
**STANDARD IEC60840-2004 & IEC62067-2006
SU CORRECTA INTERPRETACION EN PRUEBAS DE CABLES DE AT
-- AFTER INSTALLATION TEST --**

PABLO PORFIRI
Inducor Ingeniería S.A.
Argentina

ROGELIO CORTEGOSO
Inducor Ingeniería S.A.
Argentina

Resumen - Interpretar que el denominado ensayo de “24 horas bajo tensión de servicio” citado en la IEC60840-2004, constituye una prueba de aceptación de la calidad / aptitud dieléctrica de un sistema de cables de AT recién instalados (cable + empalmes + terminales), significa incurrir en un error de concepto, confundiendo a las partes involucradas, al entender que con su simple aplicación, hemos satisfecho todos los requerimientos de una prueba normalizada de ACEPTACION, lo cual no es cierto ni correcto.



Analizando su contenido, y aun desde sus orígenes, la norma IEC60840-2004 no obliga a realizar esta prueba, ni la sostiene u ofrece como la única prueba SUFICIENTE y necesaria para la ACEPTACION final del tendido.

Aún con intereses distintos y/o contrapuestos, es necesario que tanto el fabricante del cable, como el instalador y en especial el cliente final o dueño de la obra, conozcan el verdadero alcance, y las limitadas conclusiones que

esta supuesta “económica”, pero riesgosa prueba puede llegar a ofrecer sobre un sistema de cables recién instalado; que solo deberá ser tomada como una medida alternativa, aplicable únicamente cuando se ha dado cumplimiento satisfactorio a ciertos requisitos previos, que este escrito intenta aclarar.

Palabras clave: Ensayos de Aceptación – After Installation Test - Cables subterráneos de AT..

1.0 INTRODUCCIÓN

Nadie puede aducir que al mantener un sistema de cables “bajo tensión de servicio durante 24 hs”, sin que se produzcan eventos, se ha cumplido con los ensayos de ACEPTACION de una obra; ni el cliente final puede darse por satisfecho con su simple realización, ya que la buena lectura de la IEC60840-2004 así no lo expresa.

Por el contrario, la norma IEC60840-2004, es muy clara en su punto 15.2 (*AC Voltage Test of the Insulation*), definiendo que los ensayos deberán efectuarse con tensiones alternas de entre 1,7 a 2 U_0 (Tabla 4) durante una hora, y continúa diciendo en nota aparte, que alternativamente, léase *si no queda otra alternativa*, o si no se tuviera con que hacerlo, - como se verá mas adelante -, un ensayo de 24hs a ($1 \times U_0$), podría ser aplicado. Por supuesto, esto es muy distinto que afirmar ligeramente que “un cable de AT se ensaya con 24 hs bajo una tensión U_0 ”, como es tan frecuente de escuchar hoy en día, pero sin embargo, todos olvidan que para que esto sea aplicable, según la IEC-60840, debería haber existido una etapa previa

de ensayo de RUTINA (fábrica), sobre todos los componentes del sistema: cables + empalmes + terminales. Hasta aquí todo estaría en orden; ¿pero entonces que sucede cuando los empalmes y terminales son confeccionados en el terreno, como ocurre habitualmente ?.

La diferenciación normalizada que existe entre un ensayo **AFTER INSTALLATION** según **IEC**, y uno de **INSTALLATION** según **IEEE**, es muy acentuada, con enfoques y alcances muy distintos, pero que tienden a hacernos incurrir en errores, cuando se los emplea ligeramente como sinónimos o similares.

2.0 GLOSARIO DE TERMINOS Y DEFINICIONES:

ENSAYOS DE INSTALACION (IEEE): (INSTALLATION TEST), Aquellos ensayos que se realizan al cable, (únicamente), pero antes de la ejecución de empalmes y terminales, con el solo objetivo de exponer o descartar errores cometidos, o defectos surgidos durante su instalación, almacenamiento y/o traslado.

ENSAYOS DE RUTINA (IEC /IEEE): (ROUTINE TEST): Ensayos realizados por el fabricante sobre cada componente manufacturado (cable + accesorios), para verificar que todos cumplen con las especificaciones.

ENSAYOS DE ACEPTACION (IEEE) (ACCEPTANCE TEST); Aquellos que se realizan después de que el cable ha sido instalado, incluyendo sus empalmes y terminales, pero antes de que sea puesto en servicio por primera vez.



ENSAYOS DE INSTALACION (IEC) (AFTER INSTALLATION): Ensayos realizados sobre instalaciones nuevas con todos sus accesorios incluidos, para determinar la integridad de cómo ha sido instalado.

SISTEMA DE CABLE (IEC /IEEE): (CABLE SYSTEM): Cable con todos sus accesorios instalados.

3.0 ENSAYO DE CABLES O DE SISTEMAS DE CABLES ? ORIGENES DE LA IEC-60840

Con el pasar de los años, desde su primera edición en 1998, la norma IEC-60840 ha sufrido múltiples adaptaciones, especialmente en cuanto a su alcance.

En la edición primitiva (1998), solo hacía referencia a cables; en la segunda edición (1999) se incluyeron los accesorios (empalmes - terminales), cubriendo en forma separada, los métodos de ensayos para:

- a) cables solos.
- b) cables+empalmes juntos (sistema).

En la tercera y actual edición (2004), y con el fin de tener una mejor discriminación entre cables y accesorios, se ha tomado en cuenta una nueva separación entre:

- a) sistema de cables.
- b) cable solo.
- c) accesorios solos.

Aclarando en su contenido, que tanto los fabricantes como los usuarios, podrán considerar la mejor de las opciones en cuanto a sus necesidades de ensayos, (no hay imposiciones), y que la estándar no cubre los cables con empalmes de transición entre cables XLPE /PILC, ni cables del tipo submarino.

IEC en su tercera edición 2004-4, aclara que en el año 2008 debería ser reafirmada corregida o reemplazada en cuanto a su contenido, cosa que no ha ocurrido hasta el momento.

Por lo tanto, si bien todos acostumbramos a exigir los ensayos de RUTINA sobre las partidas de cables a instalar, no ocurre lo mismo con los accesorios premoldeados que generalmente se utilizan y se instalan en el terreno (fuera de fabrica), o mas aún con aquellos que se confeccionan directamente en el terreno; sin embargo, si se siguiera el lineamiento de la norma IEC-60840, ya que como se aclaró anteriormente, la misma se esforzó por una buena y clara sub-división, que abarque al cable y a los accesorios, tanto en conjunto como separados, deberíamos entonces referirnos al Pto. 9.1 de la norma: “*Ensayos de Rutina sobre cables y la aislación principal de los accesorios*”, el cual exige realizar sobre cada tramo de cable

manufacturado, una prueba de tensión a $2,5U_0$ @ 30 minutos+ descargas parciales a $1,5U_0$ (menor a 10 pC), pero también (y esto es lo que se obvia en la práctica), sobre CADA ACCESORIO A INSTALARSE EN EL CABLE. Un sistema de cables está formado precisamente por cable + empalmes + terminales; un fabricante de cables, debe cumplir obligatoriamente con el requisito de efectuar los ENSAYOS DE RUTINA (probar todas las partidas en fabrica antes de su expedición, acorde a los lineamientos de IEC-60840); pero quien confecciona un empalme o un terminal in-situ, no puede cumplir con esto, y por lo tanto, de no existir un real ensayo de AFTER INSTALLATION, significaría que estos jamás han sido probados en forma efectiva o rigurosa, si solo se les hiciera una puesta en servicio durante 24 horas.

4.0 INSTALLATION TEST no significa ACCEPTANCE TEST: DIFERENCIAS ENTRE IEE e IEC

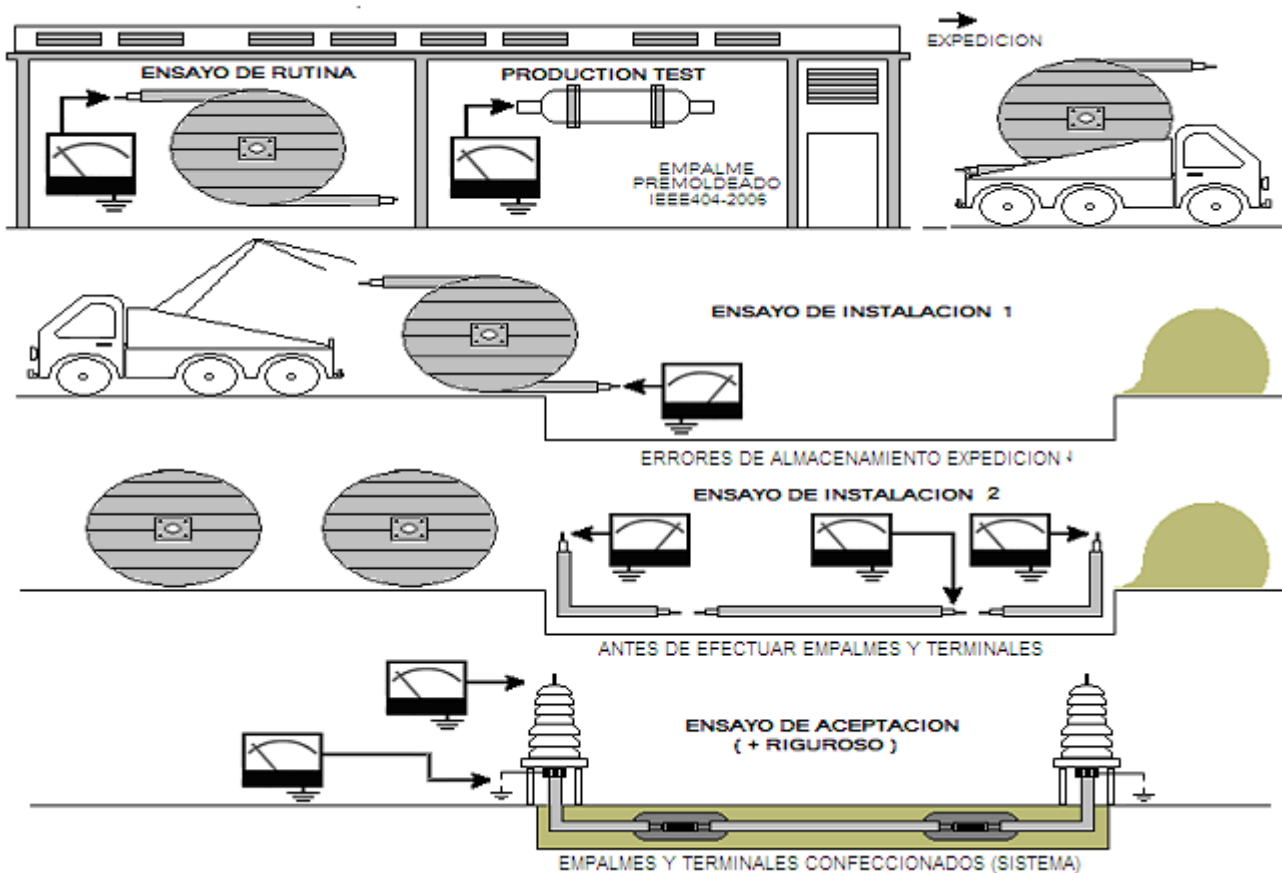
4.1 Según IEEE:

El correcto y correlativo procedimiento de pruebas sobre un sistema de cables NUEVOS, según IEEE, indica siempre la realización de un ENSAYO DE RUTINA (en fábrica CABLES + ACCESORIOS), y luego de su expedición, una serie de ENSAYOS DE INSTALACION, previos al ENSAYO DE ACEPTACION, y por último un ENSAYO DE CUBIERTA DE EXTERIOR.

IMPORTANTE: Para IEEE un ensayo de INSTALACION no involucra a los empalmes ni a sus terminales.

De acuerdo a las tensiones de pruebas que deberán aplicarse en cada etapa, el ensayo de ACEPTACION (final) es más riguroso que el de INSTALACION, ya que como se aclaró anteriormente, este último solo tiene por objeto, el exponer o descartar errores cometidos durante su almacenamiento, traslado y posterior tendido, (groseros), y en nada atañe a la calidad de los empalmes / terminales efectuados, ya que es una etapa previa a su ejecución, siendo luego el ensayo de ACEPTACION, el encargado final de dar la aprobación a todo el sistema (rigurosidad), y el mas comparativo al de AFTER INSTALLATION según IEC.

ETAPAS DE ENSAYOS SEGUN IEEE



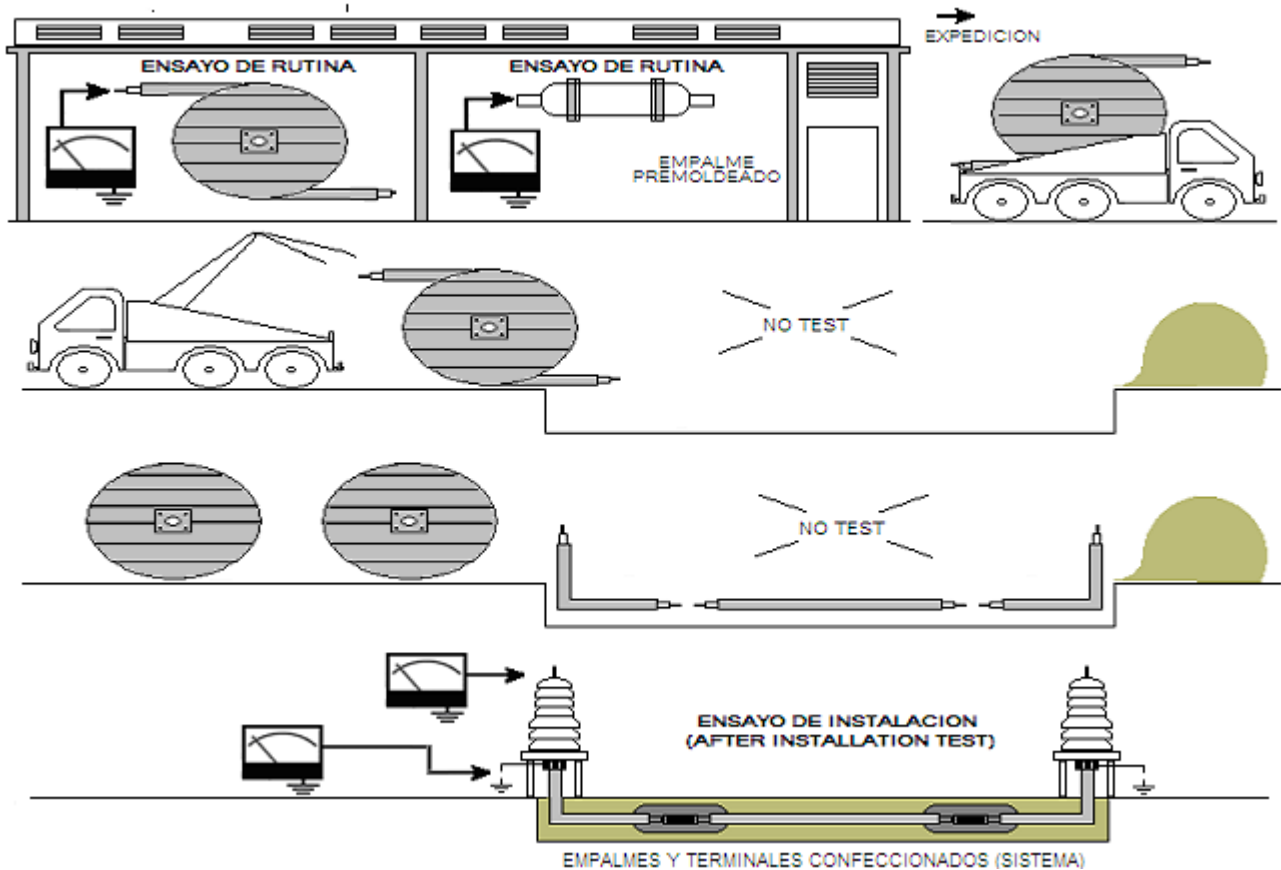
4.2 Según IEC:

El correcto y correlativo procedimiento de pruebas sobre un sistema de cables NUEVOS, según IEC, indica siempre la realización de un **ENSAYO DE RUTINA** (en fábrica CABLES + ACCESORIOS), y luego de su expedición, e instalación completa, una único **ENSAYOS DE INSTALACION** (AFTER INSTALLATION), sobre la aislación principal, junto con un **ENSAYO DE CUBIERTA DE EXTERIOR** (IEC60229).

IMPORTANTE: Para IEC un ensayo de INSTALACION (AFTER INSTALLATION) involucra a todo el sistema terminado.

Por lo tanto, a diferencia de IEEE, para IEC el ensayo de INSTALACION sería el encargado final de dar la aprobación a todo el sistema (rigurosidad).

ETAPAS DE ENSAYOS SEGUN IEC



Como se puede apreciar, a diferencia de IEEE en donde más allá de los de rutina (fábrica), cada etapa de un montaje lleva una secuencia sistemática de pruebas, la metodología de ensayo según IEC deja casi toda la responsabilidad de detectar los errores de expedición, tendido del cable, y ejecución de empalmes y terminales en un solo ensayo final denominado AFTER INSTALLATION; por lo tanto no sería aceptable o al menos no con un buen criterio, que el mismo sea efectuado a digamos "bajas condiciones de exigencias", como sería la aplicación simple de tan solo 24 hs bajo U_0 (stress normal de trabajo), y dar la aprobación final de una obra.

5.0 LAS DIVERGENCIAS:

Ahora bien, aun aceptando que estos $1xU_0$ de tensión (tensión de servicio), durante el ensayo final fueran suficientes, (hipótesis), que ocurre en los casos normales en donde los empalmes son efectuados casi íntegramente en el terreno, como es el caso de los empalmes a cintas (hand-taped), termo contraibles

(heat-shrinkable), o ciertos multi-compuestos, o contraíbles en frío, los cuales no han sido probados rutinariamente en fábrica (etapa previa), dada la imposibilidad real de hacerlo.

Definitivamente, cuando se utilizan estos empalmes mayormente creados en el terreno, si aplicáramos el criterio de los $1x U_0$ estaríamos prácticamente “tanteando” a prueba y error si la línea entra en servicio o no, y si así lo hiciera, tampoco podríamos asegurar nada sobre su condición.



Por lo tanto, la buena lectura e interpretación de la IEC-60840-2004, al proponer como alternativa el ensayo AFTER INSTALLATION de $1x U_0$ (mas adelante se explicará por que la norma aclara que se trata precisamente de una alternativa), la misma está exigiendo que como mínimo, y en forma previa, se hayan efectuado los ensayos de RUTINA en fábrica de los cables y de los accesorios, lo cual no ocurre en forma habitual en las actuales obras.

Dando como un hecho común que todas las partidas de cables a utilizar hayan sido probada en fabrica (RUTINA) en forma previa a su expedición, el cliente final o dueño de la obra, ante la decisión de tener que aceptar o no (con fundamento) la aprobación final de la misma, solo mediante un ensayo bajo las leves condiciones de $1x U_0$, la respuesta hasta el momento debería ser la siguiente:

= Si cada uno de los empalmes y terminales utilizados en la instalación, han sido confeccionados en el terreno; la respuesta definitivamente sería NO ya que la IEC no así no lo ampara.

= Si cada uno de los empalmes y terminales utilizados en la instalación, han sido sometidos a ensayos de rutina en fábrica; la respuesta sería TAL VEZ, dependiendo de otros dos factores que se explicarán a continuación.

6.0 REMITIRNOS A LO ESCRITO:

De acuerdo a **Std. IEC 60840-2004**, luego de la instalación de un cable subterráneo de 110 a 132KV, y después que todos sus accesorios han sido completados (empalmes y terminales), el ahora denominado “*Sistema de Cables*”, para demostrar su integridad, debería ser ensayado según el Pto.15 “*Electrical Test After Installation*”, dando cumplimiento a los puntos:

Ptos.15.1 “*DC Voltage Test of the Oversheath*” (cubierta exterior).

Pto. 15.2 “*AC Voltage Test of the Insulation*” (aislación principal), este último con C.A. de $1,7$ a $2 U_0$, que según la Tabla 4, variará entre 128 y 132 KV @ 1 hora.

60840-2004 TABLA 4 TEST VOLTAGES

Rated voltage U	Highest voltage for equipment U_m	Value of U_0 U_0	Voltage test $2,5 U_0$	Partial discharge test $1,5 U_0$	Tan δ measurement U_0	Heating cycle voltage test $2 U_0$	Lightning impulse voltage test	Voltage test after installation of
kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV
110 to 115	123	64	160	96	64	128	550	128
132 to 138	145	76	190	114	76	152	650	132
150 to 161	170	87	218	131	87	174	750	150

Sin embargo, y de aquí surge el objeto de este escrito, una acotación al final de la Tabla 4, señala que:

“Alternativamente, una tensión de U_0 podría ser aplicada por 24 hs”, sin dar mayores explicaciones.

7.0 QUE SIGNIFICA INTEGRIDAD:

En el Apartado 2 “DEFINICIONES” (Definitions) de la IEC 60840-2004, existen valga la redundancia, una definición muy clara que determina el objetivo de los ensayos en condición **AFTER INSTALLATION**:

Según Pto. 3.2.4 ENSAYOS ELECTRICOS DESPUES DE LA INSTALACION (*Electrical Test After Installation*) Ensayo realizado para demostrar la **INTEGRIDAD** del sistema de cable que ha sido instalado.

Ver que la propia IEC, usa la palabra INTEGRIDAD (integrity), la cual refiere a una existencia real o “completa” de todas las partes que constituyen al sistema de cable, dejando de lado todo termino alusivo a calidad o performance dieléctrica y/o de cumplimiento de otras especificaciones.

En todo caso, lo que queda muy en claro, es que no se está hablando normalizadamente de un ensayo del tipo TENSION RESISTIDA (Whitstand Voltage Test).



Esto es así por que la IEC-60840 infiere que el sistema de cables (cable + empalmes) ha sido ensayado (Ensayo de Rutina) en fabrica antes de la instalación, y por lo tanto solo restaría verificar que no se han cometido errores groseros durante la instalación, o sea INTEGRIDAD.

En la IEEE Std4-1995 (*Standard Techniques for High Voltage Testing*), que define entre otras las terminología de un *Withstand Voltage Test* (Aquella tensión de prueba que un equipamiento es capaz de soportar cuando es ensayado bajo condiciones especificas), no refiere nunca el termino INTEGRIDAD (integrity) como asociado o como resultado de un ensayo de aislación. Tal vez algo más referente hubiese sido el de utilizar el término: INTEGRIDAD DIELECTRICA.

8.0 ANTECEDENTES DOCUMENTADOS:

La Task Force 21.05, encargada de seguir la implementación de la IEC 60840-2004, publicó estos tres tópicos en la edición N° 205 de ELECTRA (Dic. de 2002 – citada como fuente bibliográfica base de la IEC 60840-2004).

- CITAS TEXTUALES -

1- *Los ensayos de tensión resistida, realizados a niveles de 2 a 3 U_0 , son los que brindan los resultados mas confiables, y que la alternativa de usar tensión de red (U_0) (aquí de nuevo la palabra ALTERNATIVA), durante una semana, es demasiado débil (en términos de conclusiones), citando los casos en que se han producido fallas luego de la puesta en servicio; (luego se acortó a 24hs, por que no tenia mayor sentido, dado que el cable ya estaba ingresado en servicio y eso es lo único que un ensayo final intenta demostrar).*

2- *Los ensayos posteriores a la instalación de un sistema de cables, tienen el propósito de chequear la integridad del sistema cuando la instalación ha sido completada. Los cables son rutinariamente ensayados en fábricas, pero los accesorios son ensamblados en el terreno – (lo dicen ellos).*

El propósito básico de un ensayo de aislación después de la instalación, es el de poder detectar las típicas fallas originadas durante el ensamble de accesorios, mediante la exposición del sistema a un adecuado stress. La pregunta crucial es cual sería el nivel, la duración, y la disponibilidad de poder generar esa tensión de ensayo. (plantea las incertidumbres de la propia norma).

3 - Pto5.5. “*Discusión de los resultados*”: *aceptando que las pruebas realizadas a U_0 son mucho menos efectivas que las efectuadas a mayores tensiones, la alternativa de ensayar a U_0 por 24 hs puede ser una alternativa práctica cuando los equipos de ensayos no están disponibles, (sic). (aquí de nuevo la palabra ALTERNATIVA y el por qué de la misma),*

Este ultimo párrafo es que el ha dado cabida a la inclusión de la prueba de 24 horas a U_0 (tensión de servicio) dentro de la IEC-60840; o sea: “*Ante la falta de equipos de ensayos para la realización de las pruebas.....*”

Es por eso que la misma Norma en su punto 15.2 (AC Voltage Test of the Insulation), luego de aclarar que las tensiones de ensayo deberán estar de acuerdo a la Tabla 4: (o sea de 1,7 a 2 U_0), continúa diciendo que alternativamente (léase si no queda otra), un ensayo de 24hs a U_0 puede ser aplicado.

Por supuesto que Alemania, Inglaterra, Bélgica y Holanda entre otros, han descartado y desterrado la utilización de este método. La CFE no acepta ni aun como alternativa, la aplicación del valor de tensión nominal durante 24 horas en vacío, en **TODOS SUS SUMINISTROS DE CABLE DE POTENCIA SUBTERRANEOS PARA 115 KV.**

9.0 DEMOSTRACION POR EL ABSURDO:

Si el objetivo de todo ensayo AFTER INSTALLATION (IEC) o ACCEPTANCE (IEEE), es el de poder determinar si un sistema de cable está apto para su puesta en servicio inmediata, sometiéndolo a determinadas condiciones de stress (tensión de prueba). Entonces, como se interpretaría si la norma en este caso dijera que para ver si un cable es apto para entrar en servicio, solamente bastaría con ingresarlo y esperar.

Una norma así solo emplearía dos renglones de tinta.

10.0 CONCLUSIONES:

La aplicación de la norma IEC 60840-2004 no puede ser interpretada en forma ligera, refiriéndonos solo a un párrafo de mayor conveniencia.

Un ensayo de instalación (AFTER INSTALLATION) no tiene el mismo alcance que un ensayo de ACEPTACION; el primero solo busca errores groseros y el segundo somete a la aislación a un verdadero stress, para poder determinar su aptitud dieléctrica antes de su puesta en servicio (y por única vez).

El criterio de efectuar solo un ensayo de INSTALACION de 24 horas en servicio, para dar como aprobada una obra, no permite ser aplicado a cables que posean empalmes / terminales que han sido confeccionados en el terreno (in-situ), ya que jamás han sido pre-probados con rigurosidad anteriormente, ni es el espíritu de la IEC-60840 el así permitirlo, y quien así lo hiciere, estaría manipulando su contenido, y poniendo en verdadero peligro la INTEGRIDAD del sistema de cables y de la estación que lo alimenta.



La correcta interpretación de la IEC-60840, es que la misma permite un ensayo alternativo en la etapa de AFTER INSTALLATION, en condición de 24 horas bajo tensión de red, solo infiriendo que el sistema completo: cable + accesorios utilizados, ha sido previamente probado bajo las condiciones técnicas de un ensayo de rutina (condición sine qua non), y ante la falta de disponibilidad de equipos de ensayos eficientes.

Además, y refiriéndonos a la falta de disponibilidad de equipos de ensayos eficientes, y en caso de que así ocurriere, es lógico que no se tratará de un problema ni de una responsabilidad que el dueño de la obra esté obligado a asumir, o que esté dispuesto a aceptar.

Por supuesto, esto es muy distinto que afirmar ligeramente que “un cable de AT se ensaya con 24 hs bajo una tensión U_0 ”, como es tan frecuente de escuchar hoy en día.

La diferenciación normalizada que existe entre un ensayo de INSTALACION y uno de ACEPTACION (recepción final de la obra), tienen enfoques muy distintos, ya que de lo contrario podría llegar a interpretarse coloquialmente, que la IEC-60840 intenta expresar que para ensayar un cable luego de su instalación, solo bastaría con conectarlo a red, o digamos “enchufarlo”; si resiste 24 hs estaría OK , y si falla estaría MAL; lo cual dejaría de lado todo el historial normalizado referido a la necesidad de aplicación de ensayos sobre cables.

Una vez mas, la IEC-60840 expresa que si todo el sistema ha sido probado previamente en la etapa de RUTINA (etapa inicial) propuesta por la misma norma, entonces una prueba AFTER INSTALLATION sería suficiente para encontrar errores de integridad durante el montaje (etapa final), efectuada con una tensión de prueba de 1,7 a 2 Uo, o alternativamente (si no existen los medios) bajo 24 horas en servicio, pero en ambos casos, solo si los empalmes y terminales han sido probados en la etapa de rutina.

Si los empalmes fueron confeccionados en el terreno, entonces nunca antes han superado los ensayos de rutina.

Obviando la etapa de los ensayos de RUTINA y pasando directamente a los de AFTER INSTALLATION, los intereses patrimoniales del dueño de la obra, y la confiabilidad de su instalación, serían los más afectados por estas ligeras interpretaciones.

Esta errónea situación, ocurre exactamente con la interpretación “coloquial” que se le da a la actual norma IEC 62067 -POWER CABLES WITH EXTRUDED INSULATION AND THEIR ACCESORIES FOR RATED VOLTAGES ABOVE 150KV (Um=170KV) up to 500KV (Um=550KV) TEST METHOD AND REQUIREMENTS., utilizada para los ensayos de cables de 220KV.

En la actualidad, la norma IEEE-400.2001 IEEE GUIDE FOR FIELD TESTING AND EVALUATION OF THE INSULATION OF SHIELDED POWER CABLE SYSTEMS cubre los ensayos de sistemas de cables instalados, de clase 5KV a 500 KV en todas sus etapas (instalación – aceptación – mantenimiento).

11 REFERENCIAS:

IEEE Std400-2001	ENSAYOS EN CAMPO Y EVALUACION DE LA AISLACION DE CABLES DE POTENCIA.
IEEE Std400.2-2004	ENSAYOS EN CAMPO DE CABLES DE POTENCIA APANTALLADOS. USANDO VLF.
IEEE Std 1234-2007	FAULT LOCATING TECHNIQUES ON SHIELDED POWER CABLES. SYSTEMS.
IEC Std 60840-2004	POWER CABLES WITH EXTRUDED INSULATION AND THEIR ACCESORIES FOR RATED VOLTAGES ABOVE 30KV (Um=36KV) up to 150KV (Um=170KV) TEST METHOD AND REQUIREMENTS.
IEC Std 62067-2006	POWER CABLES WITH EXTRUDED INSULATION AND THEIR ACCESORIES FOR RATED VOLTAGES ABOVE 150KV (Um=170KV) up to 500KV (Um=550KV) TEST METHOD AND REQUIREMENTS.
ELECTRA	Edición N° 205 (Dic. de 2002) Task Force 21.05–

Las fotografías publicadas pertenecen al Dto. Servicios de Inducor Ingenieria S.A.