultar en soldaduras de baja calidad, pero como este no es el tema que nos ocupa en este momento solo queda a título referencial.

Como comentamos anteriormente, los aceros inoxidables contienen cromo, níquel y otros elementos de aleación, que los mantienen brillantes y resistentes a la herrumbre y oxidación a pesar de la acción de la humedad o de ácidos y gases corrosivos.

TABLA N° 5				
COMPOSICION DE ACEROS INOXIDABLES EMPLEADOS PARA FABRICAR BANDEJAS PORTACABLES				
GRADO	304	304L	316	316L
Designación UNS	S30400	S30403	S31600	S31603
Carbono (c) max.	0.08	0.035*	0.08	0.035*
Manganeso (mn) max.	2.00	2.00	2.00	2.00
Fosforo (p) max.	0.04	0.04	0.04	0.04
Azufre (s) max.	0.03	0.03	0.03	0.03
Silicio (si) max.	0.75	0.75	0.75	0.75
Cromo (cr) max.	18.0 a 20.0	18.0 a 20.0	16.0 a 18.0	16.0 a 18.0
Níquel (ni)	8.0 a 11.0	8.0 a 13.0	10.0 a 14.0	10.0 a 15.0
Molibdeno (mo)	----	----	2.0 a 3.0	2.0 a 3.0
Otros Elementos	----	----	----	----

Algunos aceros inoxidable son muy duros; otros son muy resistentes y mantienen esa resistencia durante largos periodos a temperaturas extremas.

En la tabla 5 se indican los componentes del tipo de acero inoxidable más utilizado en la fabricación de bandejas portacables:

El acero inoxidable en cualquiera de sus composiciones presentan mejores desempeños que el acero al carbono y por ende que el aluminio en cualquiera de sus aleaciones en ambientes con temperaturas extremas, tal como se puede observar en la tabla N° 1 el acero inoxidable puede ser empleado para operar a elevadas temperaturas teniendo alrededor de un 200% por encima del desempeño del acero al carbono.

La bandeja de acero inoxidable se desempeñara con cambios imperceptibles en su fuerza operando a temperaturas superiores los 400 °C.



Bandejas de acero inoxidable
Figura N° 4

En la figura 4 anterior se aprecia una bandeja portacables fabricada en acero inoxidable, son elaboradas con la misma forma de los rieles laterales y travesaños de una bandeja de acero galvanizada, lo que cambia es el material con que se fabrica.

Recuerde que para las bandejas portacables elaboradas de acero al carbono se tiene un recubrimiento a través de galvanizado en caliente para su protección contra la corrosión, a la limitante de sus aplicaciones, debido a que a pesar de que el sustrato (acero al carbono) puede resistir extremas temperaturas, no así lo puede efectuar la capa de zinc que lo protege.

Por todo lo expuesto a lo largo de este artículo, podemos afirmar que el acero inoxidable es el material más eficaz para operar a altas temperaturas. A los 450 °C los aceros inoxidables tipo AISI 304 y 316 pierden aproximadamente un 14% de su fuerza.

Por consiguiente, el acero inoxidable exhibe fuerza mayor a las 400 °C que lo que despliega el acero de bajo carbono a temperaturas sobre los 400 °C. A los 650 °C el acero inoxidable tipo 316 ha perdido sólo una tercera parte de su fuerza.

Es importante destacar que el acero inoxidable tipo 316 tiene un mejor desempeño que el tipo 304 en aproximadamente un 15% a temperaturas sumamente elevadas.

Aunque el acero inoxidable tiene un excepcional desempeño en comparación con otros materiales de bandejas portacables a elevadas temperaturas, existe la posibilidad de un fenómeno llamado corrosión intergranular debido a una prolongada exposición a temperaturas sobre los 430 °C.

Esta corrosión causa un deterioro del material que podría disminuir la esperanza de vida del mismo en cualquier parte entre un 15 hasta el 50% dependiendo de la temperatura y otros factores medioambientales.

Una solución para una determinada aplicación en donde se requiera operar a estas temperaturas es especificar un carbono bajo en el acero inoxidable como lo son el tipo 304L o 316L. El volumen del carbono más bajo en estos aceros inoxidables ayudará a impedir que se produzca la corrosión intergranular.

En líneas generales, existen muchas consideraciones que se deben tener en cuenta cuando se está escogiendo el material adecuado para la fabricación de una bandeja portacables para su aplicación a elevadas temperaturas.

Con un análisis cuidadoso de su ambiente y de los materiales disponibles, se podrá encontrar un sistema de bandejas portacables para adecuarse a cualquier situación.

La otra alternativa es consultar a expertos en materiales o a Gedisa en cualquiera de sus sucursales