

**E  
D  
E  
N  
O  
R  
T  
E**

**GERENCIA DE SUBESTACIONES  
OFICINA TÉCNICA DE SUBESTACIONES**

**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA**

**DIAGNÓSTICO PREDICTIVO  
DE TRANSFORMADORES DE  
POTENCIA MEDIANTE  
ANÁLISIS DE ACEITE**

**ACTUALIZADA EN JULIO DE 2010**

## **INDICE**

### **1.0 OBJETO**

### **2.0 PROCEDIMIENTO**

#### **2.1 Toma de muestras en las instalaciones**

#### **2.2 Análisis en laboratorio**

2.2.1 Pruebas básicas del análisis dieléctrico y fisicoquímico

2.2.2 Análisis de cromatografía de gases disueltos en el aceite

2.2.3 Análisis de Furanos

2.2.4 Contenido de Inhibidor

2.2.5 Factor de potencia a 25 y 100 grados C.

2.2.6 Punto de Inflamación

2.2.7 Punto de Anilina

2.2.8 Azufre Corrosivo

2.2.9 Prueba cuantitativa de PCB`s (Bifenilos Policlorinados).

#### **2.3 Diagnóstico y Evaluación del Transformador**

#### **2.4 Formular la acción, tipo o proceso de mantenimiento a realizar**

#### **2.5 Entrega de resultado**

### **3.0 FICHA TECNICA DE OFERTA**

3.1 Ficha Técnica de Pruebas Básicas del Análisis Dieléctrico y Fisicoquímico

3.2 Ficha Técnica de Análisis de Cromatografía de Gases Disueltos en el Aceite

3.3 Ficha Técnica de Análisis de Furanos

3.4 Ficha Técnica de la Prueba de Contenido de Inhibidor

3.5 Ficha Técnica de la Prueba de Factor de potencia a 25 y 100 grados C.

3.6 Ficha Técnica de la Prueba del Punto de Inflamación

3.7 Ficha Técnica de la Prueba de Punto de Anilina

3.8 Ficha Técnica de la Prueba de Azufre Corrosivo

3.9 Ficha Técnica de la Prueba cuantitativa de PCB`s

## 1.0 OBJETO

Esta especificación tiene por objeto definir las características de las pruebas y diagnósticos a ser realizados a los transformadores de potencia de la empresa EDENORTE, mediante el análisis en laboratorio del aceite dieléctrico de los mismos. Para estos fines, EDENORTE contratará una empresa o laboratorio que proveerá este servicio, que en lo adelante en este documento se denominará El Proveedor del Servicio.

Esta especificación define diversos tipos de pruebas. Según la dimensión del análisis que se quiera lograr, EDENORTE solicitará previamente en la base de un concurso cual o cuales realizar, por lo que será valorado la simultaneidad o combinación del trabajo con el fin de ahorrar costo, por ejemplo: un mismo viaje y una misma toma para varios análisis, un mismo envío a laboratorio de múltiples tomas, la contratación del múltiples análisis al mismo tiempo, etc.

## 2.0 PROCEDIMIENTO

Esta especificación dividirá el proceso de diagnósticos de transformadores en los siguientes pasos:

- ✓ **Toma de muestras en las instalaciones**
- ✓ **Análisis en laboratorio**
- ✓ **Diagnóstico y evaluación del transformador**
- ✓ **Formular la acción, tipo o proceso de mantenimiento a realizar**
- ✓ **Entrega de resultado**

### 2.1 Toma de muestras en las instalaciones

El Proveedor del Servicio será responsable de enviar un técnico a las instalaciones de EDENORTE capacitado para tomar las muestras directamente desde los equipos a diagnosticar y enviarlas a laboratorio.

El Proveedor del Servicio será responsable de adoptar un correcto procedimiento de toma de muestras conforme a la NORMA ASTM D-923 y deberá suplir todos los materiales a utilizar.

EDENORTE proporcionará un técnico interno de la empresa para acompañar y servir de apoyo al técnico proveedor del servicio. EDENORTE podrá facilitar el medio de transporte local desde la Ciudad de Santiago de los Caballeros hasta las instalaciones a diagnosticar, ubicadas en diferentes puntos de la zona norte de la República Dominicana.

## 2.2 Análisis de laboratorio

Las pruebas que podrán ser solicitadas con el fin de realizar un óptimo diagnóstico serán las siguientes:

1. Pruebas básicas del análisis dieléctrico y fisicoquímico
2. Análisis de cromatografía de gases disueltos en el aceite
3. Análisis de Furanos
4. Contenido de Inhibidor
5. Factor de potencia a 25 y 100 grados C.
6. Punto de Inflamación
7. Punto de Anilina
8. Azufre Corrosivo
9. Prueba cuantitativa de PCB`s (Bifenilos Policlorinados).

### 2.2.1 Pruebas básicas del análisis dieléctrico y fisicoquímico

Con el objetivo de determinar el estado del aceite y los aislamientos, serán realizadas las siguientes pruebas:

- 2.2.1.1 Rigidez dieléctrica, NORMA ASTM D-877, en KV/2.5mm
- 2.2.1.2 Contenido de Agua, NORMA ASTM D-1533
- 2.2.1.3 Número de Neutralización, NORMA ASTM D-974
- 2.2.1.4 Gravedad Específica, NORMA ASTM D-1298
- 2.2.1.5 Tensión Interfacial, NORMA ASTM D-971
- 2.2.1.6 Color del Aceite, NORMA ASTM D-1500

A partir de los resultados que arrojen estas pruebas, será responsabilidad del Proveedor del Servicio determinar el nivel (índice) de calidad del aceite y la posible acción (Código de acción) a realizar para mejorar la situación del mismo.

### 2.2.2 Análisis de cromatografía de gases disueltos en el aceite, NORMA ASTM D-3612

Con el objetivo de determinar las concentraciones de los siguientes gases: Oxígeno, Nitrógeno, Hidrógeno, Monóxido de Carbono, Metano, Etileno, Etano, Acetileno y Dióxido de Carbono; y así identificar los posibles eventos suscitados en el transformador, anticipar la presencia de fallas e indicar la naturaleza y localización de la falla.

El Proveedor del Servicio será responsable de analizar los resultados obtenidos a partir de esta prueba, auxiliándose de tablas, métodos o criterios, como la relación de DORNEMBURG, de ROGERS y EL TRIANGULO DE DUVAL.

### **2.2.3 Análisis de Furanos, NORMA ASTM D-5837-99**

Esta prueba será realizada con el objetivo de determinar las concentraciones de los diferentes tipos de furanos. Así El Proveedor del Servicio deberá determinar indirectamente el deterioro del aislamiento sólido (papel) (Por el grado de polimerización), complementar el análisis de cromatografía de gases disueltos y estimar la vida útil del transformador.

### **2.2.4 Contenido de Inhibidor, NORMA ASTM D-4768**

Esta prueba será realizada con el objetivo de determinar las concentraciones de sustancias que protegen al aceite aislante del proceso de oxidación natural. El ensayo consiste en una cromatografía de gases en el cual se determina el contenido de 2,6-Ditert Butil Fenol y 2,6-Ditert-Butil Fenol y 2, 6-Ditert-Butil Para Cresol que son los inhibidores permitidos.

El Proveedor del Servicio será responsable de emitir su valoración a partir de los resultados de esta prueba.

### **2.2.5 Factor de potencia a 25 y 100 grados C, NORMA ASTM D-924**

Estas pruebas serán realizadas para determinar la posible existencia de compuestos polares o posibles caminos de fuga de corrientes en el aceite.

El Proveedor del Servicio será responsable de emitir su valoración a partir de los resultados de estas pruebas y relacionarlos con otras pruebas realizadas.

### **2.2.6 Punto de Inflamación, NORMA ASTM D-92**

El Proveedor del Servicio será responsable de emitir su valoración a partir del resultado del punto de inflamación del aceite en grado Celsius.

### **2.2.7 Punto de Anilina, NORMA ASTM D-611-07**

El Proveedor del Servicio será responsable de emitir su valoración a partir del resultado del punto de anilina del aceite en grado Celsius.

### **2.2.8 Azufre Corrosivo, NORMA ASTM D-1275-06 METODO B**

Esta prueba será realizada con el objetivo de determinar la concentración de azufre corrosivo. El Proveedor del Servicio será responsable de emitir su valoración a partir del resultado de esta prueba.

### **2.2.9 Prueba cuantitativa de PCB`s (Bifenilos Policlorinados), NORMA ASTM D- 4059**

Si previamente mediante la prueba cualitativa (realizada localmente para identificar la existencia de más de 50 ppm de PCB`s), se ha identificado equipos con un nivel de PCB`s de más de 50 ppm, se solicitará realizar la

prueba cuantitativa para la identificación precisa en ppm de los PCB`s, y así caracterizar la contaminación del aceite.

El Proveedor del Servicio será responsable de emitir su valoración a partir del resultado de esta prueba.

### **2.3 Diagnóstico y Evaluación del Transformador**

Como se ha expresado anteriormente, será una responsabilidad del Proveedor del Servicio interpretar los resultados obtenidos a partir de cada una de las pruebas y ensayos realizados, relacionarlos y de esta forma emitir un diagnóstico del estado actual del transformador en estudio e identificar los posibles eventos acontecidos o por acontecer en el mismo.

### **2.4 Formular las acciones y tipo o proceso de mantenimiento a realizar**

El objetivo principal de este estudio será la solución de los posibles problemas encontrados, por tal razón, El Proveedor del Servicio será responsable de formular para EDENORTE las acciones recomendadas y el tipo o proceso de mantenimiento a realizar a partir de los resultados obtenidos, con el propósito de solucionar, sosegar o contener los posibles daños diagnosticados en el transformador en cada ensayo realizado.

### **2.5 Entrega de resultados**

Los resultados deberán ser entregados por escrito y encuadernados; el encuadernado podrá ser sencillo a consideración del suplidor o según el que requiera el reporte por su tamaño. Adicionalmente deberá entregar un soporte digital en un CD, preferiblemente en formato PDF, MS Word o Excel.

El reporte deberá ser enviado a la oficina principal de EDENORTE, ubicada en la ciudad de Santiago de los Caballeros, República Dominicana.

El reporte deberá contener:

1. Información del equipo en estudio, datos de placa y localización (subestación).
2. Condiciones ambientales bajo las cuales fue extraída la muestra y bajo la cual fue estudiada (temperatura ambiente y del aceite, humedad relativa y presión barométrica).
3. El tipo de prueba o ensayo, con su respectiva unidad de medida, el equipo con el cual fue realizado la misma, el resultado obtenido, los límites o rangos de aceptabilidad para el equipo en estudio y para los equipos similares.
4. En los casos que sea necesario, los resultados deberán ser expresados también a 20.00 C.
5. El diagnóstico del equipo ensayado.
6. Las acciones y mantenimiento recomendados.

### 3.0 FICHAS TECNICA DE OFERTA

#### 3.1 Ficha Técnica de Pruebas Básicas del Análisis Dieléctrico y Físicoquímico

Nombre Empresa Provedora del Servicio  
Laboratorio  
País de Procedencia


Designación del Servicio

**Pruebas Básicas del Análisis Dieléctrico y Físicoquímico**

**Toma de muestra en las instalaciones**  
Proporcionar personal técnico para tomar la muestra  
Suplir materiales para tomar la muestra  
Costear envío de la muestra a laboratorio.

Norma Solicitada	Norma Ofrecida	Pedido	Ofrecido
ASTM D923		Requerido	
		Requerido	
		Requerido	

**Análisis de laboratorio**  
**Análisis dieléctrico y físicoquímico**

1. Rigidez dieléctrica
2. Contenido de Agua
3. Número de Neutralización
4. Gravedad Específica
5. Tensión Interfacial
6. Color del Aceite

Norma Solicitada	Norma Ofrecida	Pedido	Ofrecido
ASTM D-877		Requerido	
ASTM D-1533		Requerido	
ASTM D-974		Requerido	
ASTM D-1298		Requerido	
ASTM D-971		Requerido	
ASTM D-1500		Requerido	

**Emitir Reporte con:**

Diagnóstico y evaluación del transformador  
Acciones y tipo o proceso de mantenimiento recomendados

Pedido	Ofrecido
Requerido	
Requerido	

Nombre de la institución que certifica el laboratorio:

--

Certificación ISO 9000 del laboratorio:

<b>Si</b>	
<b>No</b>	

Observaciones de la especificación

--

### 3.2 Ficha Técnica Análisis de Cromatografía de Gases Disueltos en el Aceite

Nombre Empresa Provedora del Servicio  
Laboratorio  
País de Procedencia


Designación del Servicio

<b>Análisis de Cromatografía de Gases Disueltos en el Aceite</b>
------------------------------------------------------------------

**Toma de muestra en las instalaciones**

Proporcionar personal técnico para tomar la muestra  
Suplir materiales para tomar la muestra  
Costear envío de la muestra a laboratorio.

Norma Solicitada	Norma Ofrecida	Pedido	Ofrecido
ASTM D 923		Requerido	
		Requerido	
		Requerido	

**Análisis de laboratorio**

**Análisis de cromatografía de gases disueltos en el aceite:**  
Oxígeno, Nitrógeno, Hidrógeno, Monóxido de Carbono, Metano, Etileno, Etano, Acetileno y Dióxido de Carbono.

Norma Solicitada	Norma Ofrecida	Pedido	Ofrecido
ASTM D-3612		Requerido	

**Emitir Reporte con:**

Diagnóstico y evaluación del transformador  
Acciones y tipo o proceso de mantenimiento recomendados

Pedido	Ofrecido
Requerido	
Requerido	

Nombre de la institución que certifica el laboratorio:

--

Certificación ISO 9000 del laboratorio:

<b>Si</b>	
<b>No</b>	

Observaciones de la especificación

--

### 3.3 Ficha Técnica Análisis de Furanos

Nombre Empresa Provedora del Servicio  
Laboratorio  
País de Procedencia


Designación del Servicio

<b>Análisis de Furanos</b>
----------------------------

**Toma de muestra en las instalaciones**  
Proporcionar personal técnico para tomar la muestra  
Suplir materiales para tomar la muestra  
Costear envío de la muestra a laboratorio.

Norma Solicitada	Norma Ofrecida	Pedido	Ofrecido
ASTM D923		Requerido	
		Requerido	
		Requerido	

**Análisis de laboratorio**

Norma Solicitada	Norma Ofrecida	Pedido	Ofrecido
ASTM D-5837-99		Requerido	

### Análisis de Furanos

**Emitir Reporte con:**  
Diagnóstico y evaluación del transformador  
Acciones y tipo o proceso de mantenimiento recomendados

Pedido	Ofrecido
Requerido	
Requerido	

Nombre de la institución que certifica el laboratorio:

--

Certificación ISO 9000 del laboratorio:

<b>Si</b>	
<b>No</b>	

Observaciones de la especificación

--

### 3.4 Ficha Técnica Prueba de Contenido de Inhibidor

Nombre Empresa Provedora del Servicio

--

Laboratorio

--

País de Procedencia

--

Designación del Servicio

<b>Prueba de Contenido de Inhibidor</b>
-----------------------------------------

Toma de muestra en las instalaciones

Proporcionar personal técnico para tomar la muestra

Suplir materiales para tomar la muestra

Costear envío de la muestra a laboratorio.

Norma Solicitada	Norma Ofrecida	Pedido	Ofrecido
ASTM D923		Requerido	
		Requerido	
		Requerido	

Análisis de laboratorio

Norma Solicitada	Norma Ofrecida	Pedido	Ofrecido
ASTM D-4768		Requerido	

**Contenido de Inhibidor**

Emitir Reporte con:

Diagnóstico y evaluación del transformador

Acciones y tipo o proceso de mantenimiento recomendados

Pedido	Ofrecido
Requerido	
Requerido	

Nombre de la institución que certifica el laboratorio:

--

Certificación ISO 9000 del laboratorio:

<b>Si</b>	
<b>No</b>	

Observaciones de la especificación

--

### 3.5 Ficha Técnica Prueba de Factor de potencia a 25 y 100 C

Nombre Empresa Provedora del Servicio  
Laboratorio  
País de Procedencia


Designación del Servicio

<b>Prueba de Factor de potencia a 25 y 100 C</b>
--------------------------------------------------

**Toma de muestras en las instalaciones**  
Proporcionar personal técnico para tomar la muestra  
Suplir materiales para tomar la muestra  
Costear envío de la muestra a laboratorio

Norma Solicitada	Norma Ofrecida	Pedido	Ofrecido
ASTM D923		Requerido	
		Requerido	
		Requerido	

Análisis de laboratorio

**Factor de potencia a 25 C**  
**Factor de potencia a 100 C**

Norma Solicitada	Norma Ofrecida	Pedido	Ofrecido
ASTM D-924		Requerido	
ASTM D-924		Requerido	

**Emitir Reporte con:**  
Diagnóstico y evaluación del transformador  
Acciones y tipo o proceso de mantenimiento recomendados

Pedido	Ofrecido
Requerido	
Requerido	

Nombre de la entidad que certifica el laboratorio:

--

Certificación ISO 9000 del laboratorio:

<b>Si</b>	
<b>No</b>	

Observaciones de la especificación

--

### 3.6 Ficha Técnica Prueba del Punto de Inflamación

Nombre Empresa Provedora del Servicio

--

Laboratorio

--

País de Procedencia

--

Designación del Servicio

<b>Prueba del Punto de Inflamación</b>
----------------------------------------

Toma de muestra en las instalaciones

Proporcionar personal técnico para tomar la muestra

Suplir materiales para tomar la muestra

Costear envío de la muestra a laboratorio

Norma Solicitada	Norma Ofrecida	Pedido	Ofrecido
ASTM D-923		Requerido	
		Requerido	
		Requerido	

Análisis de laboratorio

Norma Solicitada	Norma Ofrecida	Pedido	Ofrecido
ASTM D-92		Requerido	

**Punto de Inflamación**

Emitir Reporte con:

Diagnóstico y evaluación del transformador

Acciones y tipo o proceso de mantenimiento recomendados

Pedido	Ofrecido
Requerido	
Requerido	

Nombre de la institución que certifica el laboratorio:

--

Certificación ISO 9000 del laboratorio:

<b>Si</b>	
<b>No</b>	

Observaciones de la especificación

--

### 3.7 Ficha Técnica Prueba de Punto de Anilina

Nombre Empresa Provedora del Servicio  
Laboratorio  
País de Procedencia


Designación del Servicio

<b>Prueba de Punto de Anilina</b>
-----------------------------------

**Toma de muestras en las instalaciones**

Proporcionar personal técnico para tomar la muestra  
Suplir materiales para tomar la muestra  
Costear envío de la muestra a laboratorio

Norma Solicitada	Norma Ofrecida	Pedido	Ofrecido
ASTM D923		Requerido	
		Requerido	
		Requerido	

**Análisis de laboratorio**

**Punto de Anilina**

Norma Solicitada	Norma Ofrecida	Pedido	Ofrecido
ASTM D611-07		Requerido	

**Emitir Reporte con:**

Diagnóstico y evaluación del transformador  
Acciones y tipo o proceso de mantenimiento recomendados

Pedido	Ofrecido
Requerido	
Requerido	

Nombre de la institución que certifica el laboratorio:

--

Certificación ISO 9000 del laboratorio:

<b>Si</b>	
<b>No</b>	

Observaciones de la especificación

--

### 3.8 Ficha Técnica Prueba de Azufre Corrosivo

Nombre Empresa Proveedor del Servicio  
Laboratorio  
País de Procedencia


Designación del Servicio

<b>Prueba de Azufre Corrosivo</b>
-----------------------------------

**Toma de muestras en las instalaciones**

Proporcionar personal técnico para tomar la muestra  
Suplir materiales para tomar la muestra  
Costear envío de la muestra a laboratorio.

Norma Solicitada	Norma Ofrecida	Pedido	Ofrecido
ASTM D923		Requerido	
		Requerido	
		Requerido	

**Análisis de laboratorio**

**Azufre Corrosivo**

Norma Solicitada	Norma Ofrecida	Pedido	Ofrecido
ASTM D-1275-06 METODO B		Requerido	

**Emitir Reporte con:**

Diagnóstico y evaluación del transformador  
Acciones y tipo o proceso de mantenimiento recomendados

Pedido	Ofrecido
Requerido	
Requerido	

Nombre de la institución que certifica el laboratorio:

--

Certificación ISO 9000 del laboratorio:

<b>Si</b>	
<b>No</b>	

Observaciones de la especificación

--

### 3.9 Ficha Técnica Prueba cuantitativa de PCB`s

**Nombre Empresa Provedora del Servicio**  
**Laboratorio**  
**País de Procedencia**


**Designación del Servicio**

<b>Prueba cuantitativa de PCB`s</b>
-------------------------------------

**Toma de muestras en las instalaciones**

Proporcionar personal técnico para tomar la muestra  
Suplir materiales para tomar la muestra  
Costear envío de la muestra a laboratorio.

Norma Solicitada	Norma Ofrecida	Pedido	Ofrecido
ASTM D923		Requerido	
		Requerido	
		Requerido	

**Análisis de laboratorio**

**Prueba cuantitativa de PCB`s**

Norma Solicitada	Norma Ofrecida	Pedido	Ofrecido
ASTM D-4059		Requerido	

**Emitir Reporte con:**

Diagnóstico y evaluación del transformador  
Acciones y tipo o proceso de mantenimiento recomendados

Pedido	Ofrecido
Requerido	
Requerido	

Nombre de la institución que certifica el laboratorio:

--

Certificación ISO 9000 del laboratorio:

<b>Si</b>	
<b>No</b>	

Observaciones de la especificación

--