

## ANALISIS DE LA NORMA IEEE400.4-2015 - DAC (DAMPING ALTERNATING CURRENT) -

### UNA ALTERACION A LOS PRINCIPIOS BASICOS DE LOS ENSAYOS SOBRE CABLES DE MT/AT



Inducor Ingeniería S. A. - Buenos Aires Argentina - [www.inducor.com.ar](http://www.inducor.com.ar)

EL PRINCIPIO BASICO DE APLICACION DE CUALQUIER ENSAYO DE TENSION RESISTIDA, DICE QUE SI UN CABLE LOGRA SOPORTAR UNA TENSION DE PRUEBA, EN UN NIVEL FIJO Y ESTABLE DE XX [KV], DURANTE UN TIEMPO DE EXPOSICION DE XX [MINUTOS] - AMBOS ESTABLECIDOS POR SUS RESPECTIVAS NORMAS DE APLICACION -, PODRIA ENTONCES SER PUESTO EN SERVICIO, O SER CONSIDERADO COMO "APTO PARA EL MISMO".

SIN EMBARGO, UNA LECTURA DETENIDA DE LA ACTUAL GUIA IEEE400.4-2015, PERMITIRIA SER CITADA COMO LA PRIMERA NORMATIVA QUE ALTERA ESOS DOS PRINCIPIOS EN LOS QUE SE FUNDAMENTA CUALQUIER ENSAYO DE TENSION RESISTIDA: EL MANTENIMIENTO O SOSTENIMIENTO DEL NIVEL DE LA TENSION DE PRUEBA DURANTE TODO EL TIEMPO DEL ENSAYO, Y SU DURACION.



#### RESUMEN

La actual guía de ensayos IEEE400.4-2015, trata sobre la generación y utilización de ondas oscilantes DAC, como un método alternativo de prueba de cables instalados, tanto de media como de alta tensión.

Si bien su implementación sigue estando sujeta a un análisis de eficacia (1.3 purpose), la Guía se propone como objetivo, el uniformar procedimientos en el uso de las ondas oscilantes DAC (*Damping Alternating Current*).

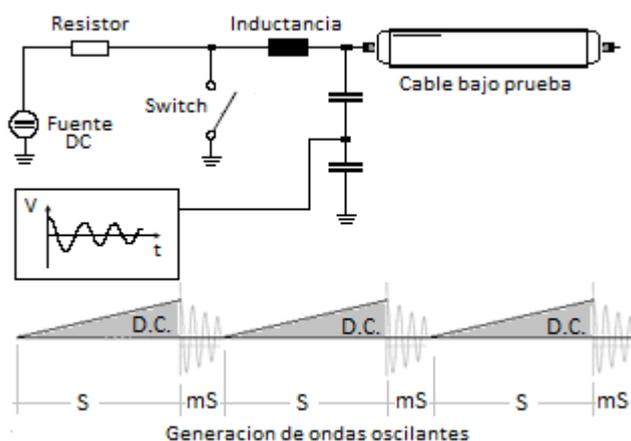
En términos comerciales, es sabido que los slogans publicitarios de un determinado sistema de ensayo, y la rigurosidad de las normas, no siempre conciben con la realidad.

Una dudosa promoción de equipos para ensayos de cables de media y alta tensión, que operan bajo el sistema de ondas oscilantes (DAC), fundamentan su aplicación, en supuesto cumplimiento de distintas normas internacionales, citando entre ellas a: IEC 60502 - IEC 60840 - IEC62067; pero como toda tecnología que busca abrir su mercado en Latino América por medio de resumidos power-point e insistentes Webinars de por medio, merece en realidad una interpretación particular, y debemos ser precavidos.

#### LA GENERACION DE ONDAS DAC:

En un equipo de ensayos, la generación de ondas oscilantes DAC (*Damping Alternating Current*), se realiza mediante el uso de una fuente de corriente continua, que carga la capacitancia del cable bajo prueba hasta un determinado valor pico de tensión, y luego, mediante el cierre contra tierra de un interruptor de estado sólido, fuerza su descarga sobre una inductancia fija, generando un tren de ondas que producirá oscilaciones de acuerdo a la frecuencia natural del sistema (L-C-R).

Este proceso deberá ser repetido hasta 50 veces, de acuerdo a la normativa en estudio.



Dado que L (Hy) es fija, y C (uf) es variable (dependiendo de la longitud del cable), la frecuencia de resonancia ( $2\pi/\sqrt{LC}$ ), variará por lo tanto en un amplio rango, entre unos 20Hz hasta unos 500Hz.

Es decir que un evento o ciclo de prueba mediante tecnología DAC, se dividirá en dos etapas:

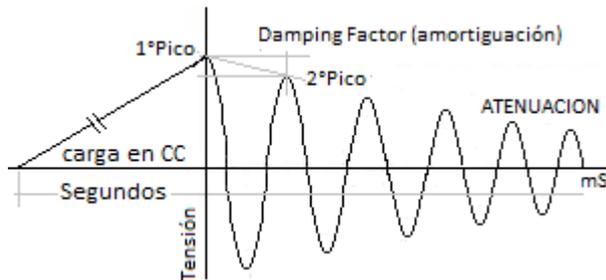
La etapa de carga del sistema con corriente continua, y la etapa de descarga en forma de oscilaciones amortiguadas.

De esta manera, se entiende que el proceso de ensayo no se efectúa durante la aplicación de la tensión de prueba, sino durante la etapa de descarga del cable bajo prueba. Las ondas oscilantes se establecerán entre el inductor y el cable hasta su amortiguamiento final, debido a las variables resistivas del sistema.

Una vez extinguidas, el proceso de carga deberá volver a repetirse, y luego, la fase de descarga será nuevamente activada con el cierre del interruptor.

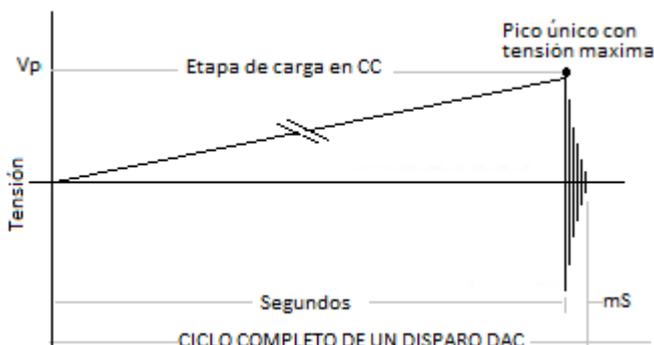
En cada transitorio originado, solo el pico inicial corresponderá al valor de la tensión de prueba, mientras que ya el segundo pico de la oscilación, sufrirá una atenuación de hasta un 15%; entre el segundo al tercero otro 15%, y así hasta su atenuación final.

La diferencia entre el valor del primer y segundo pico de la misma polaridad, dividido el valor del primer pico, es lo que se denomina: factor de amortiguamiento (*Damping Factor*), que dependerá de las pérdidas totales del sistema.



Así las cosas, es dable de entender, que el cable bajo análisis solo recibirá la tensión máxima de prueba durante el primer ciclo del transitorio, o sea durante solo unos 2 mS (500Hz) a un máximo de 50 mS (20Hz), mientras que todo el proceso de amortiguamiento (etapa de prueba), tendrá una duración de unas decenas de milisegundos.

Pero por el contrario, el proceso de recarga con corriente continua, necesario para cargar nuevamente la capacitancia del cable al nivel de tensión de prueba, podrá tomar hasta un máximo de 100 segundos (*C2.5 Charging Time*), y todo esto deberá ser repetido 50 veces.



## COMPARACION DAC CON OTROS METODOS:

En realidad, cualquier ensayo normalizado de tensión resistida (*withstand test*), realizado con cualquier tipo de tensión de prueba, (VLF - 50Hz - DAC), será considerado siempre como una prueba de resistencia o de soporte a una determinada tensión aplicada, que también, siempre se encuadrará en la categoría de ensayos destructivos, y no ofrecerán resultados predictivos, ya que sus conclusiones serán simplemente "pass or fail" (resiste o no resiste).

Decidirse por un determinado equipo de ensayo, porque este supuestamente esfuerza menos al cable, será solo una ilusión para eludir la esencia del ensayo: precisamente esforzar, y de allí, si cumple se aprobará.

Pero con una tensión oscilante, y un necesario y repetitivo tiempo de precarga, el DAC no podrá cumplir con los dos requisitos básicos que exige cualquier norma para establecer un ensayo de tensión resistida:

1º: Mantener la tensión de prueba a un determinado nivel (KV).

2º: Sostener esa tensión durante un tiempo preestablecido (una hora, un minuto, etc.).

Recordemos que un tren de ondas del tipo DAC es de forma oscilante amortiguada, y por lo tanto no cumplirá con ninguna de esas condiciones básicas que requieren las normativas mundiales, como ser la IEC60840 e IEC62067.



## EL DAC Y LAS SUPUESTAS NORMAS DE RESPALDO:

En folleterías, la promoción comercial digamos apresurada del DAC, intenta convencer que cumple con las siguientes normativas:

IEC 60840-2011

IEC 62067-2011

Sin embargo, con un mínimo esfuerzo de lectura de las citada normas internacionales, entenderíamos que nada de esto podría sostenerse como cierto.

Ambas rigurosas normativas internacionales, en sus apartados: After Installation Test, definen los requerimientos y procedimientos de ensayos de sistemas cables posteriores a su instalación, para un rango de 30kV a 150 KV (IEC60840), y de 150KV a 500KV (IEC62067).

Resultará abusivo afirmar que el DAC cumple con estas normativas, ya que en todo su contenido, desde la primera hasta la última revisión, las citadas no refieren - no nombran, ni relacionan al método DAC, ni como fuente de generación de tensión aceptable, ni como método /procedimiento válido para la aceptación de un sistema de cables.

Al mismo tiempo, en ningún apartado del contenido de la Guía IEEE400.4-2015, se hace mención alguna a una correlación de cumplimiento con las Std. IEC60840 – IEC62067, salvo en los niveles de tensión de prueba.

Sin embargo, sus fabricantes publicitan al DAC como de total cumplimiento, o eligen frases que tiendan misteriosamente a inferirlo, aludiendo por ejemplo, la IEC-62067 solicita que sobre un cable de 220KV, la tensión de ensayo deberá ser 180 KV r.m.s. fase a tierra (Tabla10), y que por lo tanto, seleccionando un equipo DAC que cubra esta exigencia ( $180KV \times \sqrt{2}$ ) sería suficiente.....



Con un sistema DAC, dado que la generación de tensión de prueba se realiza en corriente continua, entonces el valor equivalente a esos 180 KVr.m.s., sería de 254 KVpicos ( $180 \times \sqrt{2}$ ), hasta aquí las cosas parecieran normales o equivalentes, pero no debemos obviar el párrafo fundamental de estas normas IEC, en el que se exige que esta tensión de prueba, deberá ser sostenida durante 1 hora (en forma ininterrumpida), lo cual irrefutablemente es imposible de cumplir mediante el uso de un sistema que genere ondas oscilantes descendentes, y en donde solo el primer pico de esa oscilación, y durante unos milisegundos, puede lograr sostener ese valor de tensión de prueba.

Otra forma de explicarlo: Durante un clásico ensayo bajo IEC60840 o IEC62067, un determinado cable, para ser considerado apto para su puesta en servicio, debería soportar una exigencia de 180.000 ciclos completos de tensión de prueba (60 minutos a 50Hz), al valor máximo establecido en las citadas normas; mientras que el mismo ensayo, realizado de acuerdo a IEEE400.4-2015, con un sistema DAC, al parecer solo debería lograr soportar 50 ciclos completos de esa tensión máxima, pero solo durante 1S ( $50 \times 20mS$ ); o sea que este será el tiempo total en que la aislación estará realmente sujeta a esa tensión máxima de prueba; el resto del proceso DAC lo insumiría la etapa de carga del cable, en corriente continua.

De esta manera, a 50Hz:

Mientras IEC solicita 180.000 ciclos de prueba a máxima tensión, IEEE solicita solo 50.

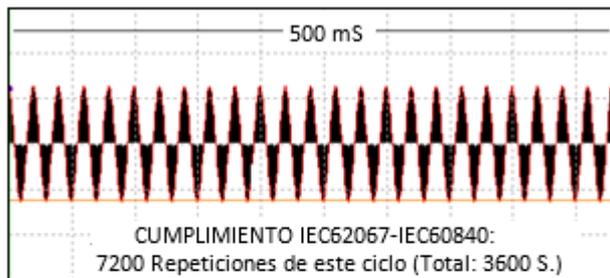
Mientras IEC solicita 3600 segundos de aplicación ininterrumpida, IEEE solicita 1 segundo (1000 mS)

Además, para posibilitar el recibir esos 50 ciclos de tensión máxima, el proceso de carga y descarga del sistema DAC, debería ser repetido durante 50 veces, de cero a máximo; nunca en forma estable, lo cual trae aparejado la necesidad de cargar al cable durante un lapso total máximo de 1,3 horas con corriente continua (6.1.2.1 Charging Phase).

Tomando el ejemplo de una frecuencia natural máxima de 500Hz, permitida por la guía IEEE400.4-2015, esto sugiere someter al cable a unos 50 disparos DAC completos de carga y descarga, en los cuales, la realidad indica que a esa frecuencia, la muestra bajo ensayo, recibirá solo unos 50 picos de tensión de prueba máxima, durante un total sumado de 100mS ( $50 \times 2 mS =$  tiempo total en que la aislación estará realmente sujeta a prueba), mientras que al mismo tiempo, para poder cumplir con ese proceso (carga y descarga), el cable recibirá un máximo de 5.000 segundos (=83.3 minutos) de corriente continua ascendente.

Resumen a 500Hz: En 50 aplicaciones DAC, el tiempo total de soporte de la tensión de prueba máxima: 200mS.

Tiempo de soporte de corriente continua ascendente durante esas 50 aplicaciones DAC: 83.3 minutos.



COMPARACION REALIZADA ENTRE AMBAS NORMAS A 50Hz



## HABLANDO DE NORMAS Y GUIAS:

En el tema de comparar normativas, debemos entender que tanto la Std.IEC60840 como la Std.IEC62067, son normas, lo cual lleva implícito un cumplimiento obligatorio y estricto, mientras que la IEEE.400.4-2015, es en realidad una Guía (Guide) como bien inicia su título, y por ende, al tener el estatus de guía, se excluye el carácter de palabra sagrada de su contenido, ya que las GUIAS se presentan según IEEE, como aquellos documentos en los que solo se sugieren enfoques alternativos de las buenas prácticas, pero sin recomendaciones específicas o rigurosas.

Así las cosas, las GUIAS cambian todo el tiempo; se adaptan, se actualizan, se corrigen en base a los resultados (pruebas y errores) que se van obteniendo de su aplicación; las GUIAS sugieren, y su espíritu se encuentra basado precisamente en "la no rigurosidad, y la aceptación de cambios".

En resumen, no sería correcto decir "la IEEE 400 exige tal cosa.....", ya que en realidad debería decirse: "la Guía IEEE 400 sugiere tal cosa...".

Por el contrario, las Normas, son documentos con requisitos obligatorios, y los requisitos obligatorios generalmente se caracterizan por el uso del verbo "shall" (deberá), y deben interpretarse como rigurosidad de cumplimiento - "palabra sagrada".

De esta manera, decir que una Guía se compara con una norma es mezclar coloquialmente peras con manzanas.

## ORIGEN DE LA GUIA IEEE400.4-2015:

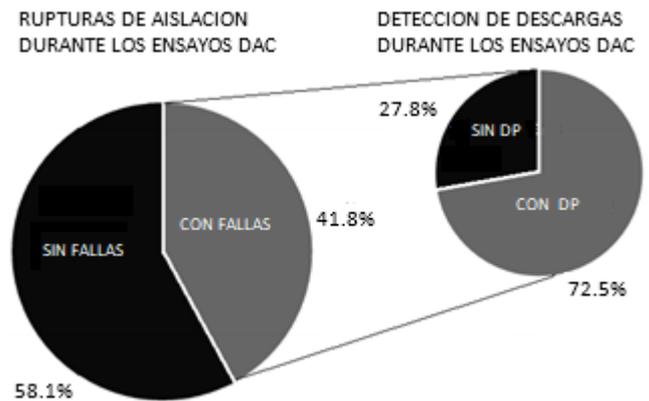
En su contenido (Annex E), se aclara que esta guía surge como resultado de una acotada estadística, basada en las experiencias sobre cables de AT de tan solo 83 usuarios en todo el mundo, y de las cuales no se logra interpretar cuantas de esas aplicaciones del método DAC han sido realizadas sobre cables de 132KV y 220KV, y mucho menos sobre 500KV, siendo este último, el límite superior de la guía. Solo se clasificaron dentro de la estadística, como cables entre 36KV y 230KV.

Para la publicación de esta Guía, la encuesta internacional ha sido llevada a cabo en el año 2012, aclarándose que la misma no provee ninguna evidencia sistemática, y que debe ser considerada como el estado actual de la técnica (lo que hay hasta hoy), dado que todo se encuentra bajo revisión.

Del total de encuestados, solo 3 pertenecen a ensayos o experiencias realizadas en todo América (el 2%), sin diferenciar si son usuarios de MT o AT, o ambos; por lo tanto es de comprenderse que en América Latina, nadie posee aún la voz de la experiencia sobre la eficacia de este ensayo.

Como factor de análisis a considerar, la guía IEEE400.4 declara que de acuerdo a esas experiencias, durante el desarrollo de los ensayos DAC, el 40% de los encuestados (MT/AT) han observado fallas de la aislación durante las pruebas (breackdown), y que más del 70% de esas fallas, han presentado descargas parciales previas al colapso.

De esta manera, se observa que la tasa de fallas del 41.8%, supera ampliamente a la tasa standard mundial publicada por EPRI.



En resumen, nada se aclara sobre experiencias en cables de clase 132KV (IEC60840), ni de cables de 220KV (IEC62067). Se entiende así, que todo es prematuro y que la vacuna estría aún en etapa de pruebas.

## UNA EXPERIENCIA DAC EN LATINOAMERICA:

En 2018-2019 se ha vendido el primer equipo DAC de 300KV en toda América Latina, a una importante compañía distribuidora de energía de la República de Bolivia.

En la publicación T&D World, bajo el título: ENHANCED CABLE TESTING FOR RELIABLE POWER IN BOLIVIA, con ánimo innovador, la compañía describe la decisión de haber optado por el sistema DAC, luego de haber realizado un análisis competitivo contra otras tecnologías (resonante por inductancia / variación de frecuencia), especialmente amparada en el bajo peso que presenta la opción DAC, dado que su fuente de carga es de corriente continua, pero, asegurando haber revisado y analizado previamente el contenido de la Std. IEC60840, lo cual nos retrotrae entonces al objeto de este escrito.

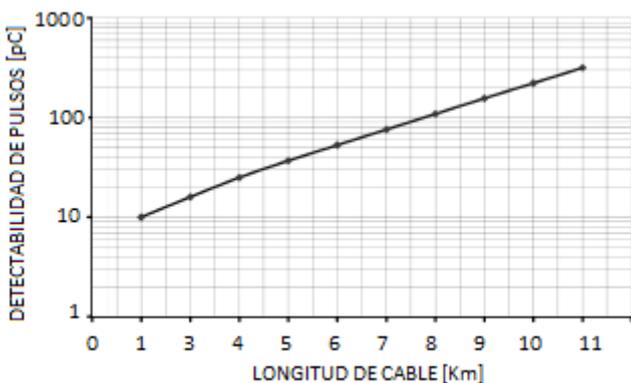


De aquí se deduce que o bien, la falta de información certera ha estado presente, o bien los slogan publicitarios han hecho bien su trabajo.



Continuando con la lectura del artículo, la compañía expresa que los resultados del uso del sistema DAC han sido satisfactorios (no ruptura de aislación, como tal vez sería de esperar con tan baja exigencia); en tanto que el resto de la publicación, torna más hacia un artículo publicitario del producto, que hacia una información técnica de respaldo.

También, el reporte expresa haber realizado un diagnóstico por descargas parciales sobre un tendido de 20Km, clase 115Kv, lo cual ya no resulta fácilmente posible de aceptar, debido a que por principios físicos de atenuación y dispersión, las señales de descargas parciales no podrían haber sido detectadas en esas extra longitudes; ni mucho menos haber podido calibrar el sistema con un pulso patrón proveniente de un calibrador CAL1A, cuyo máximo es 100pc;



DETECTABILIDAD DE DESCARGAS PARCIALES DE ACUERDO A IEEE400.4

Estos factores de atenuación de las señales, hacen que un resultado ligero tienda erróneamente hacia una conclusión de inexistencia de descargas parciales en el sistema de cables, o de solo efecto corona en extremos de terminales, ya que la sensibilidad mínima detectable de descargas, solo sería posible en un rango de un par de miles de [pC] para esta clase tendidos de extra longitud, sin olvidar que el tiempo de decaimiento de la señales DAC, serán extremadamente amortiguadas por las pérdidas dieléctricas del extenso sistema.

Lógicamente que el ensayo de tensión resistida ha sido superado bajo esa leve exigencia, pero esto no significará que el cable se encuentre realmente en condiciones de salud.

El tiempo lo resolverá, pero por el momento solo se publicará que las experiencias en Bolivia han sido exitosas, posibilitando que una rueda comercial siga su curso.

**CONCLUSIONES:**

Nuestro país cuenta con un alto nivel de conocimiento técnico en materia de ensayos de cables, que nos impide consumir argumentos erróneos.

La técnica DAC, sostenida únicamente por la Guía IEE400.4-2015, podría ser considerada de todos modos como una alternativa de aplicación para algunos casos como la misma Guía sugiere; pero clamar deliberadamente que cumple con las normas internacionales IEC60840 - IEC62067, se torna entonces inaceptable.

Las nuevas tecnologías apasionan y enriquecen al mundo de los ensayos, pero cada una de ellas deberá ser ubicada según el alcance y las limitaciones que cada sistema posea.

