



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería.

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado.

**"DESARROLLO DE ALGORITMO PARA EL DIAGNÓSTICO
DEL ESTADO OPERATIVO DE TRANSFORMADORES DE
POTENCIA MEDIANTE EL ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO
DEL ACEITE AISLANTE"**

TESIS

Que para obtener el grado de
MAESTRO EN INGENIERÍA
CON OPCIÓN TERMINAL EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

Presenta:

ELEAZAR GONZÁLEZ ORDOÑEZ

Asesores de tesis:

Dr. RAÚL RUAN ORTEGA

Dra. RITA MARINA ACEVES PÉREZ



OFICIO SIEP No. 3099/2016


ING. ELEAZAR GONZÁLEZ ORDOÑEZ
Maestría en Ingeniería, opción terminal Sistemas
Eléctricos de Potencia
Presente.

El suscrito M.J. Fernando Daniel Lazcano Hernández, Director de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a su solicitud de cambio de tema de Tesis, le autoriza el tema "**DESARROLLO DE ALGORITMO PARA EL DIAGNÓSTICO DEL ESTADO OPERATIVO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA MEDIANTE EL ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DEL ACEITE AISLANTE**", continuando con su asesor de Tesis Dr. Raúl Ruan Ortega y Co-Asesor la Dra. Marina Aceves Pérez.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Pensar bien, para vivir mejor"
Puebla, Puebla a 25 de Noviembre de 2016


M.J. FERNANDO DANIEL LAZCANO HERNÁNDEZ
Director de la Facultad de Ingeniería

C.c.p. Dr. Raúl Ruan Ortega. Asesor Tema tesis.
C.c.p. Dra. Rita Marina Aceves Pérez. Co-Asesor tema tesis.
C.c.p. Archivo.

FDLH/GCC/dsm.

60
AÑOS DE
AUTONOMÍA
UNIVERSITARIA

Facultad
de Ingeniería

Blvd. Valencullo y Av. San Claudio
s/n, edif. ING-4, Col. San Manuel,
Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C.P. 72570
01 (222) 229 55 00 Ext. 7210



Asunto: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

M.I. FERNANDO DANIEL LAZCANO HERNÁNDEZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
DE LA BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

PRESENTE:

El suscrito Dr. Raúl Ruán Ortega, asesor del tema de Tesis denominado: "DESARROLLO DE ALGORITMO PARA EL DIAGNÓSTICO DEL ESTADO OPERATIVO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA MEDIANTE EL ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DEL ACEITE AISLANTE" presentada por el C. ELEAZAR GONZÁLEZ ORDOÑEZ, pasante de la Maestría en Ingeniería con opción terminal en Sistemas Eléctricos de Potencia, me permito informar a usted que después de haber revisado cuidadosamente el temático, la metodología, la redacción y la ortografía de la Tesis, no tengo inconveniente en autorizar la impresión de la misma.

Así mismo, solicito tenga a bien autorizar el Jurado para su Examen de Grado.

Lo hago de su conocimiento para los efectos legales a que haya lugar.

ATENTAMENTE

Puebla, Pue. a 25 de noviembre de 2016

Dr. Raúl Ruán Ortega
ASESOR



AGRADECIMIENTOS

A “DIOS” por regalarme de su gracia para alcanzar este logro, lleno de alegría y entusiasmo para poder seguir adelante en este maravilloso mundo de la Ingeniería.

A mis padres “María de la Luz” y “Eleazar”† por su gran impulso y sus grandes consejos llenos de sabiduría.

A mis hermanos “Miguel Ángel”, “Luz María” y “Yuliana” por su gran apoyo y sus palabras de ánimo.

A los Doctores: Rita Aceves y Raúl Ruan por su tiempo y su orientación para realizar este proyecto.

A todos y cada una de las personas que contribuyeron directa o indirectamente con sus valiosas aportaciones, a todos mil gracias.



DEDICATORIA

A mi regalo de “DIOS” mi gran esposa “Ernestina Calderón” por su paciencia, sus consejos, sus palabras de amor y sobre todo su comprensión. Siempre ha sido y será el impulso de mis logros.



Índice General.

Capítulo 1 Introducción	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Objetivo de Tesis.	2
1.3 Objetivos Específicos de Tesis.	2
1.4 Justificación	2
1.5 Descripción del problema.....	4
Capítulo 2 Marco Teórico	6
2.1 El transformador de potencia.	6
2.1.2 Funcionamiento	9
2.1.3 Principio del transformador monofásico [5].....	12
2.1.4 Fuerza electromotriz inducida.....	16
2.1.5 Potencia nominal de un transformador monofásico	17
2.1.6 Pérdidas de potencia	18
2.1.7 Calentamiento.....	20
2.1.8 Enfriamiento y conducción de calor	21
2.1.9 Cortocircuito.....	22
2.1.10 Fallas en Transformadores.	26
2.1.11 Fallas activas	29
2.1.12 Fallas externas del transformador:.....	30
2.2 Aceite aislante [10].....	30
2.2.1 Tipos de aceite.....	31
2.2.2 Características físicas, químicas y eléctricas del aceite aislante [11].	31
2.2.4 Viscosidad	35
2.2.5 Características Eléctricas [13]	37
2.2.6 Rigidez Dieléctrica	37
2.2.7 Factor de Potencia.....	38
2.2.8. Muestreo de aceites para cromatografía de gases	39
2.2.9 Cromatografía de gases	40



2.3 Diagnóstico del análisis de los gases disueltos en el aceite aislante para determinar el estado operativo de los transformadores de potencia.....	42
2.3.1 Métodos de diagnóstico para la cromatografía de gases [9].....	42
2.3.2 Diagnóstico rápido	42
2.3.3 Acciones básicas sobre el total de gases combustibles (TDCG)	45
2.3.4 Límites de concentraciones de gases disueltos.....	47
2.3.5 Límites absolutos de Dömenburg.....	47
2.3.6 Gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg	48
2.3.7 Triángulo de Duval.....	50
2.3.8 El código de Rogers.....	51
2.4 Simulación en COMSOL para analizar los efectos internos del campo eléctrico en el transformador de potencia	53
Capítulo 3 Desarrollo del proyecto	58
3.1 Diseño de algoritmo para el diagnóstico del estado operativo de los transformadores de potencia según el Capítulo 2.....	58
3.1.1 Metodologías de desarrollo de algoritmos	58
3.2 Diseño del método de diagrama de flujo para diagnóstico rápido del análisis de gases disueltos en el aceite aislante.....	67
3.2.1 Objetivo del diseño para el método de diagrama de flujo del diagnóstico rápido para el análisis de gases en el aceite aislante	68
3.3 Diseño para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante	71
3.3.1 Objetivo del diseño del método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante	71
3.4 Diseño para el método de la gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg ..	81
3.4.1 Objetivo para las gráficas de relaciones logarítmicas de Dömenburg	81
3.5 Diseño del método del triángulo de Duval.....	84
3.5.1 Objetivo del método de triángulo de Duval	84
3.6 Diseño del método código de Rogers	87
3.6.1 Objetivo para método de código de Rogers.....	88



3.7 Diseño del método de acciones básicas sobre TDCG	93
3.7.1 Objetivo para el método de acciones básicas del TDCG	93
Capítulo 4 Resultados	97
4.1 Resultado del diagnóstico del estado operativo del transformador IZD-T1 mediante el análisis cromatográfico del algoritmo	97
4.1.1 Resultado del módulo para el diagnóstico rápido del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.	98
4.1.2. Resultado del módulo para el método de límites para gases disueltos en el aceite aislante del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.	99
4.1.3. Resultado del módulo para el método de la gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.....	100
4.1.4. Resultado del módulo para el método de triángulo de Duval del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.	103
4.1.5. Resultado del módulo para el método de código de Rogers del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.	104
4.1.6. Resultado del módulo para el método de acciones básicas sobre el TDGC del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.	105
4.2 Resultado del diagnóstico del estado operativo del transformador PIR-T1 mediante el análisis cromatográfico del algoritmo	106
4.2.1. Resultado del módulo para método del diagnóstico rápido del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.	107
4.2.2. Resultado del módulo para el método de límites de gases disueltos en el aceite aislante del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.	108
4.2.3. Resultado del módulo para el método de la gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.	109
4.1.4. Resultado del módulo para el método de triángulo de Duval del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.	110
4.2.5. Resultado del módulo para el método del código de Rogers del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.	111



4.1.6. Resultado del módulo para el método de acciones básicas sobre el TDGC del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.....112

Índice de figuras

Figura 2. 1. Modelo CAD del transformador de potencia y sus elementos.....6

Figura 2. 2. Devanado primario.7

Figura 2. 3. Devanado secundario.8

Figura 2. 4. Núcleo de acero.8

Figura 2. 5. El transformador monofásico.....9

Figura 2. 6. Representación gráfica de la ley de Coulomb. 10

Figura 2. 7. Representación de la ley de Faraday..... 11

Figura 2. 8. Devanado primario. 12

Figura 2. 9. Inducción electromagnética..... 14

Figura 2. 10. Conexión de una carga "Z" en el secundario. 15

Figura 2. 11. Representación del resultado de cortocircuito de una falla monofásica simulada en ASPEN onLiner V10.12.....26

Figura 2. 12. Patrón de espectros de colores según ASTM D130/ip154: luego del envejecimiento provocado al aceite, prueba ASTM D1275B extendida.39

Figura 2. 13. Muestreo del aceite aislante.....39

Figura 2. 14. El Cromatógrafo de gases.....40

Figura 2. 15. Cromatograma.41

Figura 2. 16. Diagrama de flujo para el diagnóstico rápido del análisis de gases en el aceite.....45

Figura 2. 17. Gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg.....49

Figura 2. 18. Triangulo de Duval.50

Figura 2. 19. Modelado del transformador monofásico en COMSOL Multiphysics.54

Figura 2. 20. Cobre, acero y aceite aislante utilizados para simular el campo eléctrico en COMSOL Multiphysics.54



Figura 2. 21. Conjunto de elementos subdivididos en partes pequeñas para simular el campo eléctrico del transformador monofásico.	55
Figura 2. 22. Simulación del campo eléctrico en COMSOL Multiphysics.	56
Figura 2. 23. Campo eléctrico desde otra perspectiva de la superficie frontal.	56
Figura 2. 24. Principal esfuerzo eléctrico (stress) al cual son sometidos el cobre, el acero y los medios aislantes.	57
Figura 2. 25. Principal esfuerzo eléctrico (stress) desde otra perspectiva y el cual se observa en el centro del arrollamiento primario.	57
Figura 3. 1. Diagrama de flujo y su simbología [24].	62
Figura 3. 2. Presentación de visual Studio 2012.	64
Figura 3. 3. Entorno de desarrollo para realizar aplicaciones.	64
Figura 3. 4. Módulo para realizar la programación de las aplicaciones llamado "código".	66
Figura 3. 5. Diagrama de flujo para el método diagrama de flujo para el diagnóstico rápido del análisis de gases en el aceite aislante.	69
Figura 3. 6. Diseño del método diagrama de flujo para el diagnóstico rápido del análisis de gases en aceite aislante realizado en plataforma visual studio 2012.	70
Figura 3. 7. Diagrama de flujo del TDCG, para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante.	72
Figura 3. 8. Diagrama de flujo del hidrogeno H ₂ , para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante.	73
Figura 3. 9. Diagrama de flujo del metano CH ₄ , para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante.	74
Figura 3. 10. Diagrama de flujo del acetileno C ₂ H ₂ , para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante.	75
Figura 3. 11. Diagrama de flujo del etileno C ₂ H ₄ , para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante.	76
Figura 3. 12. Diagrama de flujo del etano C ₂ H ₆ , para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante.	77



Figura 3. 13. Diagrama de flujo del monóxido de carbono CO, para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante.....78

Figura 3. 14. Diagrama de flujo del dióxido de carbono C2O, para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante.....79

Figura 3. 15. Diseño para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante, realizado en plataforma de visual studio 2012.....80

Figura 3. 16. Diagrama de flujo para el método de la gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg.....82

Figura 3. 17. Diseño del método de gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg, realizado en plataforma de visual studio 2012.83

Figura 3. 18. Diagrama de flujo para el método del triángulo de Duval.....85

Figura 3. 19. Diseño del triángulo de Duval, realizado en plataforma de visual studio 2012.86

Figura 3. 20. Diagrama de flujo para el método código de Rogers.91

Figura 3. 21. Diseño del código de Rogers, realizado en plataforma de visual studio 2012.92

Figura 3. 22. Diagrama de flujo para el método acciones básicas del TDCG.95

Figura 3. 23. Diseño del método de las acciones básicas sobre el TDCG, realizado en plataforma de visual studio 2012.....96

Figura 4. 1. Resultado del método de diagnóstico rápido para la cromatografía de gases del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.....98

Figura 4. 2. Resultado del método de límites para gases disueltos en el aceite aislante del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.....99

Figura 4. 3. Resultado 1 del método de la gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.100

Figura 4. 4. Resultado 2 del método de la gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg, diagnosticado por el algoritmo.....102

Figura 4. 5. Resultado método de triangulo de Duval del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.....103



Figura 4. 6. Resultado del método código de Rogers del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.....	104
Figura 4. 7. Resultado del método acciones básicas sobre el TDCG del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.....	105
Figura 4. 8. Resultado del método de diagnóstico rápido para la cromatografía de gases del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.	107
Figura 4. 9. Resultado del método de límites para gases disueltos en el aceite aislante del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.	108
Figura 4. 10. Resultado del método de la gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.....	109
Figura 4. 11. Resultado método de triangulo de Duval del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.....	110
Figura 4. 12. Resultado del método código de Rogers del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.....	111
Figura 4. 13. Resultado del método acciones básicas sobre el TDCG del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.....	112

Índice de tablas

Tabla 2. 1. Características eléctricas del aceite aislante.....	37
Tabla 2. 2. Acciones básicas sobre el TDCG.....	46
Tabla 2. 3. Concentraciones de gases clave disueltos (ppm).	47
Tabla 2. 4. Límites de Dömenburg.	48
Tabla 2. 5. Relación y códigos de Rogers.	52
Tabla 3. 1. Gases clave para el diagnóstico rápido (primer paso).....	67
Tabla 3. 2. Gases clave para el diagnóstico rápido (segundo paso).	67



Índice de gráficos

Grafico 2. 1. El punto de anilla está en función de otras características.....34

Bibliografía

Anexos



Capítulo 1 Introducción

En este capítulo se exponen las Generalidades, objetivo, justificación, descripción del problema y la estructura de la tesis. Se muestra una breve reseña de la forma de dar solución al problema y hacia dónde va enfocado el trabajo y finalmente se describe la estructura de la tesis por capítulos.

1.1 Generalidades

Las diferentes tareas y procesos cotidianos en la oficina nos hacen distraer un poco nuestra atención hacia la degradación y envejecimiento del aislamiento interno de los transformadores de potencia, pensando que realizando las pruebas eléctricas de rutina es más que suficiente. Pero al extraer una muestra de aceite aislante de la cuba de un transformador se convierte de mucho interés, por lo que me entusiasma dirigir mis estudios con enfoque hacia el análisis del aceite aislante, tomando como plataforma los diferentes métodos de análisis al aceite aislante para determinar el estado operativo de los transformadores de potencia.

En CFE y más aún en la División Centro Oriente (Puebla, Tlaxcala e Hidalgo) es de suma importancia la confiabilidad y continuidad en el suministro de energía eléctrica por lo que volvemos predictivos que correctivos ha situado a la División en los mejores lugares a nivel nacional, creo que es de suma importancia el que vivimos en una era en la que la tecnología avanza con pasos agigantados y que solo hace falta aprovecharla, para poder desarrollar herramientas potentes que ayuden a reducir tiempos de análisis y casi obtener resultados del estado operativo de los transformadores de potencia en tiempo real.

En el departamento de subestaciones y líneas de subtransmisión área en la que me desenvuelvo día a día sabemos que la confiabilidad y continuidad en el suministro de energía eléctrica está íntimamente relacionada con la operación y el mantenimiento de los equipos denominados primarios.



1.2 Objetivo de Tesis.

Desarrollar una herramienta informática permita analizar y diagnosticar el estado operativo de los transformadores de potencia, utilizando como base la cromatografía de gases disueltos en el aceite aislante, para prevenir “fallas incipientes” dentro de los transformadores de potencia e incrementar su vida útil de acuerdo al procedimiento GOD-3537 Manual de mantenimiento a transformadores de potencia de la CFE.

1.3 Objetivos Específicos de Tesis.

1. Seleccionar los métodos para el análisis cromatográfico del procedimiento GOD-3537 Manual de mantenimiento a transformadores de potencia.
2. Desarrollo de diagramas de flujo que serán base para el algoritmo, con el fin de diagnosticar el estado operativo de los transformadores de potencia de hasta 138 kV.
3. Diseño del algoritmo basado en la plataforma de visual basic para realizar diagnóstico de acuerdo a los métodos analíticos seleccionados.
4. Ejecutar pruebas para la aprobación de los resultados que se obtengan por el algoritmo.
5. Analizar y aprobar los resultados.
6. Realizar programas de mantenimiento para la prevención de fallas internas en los Transformadores de Potencia.

1.4 Justificación

Uno de los equipos principales de los Sistemas Eléctricos de Distribución es el Transformador de Potencia, las condiciones para el mantenimiento de estos equipos han sufrido cambios a medida en que la tecnología avanza pero dicha tecnología siempre ha sido hacia los equipos de prueba con el que se realiza las pruebas eléctricas de rutina, de análogos han pasado a digitales, de robustos a más pequeños



etc., pero es aquí donde pretendo dirigir mi atención para aprovechar al máximo los resultados que arrojan dichos equipos, un sistema que ayude a analizar, diagnosticar y administrar el mundo de información que se genera por los 169 Transformadores de Potencia con los que cuenta la División Centro Oriente.

El Transformador de Potencia es una máquina eléctrica diseñada alrededor de un ciclo de vida útil de unos 30 años, según la CFE-K0000-13 [1] en condiciones normales de operación. Esto no quiere decir que no se pueda continuar su explotación más allá de este tiempo, de hecho gran parte del parque de operación eléctrica e industrial viene operando con equipo primario más allá de este límite, pero con sus desventajas porque seguramente cuando salgan de operación va a ser de una manera súbita, causando pérdidas económicas.

El tiempo de vida de un transformador de potencia depende de los esfuerzos eléctricos, tensiones mecánicas, térmicas y ambientales a que sus componentes son sometidos durante su vida útil [2].

Los Transformadores de Potencia requieren de un mantenimiento preventivo, las principales fallas de un transformador proviene por falta de mantenimiento. El uso constante sin un mantenimiento adecuado produce que la calidad del aceite pierda sus propiedades y cualidades, la descomposición de los materiales aislantes y en consecuencia la formación de diversos gases combustibles y no combustibles.

La detección de ciertos gases generados en un transformador en aceite, por el cromatógrafo como se dijo los detecta, mas no analiza el estado operativo de los transformadores de potencia, la presencia de ciertos gases es a menudo el primer indicio de la existencia de un comportamiento anormal del transformador, estos pueden encontrarse disueltos en el aceite y en los dispositivos de recolección de gases (Relevador Buchholz). Existen una serie de técnicas de mantenimiento que desde el punto de vista eléctrico y a través de determinados ensayos de campo van permitiendo



conocer el estado operativo de los transformadores de potencia, pero si detectan algo anormal se tiene que realizar maniobras de desconexión del transformador y realizar las pruebas eléctricas, provocando tiempos innecesarios y gastos excesivos. Con la técnica de cromatografía de gases disueltos en el aceite aislante no se requiere la desconexión del transformador de potencia para realizar la extracción de la muestra de aceite.

Por lo tanto, al obtener los resultados de los gases disueltos en el aceite es necesario dar rapidez al análisis, pero hacerlo de forma manual lleva demasiado tiempo por lo que, es preciso desarrollar un algoritmo que diagnostique de forma rápida y precisa los gases disueltos en el aceite, mediante los métodos establecidos (GOD-3537 Manual de mantenimiento a transformadores de potencia) el estado operativo del transformador y tomar decisiones de acuerdo al diagnóstico, saber si está en condiciones de poder operar con la máxima seguridad, conocer la capacidad de sobrecarga, limitar la potencia, reacondicionarlo o en su caso retirarlo del servicio activo, sin perder la confiabilidad y continuidad en el servicio eléctrico.

El no conocer el desgaste natural o el envejecimiento acelerado debido a “fallas incipientes” ocurridas dentro de los Transformadores, estas se convertirán en fallas considerables que podrían generar la salida súbita y no programada de algunos equipos, generando pérdidas millonarias a la División Centro Oriente de la CFE.

1.5 Descripción del problema

La División Centro Oriente de CFE se compone por 107 Subestaciones de Distribución y 169 Transformadores de Potencia, es evidente que por ser demasiados equipos se hace difícil realizar tareas de rutina como lo son las pruebas eléctricas, por cada que suceda un evento riesgoso en la operación de un equipo se realicen estas pruebas ya que se necesita desconectar del sistema eléctrico al transformador y esto implicaría pérdidas económicas significativas, aumento en los índices del TIU (Tiempo de Interrupción por Usuario), SB (Salidas de Banco) y nos llevaría demasiado tiempo



realizar maniobras de reemplazo de estos equipos. Cabe mencionar que este índice conlleva a la posición a nivel nacional de nuestra división, las estadísticas que se realizan en la división centro oriente muestran que cada transformador está sometido a fallas de origen transitorio o permanente, ya que cuando se producen las magnitudes de corriente alcanzan valores situados fuera de sus rangos normales de funcionamiento, en consecuencia, determinadas áreas del sistema pueden pasar a operar en condiciones desequilibradas.

Tanto como por razones técnicas como económicas, es imposible evitar que se produzcan fallas. En esencia, se sabe que al diseñar un sistema eléctrico se debe tomar en cuenta el hecho de que habrán de producirse fallas de manera aleatoria e inesperada y en consecuencia que importantes zonas que componen a la división centro oriente podrían quedar desconectadas del sistema eléctrico.

Cuando se diseña un sistema eléctrico se debe considerar el cómo evitar fallas o en su defecto reducirlas al máximo, por lo que es necesario dotar al sistema eléctrico de herramientas que sin interrumpir la continuidad en el servicio eléctrico y de manera casi inmediata nos permitan analizar y diagnosticar las condiciones de operación de los transformadores de potencia, dando la oportunidad de realizar un programa de mantenimiento preventivo y ejecutar acciones pertinentes que contribuyan a disminuir los índices de TIU y SB, los altos costos de reparación y las pérdidas de energía no consumida por el cliente y lo mejor aumentar la vida útil de estos equipos tal como se comentó anteriormente.

Para ello es necesario conocer el transformador de potencia, sus partes importantes, su funcionamiento, los medios aislantes lo cual se explicará más a detalle en el capítulo 2.

Capítulo 2 Marco Teórico

2.1 El transformador de potencia.

Los transformadores son dispositivos eléctricos, estáticos por no tener partes giratorias y son totalmente cerrados, permite aumentar o disminuir la tensión de un circuito eléctrico de corriente alterna, el cual se basa en el fenómeno de inducción electromagnética, constituido por devanados denominados primario y secundario que están devanadas en un núcleo de láminas de hierro el cual permite una mejor transferencia del flujo magnético, como se observa en la figura 2.1 [2].

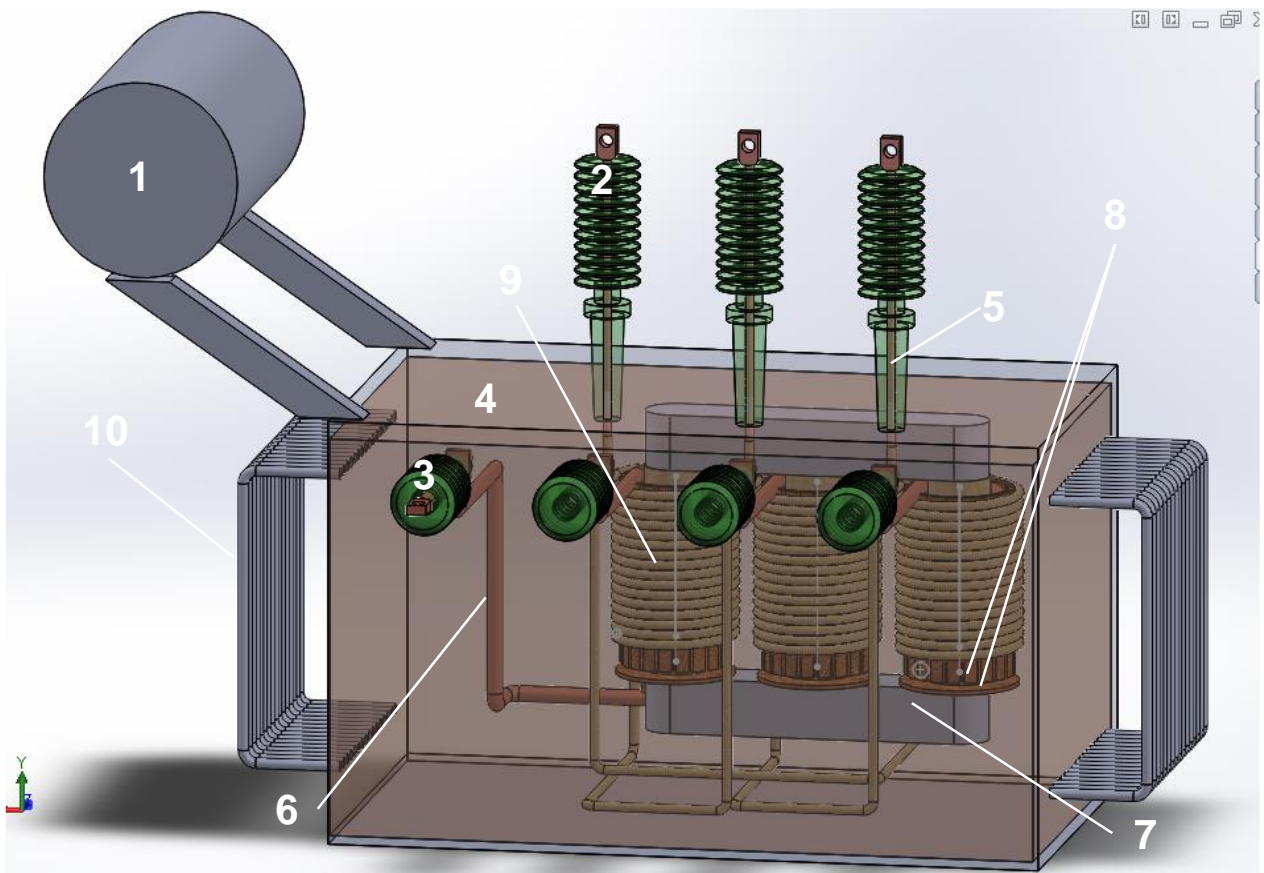


Figura 2. 1. Modelo CAD del transformador de potencia y sus elementos.

1. Depósito de expansión.
2. Boquillas de alta tensión.
3. Boquillas de baja tensión.
4. Aceite aislante
5. Devanado primario.
6. Devanado secundario.
7. Núcleo.
8. Madera aislante.
9. Cinta aislante.
10. Radiadores.

Que es aquí donde se observa más a detalle este fenómeno en los devanados y el núcleo figuras 2.2, 2.3 y 2.4.

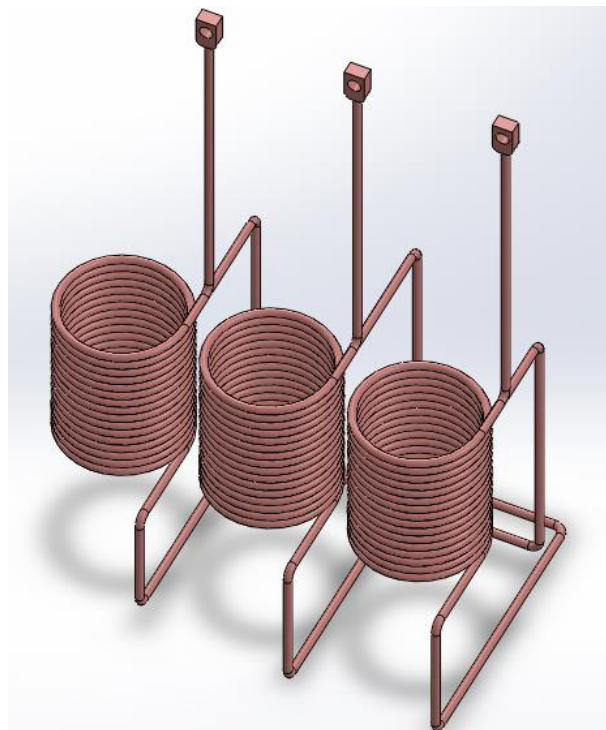


Figura 2. 2. Devanado primario.

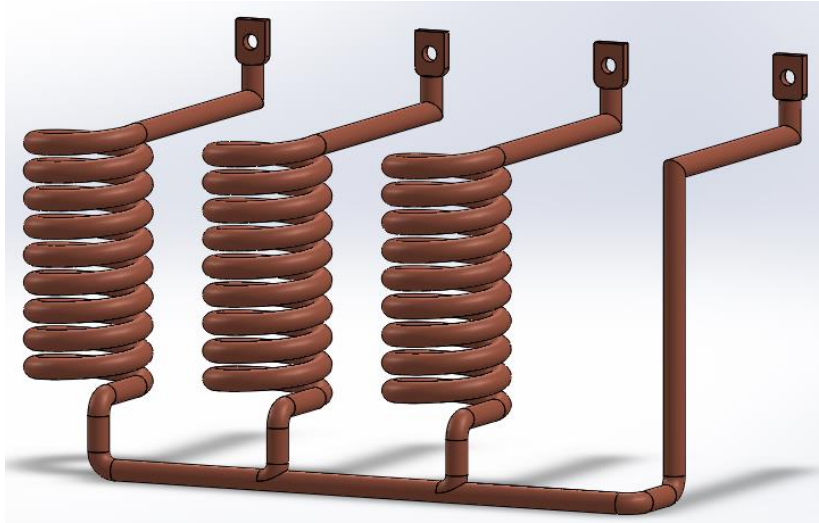


Figura 2. 3. Devanado secundario.

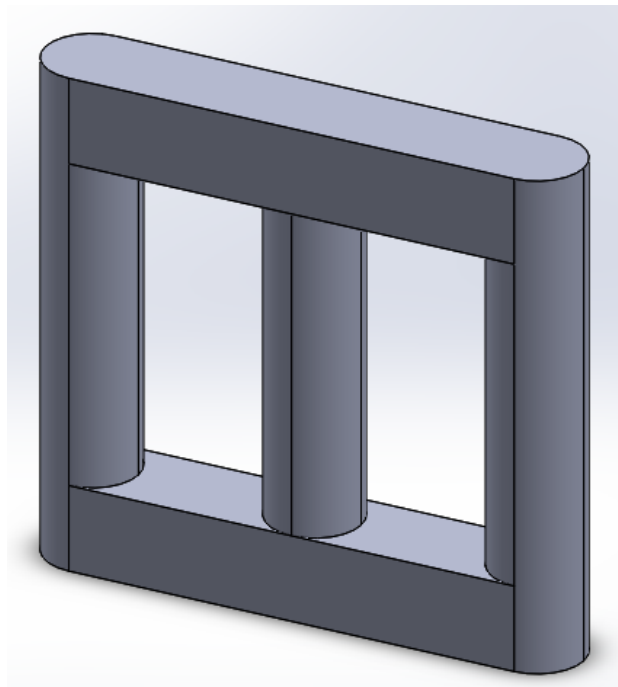


Figura 2. 4. Núcleo de acero.

Al devanado primario se le aplica energía eléctrica y del secundario se extrae la energía a consumir.

2.1.2 Funcionamiento

En cuanto a su funcionamiento, se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética ya que si aplicamos una fuerza electromotriz alterna, se produce la inducción de un flujo magnético variable en el núcleo de hierro. Dicho flujo origina por inducción electromagnética la aparición de una fuerza electromotriz en el devanado secundario, claro que esto dependerá directamente del número de espiras que tengan los devanados y de la tensión del devanado primario [2], ejemplo, los transformadores de potencia de la división centro oriente, son 169 transformadores trifásicos alimentados con tensiones primarias de 115kV, 85kV 69kV, 34.5kV y 23kV, extrayendo energía del secundario de 34.5kV, 23kV y 13.8kV.

Para explicar se hace referencia al transformador monofásico figura 2.5, el principio es el mismo y se puede observar de manera más práctica su funcionamiento, basado en las Leyes de Coulomb y Faraday, para los campos eléctrico y magnético.

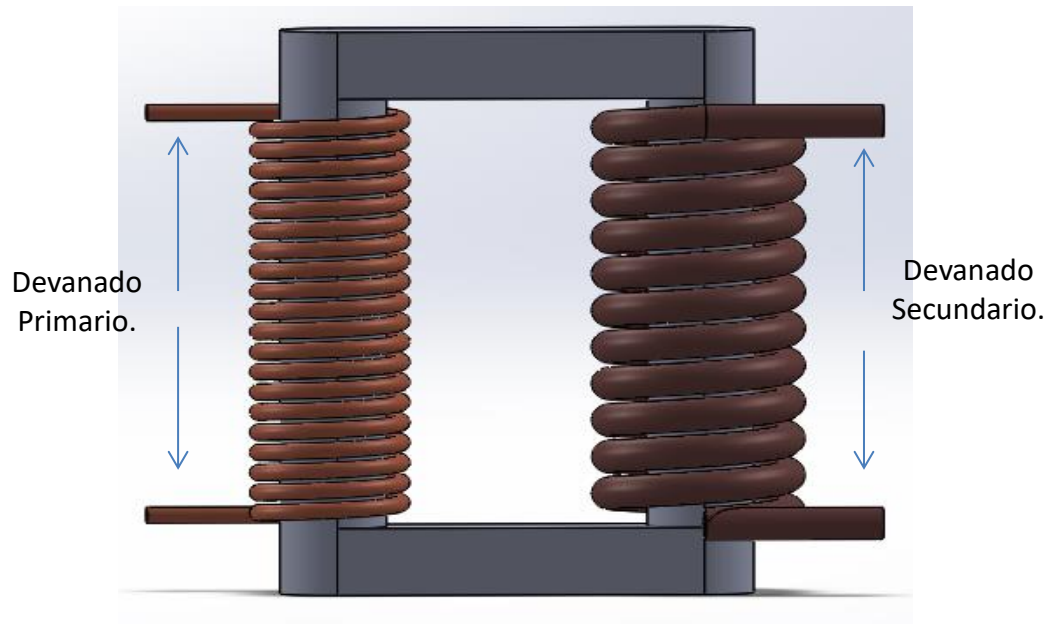


Figura 2. 5. El transformador monofásico.

2.1.2.1. El campo eléctrico

El campo eléctrico de acuerdo a la Ley de Coulomb se genera cuando:

La magnitud de cada una de las fuerzas eléctricas con que interactúan dos cargas puntuales en reposo es directamente proporcional al producto de la magnitud de ambas cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa y tiene dirección de las líneas que las une. La fuerza es de repulsión si las cargas son de igual signo, y de atracción si son de signo contrario [3].

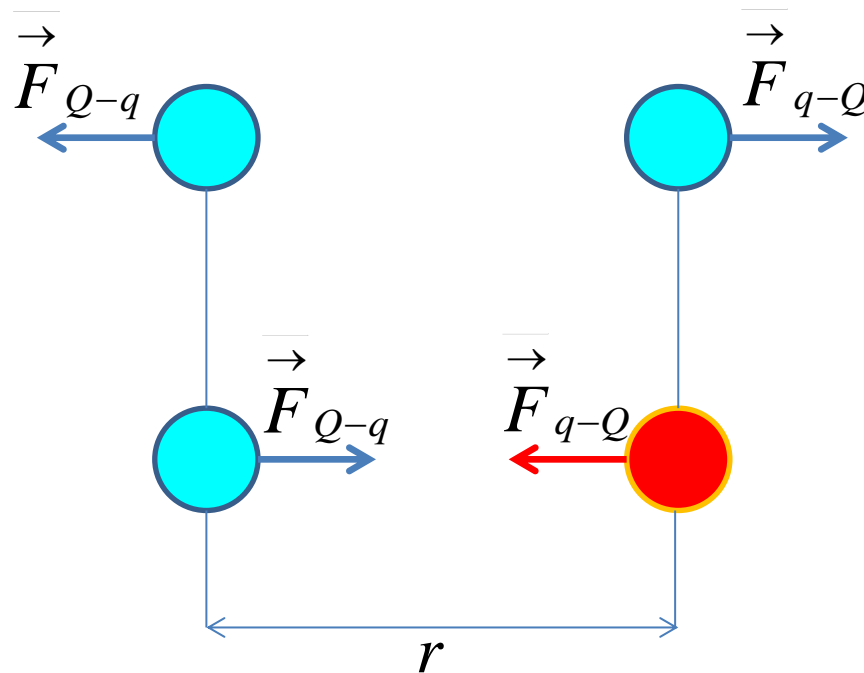


Figura 2. 6. Representación gráfica de la ley de Coulomb.

La expresión matemática:

$$\left| \vec{F}_{Q-q} \right| = \left| \vec{F}_{q-Q} \right| = k \frac{|qxQ|}{r^2} \dots\dots\dots (2.1).$$

2.1.2.2 El campo magnético

El campo magnético de acuerdo a la Ley de Faraday.

El voltaje inducido en un circuito cerrado es directamente proporcional a la rapidez con que cambia en el tiempo el flujo magnético que atraviesa una superficie cualquiera con el circuito como borde [4].

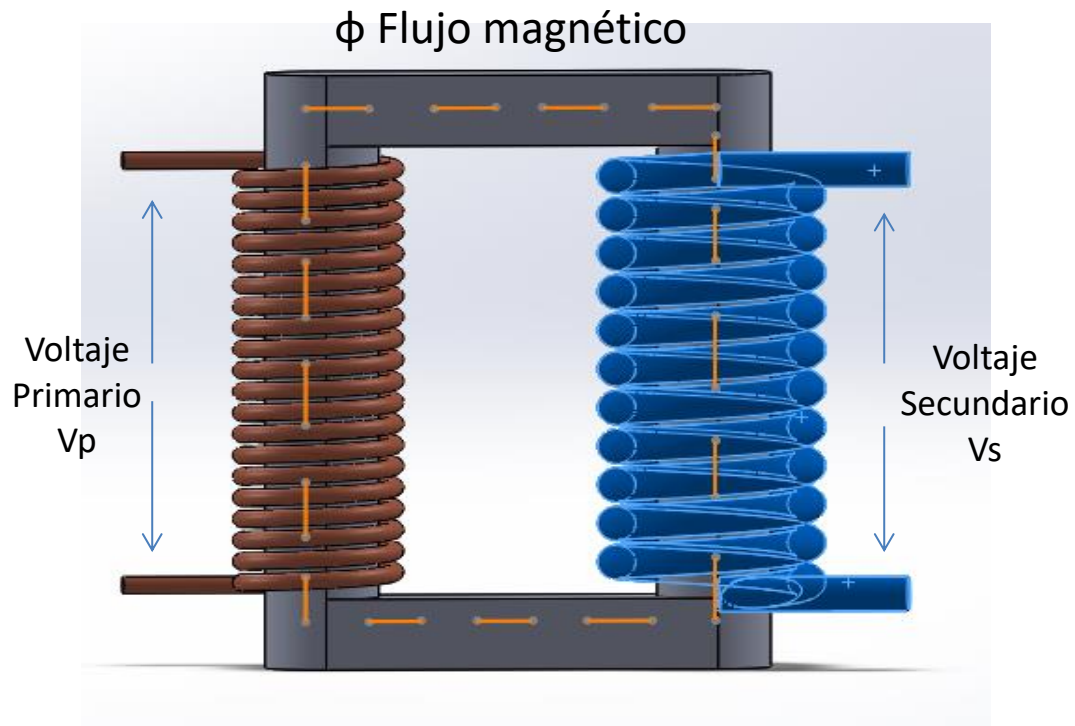


Figura 2. 7. Representación de la ley de Faraday.

En expresión matemática:

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \dots\dots\dots (2.2)$$

dónde:

\vec{E} es el campo eléctrico.

$d\vec{l}$ es el elemento infinitesimal del contorno C .

\vec{B} es la densidad del campo magnético.

S es una superficie arbitraria.

Las direcciones C y de $d\vec{A}$ están dadas por la regla de la mano derecha.

2.1.3 Principio del transformador monofásico [5]

La energía eléctrica se puede transportar eficazmente por inducción magnética desde un juego de bobinas a otro, por medio de un flujo magnético variable, siempre que las bobinas estén situadas en el mismo circuito magnético. Se tiene un circuito magnético en el que se enrolla una bobina (figura 2.8).

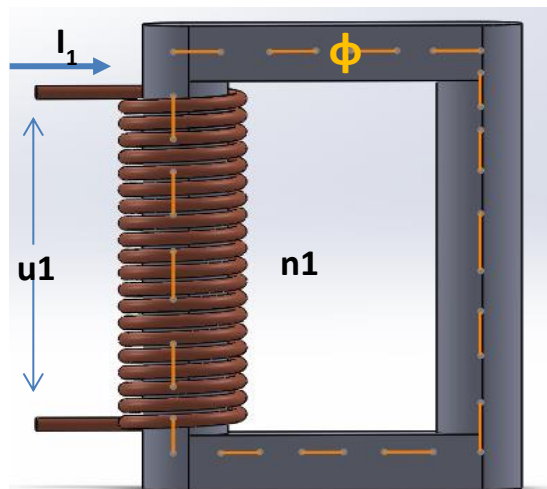


Figura 2. 8. Devanado primario.

Si aplicamos a los extremos de la bobina, una tensión alterna senoidal, resultará que la corriente (i_1) que pasa por la bobina y el flujo magnético (ϕ) creado por esta corriente,



serán senoidales. Por autoinducción, en cada una de las espiras se crea una fuerza electromotriz.

$$e = - \frac{d\Phi}{dt} \dots\dots\dots (2.3)$$

Si llamamos n_1 al número total de espiras de la bobina, entre los extremos de ésta se habrá engendrado una fuerza electromotriz de autoinducción total, igual a

$$e_1 = -n_1 \frac{d\Phi}{dt} \dots\dots\dots (2.4)$$

Si se desprecia la resistencia de la bobina, para compensar esta fuerza electromotriz de autoinducción es necesaria una tensión en bornes

$$u_1 = -e = n_1 \frac{d\Phi}{dt} \dots\dots\dots (2.5)$$

Es decir que

$$u_1 + e_1 = 0 \dots\dots\dots (2.6)$$

Si al núcleo se le arrolla una segunda bobina (figura 2.9) se habrá constituido un transformador monofásico. Si se aplica una tensión (u_1) en el primario, circulara una corriente (i_1), la cual crea un flujo magnético (ϕ) que se crea por el circuito magnético, atravesando las espiras de la segunda bobina; como el flujo es senoidal, inducirá en esta bobina una fuerza electromotriz (e_2) senoidal y cuyo valor es

$$e_2 = -n_2 \frac{d\Phi}{dt} \dots\dots\dots (2.7)$$

Si el secundario está abierto es decir, el transformador funciona en vacío, la corriente en el segundo arrollamiento (o arrollamiento secundario) será nula y tendremos que

$$e_2 = u_2 \dots\dots\dots (2.8)$$

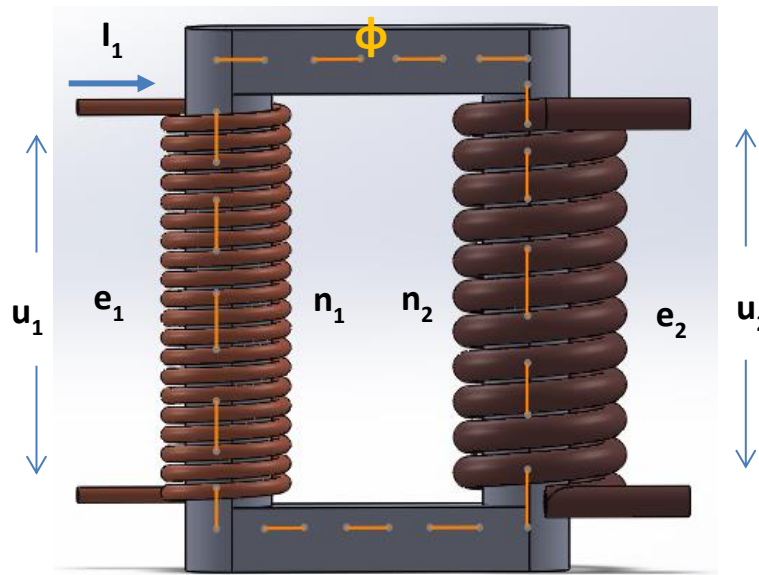


Figura 2. 9. Inducción electromagnética.

Según esto llamaremos relación de transformación a

$$r_1 = \frac{U_1 \text{vacío}}{U_2 \text{vacío}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Como puede deducirse fácilmente, la relación de transformación también se expresa por

$$r_1 = \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2} \dots\dots\dots (2.10)$$

Si ahora se conecta al secundario una carga Z (figura 2.10), por el primario circulará una corriente i_1 , que no tiene por qué ser la misma que en el caso anterior.

Suponiendo que se aplica la misma tensión primaria u_1 que en el caso anterior, en el secundario aparecerá una tensión u_2 , sensiblemente igual a la tensión secundaria en vacío; o sea que tendremos

$$r_t = \frac{U_{1\text{vacío}}}{U_{2\text{vacío}}} \approx \frac{U_1}{U_2} \dots\dots\dots (2.11)$$

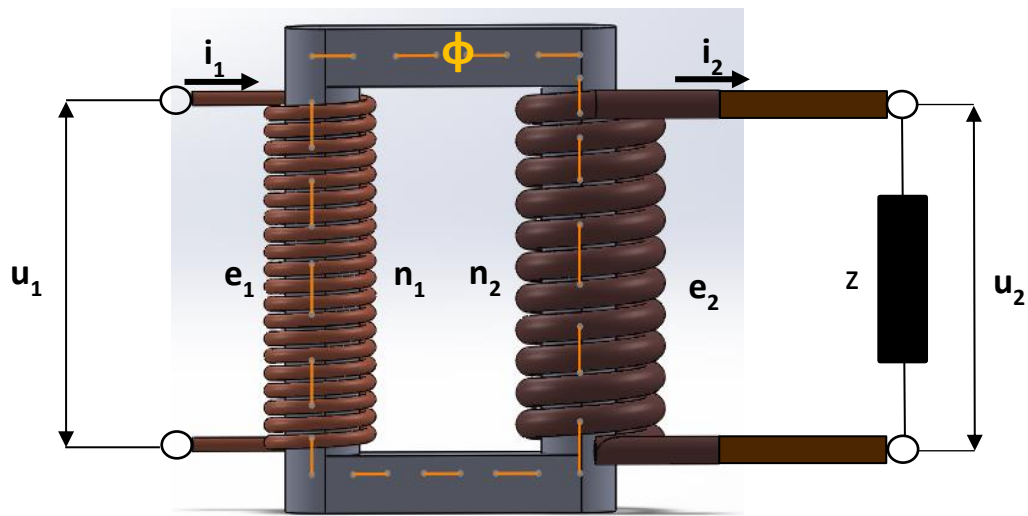


Figura 2. 10. Conexión de una carga "Z" en el secundario.

Prescindiendo de las pérdidas por dispersión de flujo y de las pérdidas debidas a las resistencias y a las reactancias en los arrollamientos, la energía suministrada por el primario será igual a la energía suministrada por el secundario, es decir que

$$U_1 I_1 \cos \varphi_1 = U_2 I_2 \cos \varphi_2 \dots\dots\dots (2.12)$$

Y aceptando que a plena carga



$$\cos \varphi_1 \approx \cos \varphi_2 \dots\dots\dots (2.13)$$

resulta que

$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{r_t} \dots\dots\dots (2.14)$$

Es decir que

$$r_1 = \frac{I_2}{I_1} \dots\dots\dots (2.15)$$

2.1.4 Fuerza electromotriz inducida.

En una bobina de n espiras, atravesada por un flujo magnético ϕ_{\max} , cuya frecuencia es f , el valor eficaz de la fuerza electromotriz inducida es

$$E = \frac{1}{\sqrt{2}} 2\pi f n \Phi_{\max} = 4.44 f n \Phi_{\max} \quad \text{Voltios} \dots\dots\dots (2.16)$$

Suponiendo que el flujo esta expresado en webers. Si el flujo se expresa en maxwells, la expresión anterior toma forma

$$E_2 = 4.44 f n \Phi_{\max} 10^{-8} \quad \text{Voltios} \dots\dots\dots (2.17)$$



2.1.5 Potencia nominal de un transformador monofásico

Cuando se cita potencia nominal de un transformador, siempre se hace referencia a la potencia aparente de este transformador, o sea,

$$P_a = UI \quad \text{VA} \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

se expresa en voltamperios (VA) o en kilovoltamperios (kVA) y representa la potencia máxima que puede proporcionar el transformador cuando el factor de potencia de la carga es la unidad. Naturalmente, la potencia nominal se refiere siempre a la tensión nominal V y a la corriente nominal I del transformador, es decir, a los valores de tensión y de corriente nominal I del transformador, es decir, a los valores de tensión y de corriente para los que el transformador ha sido proyectado.

La potencia nominal de un transformador es la máxima potencia que puede proporcionar sin que el calentamiento que se produce en régimen de trabajo, debido a las pérdidas en los arrollamientos por efecto Joule y las pérdidas en el hierro por corrientes parasitas, sobrepase la temperatura límite para la que ha sido proyectado el transformador. Es decir, que un transformador podrá trabajar permanentemente y en condiciones nominales de potencia, tensión, corriente y frecuencia, sin peligro de deterioro por sobrecalentamiento y sin peligro de envejecimiento de conductores y aislantes [5].

La oposición al paso de una corriente eléctrica por efecto joule, los dispositivos conectados al transformador (carga), entre otras, producen **pérdidas de potencia, transforman la energía eléctrica, fundamentalmente en calor**, el cual es el causante de producir envejecimiento en el aislamiento y degrada su vida útil, en síntesis, la temperatura es el factor determinante en la operación de los transformadores, se hablara también del aceite como medio refrigerante, de ahí el interés por estudiar el estado operativo de los transformadores de potencia de acuerdo al análisis



cromatográfico del aceite aislante, ya que la temperatura en altas concentraciones produce gases, pero veámoslo más a detalle.

2.1.6 Pérdidas de potencia

En los transformadores, como en cualquier otro dispositivo eléctrico se producen pérdidas de potencia. Una parte de estas pérdidas se producen en vacío y se conservan inalteradas en carga, por lo que se conocen como pérdidas en vacío; otra parte de las pérdidas solamente aparecen cuando el transformador está en carga y dependen, esencialmente, de la carga, siendo aproximadamente proporcionales a ésta: se denominan pérdidas debidas a la carga.

Las pérdidas en vacío son las que se producen en el circuito magnético a causa de la histéresis y de las corrientes de Foucault; por lo tanto son, esencialmente, pérdidas en el hierro. Aunque con el transformador en vacío también aparecen pérdidas por efecto Joule en el arrollamiento primario, debidas a las corrientes de vacío I_0 , como esta corriente es muy pequeña pueden despreciarse estas pérdidas y tener en cuenta solamente las citadas pérdidas en el hierro.

Las pérdidas debidas a la carga se producen en los circuitos eléctricos primario y secundario del transformador; se denominan también pérdidas en el cobre. Se deben al efecto Joule por el paso de las corrientes primaria y secundaria por los respectivos arrollamientos y se expresan como:

$$P_{Cu} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 \dots\dots\dots (2.19)$$

Por lo tanto, son proporcionales a la corriente de carga.

Durante el funcionamiento con carga del transformador aparecen simultáneamente las pérdidas en vacío y las pérdidas debidas a la carga, de forma que las pérdidas totales son



$$P_p = P_{Fe} + P_{Cu} \dots\dots\dots (2.20)$$

De ellas, las pérdidas en el hierro son pérdidas fijas e independientes de la carga, y las pérdidas en el cobre son pérdidas variables y dependientes de la carga. Más general parece la denominación pérdidas en los arrollamientos.

Cabe hacer algunas consideraciones sobre las pérdidas de los transformadores. Las pérdidas en el hierro o pérdidas en vacío tienen gran importancia durante la explotación ya que, por no depender de la carga, provocan consumo de energía incluso en los periodos de paro. Por otra parte se ha demostrado experimentalmente que las pérdidas en el hierro son aproximadamente proporcionales al cuadrado de la inducción; es decir que, desde el punto de vista del usuario, son preferibles las inducciones bajas. Pero el interés de los constructores de transformadores es dar un valor tan elevado como se pueda a la inducción, ya que, la fuerza electromotriz es:

$$E = 4.44 fn\Phi_{max} \dots\dots\dots (2.21)$$

Y siendo constantes, para un transformador dado, los valores de *f* y de *n*

$$E = k\Phi_{max} \dots\dots\dots (2.22)$$

pero, a su vez

$$\Phi_{max} = B_{max} S \dots\dots\dots (2.23)$$

O sea que

$$E = kB_{max} S \dots\dots\dots (2.24)$$



es decir, que para obtener una fuerza electromotriz dada, cuanto mayor sea la inducción, menor será la sección del hierro y, también menos cobre se necesitará en los arrollamientos, ya que las espiras de éstos tendrán menor perímetro [5].

2.1.7 Calentamiento

La capacidad de carga de un transformador está limitada por la temperatura máxima admisible en el interior de los arrollamientos y en el flujo refrigerante (aceite). Un valor excesivo de la temperatura de los arrollamientos provoca la carbonización lenta de los aislamientos (papel, cinta, madera, etc.) en contacto con el cobre; por otra parte, el aceite calentado mucho tiempo por encima de ciertos límites, se descompone formando sobre los arrollamientos, depósitos de reacción ácida, que impiden la evacuación del calor y elevan extraordinariamente la temperatura interior del transformador.

Por todas estas razones, se han establecido normas nacionales e incluso internacionales para fijar los calentamientos admisibles en los arrollamientos y en los fluidos refrigerantes, de acuerdo con las normas de la comisión electrotécnica internacional, especifican que trabajando el transformador en forma permanente con un régimen nominal, a una altitud inferior a 1000 m, el calentamiento medio en cualquiera de los arrollamientos, medido por el procedimiento de variaciones de resistencia, no debe exceder de 65°C a la temperatura del aire ambiente, admitiendo una temperatura máxima de 40°C para dicho aire ambiente. En las mismas condiciones, el calentamiento del aceite, medido directamente en el punto de mayor temperatura del mismo, no debe exceder de 60°C.

El método de variación de resistencia citado en el párrafo anterior, consiste en la determinación exacta de los valores de la misma, primero en frío R_1 , a la temperatura ambiente y antes de realizar el ensayo, después en caliente R_2 , al terminar la prueba. De ambas medidas, se deduce la elevación de temperatura $\Delta\theta$, según la siguiente expresión [6]



$$\Delta\Theta = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + \Theta) - (\Theta_2 - \Theta_1) \dots\dots\dots (2.25)$$

Θ_1 = Temperatur a ambiente inicial.

Θ_2 = Temperatur a ambiente final.

2.1.8 Enfriamiento y conducción de calor

Además de la parte constructiva, el calentamiento de las distintas partes del transformador incide directamente en su capacidad de transmisión de potencia. Los efectos de altas temperaturas (mucho mayores a las esperadas) siempre son adversos. El enfriamiento de los cuerpos, al ser objetos de intercambio de calor, se explica mediante la Ley de enfriamiento de Newton. Siempre que se encuentran en contacto dos o más cuerpos a diferentes temperaturas se produce una transferencia de calor, es decir, se transfiere energía del cuerpo con mayor temperatura al de menor temperatura (se produce un flujo de calor).

La ley de enfriamiento de Newton postula [6]:

“La temperatura de un cuerpo cambia a una velocidad que es proporcional a la diferencia de las temperaturas entre el medio externo y el cuerpo.”

Expresado de manera matemática se tiene:

$$\frac{dT}{dt} = k(T - T_m) \dots\dots\dots (2.26)$$

Donde T es la temperatura del cuerpo, T_m es la temperatura del ambiente y t es la variable del tiempo.

Reacomodando la ecuación 2.26:



$$\frac{dT}{T - T_m} = k(dt) \dots\dots\dots (2.27)$$

Integrando de ambos lados se tiene como resultado la siguiente ecuación.

$$\ln(T - T_m) = kt + c_1 \dots\dots\dots (2.28)$$

Aplicando exponencial a ambos lados se tiene:

$$T - T_m = e^{kt+c_1} \Leftrightarrow T - T_m = e^{kt} e^{c_1} \dots\dots\dots (2.29)$$

Como e es constante y c₁ también, se establece C=e^{c₁}, de este modo se obtiene la ecuación 2.30 que muestra el comportamiento de un cuerpo al enfriarse.

$$T = T_m + Ce^{kt} \dots\dots\dots (2.30)$$

Donde k es un número real negativo.

Como el aceite es un medio de enfriamiento, y el más usado en transformadores, este cumple con la ley de enfriamiento.

2.1.9 Cortocircuito

Definición:

Un cortocircuito es un fenómeno eléctrico que ocurre cuando dos puntos entre los cuales existe una diferencia de potencial se ponen en contacto entre sí, caracterizándose por elevadas corrientes circulantes hasta el punto de falla. Se puede decir que un cortocircuito es también el establecimiento de un flujo de corriente eléctrica



muy alta, debido a una conexión por un circuito de baja impedancia, que prácticamente siempre ocurren por accidente. La magnitud de corriente de corto circuito es mucho mayor que la corriente nominal o de carga que circula por el mismo [7].

Se debe entender que la duración del cortocircuito es el tiempo en segundos o ciclos durante el cual, la corriente de falla se presenta en el sistema. **El fuerte incremento de calor generado por tal magnitud de corriente, puede destruir o envejecer los aislantes de los componentes de un sistema eléctrico**, que para este trabajo de tesis dicho argumento, recae en el **transformador de potencia**.

En virtud que el cortocircuito trae consigo un incremento súbito del valor de la corriente, se produce también un incremento inmediato del campo magnético asociado a esa corriente, es decir, el campo magnético es directamente proporcional a la corriente eléctrica, apartado 2.1.2.

Típicamente este incremento súbito de corriente produce “chispas” y fusión de los conductores en el lugar en el que estos se unieron para provocar la falla por cortocircuito. En otras palabras el corto circuito sublima a los cables, **es decir pasa de ser sólido a gas** sin ser líquido, debido a una emisión descontrolada de electrones, los cuales tienden a salir, o sea, se presenta un arco eléctrico.

También se puede desprender materiales de los conductores a causa de la corriente tan intensa. Estos elementos pueden causar a su vez que se produzca fuego en materiales consumibles (papel, madera, cinta etc.), que al quemarse producen carbón (celulosa).

La simetría de la corriente de corto circuito surge debido a que la corriente que fluye tiene dos componentes: el componente de corriente alterna y el componente de corriente directa, tal como ocurre en los circuitos RL de corriente alterna. Esta componente de corriente directa decrece a medida que pasa el tiempo ya que **su energía se disipa en forma de calor por la resistencia del circuito (efecto Joule)**.



Se sabe que las corrientes de cortocircuito son muy elevadas, es decir en un sistema trifásico la corriente nominal de un transformador viene determinada por la expresión:

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} \dots\dots\dots (2.31)$$

Observemos el incremento de la corriente en un caso real utilizando la expresión (2.31) para el Transformador de la Subestación Puebla I SF₆ (PSF-T1), Potencia 30MVA's con relación de transformación de 115kV a 13.8kV, el cual pertenece a la zona de distribución Puebla poniente:

$$I_n = \frac{30 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 115000 \text{ V}} = 150.61 \text{ A}$$

Para el cálculo de corto circuito se pueden utilizar las expresiones que a continuación se expresan por el método de componentes simétricas según corresponda el tipo de falla.

Falla monofásica:

$$I_{a_0} = \frac{E_{a_1}}{Z_1 + Z_2 + Z_0}; \dots\dots\dots (2.32)$$
$$I_a = 3I_{a_0}$$

Falla bifásica:

$$I_{a_1} = \frac{E_{a_1}}{Z_1 + Z_2}; \dots\dots\dots (2.33)$$
$$I_b = -I_c = -j\sqrt{3}I_{a_1}$$



Falla bifásica a tierra:

$$I_{a_1} = \frac{E_{a_1} Z_2}{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_0 + Z_0 Z_1}; \dots\dots\dots (2.34)$$
$$I_b + I_c = 3I_{a_c}$$

Falla trifásica:

$$I_{a_1} = \frac{E_{a_1}}{Z_1}; \dots\dots\dots (2.35)$$
$$I_a = I_{a_1}$$

Pero para dar un poco de más rapidez y sabiendo que el objetivo de este trabajo de tesis no es tanto del tema de corto circuito, solo se enuncia para ver el incremento súbito en la corriente y de acuerdo a lo expresado, **(el fuerte incremento de calor generado por tal magnitud de corriente, puede destruir o envejecer los aislantes de los componentes de un sistema eléctrico)**, y para observar se simulara una falla de corto circuito en ASPEN onLiner V10.12 el cual es un programa diseñado para el cálculo de corto circuito ver figura 2.11 [8].

Veamos que ocurre ante una falla de fase a tierra (monofásica), referida al BUS de 115kV porque fue para el lado que se calculó la corriente nominal.

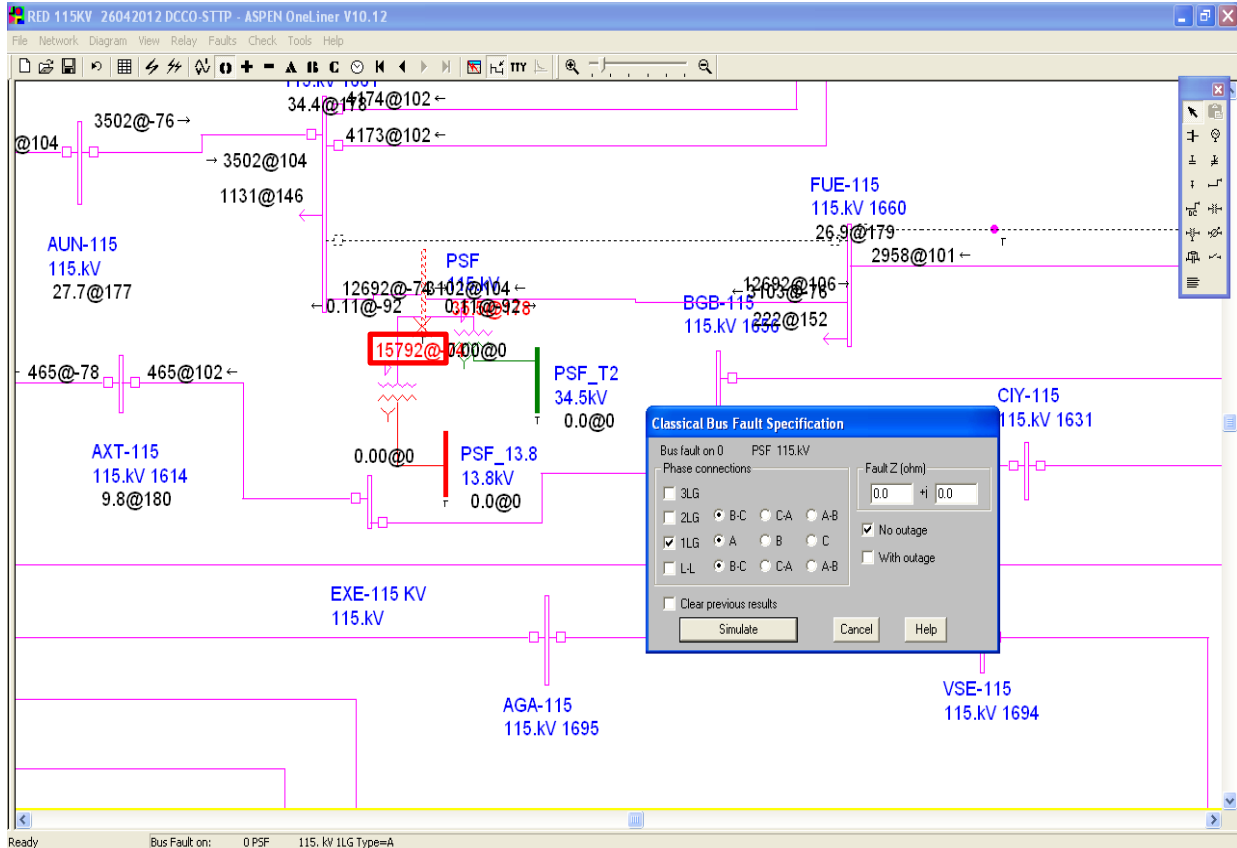


Figura 2. 11. Representación del resultado de cortocircuito de una falla monofásica simulada en ASPEN onLiner V10.12.

Como se puede observar, efectivamente el incremento de corriente se aumenta de manera súbita, de 150.61 Amperes, se incrementó a 15792 Amperes.

2.1.10 Fallas en Transformadores.

Los transformadores son dispositivos estáticos que no tienen partes giratorias y son totalmente cerrados por lo tanto, las posibilidades de fallas que se producen en los transformadores son menos comunes en comparación con las fallas que se presentan en los generadores [9]. Por lo que, ante falla, el transformador debe ser rápidamente desconectado del sistema eléctrico si, la falla no puede despejarse rápidamente, se pueden convertir en muy graves. Por lo tanto, se debe proporcionar al transformador de protecciones contra posibles fallas. Las fallas internas, son las que se producen en la



zona de protección del transformador. Esta clasificación incluye no solo las que suceden dentro del tanque del transformador, sino también las externas que se producen en los circuitos de distribución que, al final de cuentas también le perjudican al transformador de potencia, **aunque se cuente con sistemas de protección que su tiempo de respuesta sea inmediato, las corrientes de falla logran un deterioro mínimo pero que poco a poco degradan el aislamiento** [9]. Las internas se dividen en dos clasificaciones: **incipientes** y **activas**. **Las fallas incipientes** son las que se desarrollan lentamente, pero que pueden convertirse en grandes fallas, si la causa no se detecta y corrige. **Las fallas activas** son causadas por la avería en el aislamiento u otros componentes que crean una situación de estrés repentino que requiere una acción inmediata para limitar el daño y prevenir una fuerza destructiva adicional [9].

2.1.10.1 Fallas incipientes [9]:

- **Sobrecalentamiento.**
- **Sobreflujo magnético.**
- **Sobrepresión.**

2.1.10.2 Sobrecalentamiento

El sobrecalentamiento puede ser debido a varias condiciones como:

1. Malas conexiones internas, ya sea en el circuito eléctrico o magnético.
2. La pérdida de refrigerante (aceite) debido a fugas.
3. El bloqueo del flujo de refrigerante.
4. La pérdida de ventiladores o bombas que están diseñados para proporcionar el enfriamiento.
5. Una mala coordinación de protecciones.

En general, los relevadores térmicos de sobrecarga y relevadores de temperatura, son utilizados para proporcionar protección contra sobrecalentamiento dando una alarma.



También se proporcionan indicadores de temperatura. En los transformadores, cuando la temperatura se eleva, se activa la alarma y se encienden los ventiladores. Algunos termocoples o resistencia indicadores de temperatura se colocan cerca de los devanados, cuando la temperatura se eleva por arriba de niveles seguros, se activa la alarma. El no tomar acciones correctivas para reducir la temperatura dentro de un tiempo determinado, se manda disparar el interruptor para desenergizar el transformador.

2.1.10.3 Sobreflujo Magnético

La densidad de flujo magnético en el núcleo del transformador es proporcional a la relación de la tensión y frecuencia, es decir, V/f . Los Transformadores de potencia están diseñados para trabajar con cierto valor de densidad de flujo magnético en el núcleo. Mayor flujo en el núcleo significa más pérdidas y sobrecalentamiento del núcleo.

2.1.10.4 Sobrepresión

La sobrepresión en el tanque del transformador se produce debido a la emisión de gases o productos que acompañan al calentamiento local debido a cualquier causa. Por ejemplo, una falla entre vueltas del devanado puede quemarse lentamente, liberando gases de calentamiento en el proceso. Estos gases se acumulan en el tanque cerrado del transformador aumentando la presión, lo cual puede suceder repentinamente o durante un largo período de tiempo.

Las fallas anteriores se llaman fallas “incipientes”, ya que generalmente se desarrollan lentamente, a menudo, en la forma de un deterioro gradual del aislamiento debido a alguna causa [9].

Este deterioro con el tiempo puede llegar a ser lo suficientemente grave como para causar una falla de arqueo que será detectada por los relevadores de protección [9]. Si



la condición se puede detectar antes del daño grave, las reparaciones necesarias a menudo son más rápidas y la unidad se coloca de nuevo en servicio sin una interrupción prolongada.

Los daños más grandes pueden requerir el envío del transformador a fábrica para una reparación mayor, lo que resulta en un período de interrupción prolongada.

2.1.11 Fallas activas

Las fallas activas son las fallas que ocurren de repente y que por lo general requieren una acción rápida por los relevadores de protección para desconectar el transformador del sistema de poder y limitar el daño a la unidad. En su mayor parte, estos errores son cortocircuitos en el transformador, pero también otras dificultades pueden ser citadas que requieren una acción rápida de algún tipo.

Las siguientes clasificaciones de las fallas activas se consideran:

- 1) Los cortocircuitos en los devanados conectados en estrella.
 - Aterrizado a través de una resistencia.
 - Sólidamente aterrizado.
 - Sin conexión a tierra.
- 2) Los cortocircuitos en bobinas conectadas en delta.
- 3) Cortos circuitos fase a fase (transformadores trifásicos)
- 4) Cortos, en vueltas del devanado.
- 5) Fallas en el núcleo.
- 6) Fallas del tanque



Además de estas fallas, algunas otras, como las del cambiador de tap's, sobrevoltaje debido a descargas eléctricas y aperturas/cierres de interruptores son comunes en los transformadores.

2.1.12 Fallas externas del transformador:

En el tanque:

- Por fugas de aceite en un empaque, válvula, cordón de soldadura.

- Por los bujes de los respiradores, válvula de sobrepresión, termómetros, indicador de nivel de aceite, etc.

- Defectos en los ventiladores de refrigeración forzada, relevador buchholz, salida de los transformadores de corriente de los bujes, etc.

2.2 Aceite aislante [10].

Los aceites minerales utilizados como aislantes eléctricos, proceden de la destilación fraccionada del petróleo bruto y están constituidos por una mezcla de hidrocarburos que le confieren unas propiedades físicas y químicas adecuadas. Esta mezcla se somete a un proceso de refinado para eliminar los compuestos inestables y corrosivos, además de cierto tipo de hidrocarburos.

Algunos ejemplos de este tipo de materiales son:

- El vidrio, la cerámica, la goma, la mica, la cera, el papel, la madera seca, la porcelana, algunas grasas para uso industrial y electrónico y la baquelita.

- En cuanto a los gases se utilizan como dieléctricos sobre todo el aire, el nitrógeno y el hexafluoruro de azufre.



Aceite inhibido:

Aceite mineral aislante al cual se le adiciona antioxidante, mismo que le proporciona al aceite mayor resistencia a la oxidación y disminuye la tendencia a la formación de lodos.

Aceite no Inhibido:

Aceite mineral aislante que no contiene ningún antioxidante.

2.2.1 Tipos de aceite.

- Aceite inhibido tipo I:
Aquel cuyo contenido de inhibidores es menor o igual que 0.08%.
- Aceite inhibido tipo II:
Es aquel cuyo contenido de inhibidores es menor o igual que 0.30%.

2.2.2 Características físicas, químicas y eléctricas del aceite aislante [11].

Propiedades físicas:

- Viscosidad.
- Punto de fluidez.
- Punto de inflamación.
- Tensión interfacial.
- Punto de anilina.
- Color.
- Densidad.



Propiedades químicas:

- Estabilidad a la oxidación.
- Contenido de agua.
- Número de Neutralización.

Propiedades eléctricas:

- Factor de potencia.
- Rigidez dieléctrica.

Características físicas:

- Apariencia Visual. Se verifica que el aceite sea brillante y transparente, sin sedimentos, ni sólidos en suspensión.
- Color. Es un número que indica el grado de refinación de un aceite nuevo, entre más transparente, quiere decir, que está más refinado y en un aceite en servicio indica el grado de envejecimiento y/o contaminación.

Nota: Aunque no existe una correlación entre el cambio de color del aceite *Densidad Relativa a 20° C/4 °C*: Valor dimensional, que resulta de dividir la masa de una unidad de volumen del aceite (que se expresa en Kg/dm³) puesta a la temperatura de 20° C entre la masa de una unidad de volumen del agua (que se expresa en Kg/dm³) puesta a la temperatura de 4°C, y un problema específico en el transformador, el cambio de color nos proporciona una indicación de deterioro y/o contaminación del aceite.

$$D = \frac{M}{V} \dots\dots\dots (2.36)$$

D= densidad.

M= masa.

V= volumen.



Punto de Fluidez. Temperatura mínima a la cual un líquido puede fluir bajo condiciones específicas.

Punto de congelación. Es la temperatura más baja a la cual fluye el aceite. Conviene que sea lo más bajo posible para evitar solidificación de parafinas, que reducen considerablemente la viscosidad del aceite a baja temperatura.

Punto de inflamación. Indica la tendencia a la formación o existencia en disolución de gases inflamables a altas temperaturas.

- Nota: El aceite en servicio la reducción del punto de inflamación indica la presencia de contaminantes volátiles combustibles o de productos de degradación por efecto de temperaturas altas o descargas eléctricas en el aceite.

Tensión Interfacial. Se mide la concentración de moléculas polares en suspensión y en solución con el aceite; por lo tanto proporciona una medición muy precisa de los precursores de sedimento disuelto en el aceite mucho antes de que algún sedimento se precipite.

Punto de anilina. También llamado "temperatura crítica de disolución", el punto de anilina es la temperatura en °C a la que dos volúmenes iguales de aceite y anilina se mezclan totalmente.

La anilina ($C_6H_5-NH_2$) es un hidrocarburo aromático cuya estructura molecular es un anillo de 6 átomos de carbono con enlaces dobles y simples alternándose. En uno de sus vértices cuenta con un grupo amina ($-NH_2$). Es la amina más simple.

Dada la estructura molecular de la anilina ésta es más soluble en aceites aromáticos, algo menos en los nafténicos, y todavía menos en los parafínicos.

- Aceite nafténico: Término que se aplica al aceite mineral aislante que se deriva de crudos especiales que tienen muy bajo contenido de n-parafinas (ceras).

- Aceite parafínico: Término que se aplica al aceite mineral aislante que se deriva de crudos con alto contenido de n-parafinas (ceras) [12].

Es por esto que el punto de anilina nos orienta sobre la composición química del aceite (en particular sobre el contenido en sustancias aromáticas).

- Cuanto menor sea el contenido en sustancias aromáticas, más alto será el punto de anilina y viceversa.



Grafico 2. 1. El punto de anilla está en función de otras características [11].

Nota importante:

- El punto de anilina se utiliza fundamentalmente para determinar la compatibilidad del aceite con sellos y juntas de goma y elastómeros. Los aceites con punto de anilina alto hacen que los sellos se contraigan y endurezcan, mientras que los que tienen un punto de anilina demasiado bajo hacen que el sello se ablande y se expanda. Los fluidos con bajo punto de anilina tienden a degradarse más rápidamente.



2.2.4 Viscosidad

Influye sobre la capacidad del aceite para evacuar el calor generado en los devanados y el núcleo y sobre las propiedades de impregnación del papel aislante y otros materiales sólidos.

A bajas temperaturas, una viscosidad elevada es un factor crítico para la puesta en servicio en frío de transformadores con refrigeración natural (riesgo de aparición de puntos calientes).

Es una característica útil para identificar la naturaleza del aceite. Se ve muy poco afectada por la degradación en servicio.

Características químicas:

- Azufre corrosivo:
Se requiere no corrosivo.
- Azufre total:
0.10 máximo
- Carbonos aromáticos:
No aplica
- Cloruros y sulfatos.
Negativo
- Contenido en agua.

El agua puede estar presente en un aceite en forma disuelta o de emulsión, produciendo en ambos casos, y muy principalmente en el último, una disminución de la rigidez dieléctrica, un aumento de las pérdidas dieléctricas y una aceleración de la degradación del papel aislante.



Contenido de inhibidores:

- 0.30 máximo.
- Acidez. Índice de Neutralización.

Indica el contenido en compuestos ácidos, procedentes principalmente de la oxidación del aceite. La presencia de estos ácidos¹ reduce las características dieléctricas del aceite.

Contenido de Bifenilos Policlorados (BPC) Negativo.

Fluidos sintéticos, altamente contaminantes, con un punto de inflamación alto, no biodegradables. Son hidrocarburos aromáticos clorados en desuso como líquidos dieléctricos.

¹ Estos ácidos también actúan sobre el papel y otros materiales aislantes sólidos degradándolos. El aceite nuevo debe ser neutro y libre de cualquier componente ácido y se determina la estabilidad de la oxidación.

2.2.5 Características Eléctricas [13]

Características eléctricas						
Factor de potencia a 60 Hz. 2.5 kV. a 25°C a 100 °C	%	0.050 máximo 0.300 máximo	0.050 máximo 0.300 máximo	0.050 máximo 0.300 máximo	0.050 máximo 0.300 máximo	NMX-J-123-ANCE
Tension de ruptura dielectrica: electrodos planos (2.54 mm) electrodos semiesféricos (1.02 mm)	kV.	30.0 mínimo 20.0 mínimo	30.0 mínimo 20.0 mínimo	30.0 mínimo 20.0 mínimo	30.0 mínimo 20.0 mínimo	
Tendencia a la gasificación a 10 kV.	µL/min	No aplica	Valor negativo	+ 30 máximo	+ 30 máximo	
Resistividad a 2500 V.	MΩ - cm	250 X 10 ⁶ minimo				

Tabla 2. 1. Características eléctricas del aceite aislante.

2.2.6 Rigidez Dieléctrica

La prueba de Rigidez dieléctrica determina el valor de esfuerzo eléctrico (Gradiente de Potencial) necesario a la cual el aceite permite la formación de un arco y el paso de la corriente eléctrica.

Un bajo valor de rigidez dieléctrica indica la presencia de partículas contaminantes, tales como fibras de celulosa, lodo, partículas conductoras, subproductos químicos del aceite o agua, sin embargo, un alto valor de rigidez no indica necesariamente la ausencia de estos contaminantes. Límites NMX-J-308: 25 kV min.



2.2.7 Factor de Potencia

- La prueba de factor de potencia realiza la medición de las pérdidas dieléctricas y por lo tanto, de la cantidad de energía disipada como calor en el aceite aislante a dos temperaturas diferentes y predeterminadas, con la que muy sensiblemente se pueden determinar y valorar los cambios que sufre el aceite en servicio, como resultado de su deterioro o como el grado de contaminación del fluido aislante por partículas polares solubles y sólidas ante la presencia de un campo eléctrico de corriente alterna [14] [15].
- Cuando comienza el deterioro de un aceite, es posible detectar un incremento en el factor de potencia al inicio del proceso de oxidación, seguido al cabo de cierto tiempo por un nuevo incremento en su valor.

Las cuatro funciones del aceite del transformador.

- ✓ El aceite proporciona rigidez dieléctrica; actúa como un material aislante y dieléctrico.
- ✓ El aceite se encarga de la transferencia de calor; actúa como medio de enfriamiento.
- ✓ El aceite protege el aislamiento sólido; actúa como una barrera entre el papel y los efectos dañinos del oxígeno y la humedad.
- ✓ El aceite puede probarse para conocer las condiciones internas del equipo; actúa como una herramienta de diagnóstico para la evaluación del aislamiento sólido.

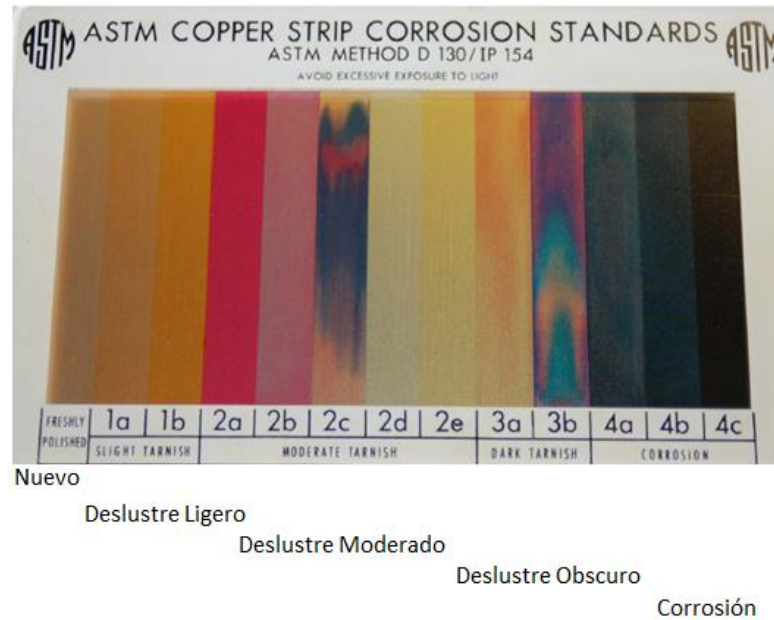


Figura 2. 12. Patrón de espectros de colores según ASTM D130/ip154: luego del envejecimiento provocado al aceite, prueba ASTM D1275B extendida.

2.2.8. Muestreo de aceites para cromatografía de gases

- El éxito para un correcto análisis de gases disueltos en aceite aislante, se inicia con una buena toma de muestra del mismo. El muestreo debe realizarse con el transformador energizado operando en condiciones normales, utilizando conexiones herméticas y protegiendo la muestra de la luz solar. El muestreo se puede realizar con jeringas de vidrio o cilindros de acero inoxidable [16].

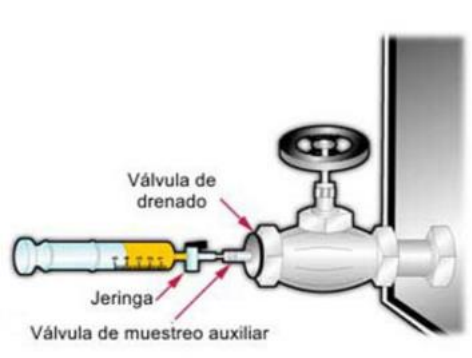


Figura 2. 13. Muestreo del aceite aislante.

2.2.9 Cromatografía de gases

El cromatógrafo figura 2.14, es el que nos permite llevar a cabo la cromatografía por medio de la separación de los distintos compuestos de una mezcla, esta separación se realiza por el paso de un fluido llamado fase móvil, sobre un material fijo llamado fase estacionaria la cual puede presentarse como sólido o líquido. Los compuestos eluidos (que han atravesado la fase estacionaria) son transportados por la fase móvil a un detector que los registra en forma de curvas gaussianas (forma de campana). Dichas señales se denominan picos y el conjunto de picos y línea base registrada se les denomina cromatograma figura 2.15.



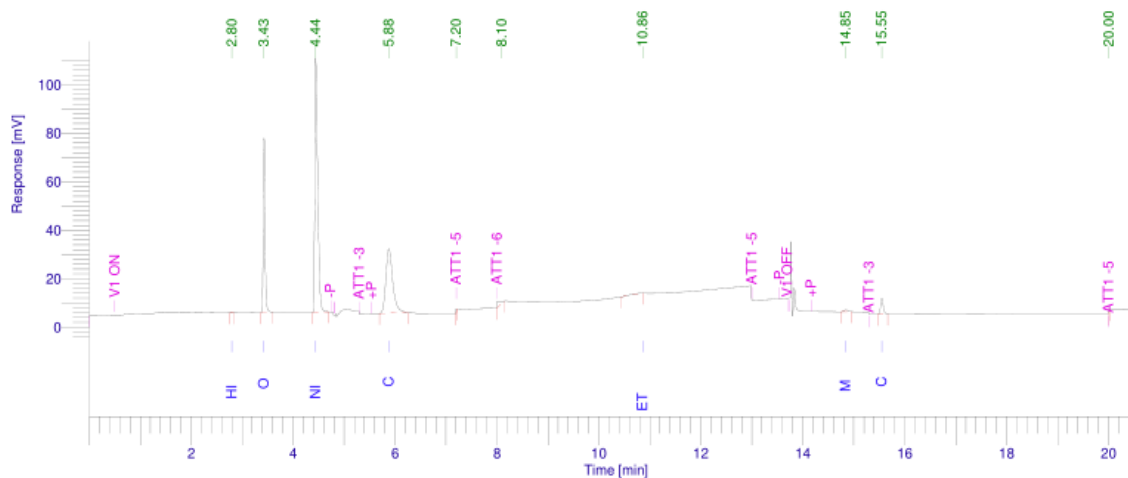
Figura 2. 14. El Cromatógrafo de gases.



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Software Version : 6.3.2.0646 Date : 10/15/2016 4:12:53 PM
 Sample Name : ACA T1 05 AGO 16 Data Acquisition Time : 10/14/2016 11:29:39 PM
 Instrument Name : CLARUS 580 Channel : B
 Rack/Vial : 0/0 Operator : manager
 Sample Amount : 1.000000 Dilution Factor : 1.000000
 Cycle : 10

Result File : C:\CROMATOGRAFIA\RESULTADOS\ZONA MATAMOROS\2016\SEP\ACA T1 05 AGO 16_019.rst
 Sequence File : C:\CROMATOGRAFIA\SECUENCIAS\2016\1014.seq



LABORATORIO ZONA PUEBLA ORIENTE

Pico #	Nombre del Compuesto	Tiempo [min]	Area [uV*sec]	Altura [uV]	Concentracion PPM
1	HIDROGENO	2.796	329.53	158.53	3.5047
2	Oxigeno	3.429	184783.91	71881.91	9.3006
3	Nitrogeno	4.440	418355.67	104931.51	36380.7939
4	CO2	5.877	248294.25	26453.25	530.1532
7	Etileno	10.860	4364.43	77.52	0.9615
8	Metano	14.845	4035.39	713.48	2.3612
9	CO	15.550	24129.45	6546.56	36.6764
			884292.62	210762.76	36963.7514

Group Report For : TGCD

Pico #	Nombre del Compuesto	Tiempo [min]	Area [uV*sec]	Altura [uV]	Concentracion PPM
1	HIDROGENO	2.796	329.53	158.53	3.5047
-	Acetileno	9.091	0.00	0.00	0.0000
7	Etileno	10.860	4364.43	77.52	0.9615
-	Etano	12.147	0.00	0.00	0.0000
8	Metano	14.845	4035.39	713.48	2.3612
9	CO	15.550	24129.45	6546.56	36.6764
			32858.80	7496.09	43.5037

Report stored in ASCII file: C:\CROMATOGRAFIA\RESULTADOS\ZONA MATAMOROS\2016\SEP\ACA T1 05 AGO 16_019.TX0

Figura 2. 15. Cromatograma.



2.3 Diagnóstico del análisis de los gases disueltos en el aceite aislante para determinar el estado operativo de los transformadores de potencia

2.3.1 Métodos de diagnóstico para la cromatografía de gases [9]

En los últimos años se han desarrollado en la literatura del tema, una serie de métodos de diagnóstico para evaluar el estado de un transformador a partir del análisis de gases disueltos en el aceite. Entre los métodos más conocidos están: diagnóstico rápido, las acciones básicas sobre el total de gases combustibles disueltos, los límites de gases disueltos, gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg, el triángulo de Duval, el código de Rogers.

Estos métodos no equivalen a una prueba de “pasa, no pasa”, ni son infalibles, están basados en estudios estadísticos obtenidos de la revisión de cientos de transformadores que representaron fallas y pudieron correlacionarse con su contenido de gases.

2.3.2 Diagnóstico rápido

Primer paso. Detección de gases clave.

En primera impresión debemos atender el análisis de gases disueltos en el aceite aislante el contenido de tres gases clave: el hidrogeno, el etileno, y el acetileno. Es una indicación sencilla, rápida y clara que requiere de mayor estudio en el caso de detectar condiciones anormales, pero dando valores normales, nos hace reflejar que se están tomando las acciones pertinentes en cuanto a la programación y ejecución del mantenimiento.



El hidrogeno. Se le denomina el gas de “alarma”, ya que por ser un compuesto inorgánico es poco soluble en el aceite y se declara inmediatamente aún antes que cualquier indicación de anomalía por los hidrocarburos. Este tipo de gas se presenta con cualquier tipo de falla, el valor límite es de 200 ppm, aunque una indicación de 100 a 200 ppm es preocupante, sobre todo si se trata de un transformador nuevo. En este caso es necesario realizar muestreos mensualmente hasta definir su tendencia o la correspondencia de otro gas clave.

En la literatura del tema se menciona que las descargas parciales o efecto corona se caracterizan por producir altas cantidades de hidrógeno. Sin un notorio aumento de otro gas orgánico. Las descargas parciales son rara vez diagnosticadas por cromatografía de gases, pudiera ser porque con algo de tiempo esta falla se transforma en un arqueo, o tal vez por poco frecuente de este defecto.

El etileno. Cuando su contenido es mayor al doble de la cantidad de acetileno, es indicativo del sobrecalentamiento de algún metal (puntos calientes). Por lo general, se trata de conectores, tornillería y/o laminaciones. Aunque el valor límite reportado para el etileno es de 60 ppm, se ha comprobado que valores inferiores a 1000 no son peligrosos. Los metales soportan altas temperaturas (1083°C para el cobre) antes de fundirse, y aunado a esto, las piezas son enfriadas por el aceite, esta situación no es nada agradable, ya que este enfría la pieza a costa de su descomposición, recordemos que como en el punto (2.2.2) características físicas y químicas el punto de inflamación del aceite Pemex es de tan solo 160°C.

Aunque no hay regla general, el tiempo requerido para tender este defecto es largo, puede ser del orden de meses hasta años, el juicio para esta decisión dependiente del incremento del gas por día.

Una vez declarado el etileno como indicador del problema es importante observar las indicaciones del segundo paso figura (2.16).



El acetileno. La presencia del acetileno es la condición menos favorable. Aún la presencia de 5 ppm pueden ser causa de preocupación, ya que significa la probable existencia de un arqueo, en piezas con diferente potencial, o la separación de contactos, lo cual es sumamente destructivo. Se recomienda el muestreo semanal para verificar su tendencia, en caso de comprobar una tendencia ascendente, el valor crítico (de 15 a 100 ppm) y el pronóstico del tiempo disponible para la revisión son inciertos. Esto dependerá de la localización de la falla y los elementos involucrados

Segundo paso. La participación de la celulosa.

La siguiente observación después de encontrar un contenido anormal de un gas clave, es revisar las cantidades de monóxido de carbono y dióxido de carbono (CO y CO₂). Esto es con la intención de estimar la participación de la celulosa, ya que junto con el gas clave nos puede dar idea del lugar de falla. Los valores límites para estos gases son 1000 y 1100 ppm, pero una mejor indicación es la relación de CO₂/CO si el contenido de CO es mayor a la décima parte del contenido de CO₂ (CO/CO₂<10) es muy probable que contemos con carbón o papel quemado. Por lo general el origen de estos gases es la combustión del papel aislante, pero no hay que olvidar otros materiales de celulosa como el cartón, la madera, el lino, la baquelita, etc.

Nota: en el caso de reciente operación el contenido de CO y CO₂ tienden a incrementarse los primeros días hasta estabilizarse en valores aproximadamente de 200 a 4000 ppm respectivamente.

Otro apoyo para esta teoría se hace referencia a la publicación Dissolved Gases Analysis in Relation to the Energy of Electrical Discharges in Mineral Oil, en la cual se experimenta con un sistema que permite generar descargas para realizar ensayos sobre el aceite aislante y que para obtener evidencia sobre la peculiaridad de este tipo de descargas de alta energía con respecto a las chispas intermitentes de energía media, se aplican dos series de descargas al aceite. La primera consta de 38 descargas y la segunda solo refiere a descargas por arco, los gases detectados son principalmente monóxido de carbono CO, dióxido de carbono CO₂, etileno C₂H₄, y

acetileno C_2H_2 , en lo cual se observó una gran cantidad 231 ppm de acetileno C_2H_2 , lo cual indicó una gran descomposición del aceite [17].

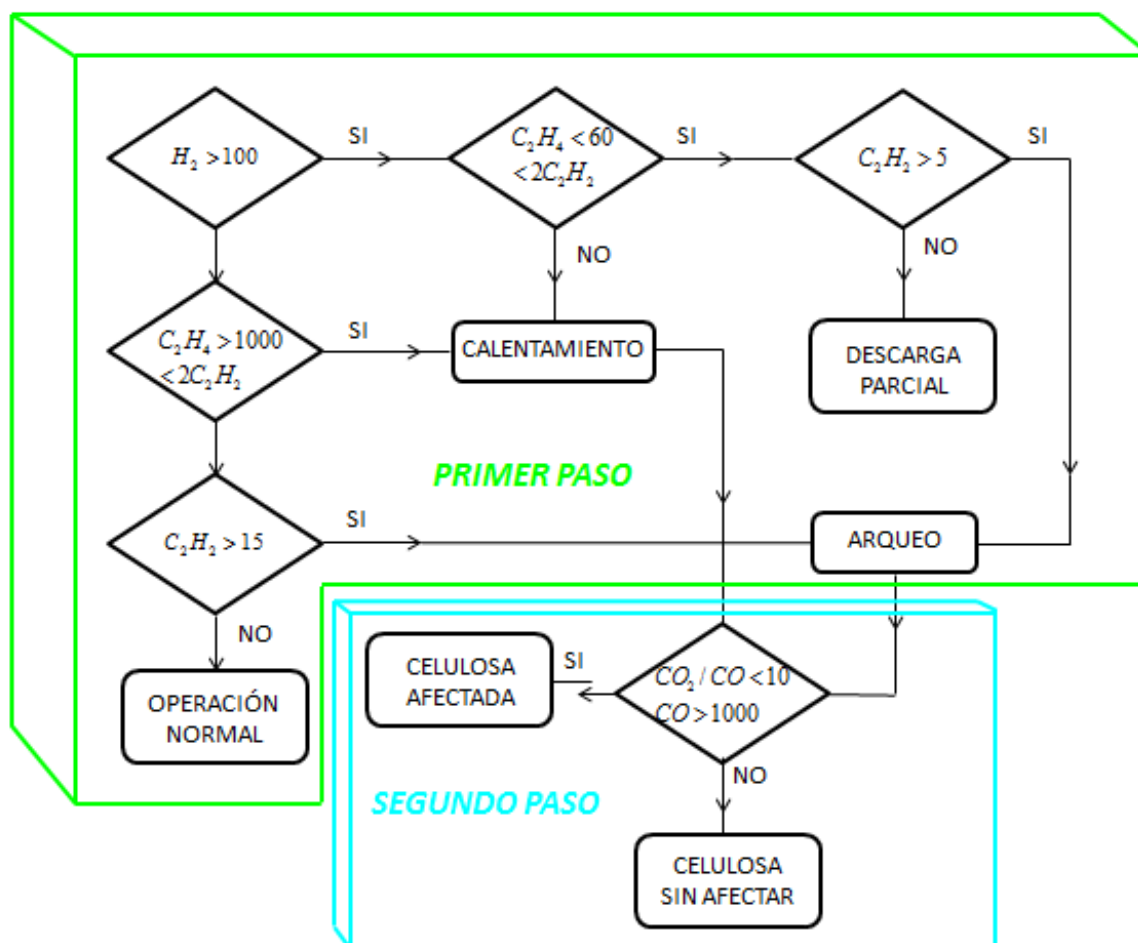


Figura 2. 16. Diagrama de flujo para el diagnóstico rápido del análisis de gases en el aceite.

2.3.3 Acciones básicas sobre el total de gases combustibles (TDCG)

La tabla 2.2 indica las recomendaciones iniciales, los intervalos de muestreo y procedimientos de operación para varios niveles del total de gases combustibles (ppm). Un incremento en la cantidad de generación de gases indica un problema severo, por eso se recomiendan pequeños intervalos de muestreo [18] [19].



CONDICION	NIVELES DE TDCG (ppm)	CANTIDAD DE TDCG (ppm/DIA)	INTERVALO DE MUESTREO	PROCEDIMEINTO DE OPERACIÓN
CONDICION 4	> 4630	> 30	Diariamente	Considerar retirar de servicio avisar al fabricante
		10 -30	Diariamente	
		<10	Semanalmente	Tomar extremas precauciones analizar los gases individuales plan de paro avisar al fabricante
CONDICION 3	1921 - 4630	> 30	Semanalmente	Tomar extremas precauciones analizar los gases individuales plan de paro avisar al fabricante
		10 -30	Semanalmente	
		<10	Mensualmente	
CONDICION 2	721 - 1920	> 30	Mensualmente	Tomar precauciones analizar los gases individuales determinar la dependencia de la carga
		10 -30	Mensualmente	
		<10	Trimestralmente	
CONDICION 1	<720	> 30	Mensualmente	Tomar precauciones analizar los gases individuales determinar la dependencia de la carga
		10 -30	Trimestralmente	
		<10	Anualmente	

Tabla 2. 2. Acciones básicas sobre el TDCG.

$$R = \frac{(S_T - S_0) \times V \times 10^{-6}}{T} \dots\dots\dots (2.37)$$

Dónde:

R =Razón (litros/día).

S₀ =Primera muestra en ppm.

S_T =Segunda muestra en ppm.

V =Volumen del tanque de aceite en litros.

T = tiempo en días.



2.3.4 Límites de concentraciones de gases disueltos

En la tabla 2.3 se indican las concentraciones individuales de gases disueltos y el total de gases combustibles para las acciones 1 a 4. Estos valores están basados en la experiencia de algunas compañías. El operador del transformador puede decidir el criterio de diferentes concentraciones particularmente el acetileno y el total de gases combustibles, basado en juicios de ingeniería y experiencias con otros transformadores similares.

Las columnas con asterisco resaltan los gases de mayor trascendencia en el caso de una falla interna.

CONDICION	H ₂ *	CH ₄	C ₂ H ₂ *	C ₂ H ₄ *	C ₂ H ₆	CO*	CO ₂	TDCG
UNO	100	120	35	50	65	350	2500	720
DOS	101 - 700	121 - 400	36 - 50	51 -100	66 - 100	351 - 570	2500 - 4000	721 - 1920
TRES	701 - 1800	401 - 1000	51 - 80	101 - 200	101 - 150	571 - 1400	40001 - 10000	1921 - 4630
CUATRO	> 1800	> 1000	>80	> 200	> 150	> 1400	10000	> 4630

Tabla 2. 3. Concentraciones de gases clave disueltos (ppm).

2.3.5 Límites absolutos de Dömenburg

Establecieron una serie de valores máximos propuestos para transformadores considerados “normales”. Los transformadores con algún tipo de defecto mostraron concentraciones mayores a las establecidas en uno o varios gases. Estos límites se muestran en la tabla 2.4.



GAS		LIMITE (ppm (v/v))
HIDROGENO	H ₂	200
METANO	CH ₄	50
ETANO	C ₂ H ₆	15
ETILENO	C ₂ H ₄	60
ACETILENO	C ₂ H ₂	15
MONÓXIDO DE CARBONO	CO	1000
DIÓXIDO DE CARBONO	CO ₂	11000

Tabla 2. 4. Límites de Dömenburg.

Estos límites fueron estimados para un transformador de 20000 litros. Debido a que las concentraciones están en unidades de ppm (v/v) el resultado es dependiente del volumen total del transformador. Es decir, una misma cantidad de volumen de gas mostrará mayores concentraciones en transformadores de menor volumen, por el contrario esa cantidad de gas mostrará concentraciones menores en transformadores de mayor volumen. Es decir, hay un efecto de dispersión del gas en el espacio disponible.

2.3.6 Gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg

Para eliminar la dependencia del volumen del transformador, presentada por los límites absolutos de Dömenburg ver figura 2.17, Dömenburg surgió la relación de dos partes de gases: la división de la concentración del metano CH₄ entre la concentración de hidrógeno H₂, y la división de la concentración de acetileno C₂H₂ entre la concentración de etileno C₂H₄. Ambas relaciones son presentadas en una gráfica (XY) con escalas



logarítmicas. Dömenburg encontró que los transformadores con problemas se agruparon en tres diferentes áreas de la gráfica, dependiendo del tipo de falla.

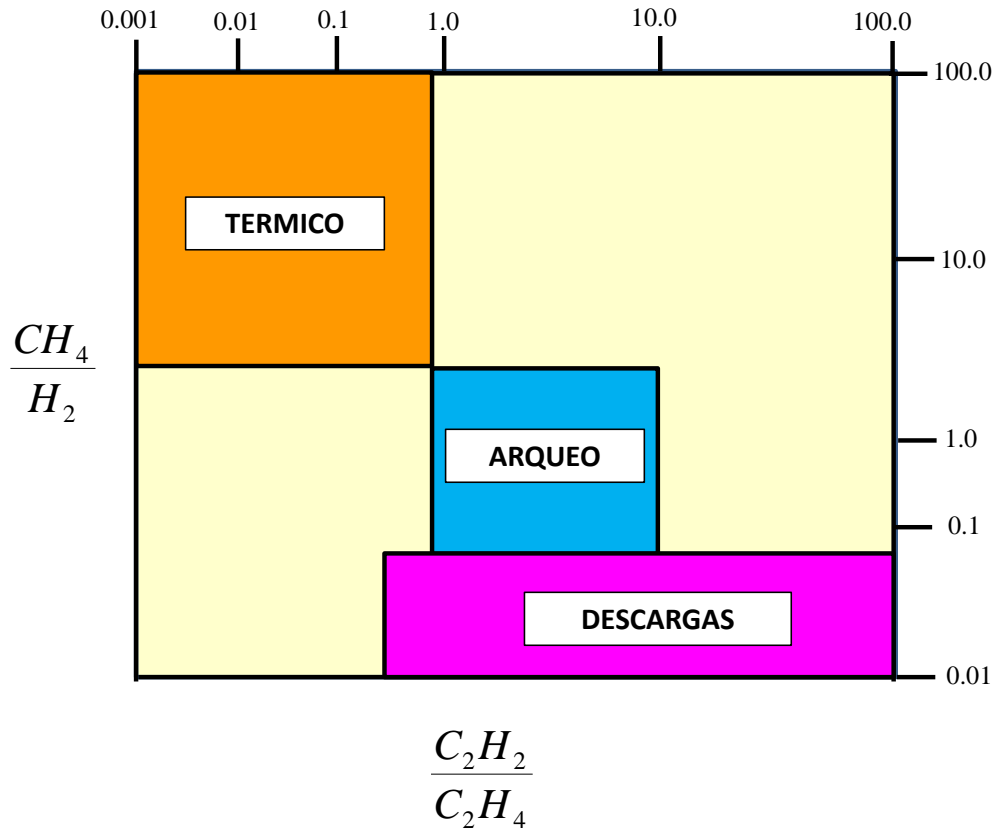


Figura 2. 17. Gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg.

Es cierto que con la división de pares de gases desaparece el problema de las unidades de volumen de gas a volumen de aceite, pero por otro lado se pierde el concepto de magnitud de falla, o tendencia, ya que una relación 2 a 1 da el mismo resultado que una relación 20 a 10 ó 200 a 100.



2.3.7 Triángulo de Duval

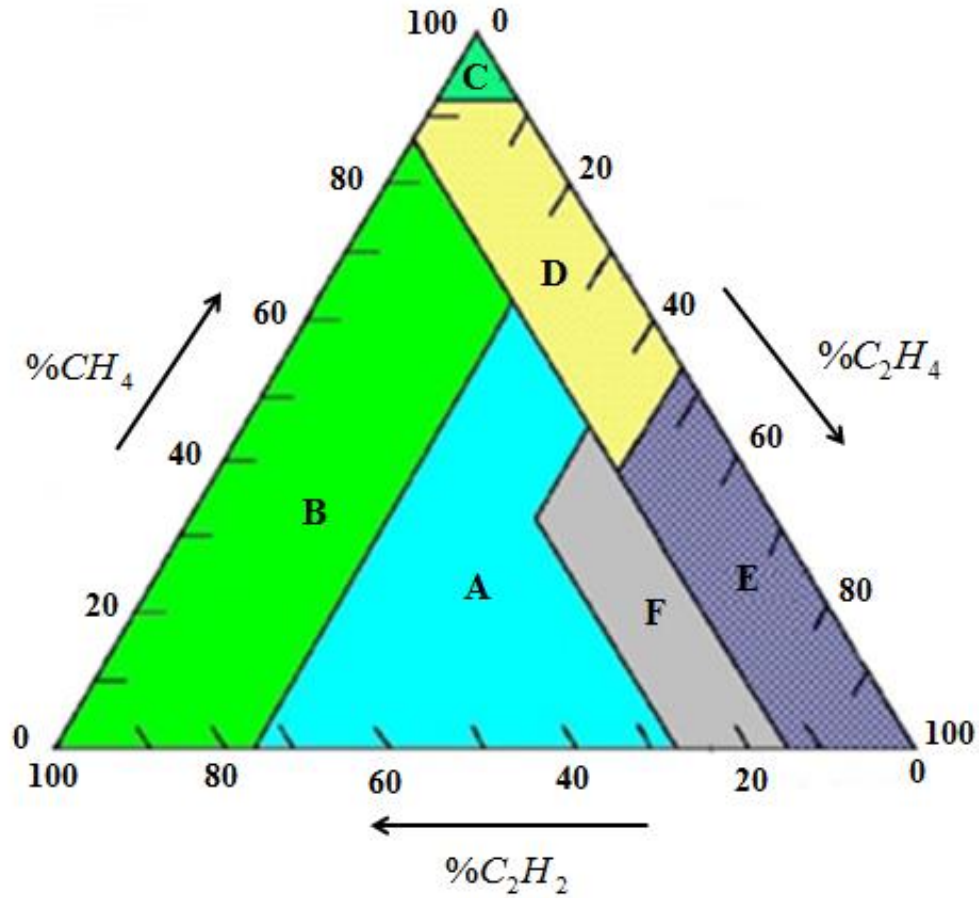


Figura 2. 18. Triángulo de Duval.

- A= Arcos de alta energía.
- B= Arcos de baja energía.
- C= Descargas corona.
- D= Calentamiento < 200°C
- E= Calentamiento de 200 a 400°C
- F= Calentamiento > a 400°C

$$\%C_2H_2 = \frac{100 X}{X + Y + Z} \dots\dots\dots (2.38)$$



$$\% C_2H_4 = \frac{100Y}{X + Y + Z} \dots\dots\dots (2.39)$$

$$\% CH_4 = \frac{100Z}{X + Y + Z} \dots\dots\dots (2.40)$$

Duval usó únicamente las concentraciones de metano, etileno y acetileno para proponer una serie de condiciones del estado de un transformador. Para Duval la suma de las concentraciones de estos tres gases representa un 100%, y calcula el porcentaje en que cada uno de ellos contribuye a esta suma. Estos porcentajes son señalados en los lados de una gráfica en forma de triángulo equilátero en donde cada lado representa un gas con escala de 0 a 100% figura 2.18. A partir de cada punto se trazan líneas paralelas al lado anterior, de manera que las tres coinciden en un punto en la gráfica. Este punto representa la contribución de cada gas para formar el 100% y el área en donde se encuentra el punto, representa la condición del transformador.

2.3.8 El código de Rogers

El método de Rogers sigue el mismo procedimiento de las relaciones que utiliza Dömenburg, pero además considera la participación del etano en el diagnóstico, proporcionando información para diferenciar los problemas térmicos en varias categorías.

Con este gas, Rogers propone además de las relaciones de metano/hidrógeno, acetileno/etileno; las relaciones de etano/metano y etileno/etano. Para cada relación Rogers fija varios límites y emplea la ayuda de claves o códigos para facilitar la localización de diagnóstico propuesto.



COCIENTE DE GAS	INTERVALO	CODIGO	CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₆ /CH ₄	C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	DIAGNOSTICO
CH ₄ /H ₂	< 0.1	5	0	0	0	0	DETERIORO NORMAL
	> 0.1 < 1.0	0	5	0	0	0	DESCARGA PARCIAL
	> 1.0 < 3.0	1	1 6 2	1	0	0	SOBRECALENTAMIENTO MENOR A 150°C
	> 3.0	2	1 6 2	1	0	0	SOBRECALENTAMIENTO DE 150°C A 200°C
C ₂ H ₆ /CH ₄	< 1.0	0	0	1	0	0	SOBRECALENTAMIENTO DE 200°C A 300°C
	> 1.0	1	0	0	1	0	CALENTAMIENTO GENERAL A CONDUCTORES
C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆	< 1.0	0	1	0	1	0	CORRIENTES CIRCULANTES EN EL DEVANADO
	> 1.0 < 3.0	1	1	0	2	0	CORRIENTES CIRCULANTES EN EL NUCLEO Y TANQUE
	> 3.0	2	0	0	0	1	DESCARGA NO SOSTENIDA
C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	< 0.5	0	0	0	1 6 2	1 6 2	ARQUEO SOSTENIDO
	> 0.5 < 3.0	1	0	0	2	2	CENTELLEO CONTINUO
	> 3.0	2	5	0	0	1 6 2	DESCRAGA PARCIAL CON DESCARGA SUPERFICIAL

Tabla 2. 5. Relación y códigos de Rogers.



2.4 Simulación en COMSOL para analizar los efectos internos del campo eléctrico en el transformador de potencia

COMSOL Multiphysics es una herramienta de modelado y análisis para prototipaje virtual de fenómenos físicos. COMSOL Multiphysics puede modelar virtualmente cualquier fenómeno físico que un ingeniero o científico pueda describir con ecuaciones diferenciales parciales (PDE), incluyendo transferencia de calor, movimiento de fluidos, electromagnetismo y mecánica estructural, soportando la integración de problemas de diferentes campos - Multifísica.

Las prestaciones de multifísica integradas en COMSOL Multiphysics capacitan al usuario para simultáneamente modelar cualquier combinación de fenómenos. A través de estas prestaciones, COMSOL Multiphysics integra las dos formas posibles de modelar (a través de aplicaciones predefinidas que permiten crear el modelo fijando las cantidades físicas que caracterizan el problema, y a través de las ecuaciones que modelan el problema) y permite combinarlas.

La estructura sobre la que COMSOL Multiphysics trabaja es un sistema de ecuaciones diferenciales parciales (PDEs), una descripción matemática de varios fenómenos físicos basados en las leyes de la ciencia. Cualquier experto en su campo que sepa cómo crear simulaciones usando PDEs puede ampliar aquellos sistemas modelando explícitamente en términos de estos tipos de ecuaciones.

Para observar el fenómeno del campo eléctrico se realizaron varias simulaciones en COMSOL Multiphysics con el objetivo de ver el efecto del campo eléctrico, sobre los aislantes (aceite, papel, cinta de tela, madera etc.). Utilizando el mismo diseño de la figura 2.5., modelando un transformador monofásico el campo eléctrico se presenta de la siguiente manera en COMSOL Multiphysics.

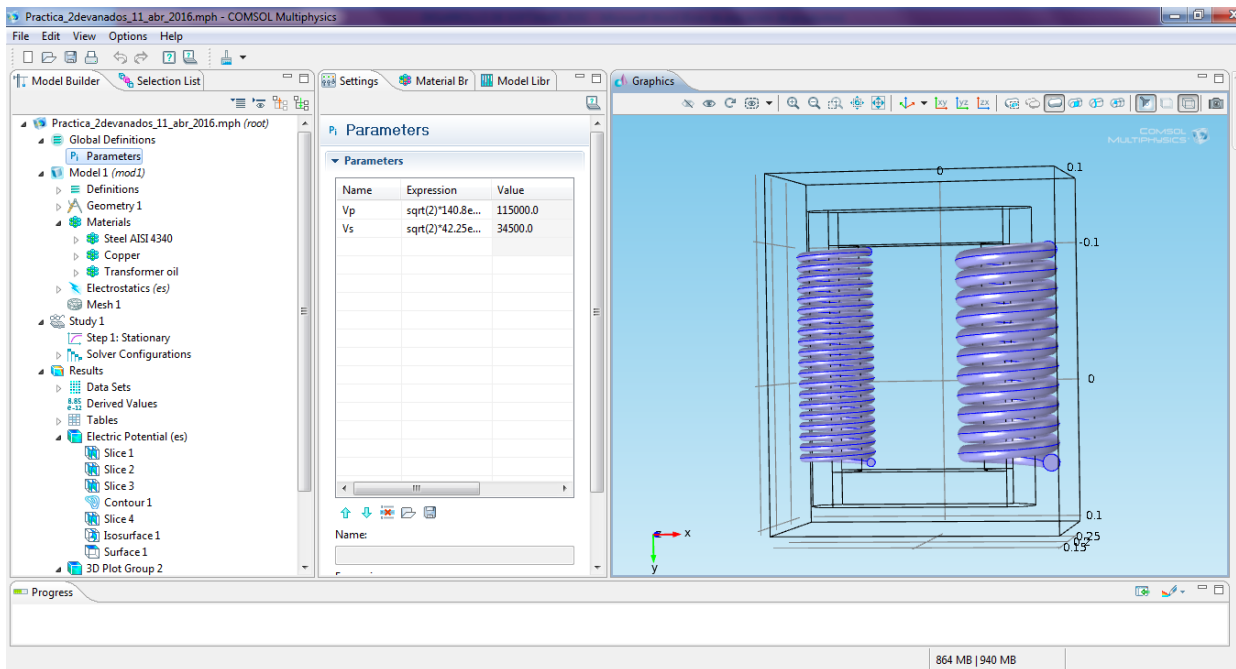


Figura 2. 19. Modelado del transformador monofásico en COMSOL Multiphysics.

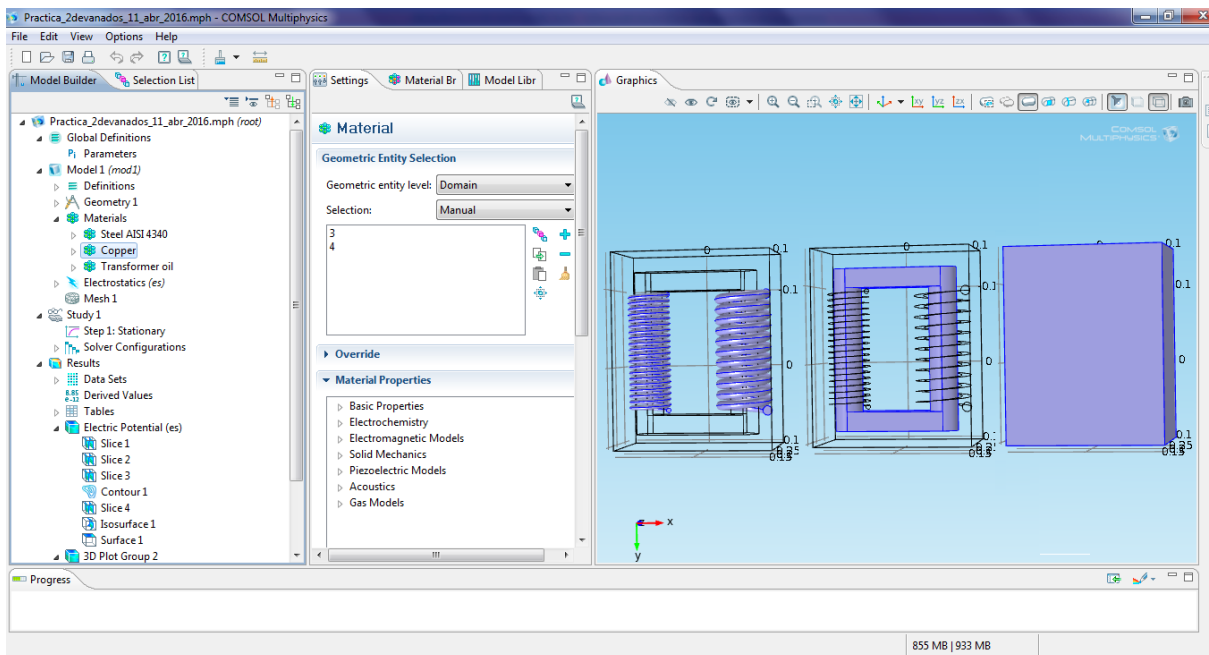


Figura 2. 20. Cobre, acero y aceite aislante utilizados para simular el campo eléctrico en COMSOL Multiphysics.

COMSOL Multiphysics trabaja sobre el método del elemento finito [20], que de acuerdo a este caso el aceite aislante, el núcleo (hierro), el cobre y los demás aislantes son sometidos al campo eléctrico subdividiendo este conjunto de elementos en partes más pequeñas, conocidas como “elementos” que representan el dominio continuo del problema. La división de la geometría en pequeños elementos resuelve un problema complejo, al subdividirlo en problemas más simples. Figura (2.21).

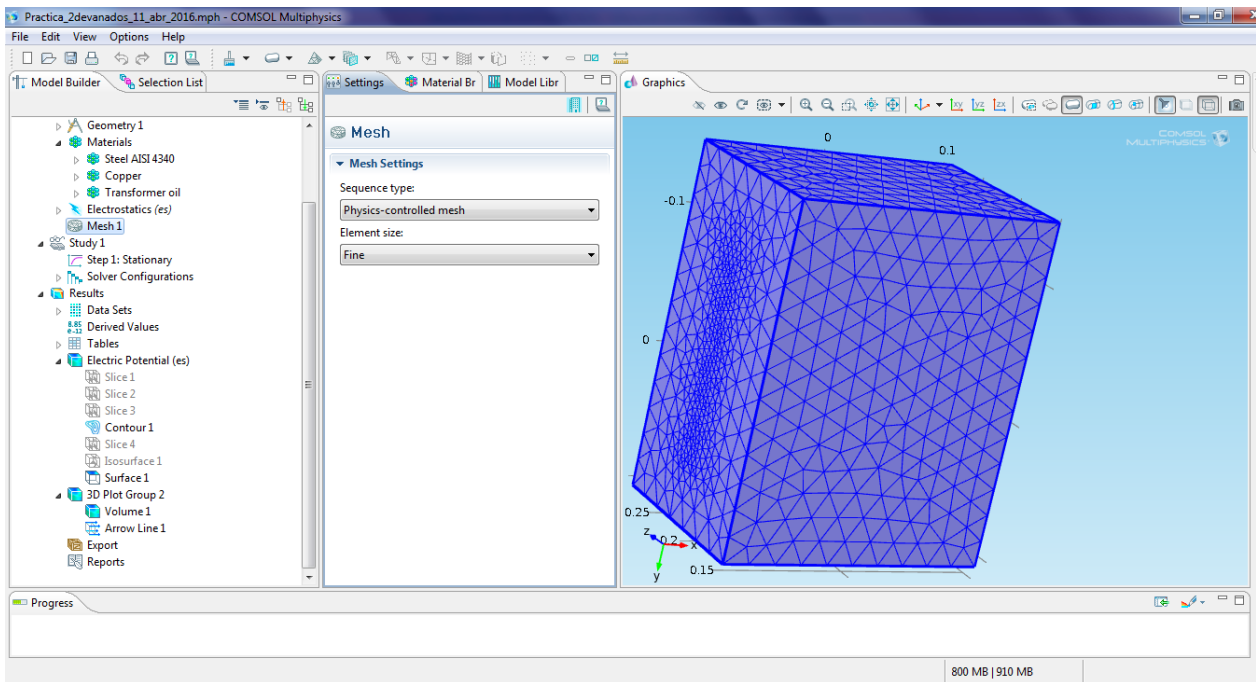


Figura 2. 21. Conjunto de elementos subdivididos en partes pequeñas para simular el campo eléctrico del transformador monofásico.

Una vez subdividido el transformador y sus componentes en “elementos” se podrá simular el efecto del campo eléctrico, para realizar la dicha simulación la cual COMSOL Multiphysics mediante el gradiente de potencial el cual está dado por:

$$E = -\nabla V \dots\dots\dots (2.41)$$

Lo cual indica que el campo eléctrico E es opuesto al gradiente de potencial V . las líneas de campo señalan en la dirección de la máxima disminución de la función potencial. Tal como se puede observar en la figura 2.22.

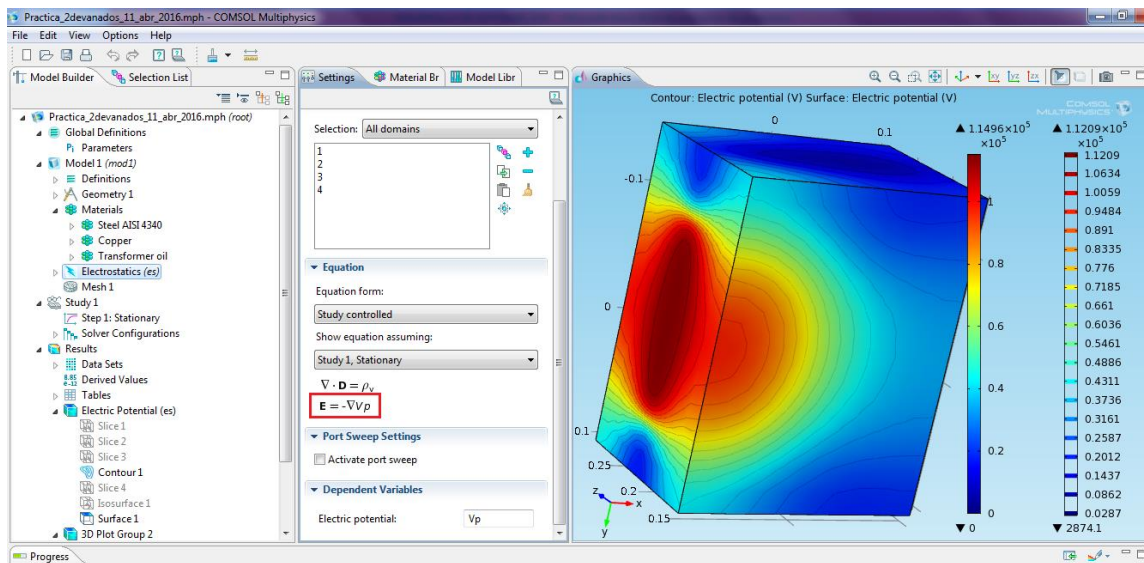


Figura 2. 22. Simulación del campo eléctrico en COMSOL Multiphysics.

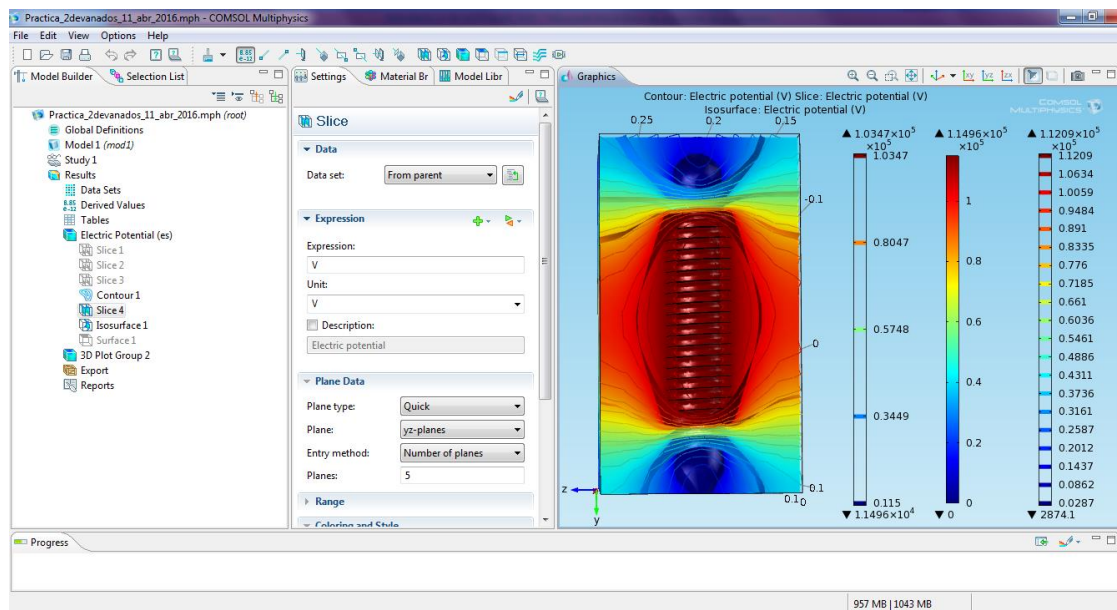


Figura 2. 23. Campo eléctrico desde otra perspectiva de la superficie frontal.

En la figura 2.24 se observa el principal esfuerzo eléctrico (stress) al cual son sometidos los medios aislantes.

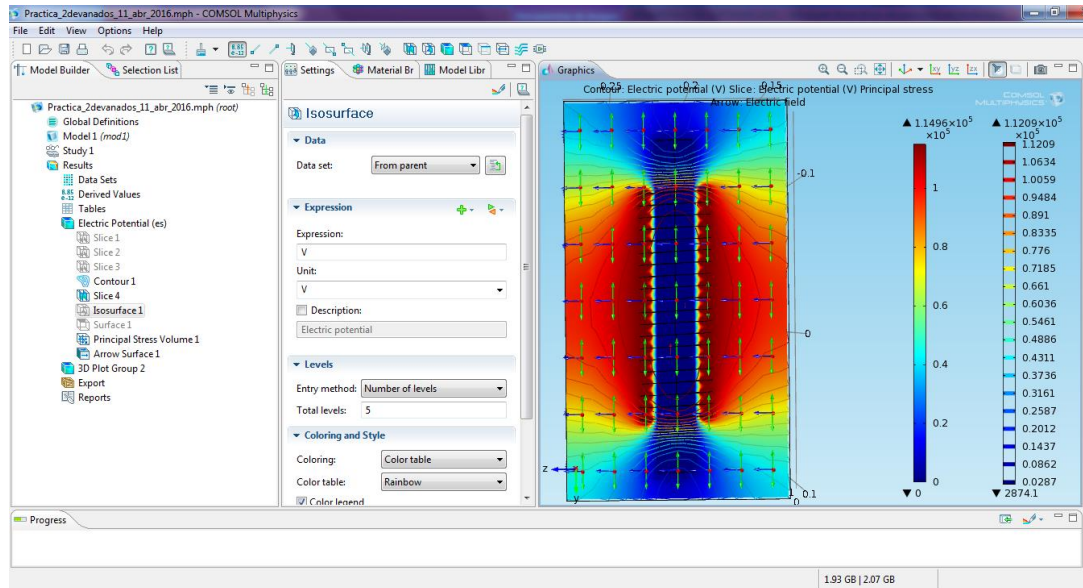


Figura 2. 24. Principal esfuerzo eléctrico (stress) al cual son sometidos el cobre, el acero y los medios aislantes.

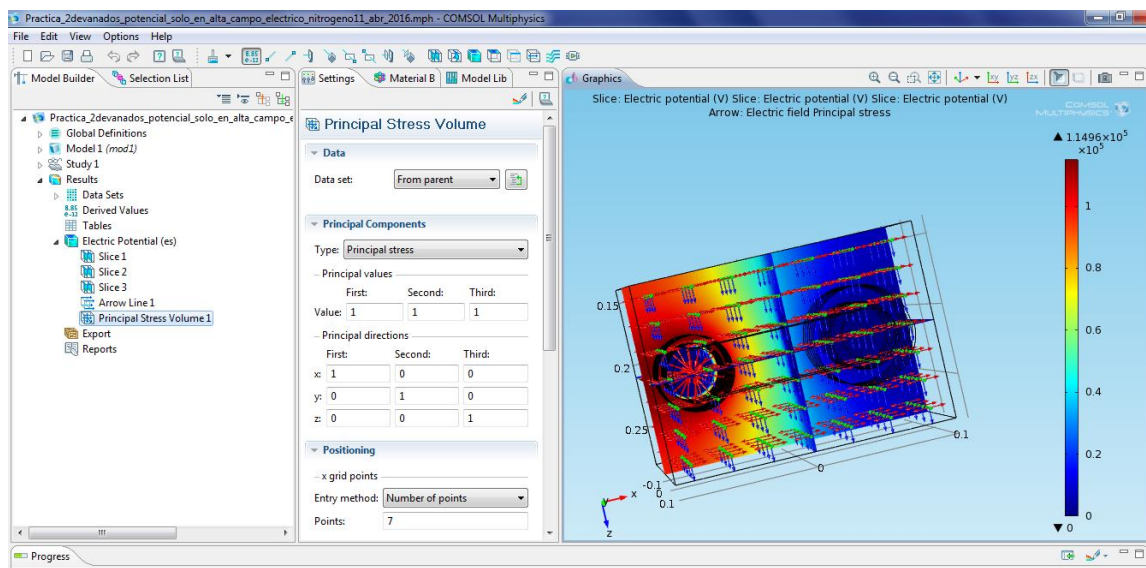


Figura 2. 25. Principal esfuerzo eléctrico (stress) desde otra perspectiva y el cual se observa en el centro del arrollamiento primario.



Capítulo 3 Desarrollo del proyecto

3.1 Diseño de algoritmo para el diagnóstico del estado operativo de los transformadores de potencia según el Capítulo 2

3.1.1 Metodologías de desarrollo de algoritmos

Para desarrollar un proyecto de es preciso establecer un enfoque disciplinado y sistemático del trabajo a realizar; la metodología de desarrollo a seguir se elabora a partir del marco definido por uno o varios ciclos de vida, y deben tener determinadas características que dependerán del enfoque de desarrollo.

Una definición de metodología podría ser “el conjunto de filosofías, fases, procedimientos, reglas, técnicas, herramientas, documentación y aspectos de formación para los desarrolladores de sistemas de información” (Madison 1983). La metodología es pues el conjunto de componentes que especifican:

- Cómo se debe dividir un proyecto en etapas.
- Qué tareas se realizan en cada etapa.
- Qué salidas se producen y cuándo se debe producir.
- Qué restricciones se aplican.
- Qué herramientas se van a utilizar.
- Cómo se gestiona y controla un proyecto.

La metodología normalmente consistirá en un conjunto de fases descompuestas en subfases (módulos, etapas, pasos, etc.) de forma que esta descomposición guie a los desarrolladores en la elección de las técnicas que debe elegir para cada estado del proyecto, facilitando la planificación, gestión, control y evaluación de los proyectos.

Una metodología representa el camino para desarrollar herramientas informáticas de una manera sistemática. Pueden identificarse como necesidades principales que se



intentan cubrir con una metodología las siguientes:

- Mejores aplicaciones: el seguimiento de una metodología no basta para asegurar la calidad del producto final.
- Un mejor proceso de desarrollo: que identifica las salidas de cada fase de forma que se pueda planificar y controlar el proyecto. Los sistemas se desarrollan más rápidamente y con los recursos apropiados.
- Un proceso estándar en la organización: lo que aporta claros beneficios (mayor integración de los sistemas, más facilidad en el cambio de un proyecto a otro, etc.).

Por otra parte, las metodologías pueden tener distintos objetivos que hacen que difieran unas de otras; estos objetivos pueden ser:

- Registrar los requisitos de un sistema de información de forma acertada.
- Proporcionar un método sistemático de desarrollo de forma que se pueda controlar su progreso.
- Construir un sistema de información dentro de un tiempo apropiado y unos costes aceptables.
- Construir un sistema que este bien documentado y que sea fácil de mantener.
- Ayudar a identificar lo más pronto posible cualquier cambio que sea necesario realizar dentro del proceso de desarrollo.
- Proporcionar un sistema que satisfaga a todas las personas afectadas por el mismo, ya sean clientes, directivos, auditores o usuarios.
- La descomposición del proyecto llega hasta las tareas o actividades elementales.

Para cada tarea se identifica un procedimiento que define la forma de ejecutarla y representa el marco de comunicación entre usuarios y desarrolladores. Como resultado de seguir un procedimiento, se obtienen uno o más productos (que deben ser productos intermedios como base para realizar nuevos productos durante el desarrollo o



productos finales).

El sistema deseado está constituido por un conjunto de productos finales. Para aplicar un procedimiento se puede utilizar una o más técnicas. Suelen ser con mucha frecuencia gráficas con apoyos textuales formales y determinan el formato de los productos resultantes de cada tarea.

Para la realización de una técnica pueden utilizarse herramientas que automatizan de mayor o menor grado su aplicación. Algunas herramientas dan soporte específico a una metodología, otras son de propósito más general.

Una metodología puede seguir uno o varios modelos de ciclo de vida el cual indica qué es lo que hay que obtener a lo largo del desarrollo del proyecto, pero no indica la forma de obtenerlo. Esta es precisamente la labor de la metodología.

Los enfoques metodológicos han evolucionado a lo largo del tiempo:

Desarrollo convencional: se basan en funciones básicas de procesos de datos. Los programadores están más enfocados en las tareas de codificar que en la de recoger y comprender las necesidades de los usuarios.

Desarrollo estructurado: sigue unos métodos de ingeniería sentando las bases para el desarrollo automatizado, estas técnicas están dirigidas tanto a aspectos técnicos como de gestión en la construcción de software.

Su desarrollo histórico se ha fundamentado en lo siguiente:

Programación estructurada. Para determinar cómo se debería ver un programa tanto de forma estática como dinámica de forma que fuera lo más comprensible posible se establecieron normas para la aplicación de estructuras de datos y de control.

Diseño estructurado. Define un nivel de abstracción utilizando el módulo de programa



como componente básico de construcción. Se refina el concepto de modularidad normalizando la estructura de un módulo del programa, restringiendo las relaciones entre módulos y estableciendo medidas de calidad de los programas.

Análisis estructurado. Hasta la aparición de los primeros conceptos sobre el análisis estructurado, en la gran mayoría de proyectos se hacía una especificación narrativa de los requisitos tal y como los percibía el analista. Debido a que causaba problemas se movió hacia especificaciones funcionales como las que se describen a continuación.

Particionadas. De forma que se pueden leer porciones independientes de la especificación.

Mínimamente redundantes. Afectando los cambios a una parte de la especificación (a requisitos específicos, sean funcionales o no).

Gráficas. Compuestas por diagramas y técnicas textuales que sirven como material de referencia a la especificación [21].

Definición de diagrama de flujo:

El diagrama de flujo representa la forma más tradicional y duradera para especificar los detalles algorítmicos de un proceso. Se utiliza principalmente en la programación, economía y procesos industriales; estos diagramas utilizan una serie de símbolos con significados especiales. Son la representación gráfica de los pasos de un proceso, que se realiza para entender mejor al mismo. Son modelos tecnológicos utilizados para comprender los rudimentos de la programación lineal, figura (3.1) [22].

Tipos de diagrama de flujo:

De acuerdo con su disposición en el plano y su función informativa, existen varios tipos de diagrama de flujo.

Vertical: describe una secuencia de acciones de manera vertical, de arriba hacia abajo en el plano.

Horizontal: su secuencia de operaciones se grafica en una sucesión de izquierda a derecha en el plano.

Panorámico: es el que contiene, en un solo plano, la totalidad de la secuencia de acciones de que consta un proceso. Como tal, su flujo de procesos puede combinar sentidos verticales y horizontales, así como acciones simultáneas.

Arquitectónico: se llama así porque incluye, dentro del plano, el dibujo del espacio físico donde se desarrollará la sucesión de operaciones.

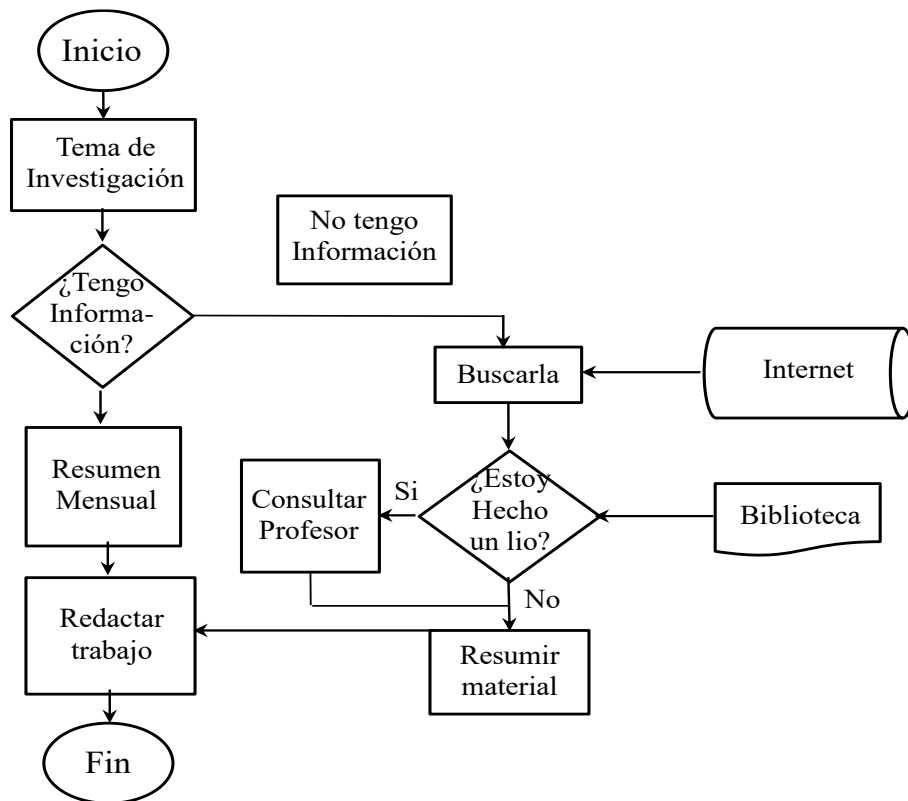


Figura 3. 1. Diagrama de flujo y su simbología [24].



Óvalo: Inicio y término (Abre y/o cierra el diagrama).

Rectángulo: Actividad (Representa la ejecución de una o más actividades o procedimientos).

Rombo: Decisión (Formula una pregunta o cuestión).

Cirulo: funciona como conector; representa actividades que se enlazan dentro de un procedimiento.

Flecha: se utiliza para indicar el sentido de las acciones.

Triángulo: indica que se trata de un archivo temporal.

Triángulo inverso: indica que se trata de un archivo definitivo.

Para realizar este algoritmo se utilizó la metodología de desarrollo estructurado ya que sigue métodos de ingeniería, utilizando técnicas de aspectos técnicos como de gestión, conjuntamente con un análisis estructurado, que consta de especificaciones funcionales, como se describieron anteriormente: particionadas, mínimamente redundantes y las que a mi parecer son las más importantes, los gráficos los cuales se componen por diagramas de flujo siendo estos estructurados que conjuntamente con su significado de cada símbolo las tareas de programación llevan un coherencia lo cual simplifica mucho trabajo.

Para el diseño se utilizó la plataforma de programación de “Visual Studio 2012”. En el que se pueden crear proyectos o aplicaciones potentes con un alto rendimiento, proporcionando herramientas para diseñar, desarrollar, depurar, e implementar aplicaciones web, servicios web xml, y las aplicaciones de escritorio y aplicaciones móviles.

En el entorno de desarrollo existe uno solo en visual basic, desarrollado por Microsoft visual studio x.0 correspondiente en versiones desde 2.0 hasta la 20.0², figura 3.2.

² Con respectivas diferencias de lenguaje.

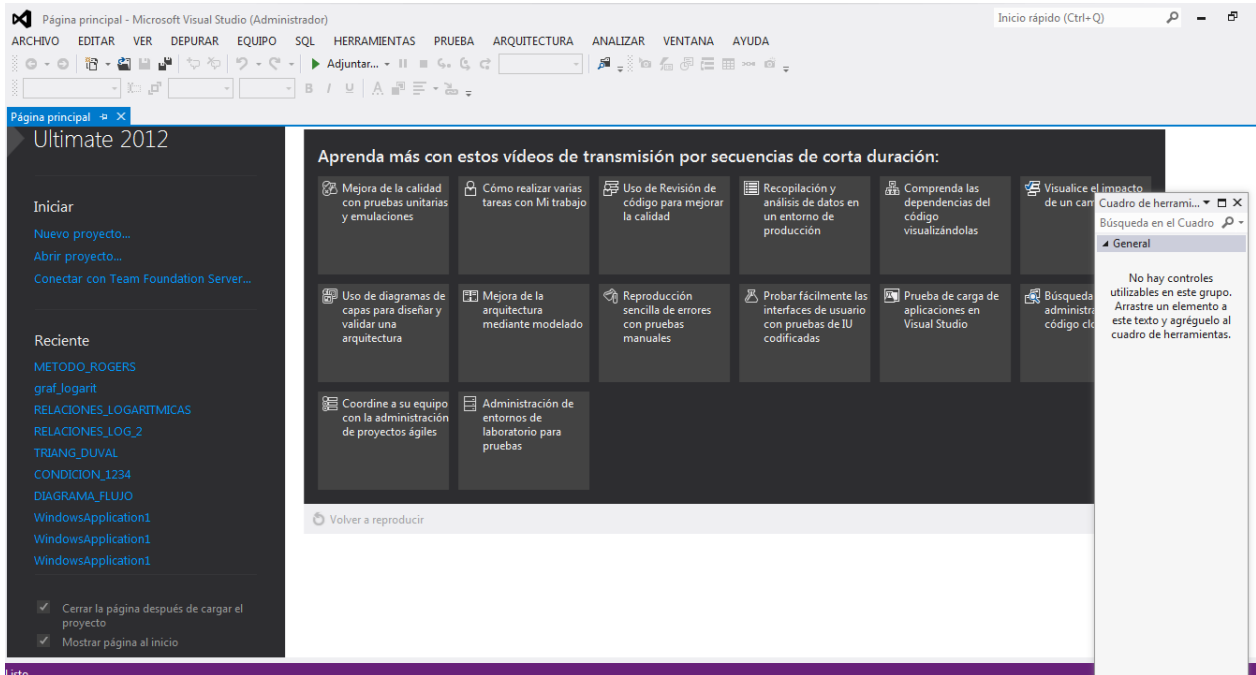


Figura 3. 2. Presentación de visual Studio 2012.

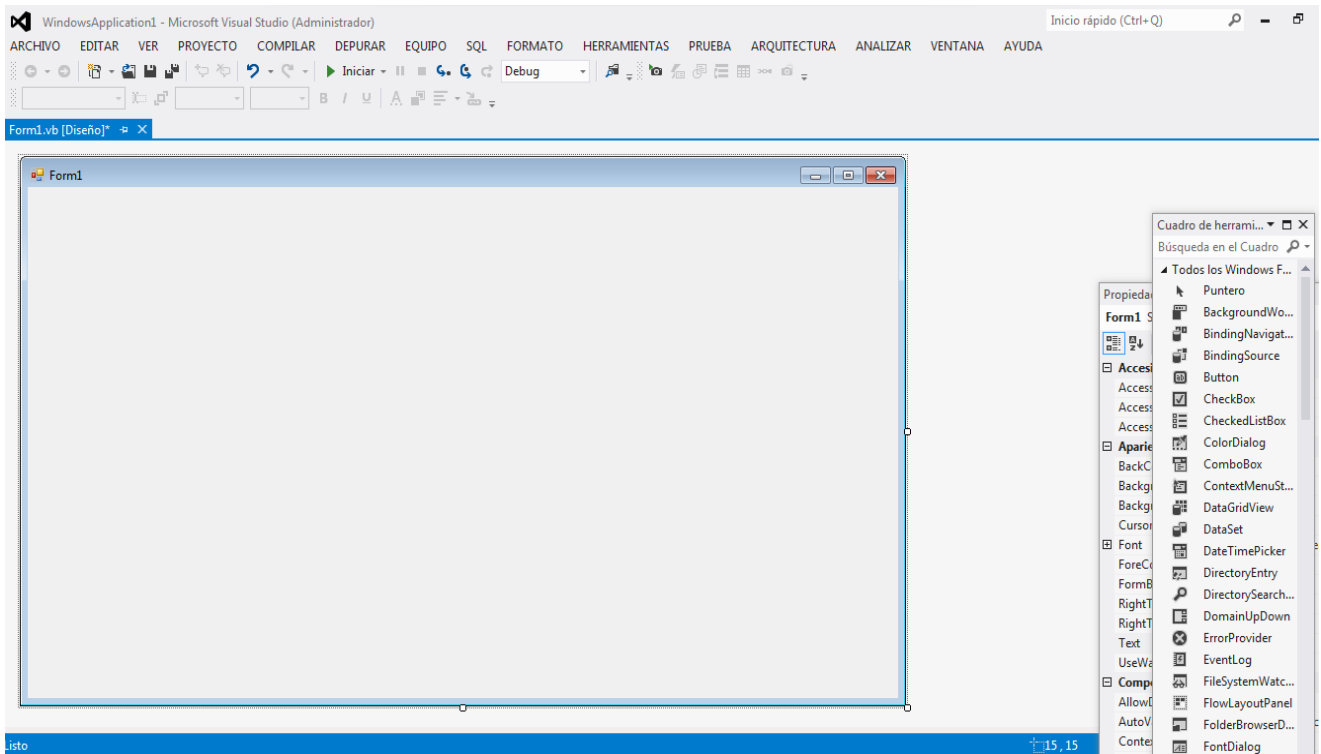


Figura 3. 3. Entorno de desarrollo para realizar aplicaciones.



Como se puede observar en la figura 3.3, en la parte del lado derecho cuenta con un cuadro de herramientas [23]:

- *PictureBox*: Caja de imágenes
- *Label*: Etiqueta
- *TextBox*: Caja de texto
- *Frame*: Marco
- *CommandButton*: Botón de comando
- *CheckBox*: Casilla de verificación
- *OptionButton*: Botón de opción
- *ComboBox*: Lista desplegable
- *ListBox*: Lista
- *HScrollBar*: Barra de desplazamiento horizontal
- *VScrollBar*: Barra de desplazamiento vertical
- *Timer*: Temporizador
- *DriveListBox*: Lista de unidades de disco
- *DirListBox*: Lista de directorios
- *FileListBox*: Lista de archivos
- *Line shape*: Línea
- *Image*: Imagen
- *Data*: Conexión a origen de datos
- *OLE*: Contenedor de documentos embebidos compatibles con *Object Linking and Embedding*.

En el módulo de propiedades como su nombre lo indica se pueden dar propiedades de color, nombre, tamaño, apariencia, fondo, diseño, etc., etc.

En la siguiente figura 3.4 podemos observar que es donde se realiza la programación, se declaran variables dependiendo las herramientas que se utilicen, a esta área de trabajo se le llama “código”

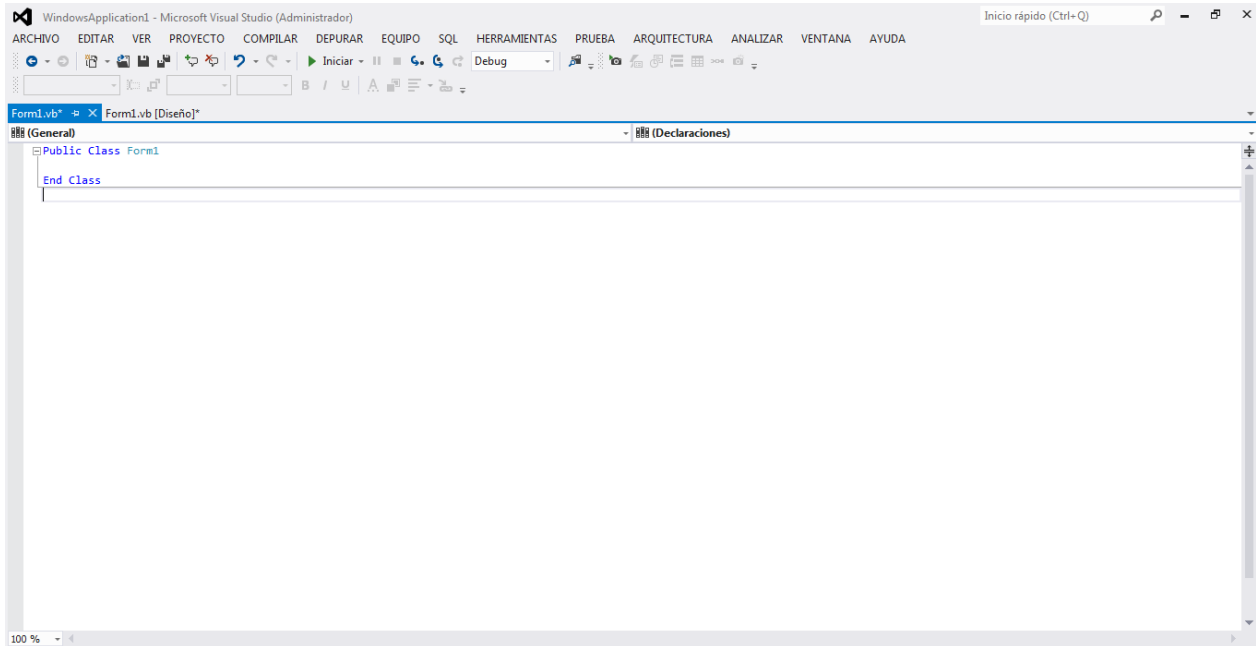


Figura 3. 4. Módulo para realizar la programación de las aplicaciones llamado "código".

Es necesario estudiar y analizar los diferentes métodos de diagnóstico para identificar en primera cada uno de los gases disueltos en el aceite, su contenido para determinar si están dentro de los límites normales o en su defecto determinar el estado operativo de los transformadores, dentro de esta metodología es la recolección de datos los cuales son arrojados del cromatógrafo después de haberles realizado su análisis a la muestra de aceite según sea su procedencia de la zona y subestación, de dichos datos y sus límites según el GOD 3537 Manual de mantenimiento a transformadores de potencia. Por qué de dichos límites depende la elaboración de los diagramas de flujo que serán la base de la eficiencia del algoritmo, el cual se podrá probar antes y después de confirmar la existencia de una "falla incipiente" en el transformador, es decir, se cuenta con toda una base de datos para los 169 transformadores, de las diferentes zonas que conforman la división centro oriente.



3.2 Diseño del método de diagrama de flujo para diagnóstico rápido del análisis de gases disueltos en el aceite aislante

De acuerdo al capítulo 2, sección 2.3.2. Diagnóstico rápido y la figura 2.16, se plantea lo siguiente:

Como primer paso se identificó cada uno de los gases clave y sus límites que formaran parte del primer paso.

Gas		Límite (PPM)
Hidrogeno	H ₂	200
Etileno	C ₂ H ₄	60
Acetileno	C ₂ H ₂	15

Tabla 3. 1. Gases clave para el diagnóstico rápido (primer paso).

El siguiente paso fue identificar los límites de las cantidades de monóxido y dióxido de carbono (CO y CO₂) que formara parte del segundo paso.

Gas		Límite (ppm)	Relación CO/CO ₂
Monóxido de carbono	CO	1000	< 10
Dióxido de carbono	CO ₂	11000	

Tabla 3. 2. Gases clave para el diagnóstico rápido (segundo paso).

Ahora veamos el objetivo de lo que se espera que este módulo realice, para el diagnóstico de los transformadores de potencia.



3.2.1 Objetivo del diseño para el método de diagrama de flujo del diagnóstico rápido para el análisis de gases en el aceite aislante

El objetivo es dar un diagnóstico rápido en 2 pasos, para determinar las condiciones de operación de los transformadores de potencia, en base: a los tres gases clave hidrogeno H_2 , etileno C_2H_4 y acetileno C_2H_2 (operación normal, calentamiento, descarga parcial y arqueo), según correspondan sus límites para el paso 1 y para el paso 2 el monóxido de carbono CO y el dióxido C_2O (celulosa afecta y celulosa sin afectar) según correspondan sus límites, de acuerdo al GOD-3537 Manual de mantenimiento a transformadores de potencia de la CFE.

Una vez identificados los gases, sus límites y el objetivo, tarea que es de mucha utilidad para elaborar la estructura del diagrama de flujo [24]. Cabe mencionar que para la elaboración de dicho diagrama de flujo la lógica es la misma que el de la figura 2.16, solo se interpreta de otra manera como a continuación se presenta en la figura 3.5.

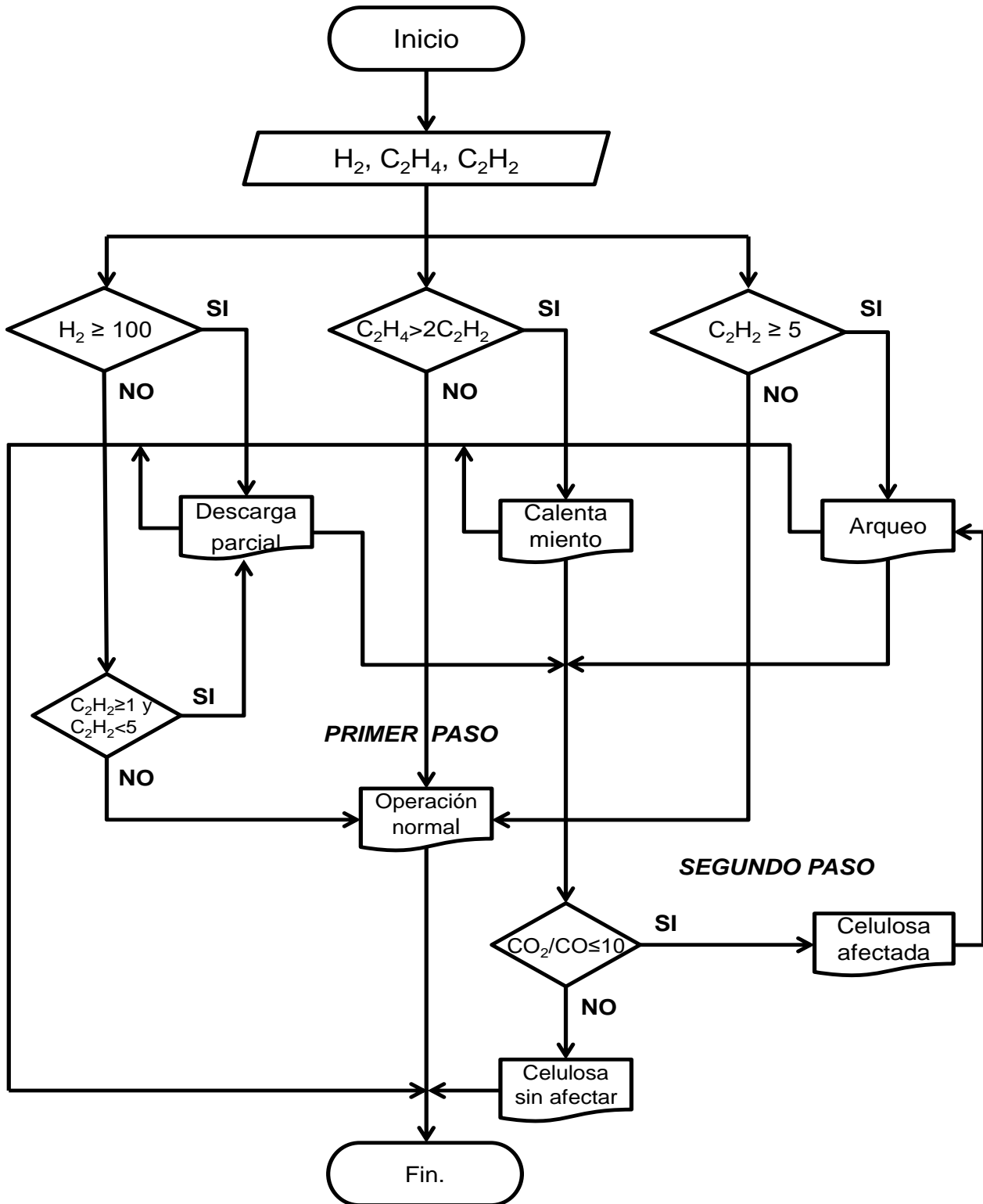


Figura 3. 5. Diagrama de flujo para el método diagrama de flujo para el diagnóstico rápido del análisis de gases en el aceite aislante.

En base a esta lógica del diagrama de flujo de la figura 3.5 se diseña en el entorno de desarrollo de la plataforma de visual studio 2012, el método diagrama de flujo para el diagnóstico rápido del análisis de gases en aceite aislante figura 3.6.

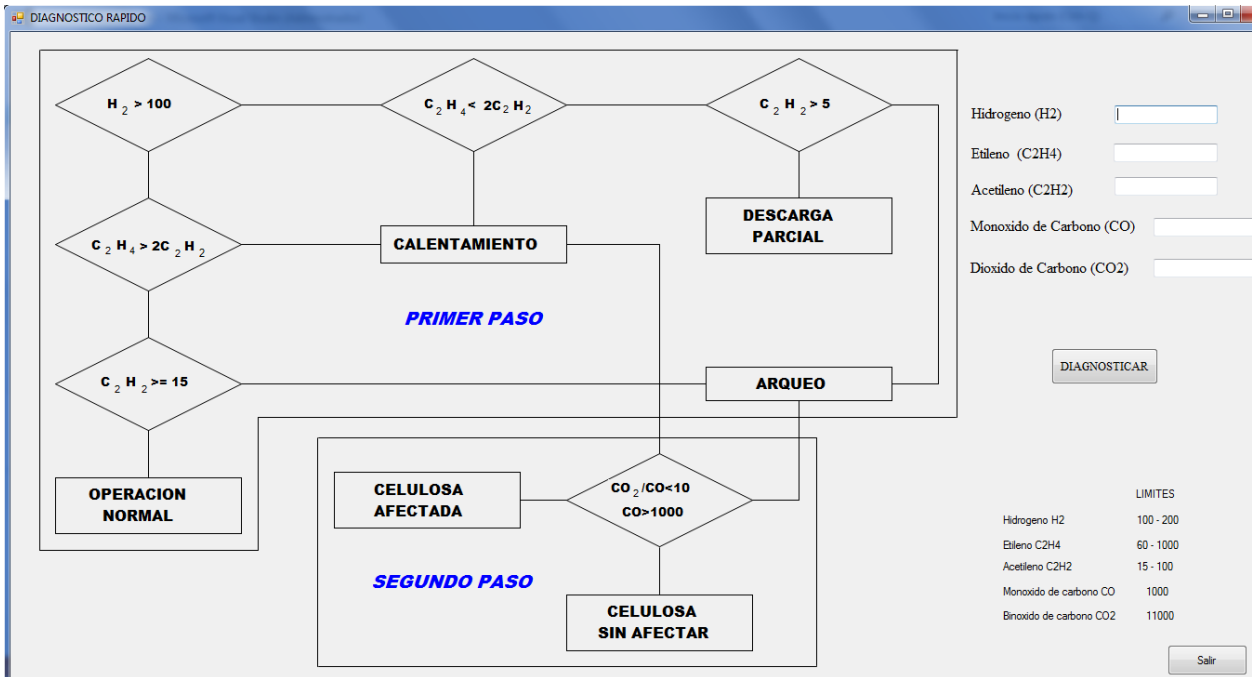


Figura 3. 6. Diseño del método diagrama de flujo para el diagnóstico rápido del análisis de gases en aceite aislante realizado en plataforma visual studio 2012.

Código de programación Anexo 1.



3.3 Diseño para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante

En este apartado, se tomara como base para este diseño la tabla 2.3 concentraciones de gases clave disueltos (ppm), del hidrogeno H_2 , metano CH_4 , acetileno C_2H_2 , etileno C_2H_4 , etano C_2H_6 , monóxido de carbono CO y el dióxido de carbono C_2O , que según la literatura del capítulo 2, sección 2.3.4. Límites de concentraciones de gases disueltos, estos gases que al sumarse acepto el dióxido de carbono, nos proporcionan el total de gases disueltos en el aceite aislante (TDCG), lo cual sirve para determinar la condición en que se encuentran operando los transformadores que va de la condición 1 hasta la cuatro siendo esta la más crítica, lo importante de este método es que indica las condiciones tanto como individuales por gas, como por el total de gases.

3.3.1 Objetivo del diseño del método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante

El objetivo es determinar la condición de operación en que se encuentran operando los transformadores de potencia en base a los límites del TDCG, considerando de manera complementaria: los límites de las concentraciones de los gases disueltos del hidrogeno H_2 , metano CH_4 , acetileno C_2H_2 , etileno C_2H_4 , etano C_2H_6 , monóxido de carbono CO , el dióxido de carbono C_2O de manera individual, y lo establecido en la NMX-J-308-ANCE para este método y el GOD-3537 Manual de mantenimiento a transformadores de potencia de la CFE.

Una vez identificado los parámetros de los límites y el objetivo para este diseño, se realizan los siguientes diagramas de flujo [24], que a continuación se presentan en las figuras 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13 y 3.14:

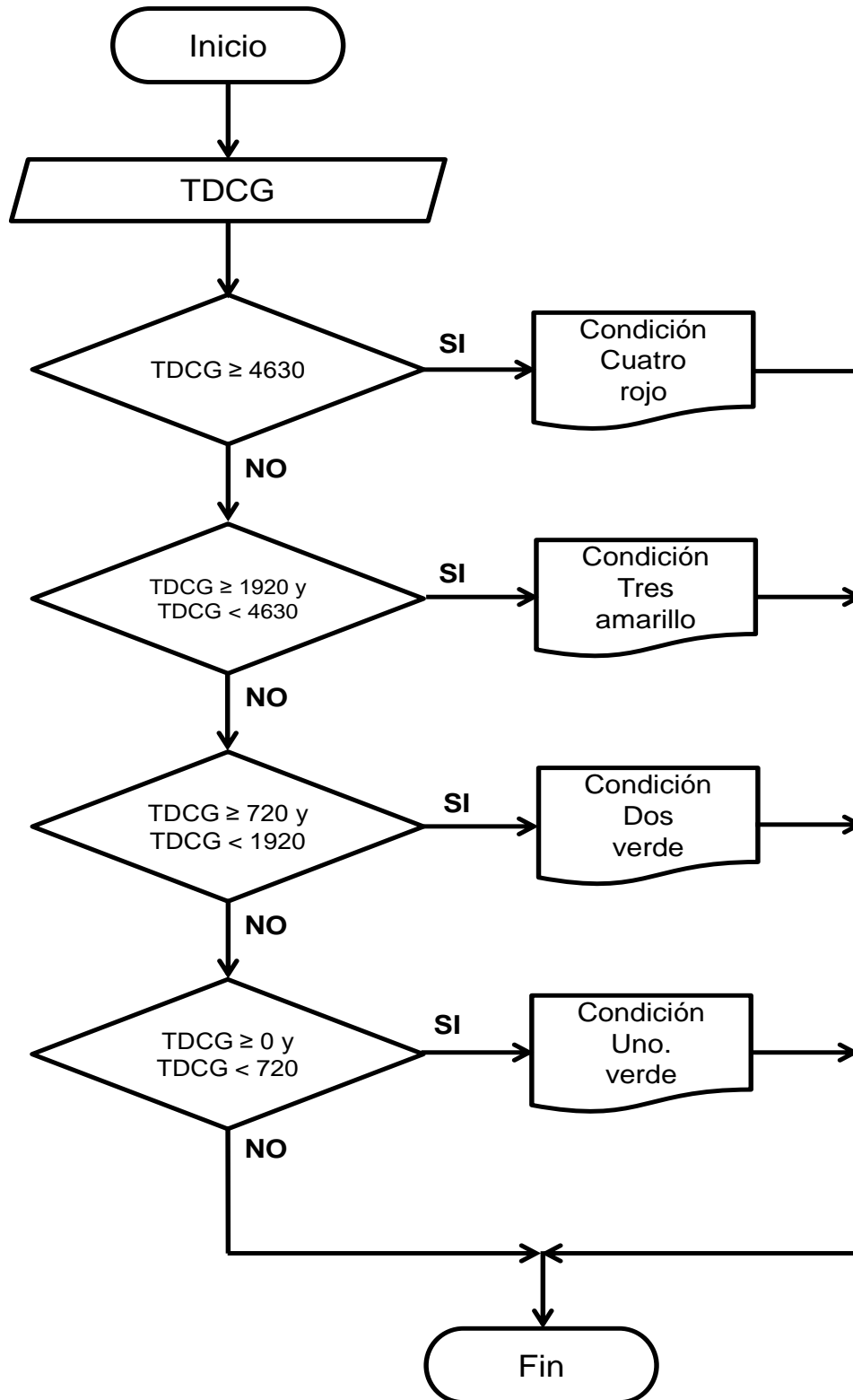


Figura 3. 7. Diagrama de flujo del TDCG, para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante.

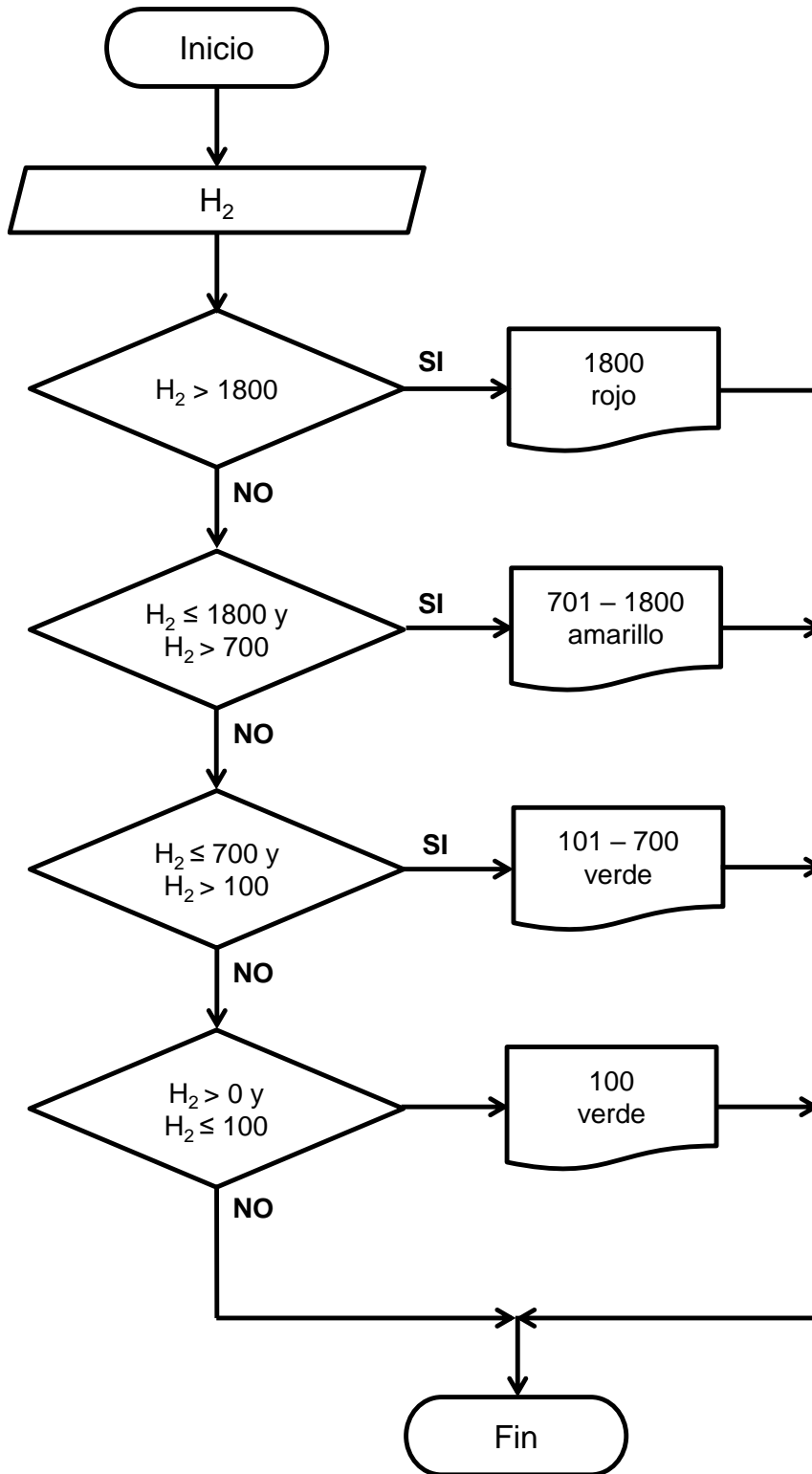


Figura 3. 8. Diagrama de flujo del hidrogeno H2, para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante.

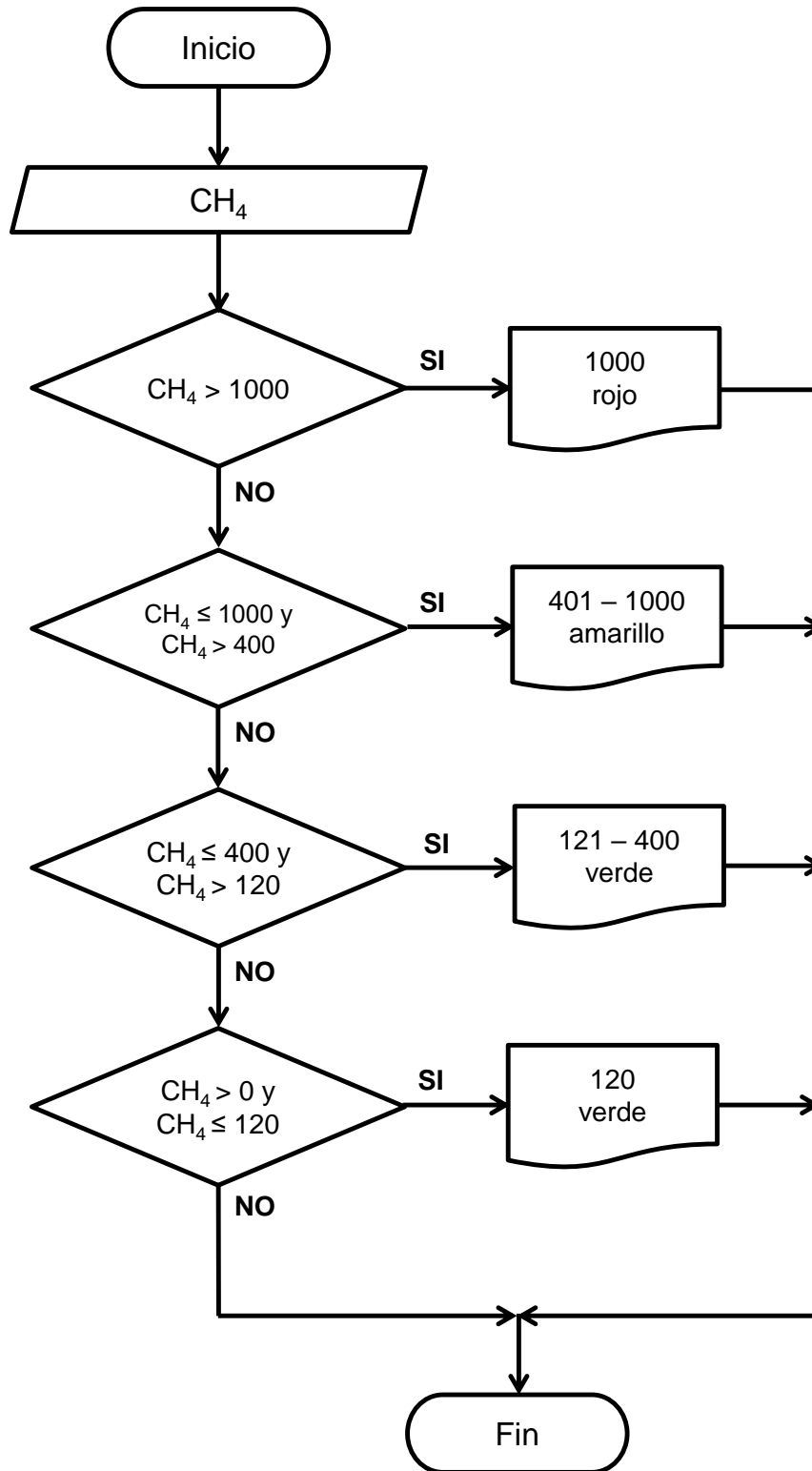


Figura 3. 9. Diagrama de flujo del metano CH₄, para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante.

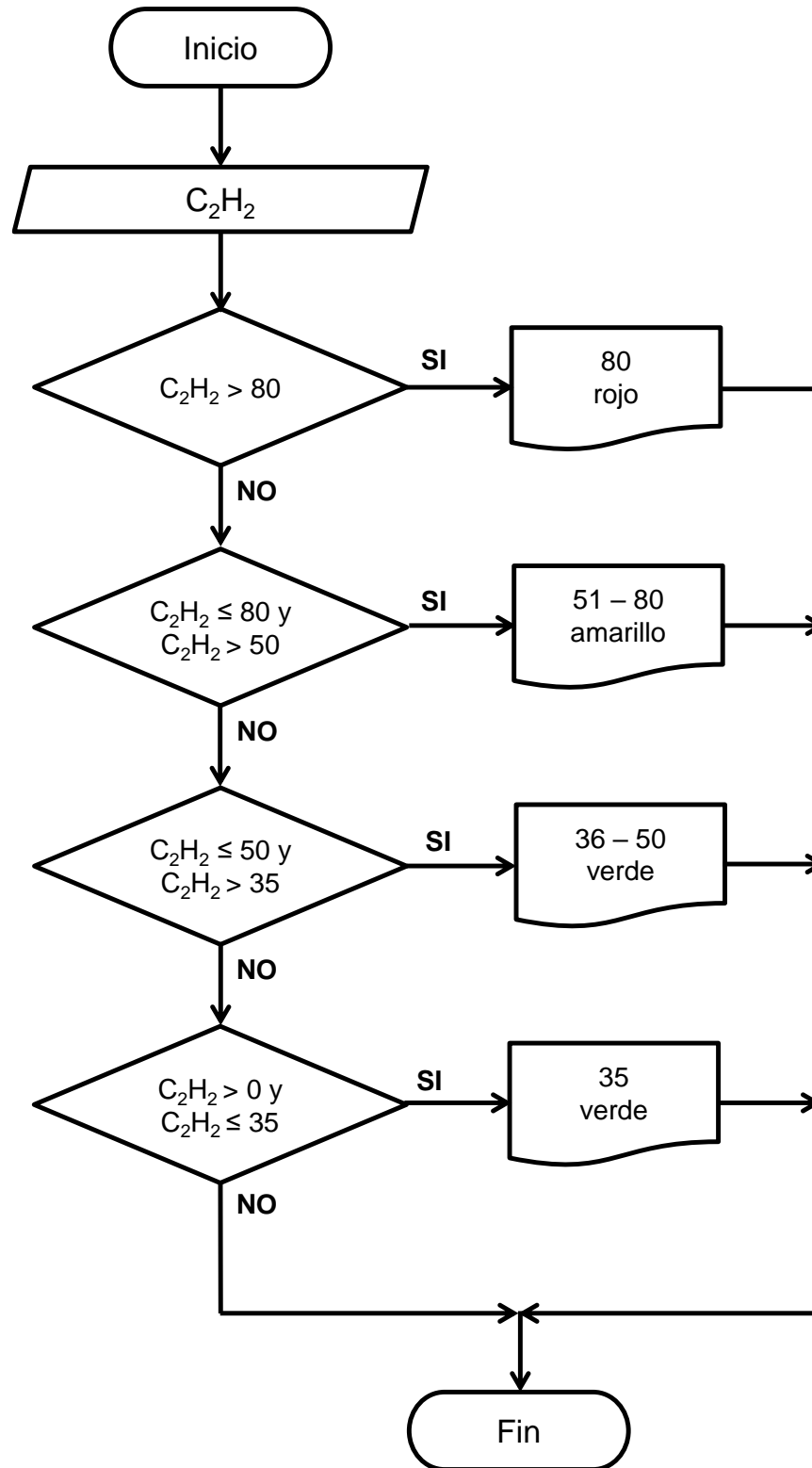


Figura 3. 10. Diagrama de flujo del acetileno C₂H₂, para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante.

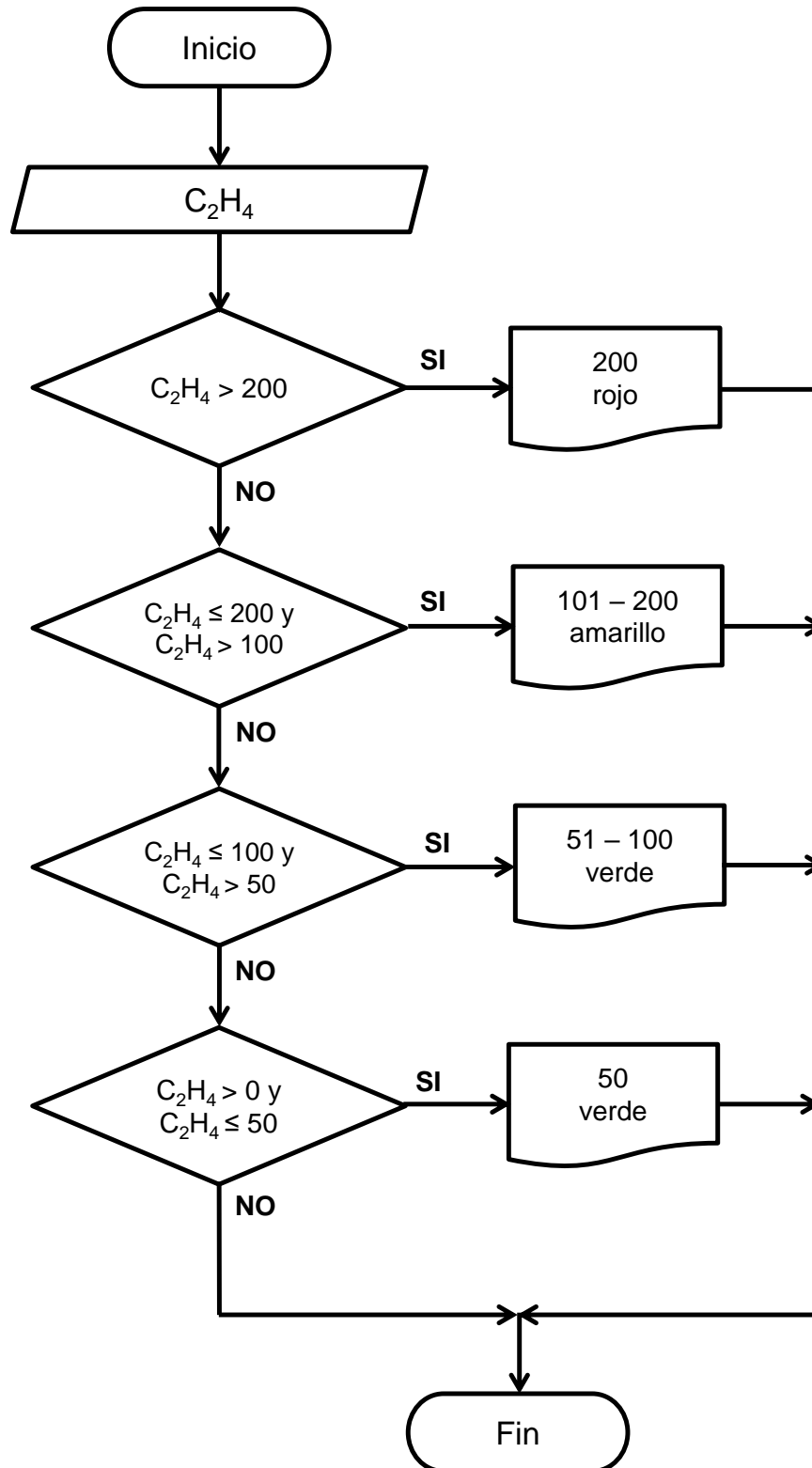


Figura 3. 11. Diagrama de flujo del etileno C₂H₄, para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante.

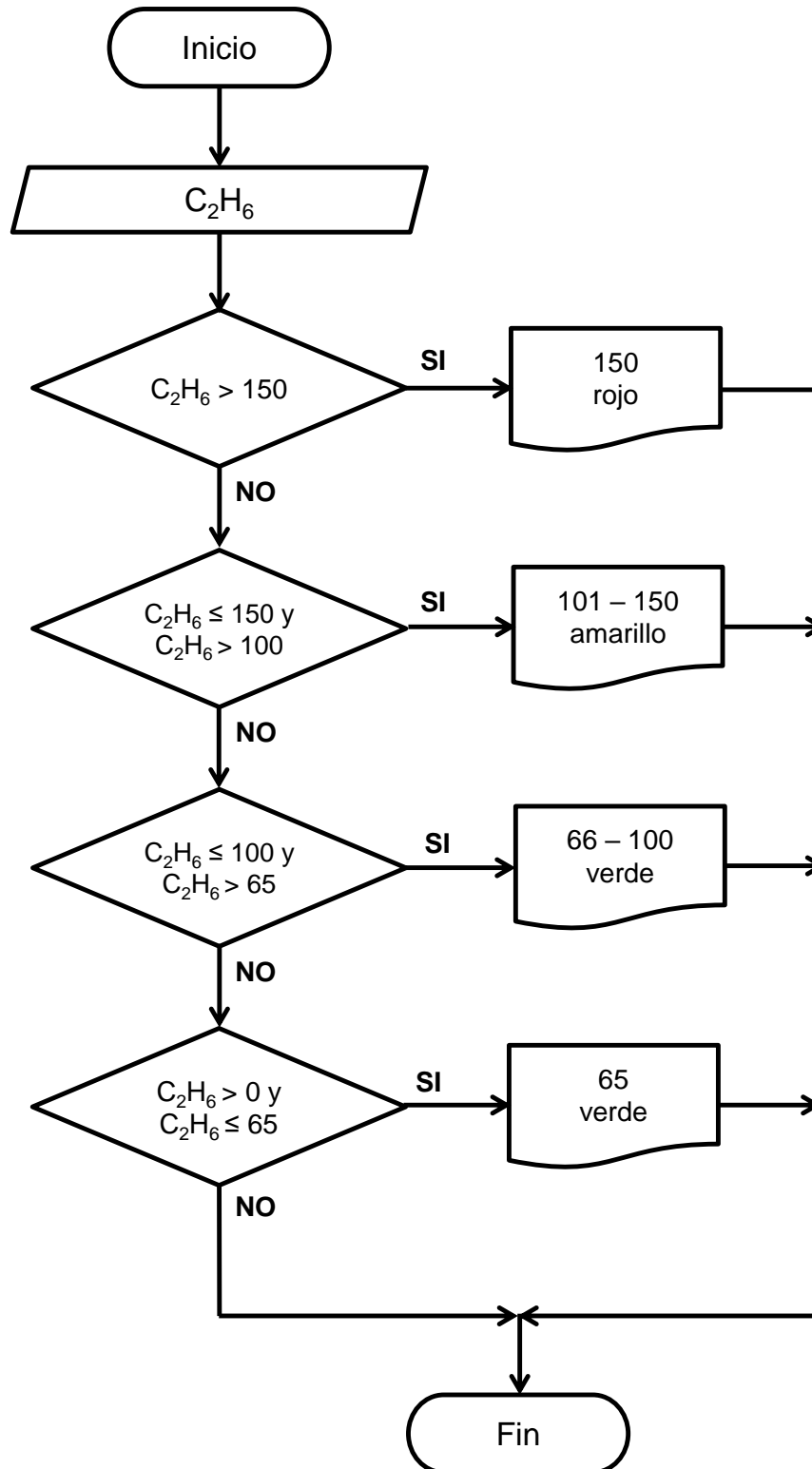


Figura 3. 12. Diagrama de flujo del etano C₂H₆, para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante.

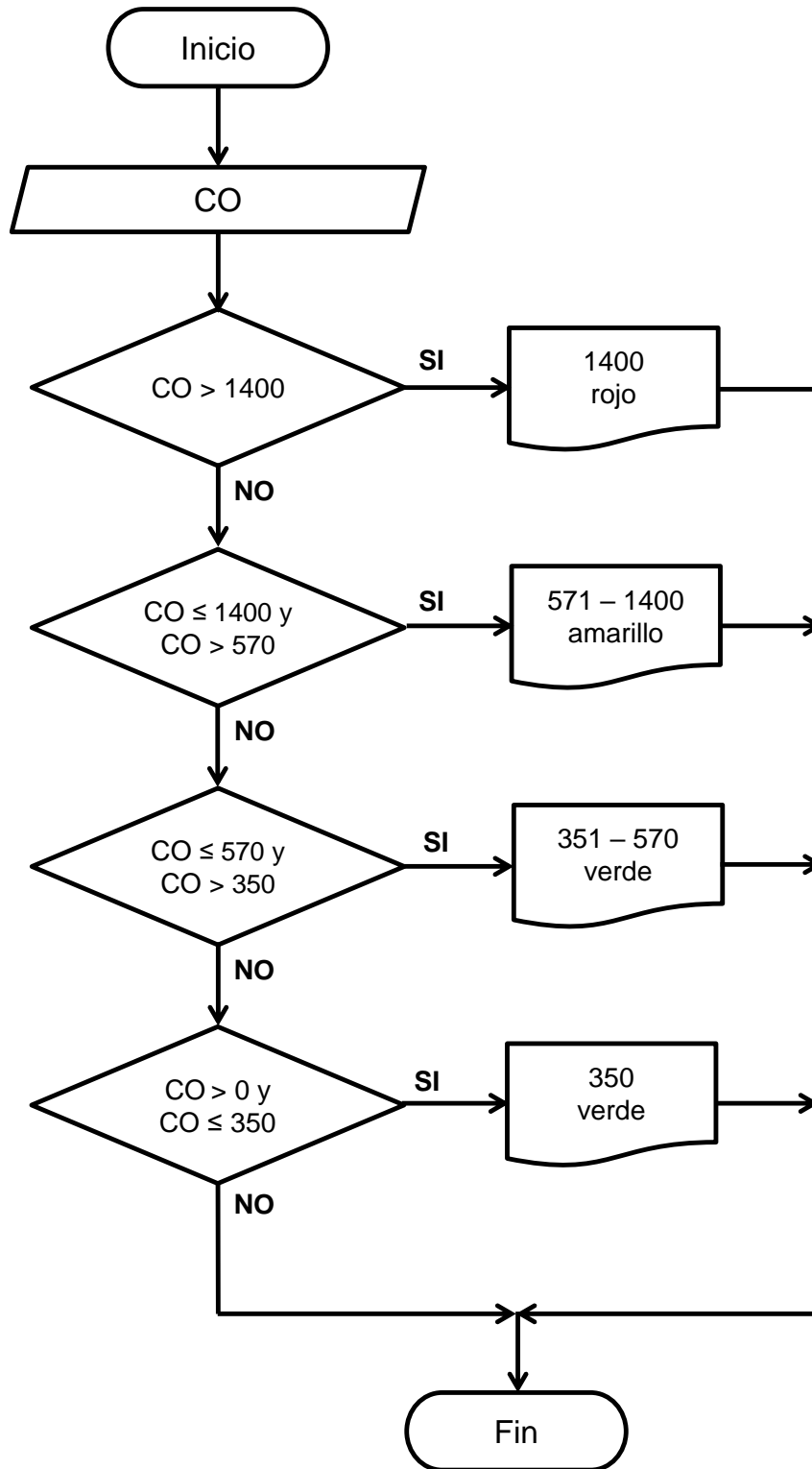


Figura 3. 13. Diagrama de flujo del monóxido de carbono CO, para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante.

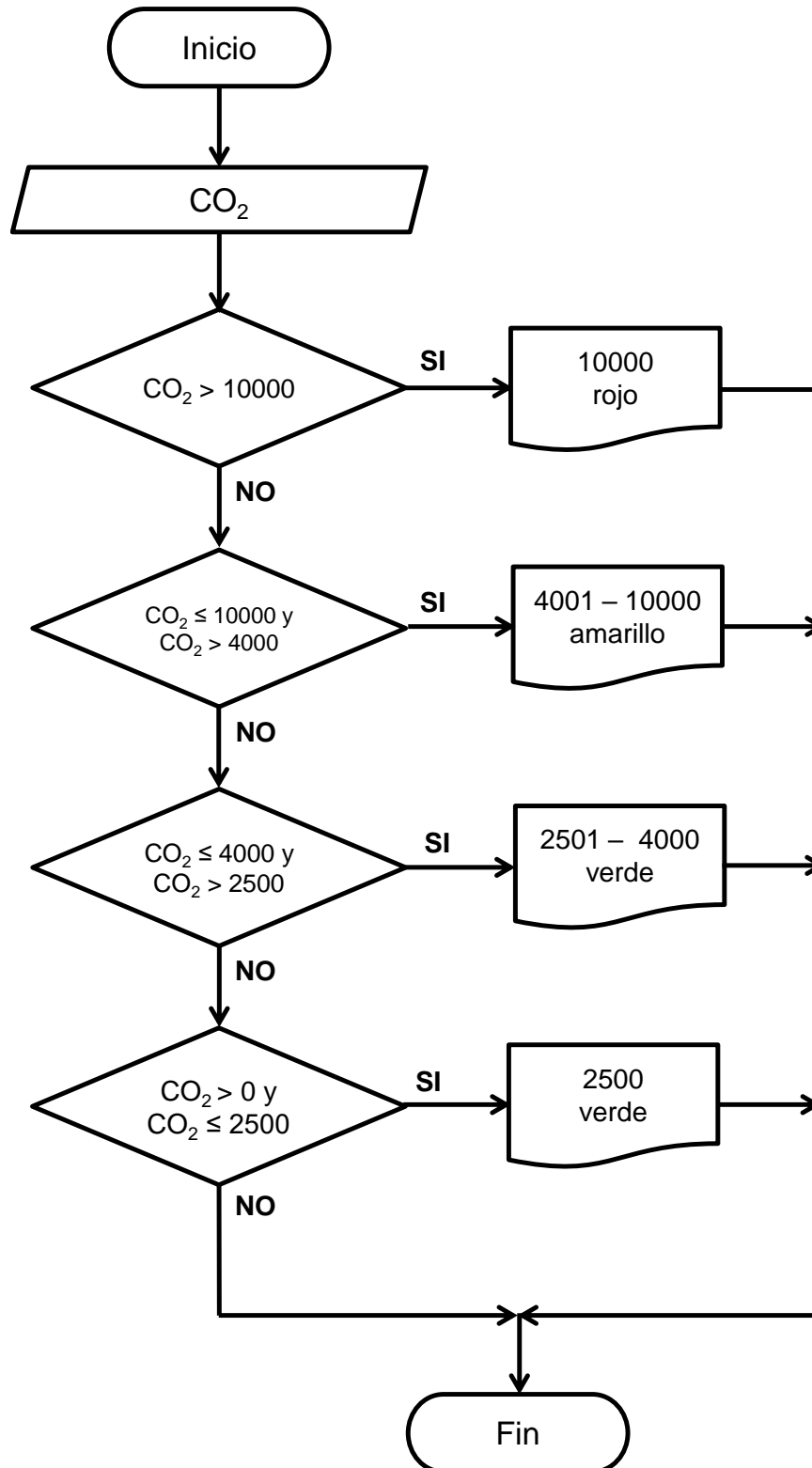
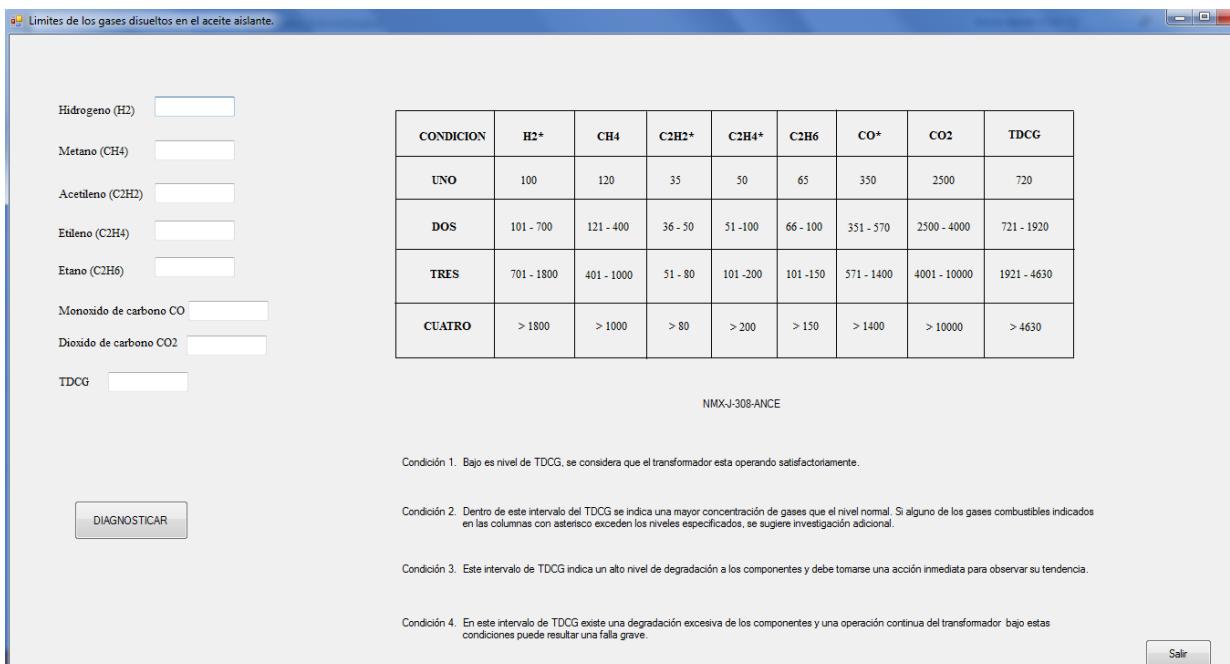


Figura 3. 14. Diagrama de flujo del dióxido de carbono C₂O, para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante.

Figura 3.14 Diagrama de flujo del dióxido de carbono C_2O , para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante.

En el entorno de desarrollo de visual studio 2012 se realiza el diseño del método de acuerdo a las estructuras de los diagramas de flujo, este módulo además de identificar la condición en la que se encuentran operando los transformadores, realizará un destello de colores, pasando de color verde para las condiciones uno y dos, amarillo condición tres y rojo condición cuatro que es la más crítica. Figura 3.15



CONDICION	H2*	CH4	C2H2*	C2H4*	C2H6	CO*	CO2	TDCG
UNO	100	120	35	50	65	350	2500	720
DOS	101 - 700	121 - 400	36 - 50	51 - 100	66 - 100	351 - 570	2500 - 4000	721 - 1920
TRES	701 - 1800	401 - 1000	51 - 80	101 - 200	101 - 150	571 - 1400	4001 - 10000	1921 - 4630
CUATRO	> 1800	> 1000	> 80	> 200	> 150	> 1400	> 10000	> 4630

NMX-J-308-ANCE

Condición 1. Bajo es nivel de TDCG, se considera que el transformador esta operando satisfactoriamente.

Condición 2. Dentro de este intervalo del TDCG se indica una mayor concentración de gases que el nivel normal. Si alguno de los gases combustibles indicados en las columnas con asterisco exceden los niveles especificados, se sugiere investigación adicional.

Condición 3. Este intervalo de TDCG indica un alto nivel de degradación a los componentes y debe tomarse una acción inmediata para observar su tendencia.

Condición 4. En este intervalo de TDCG existe una degradación excesiva de los componentes y una operación continua del transformador bajo estas condiciones puede resultar una falla grave.

Figura 3. 15. Diseño para el método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante, realizado en plataforma de visual studio 2012.

Código de programación Anexo 2.



3.4 Diseño para el método de la gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg

Tomando como base la figura 2.17 Gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg y la sección 2.3.6 del capítulo 2, donde nos menciona que las concentraciones de gases utilizadas para este método son: metano CH_4 , hidrogeno H_2 , acetileno C_2H_2 , etileno C_2H_4 y se observa una gráfica XY con escala logarítmica en ambos ejes que van de 0.001 a 100 respectivamente, que lo que resulte de la relación del metano entre el hidrogeno (CH_4/H_2) serán las coordenadas para “Y”, y lo que resulte de la relación del acetileno entre el etileno ($\text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_4$) serán las coordenadas para “X”, lo cual se representara por un punto que si se encuentra dentro de cualquiera de sus tres áreas definidas como “Térmico”, “Arqueo” y “Descarga” será el diagnóstico del estado operativo de los transformadores.

3.4.1 Objetivo para las gráficas de relaciones logarítmicas de Dömenburg

El objetivo es que en base al resultado de las relaciones del metano entre el hidrogeno (CH_4/H_2), el acetileno entre el etileno ($\text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_4$), ubicar un punto en la gráfica logarítmica para determinar el estado operativo de los transformadores de potencia de acuerdo GOD-3537 Manual de mantenimiento a transformadores de potencia de la CFE.

Una vez identificado el funcionamiento de este método y el objetivo se realiza la estructura del diagrama de flujo [24]. Figura 3.16.

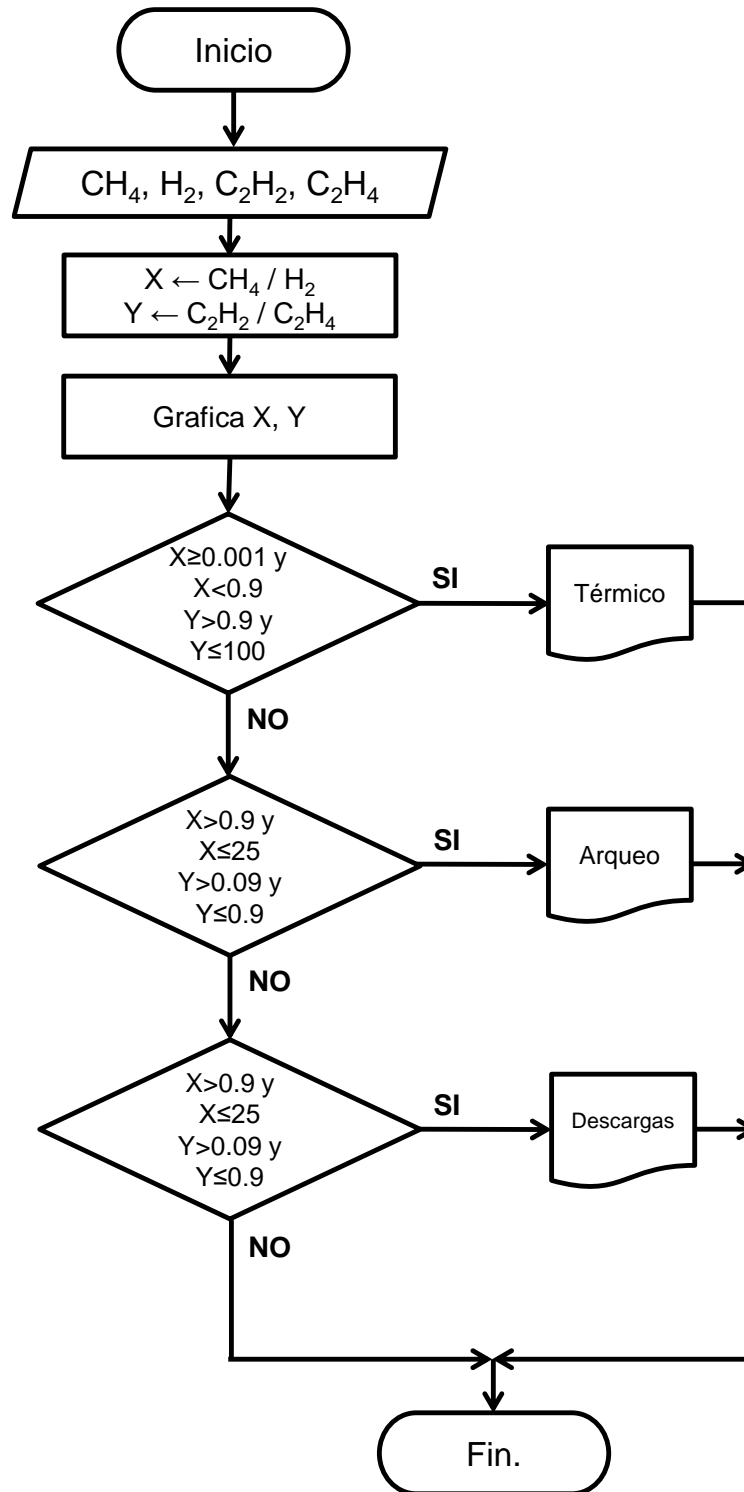


Figura 3. 16. Diagrama de flujo para el método de la gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg.



En el entorno de desarrollo de visual studio 2012 se realiza el diseño del método de grafica de relaciones logarítmicas. Figura 3.17.

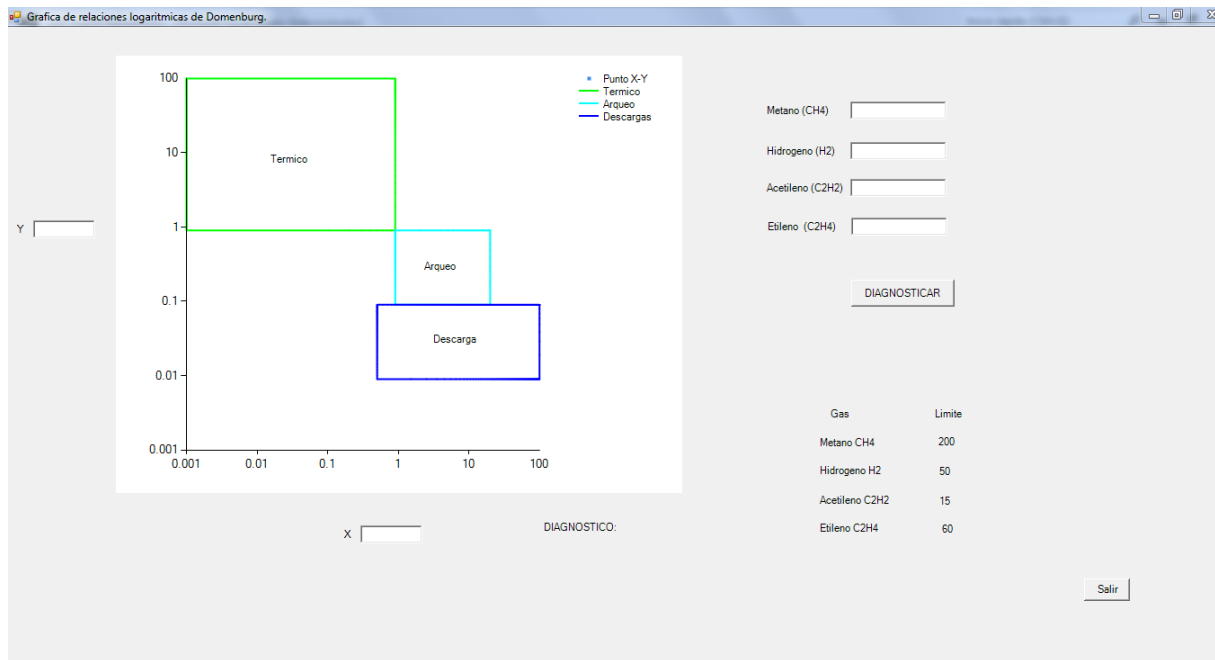


Figura 3. 17. Diseño del método de gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg, realizado en plataforma de visual studio 2012.

Código de programación Anexo 3.



3.5 Diseño del método del triángulo de Duval

De acuerdo a la figura 2.18 Triangulo de Duval, su desarrollo es basado en un triángulo equilátero, formado por los porcentos de los gases metano %CH₄, etileno %C₂H₄, acetileno %C₂H₂ con escalas de 0 a 100%, segmentado en seis secciones clasificados por A, B, C, D, E, F, de tal forma que al obtener los valores en por ciento de los tres gases se representen por un punto que a partir de ahí tracen líneas perpendiculares interceptándose, lo importante es tener el punto de intersección porque determinara la sección que del diagnóstico, se anexa el significado de cada sección:

- A = Arcos de alta energía.
- B = Arcos de baja energía.
- C = Descargas corona.
- D = Calentamiento < 200°C
- E = Calentamiento de 200 a 400°C
- F = Calentamiento > a 400°C

De acuerdo a las ecuaciones 2.38, 2.39 y 2.40, se calculan los porcentajes entre los gases CH₄ metano, C₂H₄ etileno, C₂H₂ acetileno.

3.5.1 Objetivo del método de triángulo de Duval

Obtener el punto de intersección de las concentraciones de los gases en por ciento metano %CH₄, etileno %C₂H₄, acetileno %C₂H₂, para determinar el diagnóstico del estado operativo de los transformadores según el área donde se encuentre (A, B, C, D, E, F), de acuerdo al GOD-3537 Manual de mantenimiento a transformadores de potencia de la CFE.

En seguida se muestra la estructura del diagrama de flujo [24] para este método Figura 3.18.

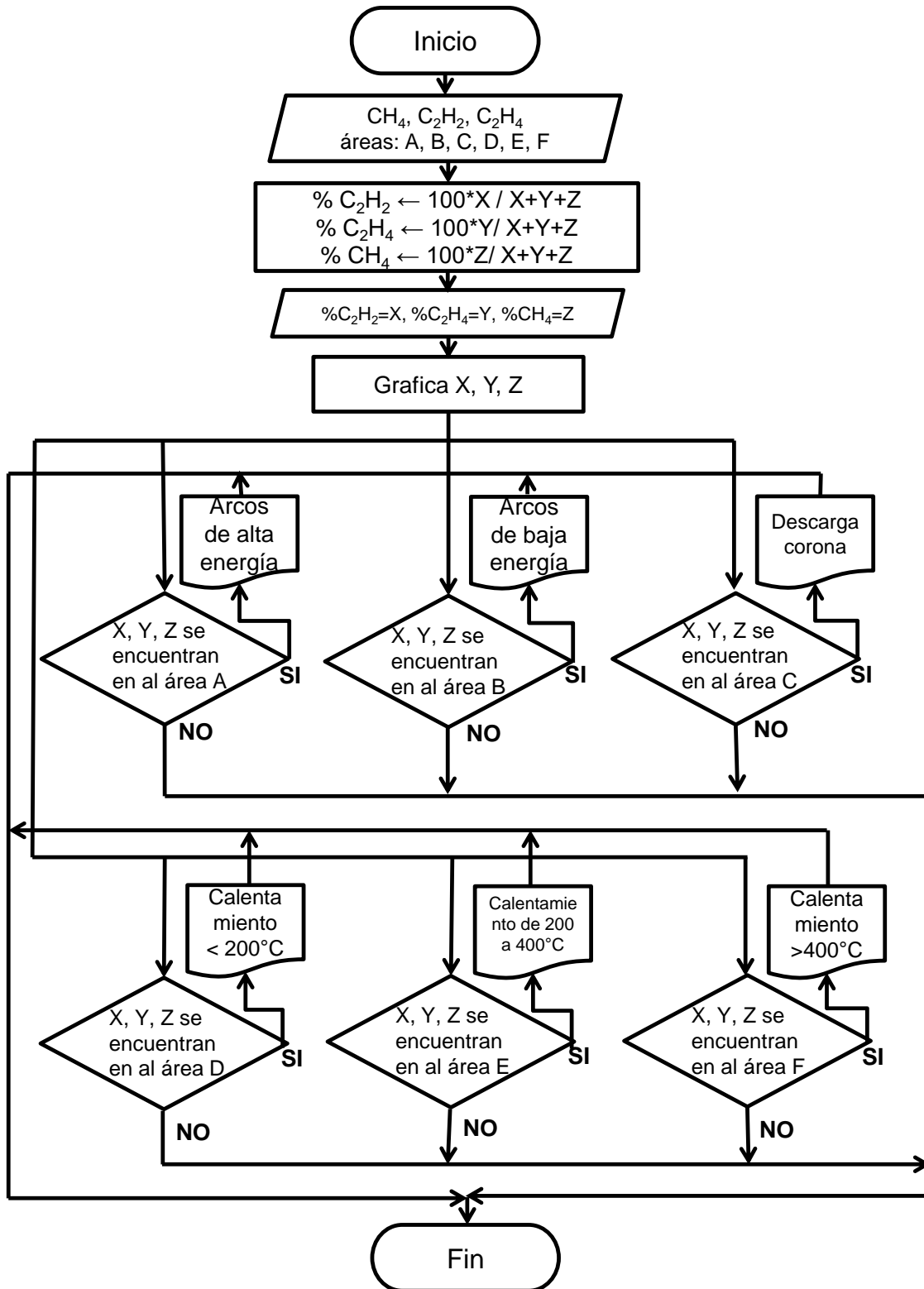


Figura 3. 18. Diagrama de flujo para el método del triángulo de Duval.

En base al diagrama de flujo de la figura 3.18 se realiza en el entorno de desarrollo de visual studio 2012 el diseño del método de triángulo de Duval. Figura 3.19.

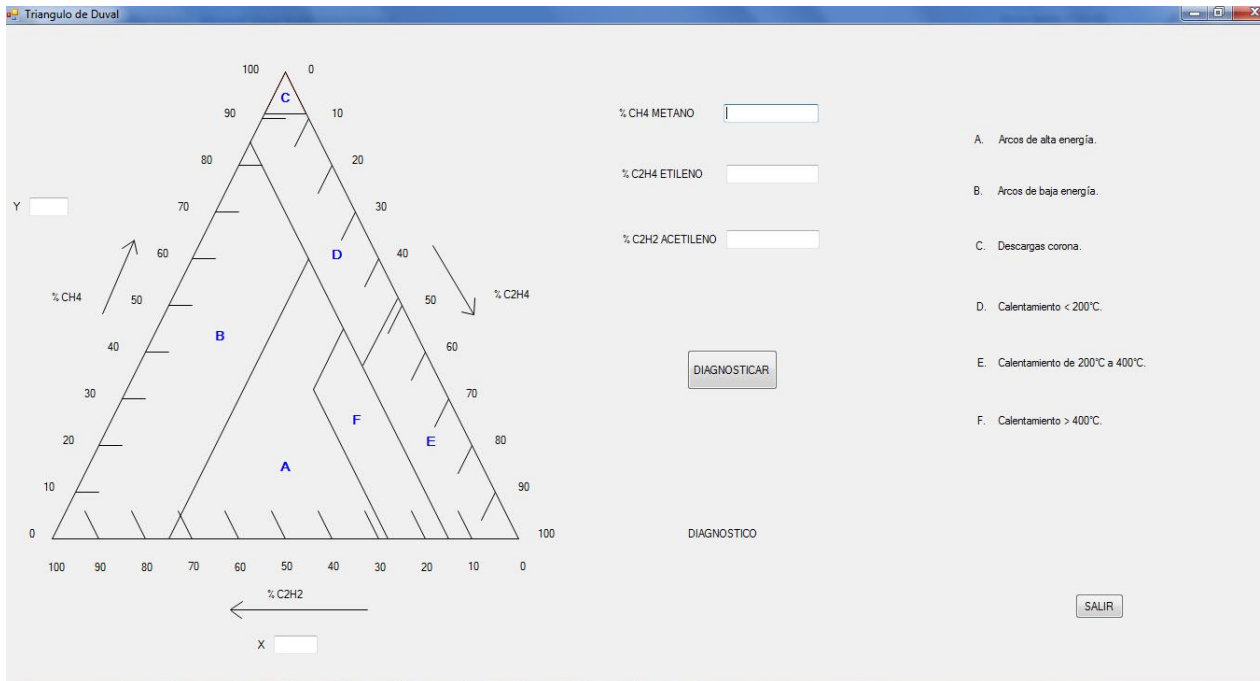


Figura 3. 19. Diseño del triángulo de Duval, realizado en plataforma de visual studio 2012.

Código de programación Anexo 4.



3.6 Diseño del método código de Rogers

En base a la tabla 2.5 relación y códigos de Rogers, el cual se basa en cuatro relaciones metano entre hidrogeno (CH_4/H_2), etano entre metano ($\text{C}_2\text{H}_6/\text{CH}_4$), etileno entre etano (C_2H_4), acetileno entre etileno ($\text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_4$), fijando para cada relación ciertos límites y dependiendo a estos límites se le asigna un código el cual servirá para determinar el diagnóstico:

- 0000 Deterioro normal.
- 5000 Descarga parcial.
- 1100 Sobrecalentamiento menor a 150°C .
- 2100 Sobrecalentamiento de 150°C a 200°C .
- 0100 Sobrecalentamiento de 200°C a 300°C .
- 0010 Calentamiento general en conductores.
- 1010 Corrientes circulantes en el devanado.
- 1020 Corrientes circulantes en el núcleo y tanque.
- 0001 Descarga no sostenida
- 0011 Arqueo sostenido.
- 0022 Centelleo continuo.
- 5001ó 2 Descarga parcial con descarga superficial.

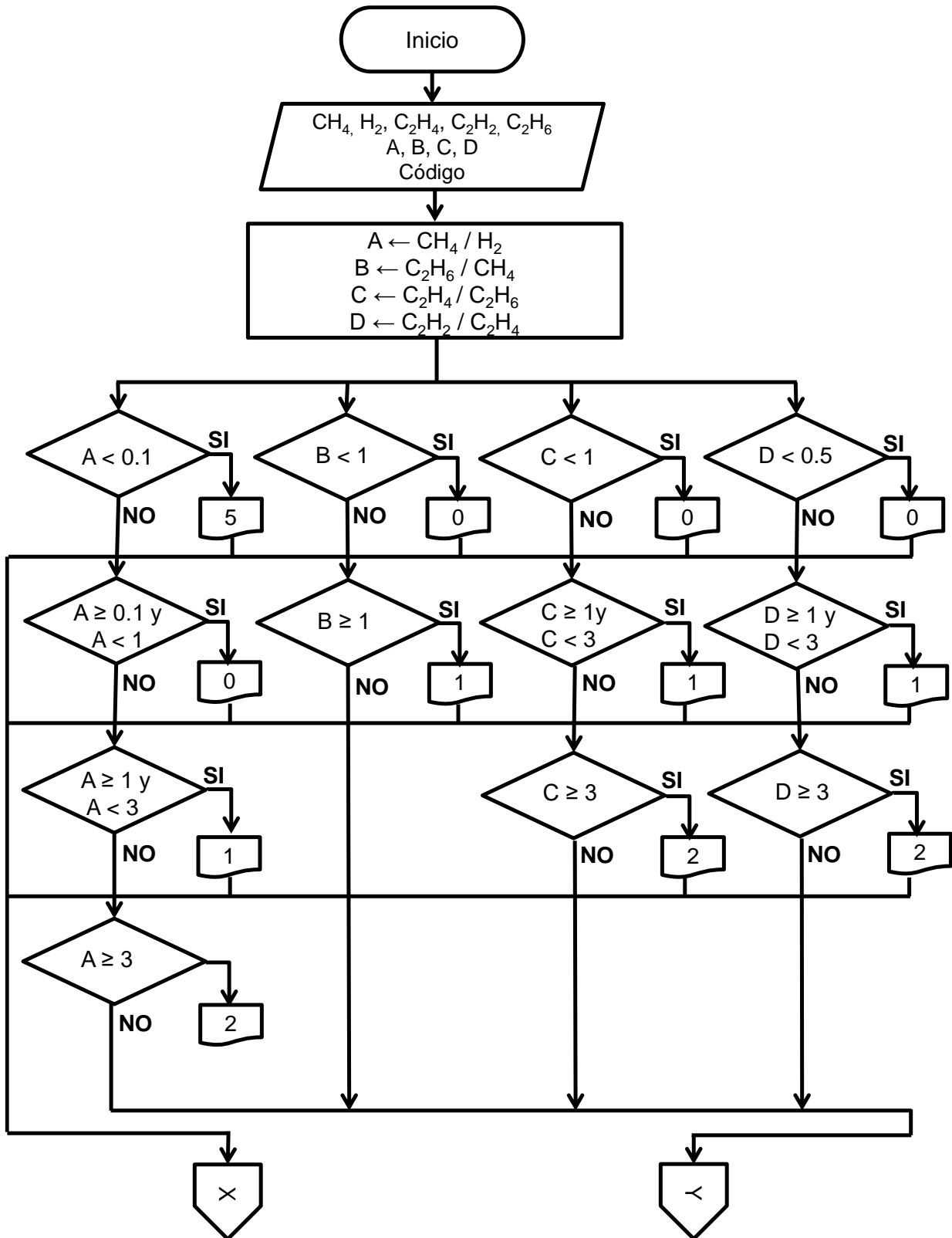
Cabe mencionar que los resultados de las relaciones pueden arrojar códigos que no están contemplados con los códigos de diagnóstico de Rogers. Se debe tomar el diagnostico que más coincida con los códigos obtenidos y tomar en cuenta los diagnósticos de los demás métodos.

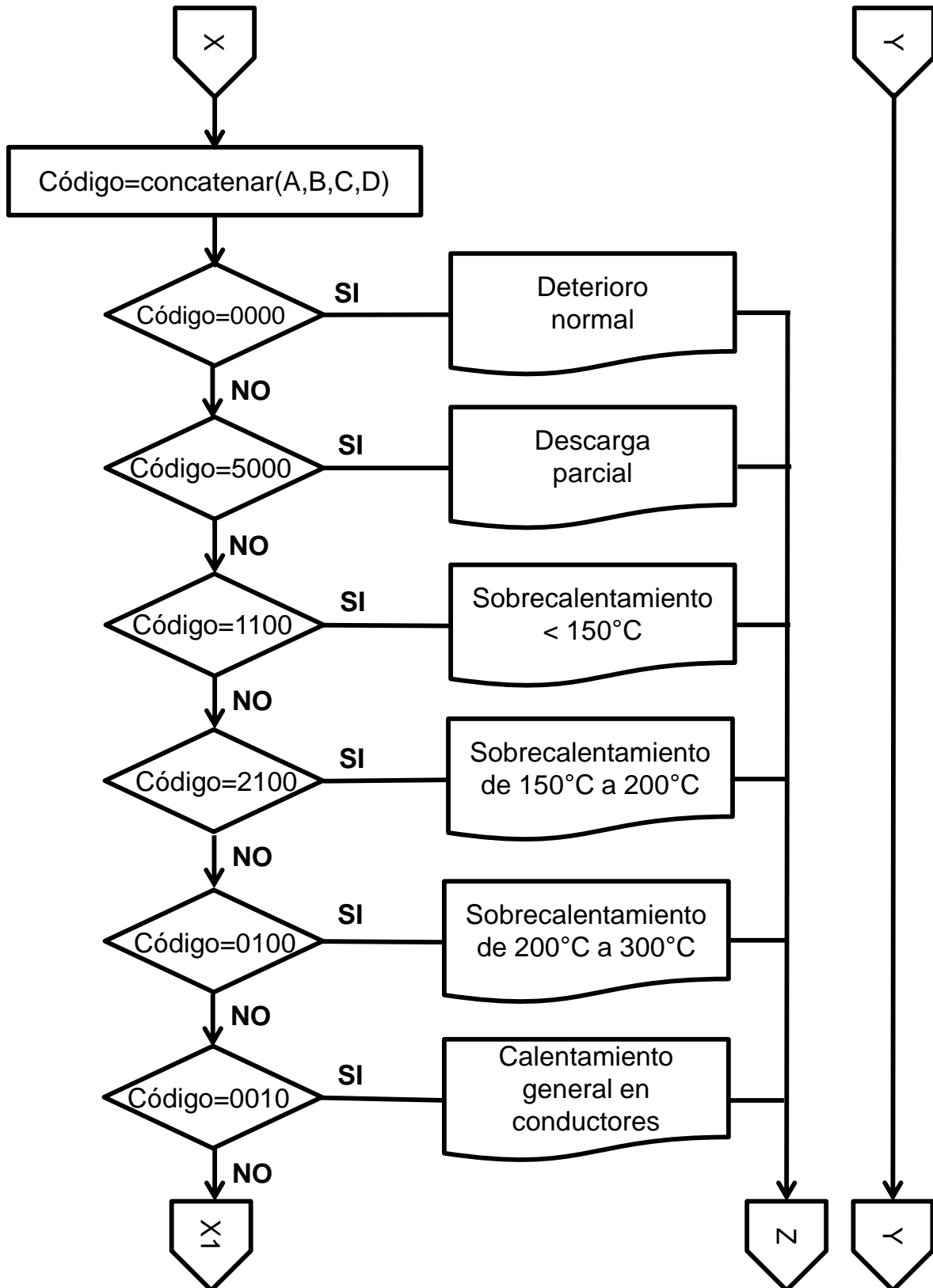


3.6.1 Objetivo para método de código de Rogers.

En base a las relaciones de las concentraciones de los gases metano entre hidrogeno (CH_4/H_2), etano entre metano ($\text{C}_2\text{H}_6/\text{CH}_4$), etileno entre etano (C_2H_4), acetileno entre etileno ($\text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_4$) y a los intervalos que se encuentran a dichas relaciones, determinar un código para el diagnóstico del estado operativo de los transformadores de potencia, de acuerdo al GOD-3537 Manual de mantenimiento a transformadores de potencia de la CFE.

A continuación se presenta la estructura del diagrama de flujo [24] utilizado para el diseño de este método figura 3.20.





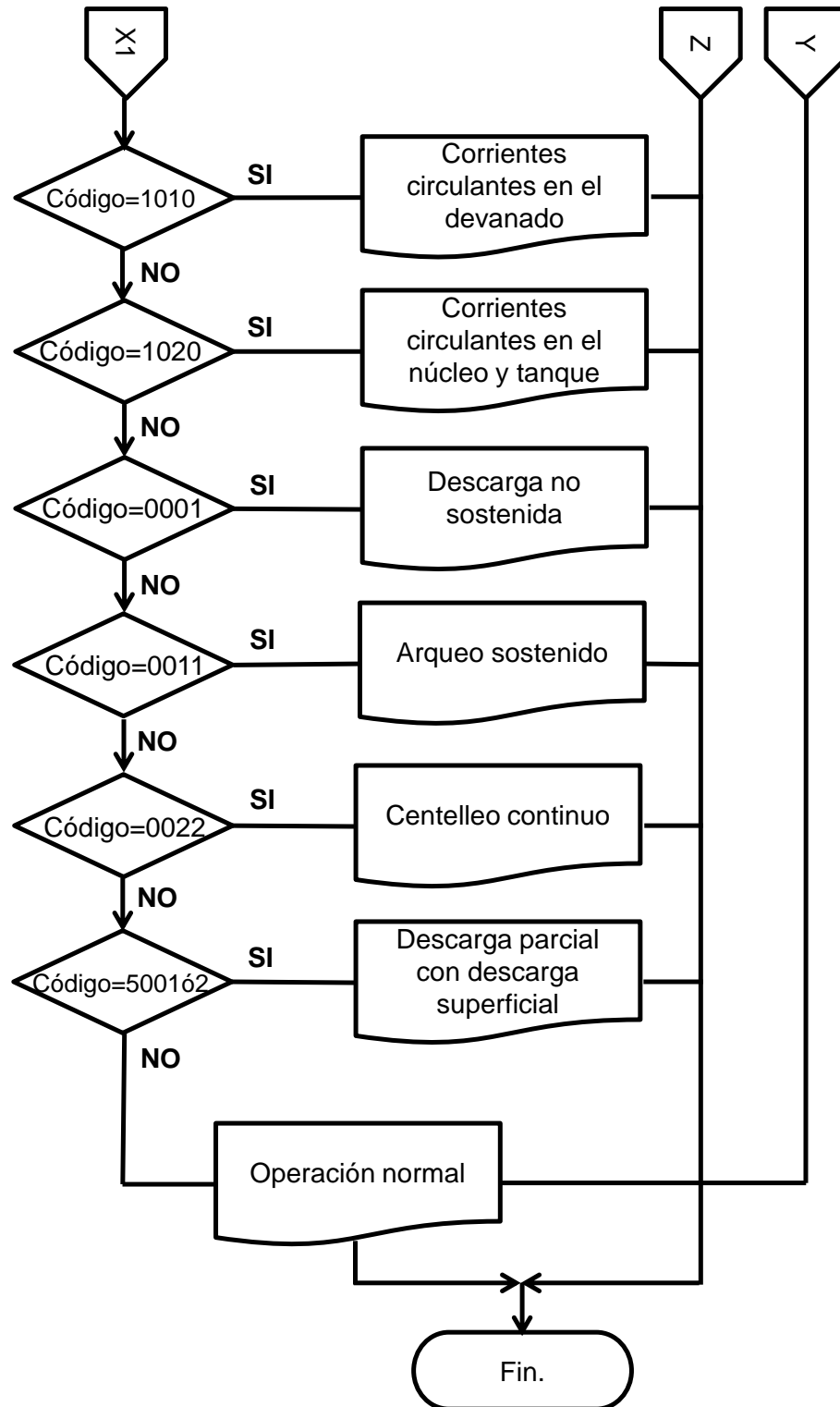


Figura 3. 20. Diagrama de flujo para el método código de Rogers.

En base al diagrama de flujo de la figura 3.20 se realiza en el entorno de desarrollo de visual studio 2012 el diseño del método del código de Rogers.

The screenshot shows a software application window titled 'MetodoRogers'. On the left, there are input fields for 'METANO (CH4)', 'HIDROGENO (H2)', 'ETANO (C2H6)', 'ETILENO (C2H4)', and 'ACETILENO (C2H2)'. Below these is a 'Diagnosticar' button. The main area contains a table with the following data:

COCIENTE DE GAS	INTERVALO	CODIGO	CH4 / H2	C2H6 / CH4	C2H4 / C2H6	C2H4 / C2H6	DIAGNOSTICO
$\frac{CH_4}{H_2}$	< 0.1	5	0	0	0	0	Deterioro normal
	> 0.1 < 1.0	0	5	0	0	0	Descarga parcial
	> 1.0 < 3.0	1	1 6 2	1	0	0	Sobrecalentamiento menor a 150°C
$\frac{C_2H_6}{CH_4}$	> 3.0	2	1 6 2	1	0	0	Sobrecalentamiento de 150 a 200°C
	< 1.0	0	0	1	0	0	Sobrecalentamiento de 200 a 300°C
$\frac{C_2H_4}{C_2H_6}$	> 1.0	1	0	0	1	0	Calentamiento general en conductores
	< 1.0	0	1	0	1	0	Comientes circulantes en el devanado
	> 1.0 < 3.0	1	1	0	2	0	Comientes circulantes en el núcleo y tanque
$\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$	> 3.0	2	0	0	0	1	Descarga no sostenida
	< 0.5	0	0	0	1 6 2	1 6 2	Arqueo sostenido
	> 0.5 < 3.0	1	0	0	2	2	Centello continuo
	> 3.0	2	5	0	0	1 6 2	Descarga parcial con descarga superficial

At the bottom of the window, there is a 'DIAGNOSTICO' label and a 'Salir' button.

Figura 3. 21. Diseño del código de Rogers, realizado en plataforma de visual studio 2012.

Código de programación Anexo 5.



3.7 Diseño del método de acciones básicas sobre TDCG

En base a la tabla 2.2 acciones básicas del TDCG, el cual es un método que toma como base el total (TDCG) de las concentraciones de los gases disueltos en el aceite aislante, se podría decir que es un método parecido al método de los límites de concentraciones de gases disueltos en el aceite aislante, pero la diferencia está en que este método nos determina aparte de la condición en que se encuentra operando el transformador nos da el intervalo de muestreo, es decir nos da la fecha que puede ser desde una semana hasta un año dependiendo de la condición y de la cantidad de ppm/día en que se le debe de realizar el próximo muestreo al transformador que se está analizando, lo cual se debe aprovechar para contemplar en los programas de mantenimiento.

Otra relevancia para el diseño de este método es contemplar los procedimientos de operación que recomienda:

Condición 4. Considerar retirara de servicio avisar al fabricante. Tomar extremas precauciones analizar los gases individuales plan de paro avisa al fabricante.

Condición 3. Tomar extremas precauciones analizar los gases individuales plan de paro avisa al fabricante.

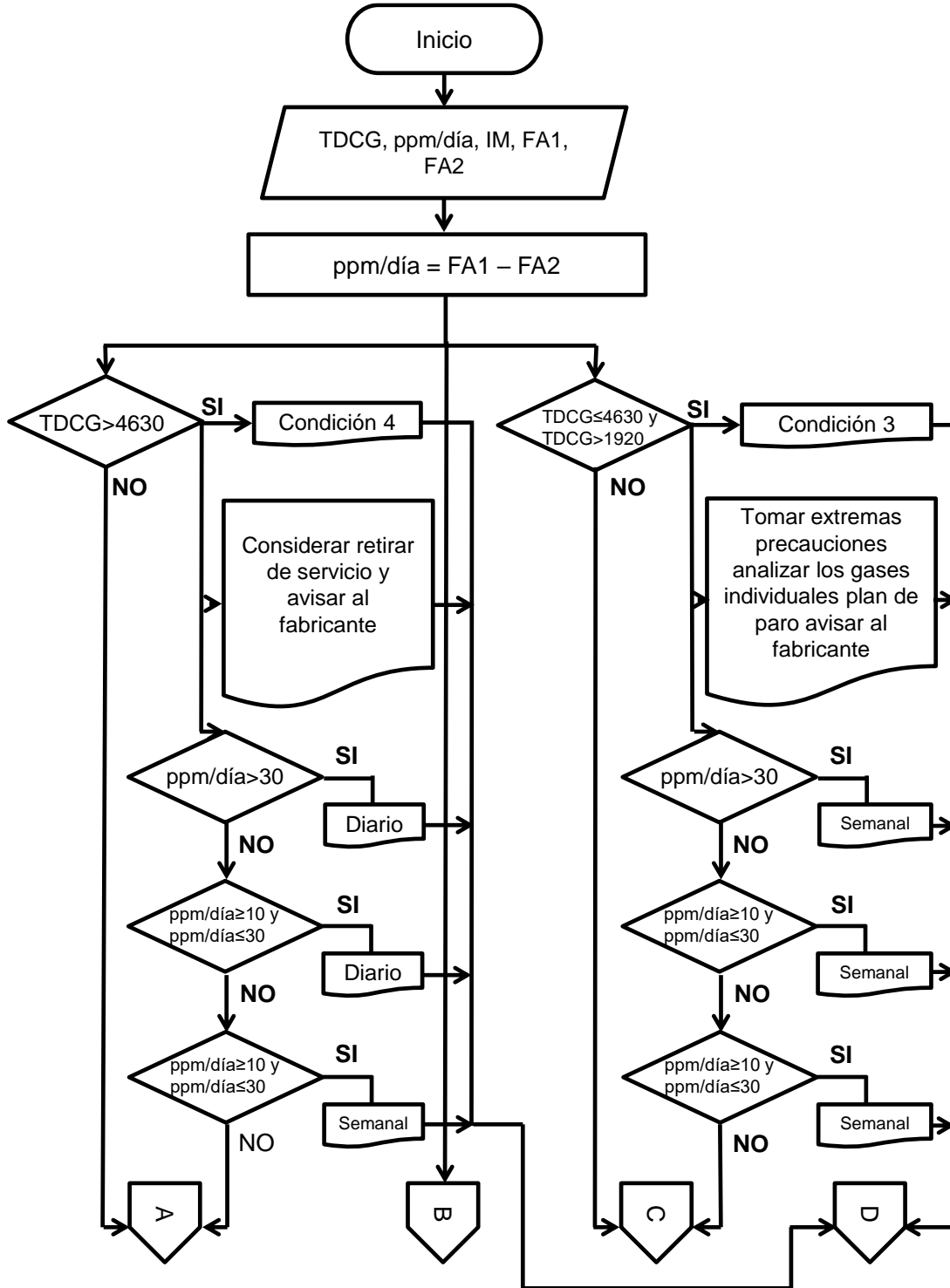
Condición 2. Tomar precauciones analizar los gases individuales, determinar la dependencia de la carga.

Condición 1. Tomar precauciones analizar los gases individuales, determinar la dependencia de la carga. Continuar la operación normal.

3.7.1 Objetivo para el método de acciones básicas del TDCG

Conocer los niveles de TDCG y los niveles de ppm/día para determinar: la condición de operación de los transformadores de potencia, el intervalo de muestreo y el procedimiento de operación a ejecutar, de acuerdo al GOD-3537 Manual de mantenimiento a transformadores de potencia de la CFE.

A continuación se muestra el diagrama de flujo [24] que se empleó para realizar el diseño de este método. Figura 3.22.



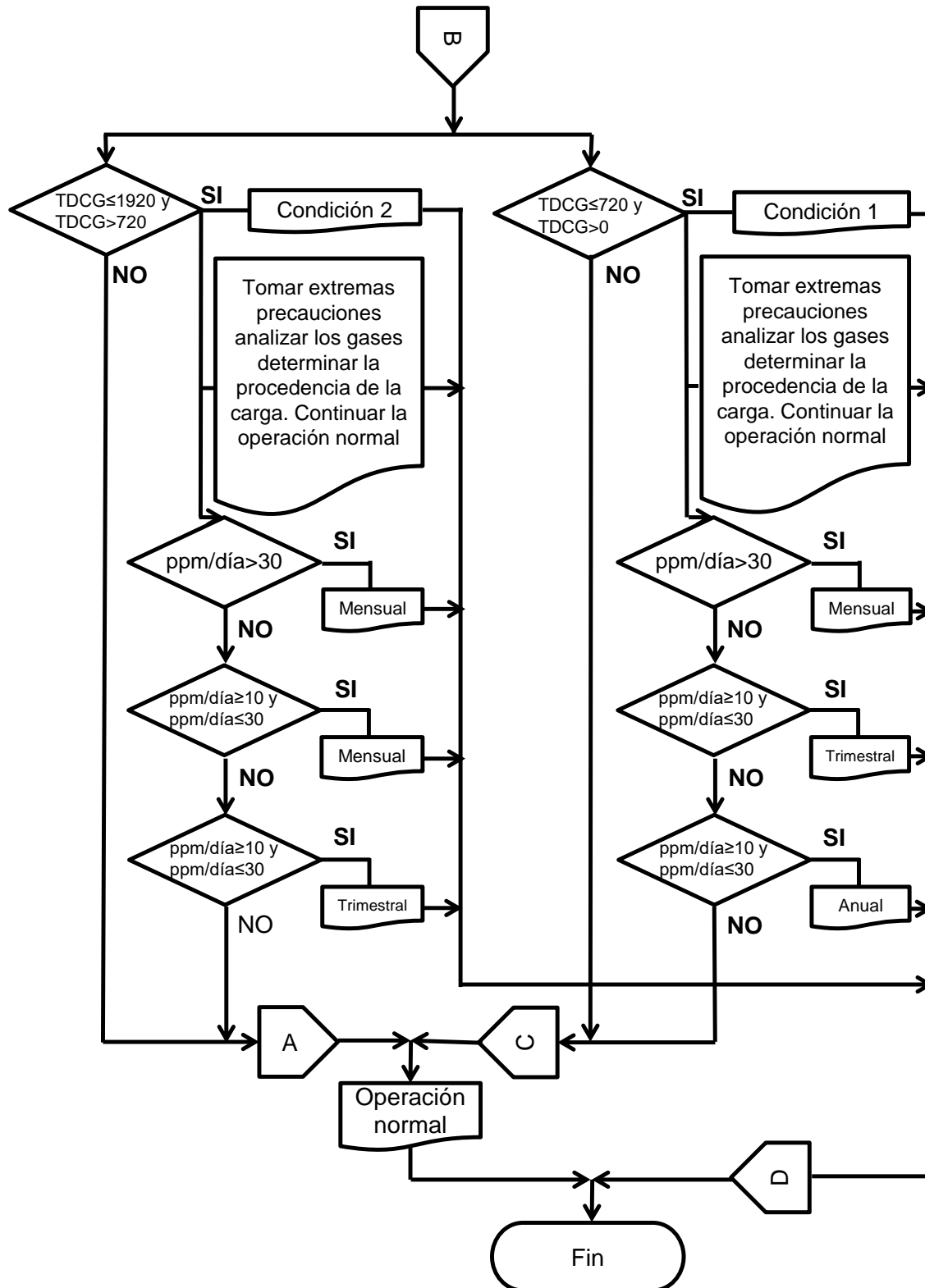


Figura 3. 22. Diagrama de flujo para el método acciones básicas del TDCG.



En base al diagrama de flujo de la figura 3.22 se diseña en el entorno de desarrollo de visual studio 2012 el diseño para el método de las acciones básicas sobre el TDCG.

Figura 3.23.

	NIVELES DE TDG (ppm)	NIVELES DE TDCG (ppm/dia)	INTERVALO DE MUESTREO	PROCEDIMIENTO DE OPERACION
CONDICION 4	> 4630	> 30	Diario	Considerar retirar de servicio Avisar al fabricante.
		10 - 30	Diario	
		< 10	Semanal	Tomar extremas precauciones analizar los gases individuales Plan de para avisar al fabricante.
CONDICION 3	1921 - 4630	> 30	Semanal	Tomar extremas precauciones analizar los gases individuales. plan de paro avisar al fabricante.
		10 - 30	Semanal	
		< 10	Mensual	
CONDICION 2	721 - 1920	> 30	Mensual	Tomar extremas precauciones analizar los gases individuales determinar la dependencia de la carga Continuar la operacion normal
		10 - 30	Mensual	
		< 10	Trimestral	
CONDICION 1	< 720	> 30	Mensual	Tomar extremas precauciones analizar los gases individuales determinar la dependencia de la carga. Continuar con la operacion normal.
		10 - 30	Trimestral	
		< 10	Anual	

Fecha: 15/11/2016 15/11/2016

Dias transcurridos entre muestras: Dias

Hidrogeno (H2):

Metano (CH4):

Acetileno (C2H2):

Etileno (C2H4):

Etano (C2H6):

Monoxido de Carbono (CO):

Total:

TDCG (ppm/dia): Fecha del proximo muestreo:

Figura 3. 23. Diseño del método de las acciones básicas sobre el TDCG, realizado en plataforma de visual studio 2012.

Código de programación Anexo 6.



Capítulo 4 Resultados

Para los resultados se clasificaran los transformadores de color verde los de operación normal, de amarillo los de operación intermedia y de color rojo los transformadores críticos.

4.1 Resultado del diagnóstico del estado operativo del transformador IZD-T1 mediante el análisis cromatográfico del algoritmo

Con los resultados de la muestra de aceite del transformador de la Zona Matamoros, subestación Izucar de Matamoros dos banco 1 (IZD-T1), resultados (cromatograma), del laboratorio de la zona Puebla oriente.

Marca: Prolec.

Serie: G-690-02

Relación de Transformación: 115/13.8 kV.

Capacidad: 12/16/20 MVA's.

Litros de aceite: 17457 Litros.

Tipo de enfriamiento: ONAN/ONAF/ONAF

Fecha de muestreo del 03/JUL/2016.

Hidrogeno (H_2) = 5

Metano (CH_4) = 108

Acetileno (C_2H_2) = 15

Etileno (C_2H_4) = 17

Etano (C_2H_6) = 397

Monóxido de Carbono (CO) = 118

Dióxido de Carbono (CO_2) = 783

En base a los temas y subtemas del capítulo 2, se analiza lo siguiente:

4.1.1 Resultado del módulo para el diagnóstico rápido del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.

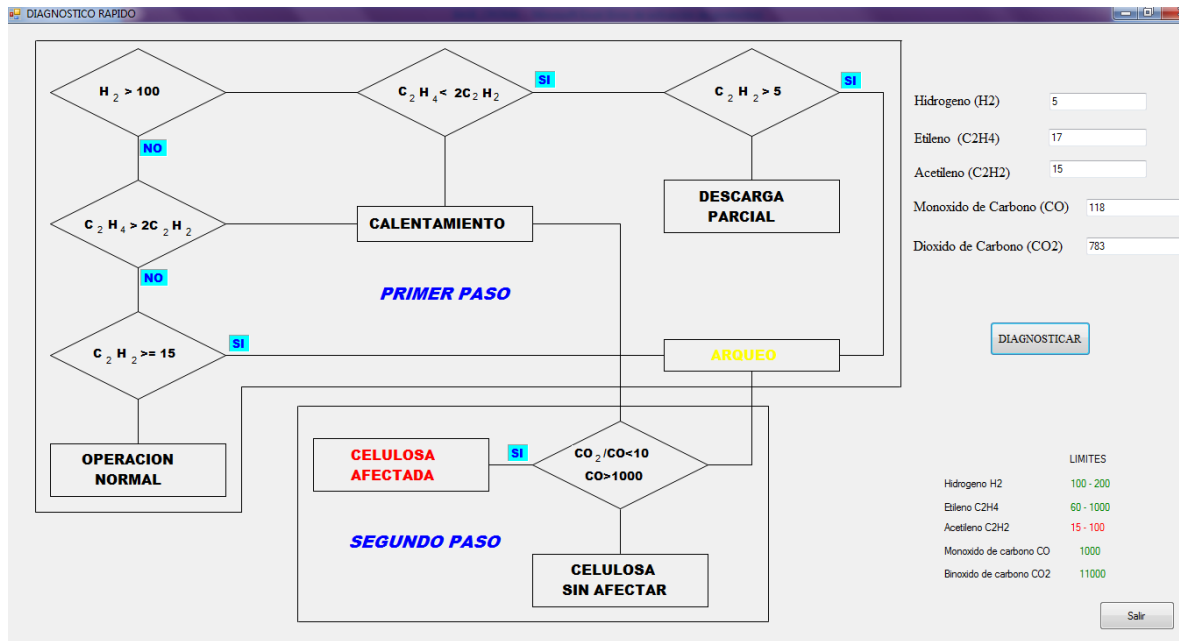


Figura 4. 1. Resultado del método de diagnóstico rápido para la cromatografía de gases del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.

El resultado del algoritmo en el primer paso: "ARQUEO", lo cual es correcto, porque coincide con la teoría, recordemos que los gases clave son el hidrogeno (H₂), el etileno (C₂H₄) y el acetileno (C₂H₂) el cual su presencia es la menos favorable por solo con 5ppm puede ser causa de preocupación porque representa probable existencia de un arqueo, en piezas de diferente potencial, o la separación de contactos lo cual es sumamente destructivo, es recomendable un muestreo semanal y verificar que su tendencia no supere el valor crítico que se encuentra entre 15 a 100 ppm.

Para el segundo paso el diagnostico corresponde al del primer paso porque si hay arqueos es probable que también se encuentre la celulosa afectada, ya que aunque el acetileno (C₂H₂) se encuentra elevado el Hidrogeno (H₂) no lo está, Aunado a esto se debe determinar conjuntamente con otros resultados para relacionarlos y así poder determinar su estado operativo del IZD-T1. Cabe mencionar que como su nombre lo

dice es un diagnóstico rápido si se profundizara más a cerca de este método, es decir, si se le programara que buscara en la base de datos de todas las muestras que se tiene cargadas de balde serían los demás métodos.

4.1.2. Resultado del módulo para el método de límites para gases disueltos en el aceite aislante del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.

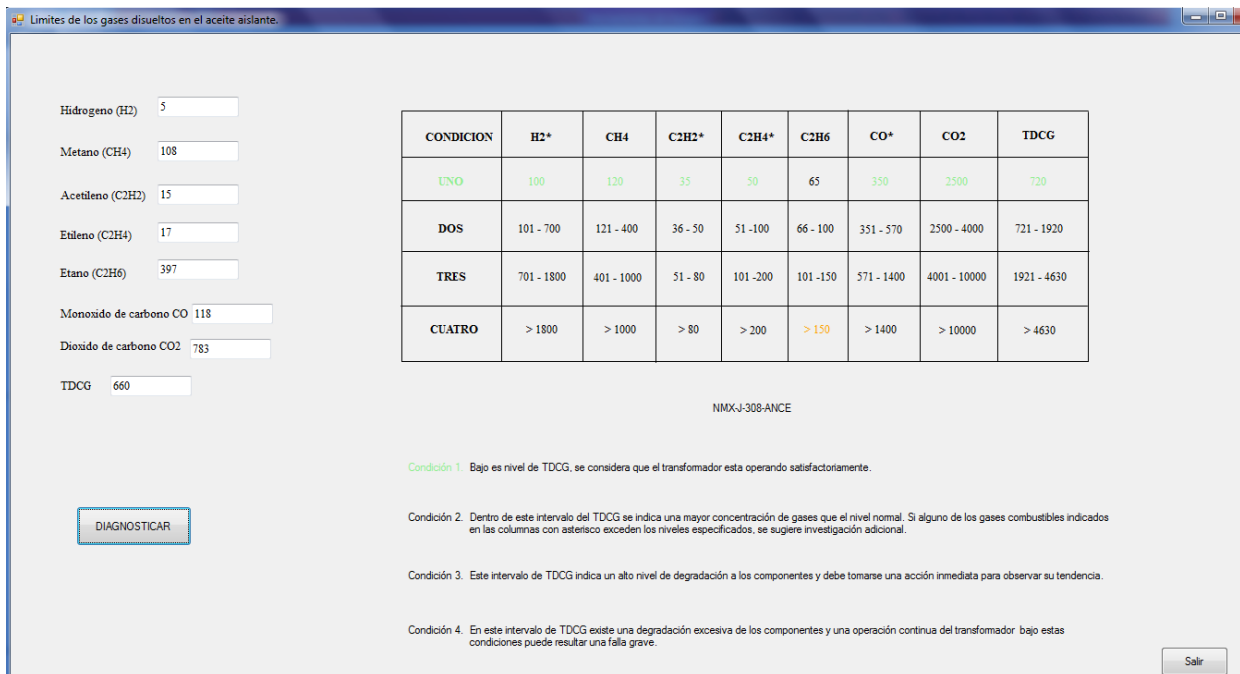


Figura 4. 2. Resultado del método de límites para gases disueltos en el aceite aislante del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.

Lo que primero debemos observar es que aparte de evaluar el hidrogeno H₂, el etileno C₂H₄, el acetileno C₂H₂, el monóxido de carbono CO y el dióxido de carbono, también se evalúan el metano CH₄ y el etano C₂H₆, este método está basado en la concentración individual pero también en la concentración del total de gases disueltos (TDCG), como se manejó en la literatura no se trata de un pasa o no pasa (2.3.1), ya que se sabe que estos valores límite están basados en la experiencia de algunas

compañías. Entonces con base a este comentario nosotros como encargados de los 169 transformadores de potencia, se debe decidir qué acciones tomar, es decir, tomar como referencia estos valores que al observar el diagnóstico arrojado por el algoritmo se observa que el único valor que se encuentra en condición 4 es el del etano C_2H_6 el cual cumple la lógica para lo que fue programado, como se puede observar los demás gases se encuentran en condición uno y lo más importante que le TDCG se encuentra en condición uno, diagnóstico que nos lleva a ver el comportamiento de los demás métodos.

4.1.3. Resultado del módulo para el método de la gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.

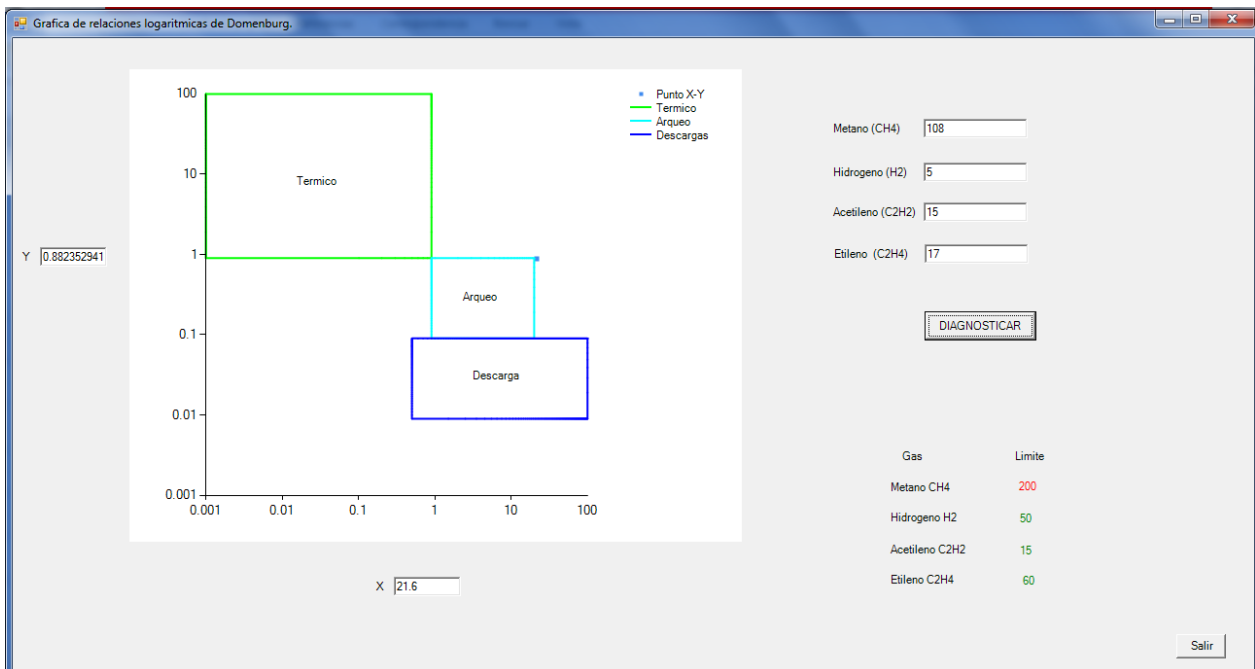


Figura 4. 3. Resultado 1 del método de la gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.



En este resultado quisiera hacer una comparación con el método de diagnóstico rápido, como podemos observar con este resultado el punto X-Y, que resultan de la división de la concentración del metano (CH_4) entre la concentración del hidrogeno (H_2) y la división de la concentración del acetileno (C_2H_2) entre la concentración del etileno (C_2H_4), se encuentra apenas en la periferia del área de arqueo, siendo este el resultado del método de diagnóstico rápido solo por una centésima ppm por expresarlo de alguna manera así, ya que el límite del método de diagnóstico rápido para el acetileno es $\text{C}_2\text{H}_2 \geq 15$ ppm, por lo que lo diagnostica como “arqueo”.

Otra observación es que el método de diagnóstico rápido, si este valor del acetileno hubiese sido centésima de ppm se hubiese encendido la condición de operación normal pero tomando en cuenta que de todos modos la alerta de arqueo se encendería ya que la otra condición del acetileno C_2H_2 que se encuentra conectado a la condicionante del etileno $\text{C}_2\text{H}_4 < 2\text{C}_2\text{H}_2$, la condicionante es $\text{C}_2\text{H}_2 > 5$ lo cual es verdadero, es decir, con estos tres métodos se puede considerar que el IZD-T2 está operando en condiciones normales, independientemente de la alerta del C_2H_4 , por lo siguiente y tomando en cuenta el comentario hacia la comparación del diagnóstico rápido con el método de relaciones logarítmicas de Dömenburg, el cual marca que si el punto se encuentra fuera de las áreas de “Térmico”, “Arqueo” o “Descarga” el transformador se encuentra operando en condiciones normales y más aún la condición del método de límites de gases individuales es “CONDICION UNO”. Ahora si elevamos un poco el hidrogeno $\text{H}_2 = 102$ ppm y el etileno $\text{C}_2\text{H}_4 = 3$, observemos el resultado:

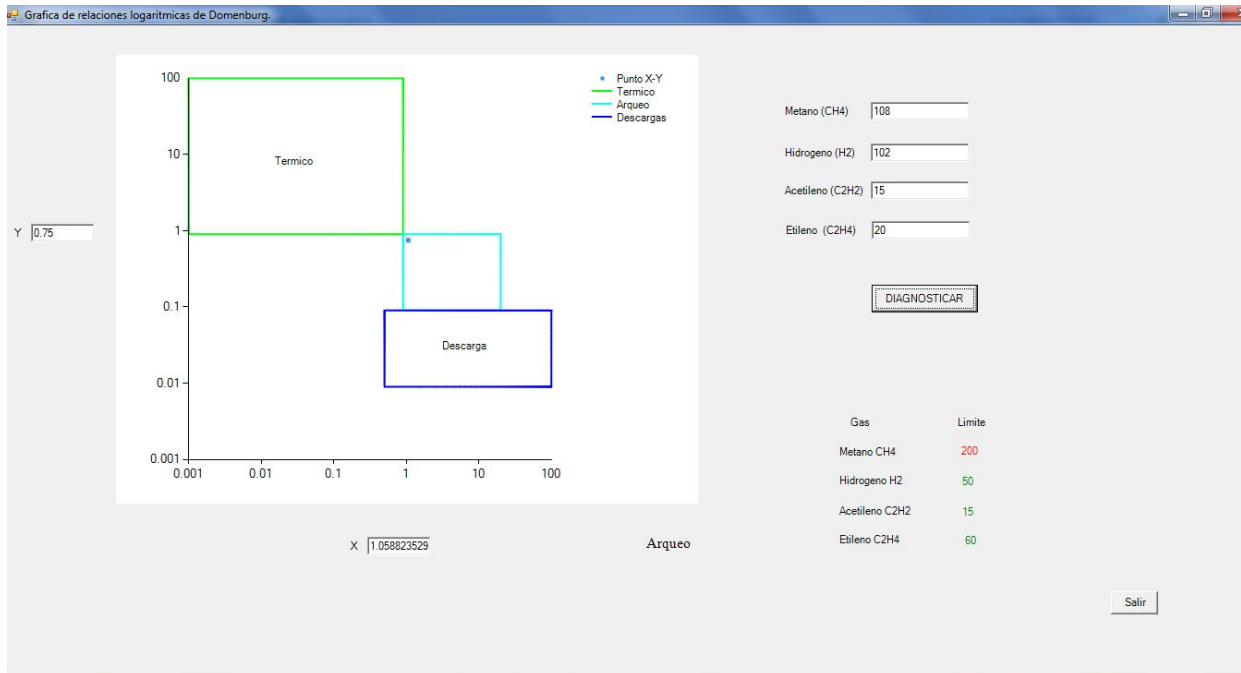


Figura 4. 4. Resultado 2 del método de la gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg, diagnosticado por el algoritmo.

Se puede observar que el punto se encuentra ahora en el área de “ARQUEO” completamente, lo cual confirma lo anterior que el transformador está operando normal y que un incremento en especialmente en el hidrogeno H₂ y el etileno C₂H₄ nos indicaría que el problema empieza a hacerse más serio. Pero observemos los otros métodos restantes.

4.1.4. Resultado del módulo para el método de triángulo de Duval del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.

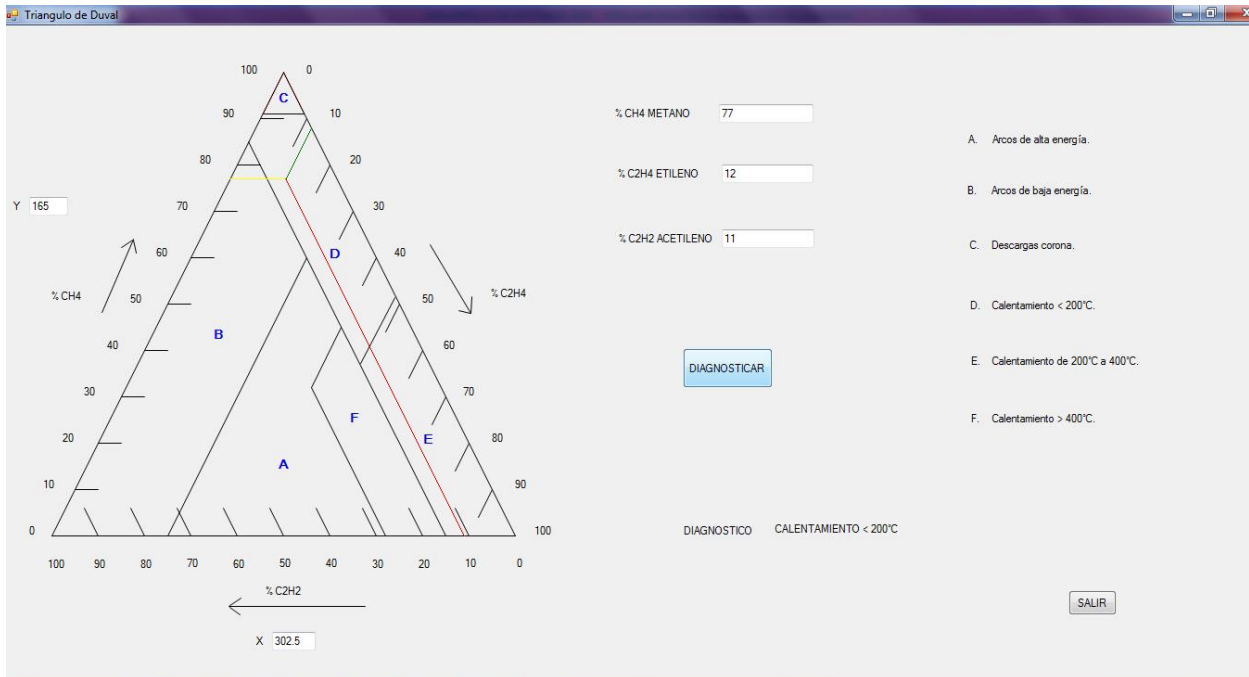


Figura 4. 5. Resultado método de triángulo de Duval del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.

El diagnóstico del triángulo de Duval fue sección “E, CALENTAMIENTO < 200°C” con esto es más que evidente que el IZD-T1 se encuentra operando en condición normal ya que refiriéndonos a temperatura el GOD-3537 Manual de mantenimiento a transformadores de potencia, nos indica que: los metales soportan altas temperaturas (1083°C para el cobre antes de fundirse, y aunado a esto, las piezas son enfriadas por el aceite, por lo que un sobrecalentamiento apenas de 600°C no deforma ni fatiga la pieza metálica. Pero desde el punto de vista del aceite, esta situación no es nada agradable ya que este enfría la pieza a costa de su descomposición, aparte el etileno C_2H_4 no pasa de su valor límite 60 ppm.

4.1.5. Resultado del módulo para el método de código de Rogers del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.

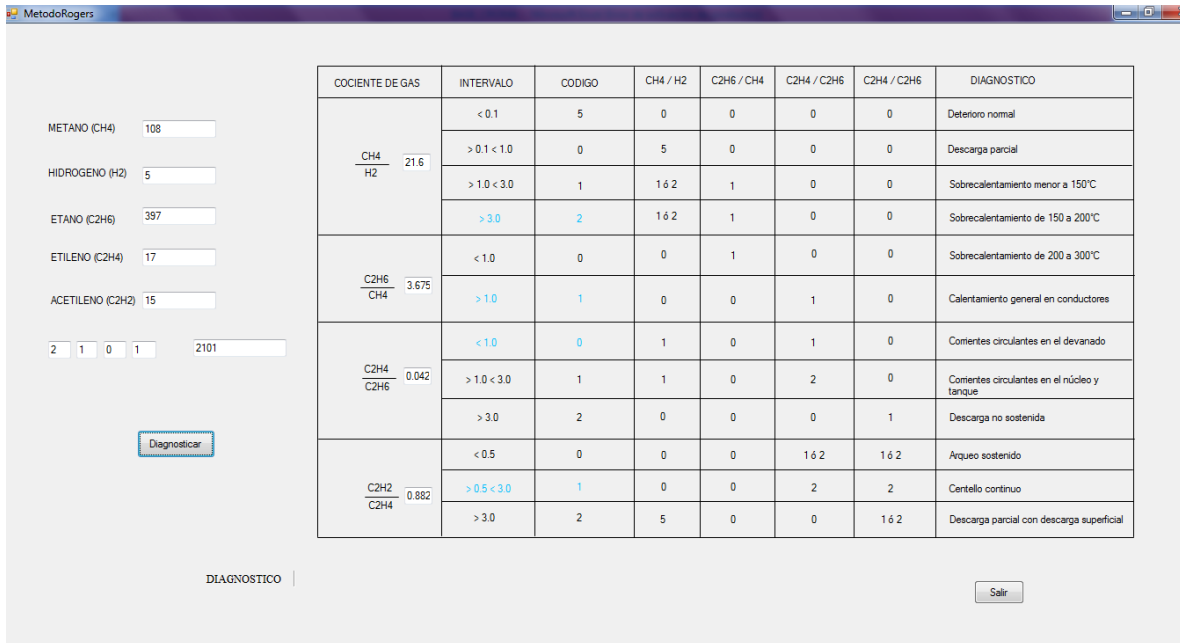


Figura 4. 6. Resultado del método código de Rogers del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.

El código de Rogers su código para diagnóstico fue: 2101 el cual no está contemplado dentro del diagnóstico por lo que al igual que el método de gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg al no encontrarse el punto X-Y dentro de las áreas de “Térmico”, “Arqueo” o “Descarga” la operación es normal, lo mismo para el código de Roger al no estar contemplado ese código es indicativo de operación normal.

4.1.6. Resultado del módulo para el método de acciones básicas sobre el TDCG del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.

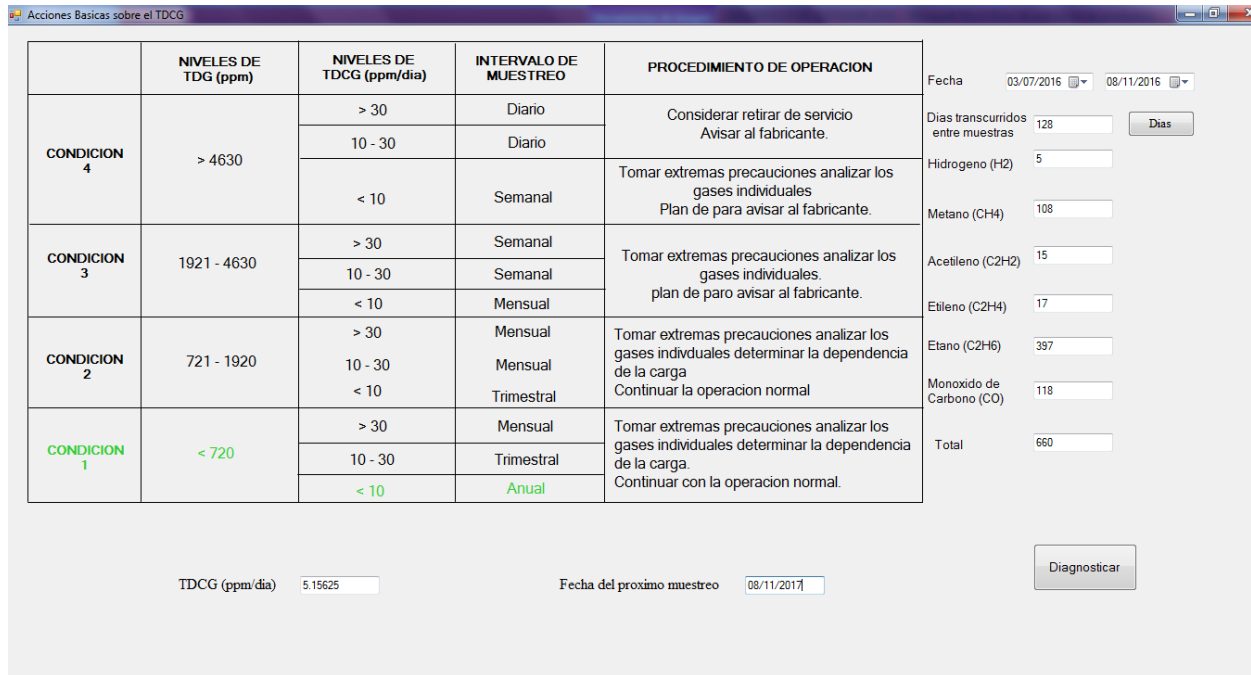


Figura 4. 7. Resultado del método acciones básicas sobre el TDCG del IZD-T1, diagnosticado por el algoritmo.

En el módulo de las acciones básicas del TDCG, diagnóstico condición 1, el total de gases es 660 ppm, con un nivel de TDCG (ppm/día) menor a 10, y el intervalo de muestreo es “ANUAL”, por lo que con este método podemos demostrar que el transformador IZD-T1, se encuentra operando correctamente con un deterioro normal.



4.2 Resultado del diagnóstico del estado operativo del transformador PIR-T1 mediante el análisis cromatográfico del algoritmo

Se analizan los resultados de la muestra de aceite del transformador de la Zona Pachuca, subestación parque industrial reforma Banco 1 (PIR-T1), resultados (cromatograma), del laboratorio de la Zona Puebla Oriente

Marca: IEM

Serie: 26-1618

Relación de Transformación: 85/23 Kv.

Capacidad: 20/25/30

Litros de aceite: 22479

Tipo de enfriamiento: OA/FOA1/FOA2

Fecha de muestreo: 17/SEP/2016

Hidrogeno (H_2) = 381

Metano (CH_4) = 413

Acetileno (C_2H_2) = 7

Etileno (C_2H_4) = 646

Etano (C_2H_6) = 195

Monóxido de Carbono (CO) = 341

Dióxido de Carbono (CO_2) = 1983

Los resultados son los siguientes:

4.2.1. Resultado del módulo para método del diagnóstico rápido del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.

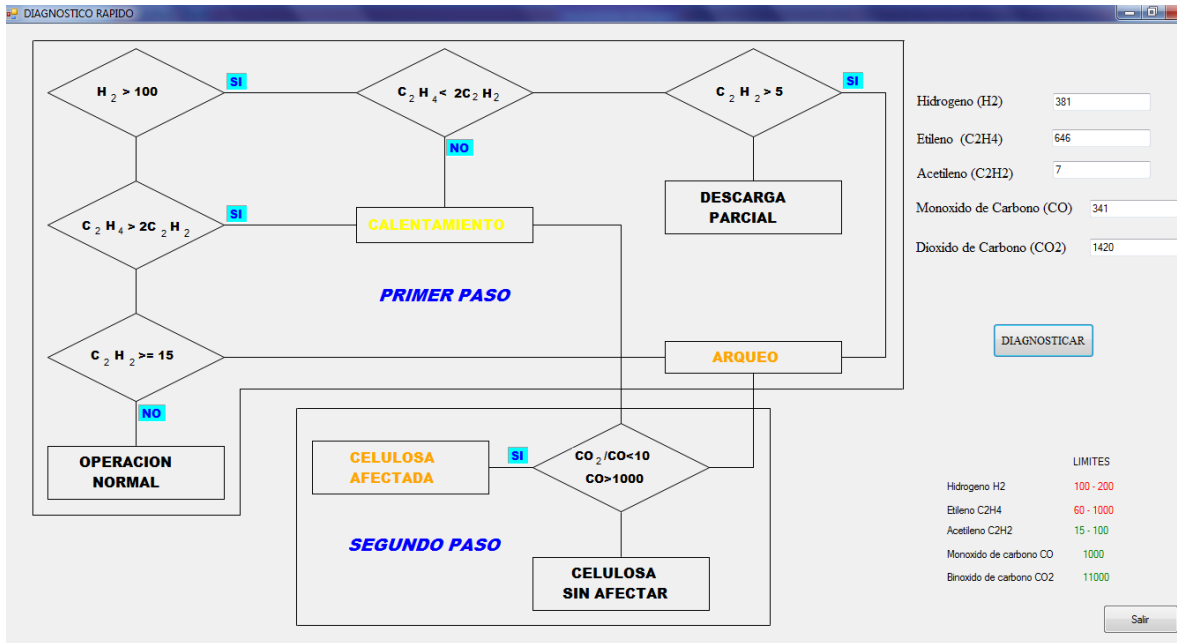


Figura 4. 8. Resultado del método de diagnóstico rápido para la cromatografía de gases del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.

El método de diagnóstico rápido nos dice que existe un “CALENTAMIENTO” como primer paso se observa el hidrogeno H_2 es mayor a 100 por lo que se pone en alerta roja porque sobrepasa su límite, el etileno C_2H_4 no es menor a 2 veces el acetileno C_2H_2 y por lo tanto es mayor a 2 veces el acetileno C_2H_2 , se observa que está sobrepasando su límite esto quiere decir por la literatura del punto 2.3.2, que es indicativo de un sobrecalentamiento de algún metal (puntos caliente) que por lo general se trata de conectores, tornillería y/o laminaciones. También se pudo observar que el acetileno C_2H_2 cumple la condición de ser mayor a 5 por lo que diagnostica “ARQUEO”. Como segundo paso la celulosa se encuentra afectada lo cual puede relacionarse con el calentamiento entonces puede haber la presencia de carbón, o papel quemado.

4.2.2. Resultado del módulo para el método de límites de gases disueltos en el aceite aislante del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.

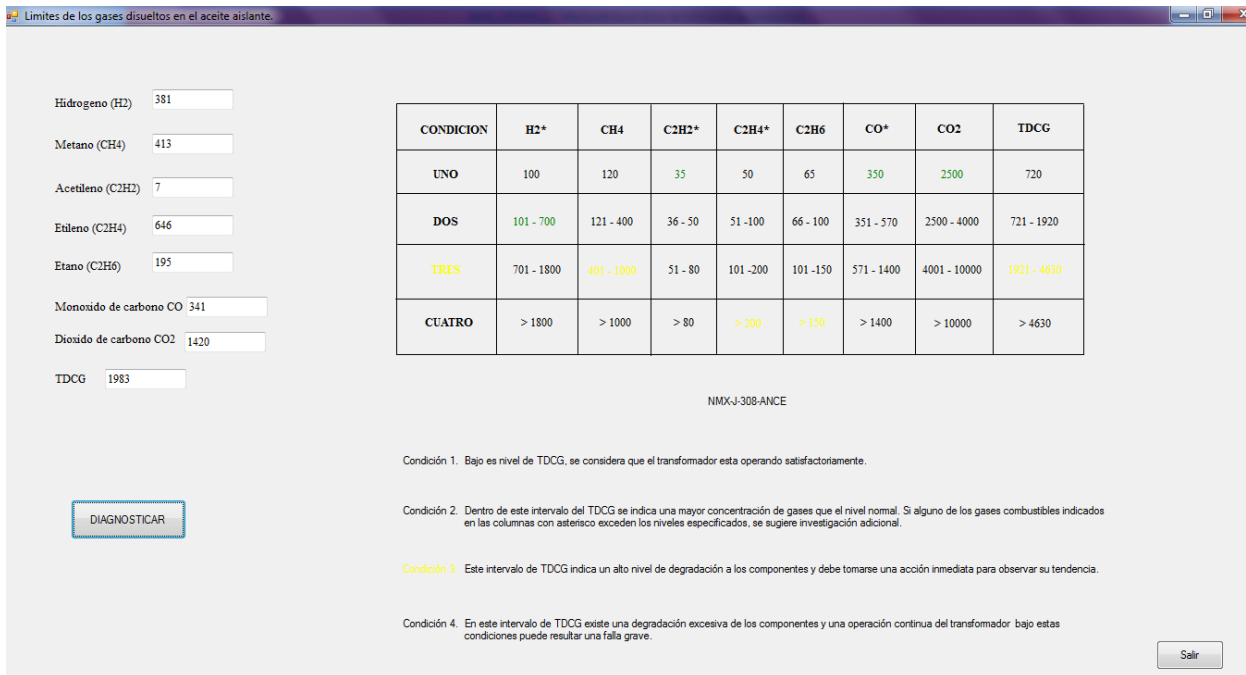


Figura 4. 9. Resultado del método de límites para gases disueltos en el aceite aislante del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.

Para el método de límites de gases disueltos en el aceite aislante podemos observar, que se encuentra en condición 3, por lo que ya estamos hablando de un transformador que ha venido degradando su aislamiento de manera significativa porque de acuerdo a la NMX-J-308-ANCE, lo clasifica como un alto nivel de degradación a los componentes y debe tomarse una acción inmediata y como se pudo observar en el método de diagnóstico rápido que el etileno C₂H₄ sobrepasaba su límite según ese método y por este otro método lo posiciona en condición 4.



4.2.3. Resultado del módulo para el método de la gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.

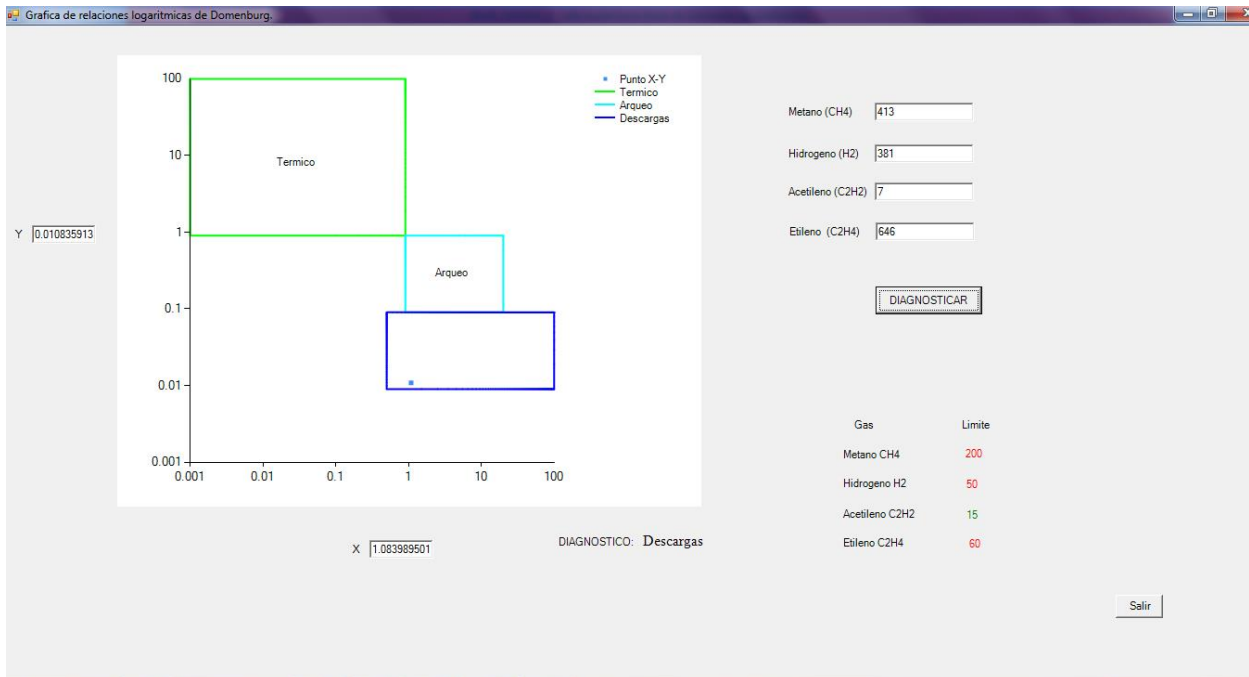


Figura 4. 10. Resultado del método de la gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.

En el diagnóstico arrojado por la gráfica de relaciones logarítmicas de Dömenburg es "Descargas" el cual coincide con el método de diagnóstico rápido, también se observa que el metano CH₄, el hidrogeno H₂ y el etileno C₂H₄ están fuera de su límite.

4.1.4. Resultado del módulo para el método de triángulo de Duval del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.

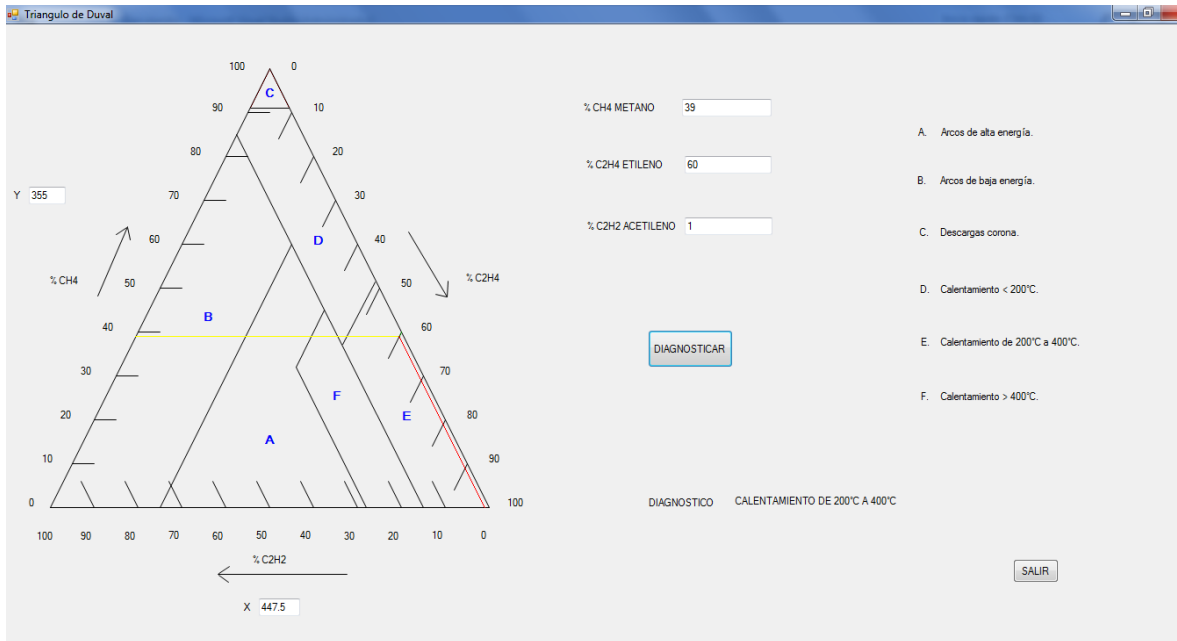


Figura 4. 11. Resultado método de triángulo de Duval del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.

El diagnóstico arrojado por el triángulo de Duval es “CALENTAMIENTO 200°C A 400°C”, calentamiento de alguna pieza metálica como se observó en el diagnóstico rápido, teniendo en cuenta que el porcentaje más alto es el del etileno C_2H_4 , es evidente que con el diagnóstico del Triángulo de Duval se puede presentar una falla incipiente.

4.2.5. Resultado del módulo para el método del código de Rogers del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.

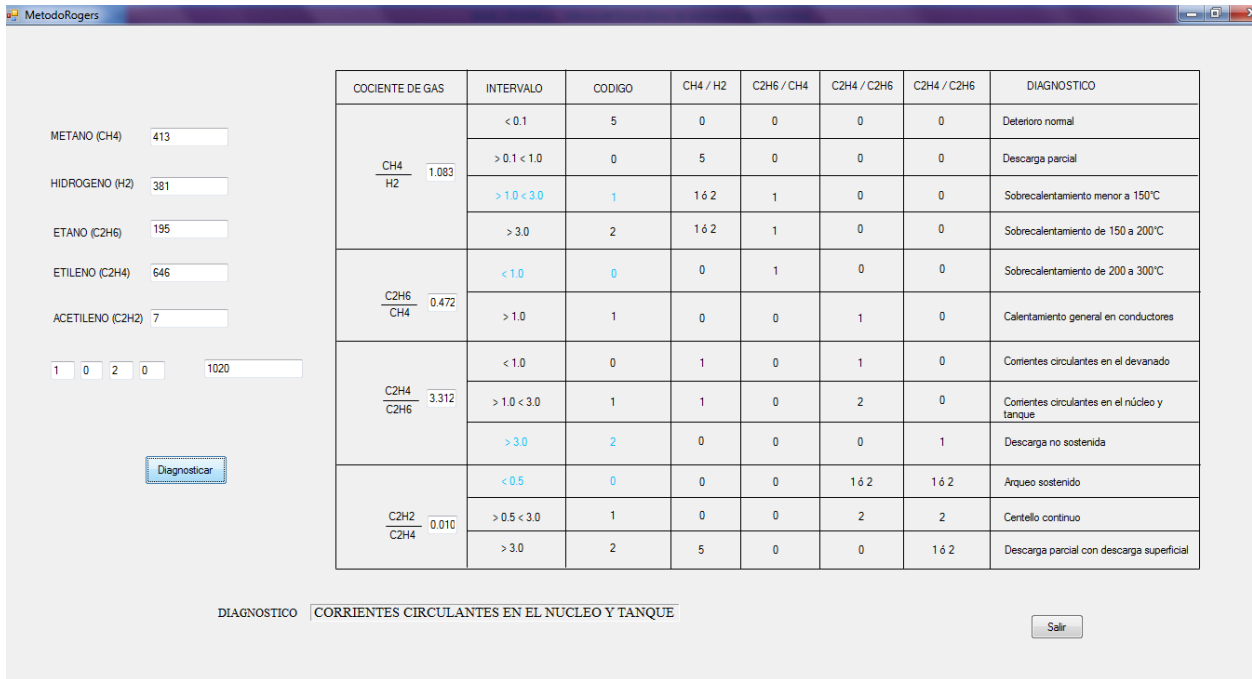


Figura 4. 12. Resultado del método código de Rogers del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.

Este diagnóstico del método código de Rogers, es muy interesante porque nos muestra la magnitud del problema ya que el diagnóstico es: "CORRIENTES CIRCULANTES EN EL NUCLEO Y TANQUE" lo cual quiere decir que los medios aislantes se están degradando de manera severa, ya que esto significa la ruptura dieléctrica del aceite aislante, un aumento de las pérdidas dieléctricas, es necesario revisar el contenido de agua la cual su presencia acelera la degradación del papel aislante.



4.1.6. Resultado del módulo para el método de acciones básicas sobre el TDGC del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.

CONDICION	NIVELES DE TDG (ppm)	NIVELES DE TDCG (ppm/dia)	INTERVALO DE MUESTREO	PROCEDIMIENTO DE OPERACION
CONDICION 4	> 4630	> 30	Diario	Considerar retirar de servicio Avisar al fabricante.
		10 - 30	Diario	
		< 10	Semanal	Tomar extremas precauciones analizar los gases individuales Plan de para avisar al fabricante.
CONDICION 3	1921 - 4630	> 30	Semanal	Tomar extremas precauciones analizar los gases individuales. plan de paro avisar al fabricante.
		10 - 30	Semanal	
		< 10	Mensual	
CONDICION 2	721 - 1920	> 30	Mensual	Tomar extremas precauciones analizar los gases individuales determinar la dependencia de la carga Continuar la operacion normal
		10 - 30	Mensual	
		< 10	Trimestral	
CONDICION 1	< 720	> 30	Mensual	Tomar extremas precauciones analizar los gases individuales determinar la dependencia de la carga. Continuar con la operacion normal.
		10 - 30	Trimestral	
		< 10	Anual	

TDCG (ppm/dia) 36.054545454545454 Fecha del proximo muestreo 18/11/2016

Fecha 17/09/2016 11/11/2016

Dias transcurridos entre muestras 55 Dias

Hidrogeno (H2) 381

Metano (CH4) 413

Acetileno (C2H2) 7

Etileno (C2H4) 646

Etano (C2H6) 195

Monoxido de Carbono (CO) 341

Total 1983

Diagnosticar

Figura 4. 13. Resultado del método acciones básicas sobre el TDCG del PIR-T1, diagnosticado por el algoritmo.

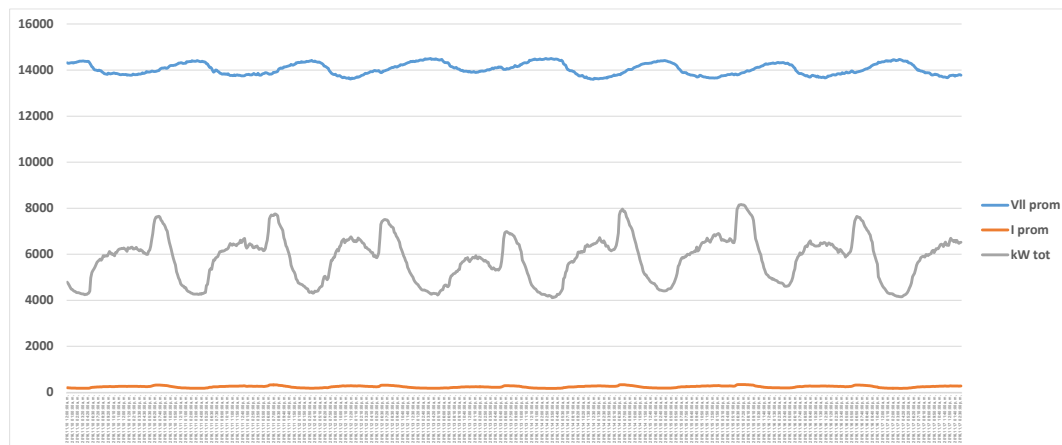
La condición es muy severa la está diagnosticando método de acciones básicas sobre TDGC como “CONDICION 3”, el intervalo de muestreo lo sugiere que sea de forma semanal y tomar acciones inmediatas para ver la procedencia de los gases.



CONCLUSIONES.

Conclusión par el IZD-T1, creo que es más que claro que el transformados IZD-T1 está operando en condiciones normales, después de los diagnósticos de cada uno de los módulos del algoritmo, pero sin despreciar la alarma del módulo de diagnóstico rápido a donde tenemos el acetileno C_2H_2 , que se encuentra apenas alcanzando su límite de 15 ppm, y el límite del etano C_2H_6 que de acuerdo al módulo de los límites de gases disueltos se encuentra en condición “CUATRO”, que aunque no son valores favorables no son de preocuparse ya que en el módulo de las acciones básicas sobre el TDCG se encuentra en condición “UNO”, la cantidad de TDCG(ppm/día) recomienda un intervalo de muestreo “ANUAL”, en este punto donde se enfatiza que el algoritmo ayuda a realizar una tarea analítica, la responsabilidad de decidir sobre los transformadores es de quien está a cargo de ellos, si, hacerle el muestro en un año o por lo menos en medio año para ver si los gases que se encontraron fuera de límite no se están incrementando, ahora otra cosa importante que en la literatura del GOD-3537 Manual de mantenimiento a transformadores de potencia, no se contempla que se debe de hacer un muestreo de inmediato si se presenta falla en el BUS de alta tensión o en el BUS de baja tensión.

Con el reporte de cargas el cual se obtuvo del sistema de monitoreo de calidad de energía de CFE, para el IZD-T1, se observa lo siguiente:



Reporte de monitoreo de calidad de la energía para el IZD-T1, del 03 al 10 de Noviembre con intervalos en la medición cada 10 minutos.



Voltaje		Corriente		Potencia	
MAX	14506	MAX	342	MAX	8161
MEDIA	13990	MEDIA	252	MEDIA	6053
MINIMA	13599	MINIMA	172	MINIMA	4112

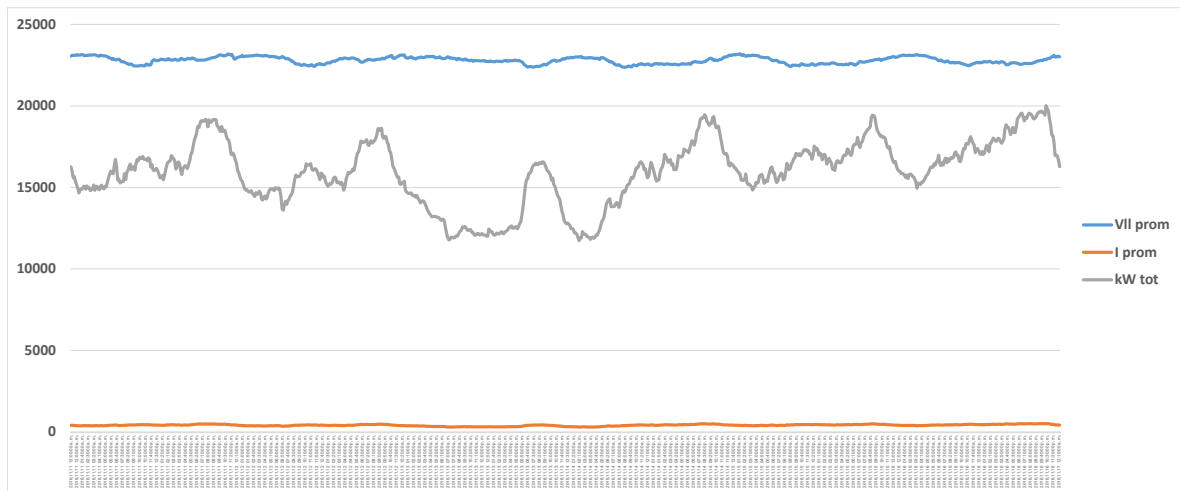
CAPACIDAD	30000	KVA
CARGABILIDAD	27,20	%

El IZD-T1 se encuentra operando al 27.20% de su capacidad.

En base a los resultados obtenidos por el algoritmo y el reporte de carga, nos permite clasificarlo como un transformador en estado operativo normal "VERDE".

En conclusión para el PIR-T1, no olvidemos que el hidrogeno H_2 se presenta por cualquier falla y el etileno C_2H_4 por sobrecalentamiento detectado en el diagnóstico rápido lo cual representa un sobrecalentamiento severo, que el triángulo de Duval lo está detectando de $200^{\circ}C$ a $400^{\circ}C$, por lo que hay partes como se comentó algunos puntos calientes en las laminaciones tornillería etc., lo cual quiere decir que los arqueos detectados por el diagnóstico rápido, la gráfica de Dömenburg y el código de Rogers sean causa del incremento de hidrogeno H_2 tal y como lo plantea la literatura que el incremento de dicho gas es porque el incremento se caracteriza por descargas parciales o efecto corona los cuales con el paso del tiempo se convierten en “Arqueos”, mismos que a su vez queman los medios aislantes produciendo carbón el cual con el paso del tiempo se convierten en lodos, que son los causantes de taponear los radiadores que es por donde recircula el aceite para ser enfriado por los motoventiladores, por lo que se programara un plan de mantenimiento inmediato para encontrar la procedencia de la causa raíz a este incremento de gases.

Del sistema de monitoreo de calidad de energía se observa lo siguiente:



Reporte de monitoreo de calidad de la energía para el PIR-T1, del 03 al 10 de Noviembre con intervalos en la medición cada 10 minutos.



Voltaje		Corriente		Potencia	
MAX	23207	MAX	521	MAX	20151
MEDIA	22807	MEDIA	421	MEDIA	16213
MINIMA	22378	MINIMA	298	MINIMA	11739

CAPACIDAD	30000	KVA
CARGABILIDAD	67,17	%

El PIR-T1 se encuentra operando al 67.17% de su capacidad.

Por lo que ante estos resultados se clasifica al PIR-T1 de color “AMARILLO”.

Nota: En condición rojo no se ha detectado ningún transformador, ya que esta herramienta está en sus inicios de operación.

Cabe mencionar que los tiempos para realizar estos análisis se han reducido al máximo, dando la oportunidad de realizar una planeación oportuna a los programas de mantenimiento, incluso se está trabajando para realizar los programas para el 2017 contemplando ya esta herramienta, para continuar manteniendo al sistema eléctrico confiable, continuo y con calidad en el suministro de energía eléctrica de la División Centro Oriente de CFE.

Trabajos a futuro:

- Que el algoritmo extraiga los resultados del cromatógrafo de manera automática analizando y diagnosticando el estado operativo de los transformadores de potencia, si detecta una condición anormal, mandar un correo con los resultados a los responsables según corresponda.
- Que el algoritmo contemple las pruebas eléctricas realizadas a los transformadores para complementar el diagnóstico y tener más argumentos de



su estado operativo y nos determine posibles acciones en base al diagnóstico.

- Cambiar la presentación del algoritmo, que se presente de acuerdo al diagrama de la red de 115kV, para poder acceder a los transformadores por subestación y se muestre el color que de acuerdo a su diagnóstico lo identifica como verde, amarillo ó rojo.



BIBLIOGRAFIA

- [1] CFE, «K0000-13 Transformadores y autotransformadores de potencia para subestaciones de distribución.,» LAPEM, México, 2006.
- [2] S. J. Chapman, Maquinas Eléctricas, México: McGraw-Hill, 2005.
- [3] M. González, «Ley de Coulomb y Concepto de Campo eléctrico,» 15 Marzo 2011. [En línea]. Available: <http://fisica.laguia2000.com/dinamica-clasica/fuerzas/ley-de-coulomb-y-concepto-de-campo-electrico>. [Último acceso: 13 Junio 2016].
- [4] Marimar, «LEY DE FARADAY | INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA,» 17 Octubre 2016. [En línea]. Available: <http://espaciociencia.com/ley-de-faraday-induccion-electromagnetica/>. [Último acceso: 18 Octubre 2016].
- [5] O. P. R. V. R. V. DAGÁ GELABERT, TRANSFORMADORES CONVERTIDORES, Barcelona (España): CEAC S. A., 1979.
- [6] C. M. M. Soto, «Determinación de la potencia disponible en transformadores de potencia de acuerdo a la prueba de calentamiento.,» 14 Diciembre 2013. [En línea]. Available: http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb2013/pb2013_050.pdf. [Último acceso: 16 Octubre 2016].
- [7] D. d. O. S. d. D. CFE, «GOD-3544 Procedimiento para el calculo de cortocircuito y análisis de fallas,» CFE, México, 2008.
- [8] D. d. O. S. d. D. CFE, «GOD-3546 Procedimiento de manejo e interpretación del ASPEN onLiner,» CFE, México, 2008.
- [9] D. d. O. S. d. D. CFE, «GOD-3537 Manual de mantenimiento a transformadores de potencia hasta 138 kV,» CFE, México, 2008.
- [10] CONANCE, «NMX-J-123-ANCE Aceite aislante no inhibido,» CONANCE, México, 2008.
- [11] J. J. Lopez, «Propiedades químicas de los lubricantes,» 16 Enero 2008. [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos15/propiedades-lubricantes/propiedades-lubricantes.shtml>. [Último acceso: 16 Mayo 2016].



- [12] M. M. I. A. N. d. S. I. N. da Silva, «The Application of Neural Networks to the Analysis of Dissolved Gases in Insulating Oil Used in Transformers,» IEEE, Brazil, 2000.
- [13] CFE, «D3100-19 Aceite aislante.,» LAPEM, México, 2008.
- [14] Servelec, «Pruebas básicas al aceite aislante,» 16 Agosto 2010. [En línea]. Available: <http://www.servelec.mx/pruebas-basicas-al-aceite-aislante.html>. [Último acceso: 14 Abril 2016].
- [15] E. E. S. S. D. C.V., «ANALISIS DE ACEITE DIELECTRICO,» 15 Junio 2000. [En línea]. Available: http://www.eesmx.com/?page_id=16. [Último acceso: 13 Marzo 2016].
- [16] CONANCE, «NMX-J-308-ANCE Guía para el manejo, almacenamiento control y tratamiento de aceites minerales aislantes para transformadores en servicio,» CONANCE, México, 2004.
- [17] A. N. A. B. H. Moulai, «Dissolved Gases Analysis in Relation to the Energy of Electrical Discharges in Mineral Oil,» IEEE, Algeria, 2011.
- [18] D. d. O. S. d. D. CFE, «GOD-3545 Procedimiento para la interpretación de cromatografía de gases,» CFE, México, 2008.
- [19] Unlp, «Guía para la interpretación de gases generados en transformadores inmersos en aceite.,» 12 Marzo 2007. [En línea]. Available: <http://www.ing.unlp.edu.ar/sisspot/Libros%202007/libros/cme/vol-06/4ape12/c57104.htm>. [Último acceso: 23 Mayo 2016].
- [20] G. Mirlsenna, «MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS: ¿QUÉ ES?,» 22 Enero 2016. [En línea]. Available: <http://www.esss.com.br/blog/es/2016/01/metodo-de-elementos-finitos-que-es/>. [Último acceso: 16 Septiembre 2016].
- [21] MICROSOFT, Visual Basic 6.0, manual del programador, México: McGraw-Hill, 1998.
- [22] DEFINICIONABC.COM, «Definición de Diagrama de Flujo,» 22 Agosto 2008. [En línea]. Available: <http://www.definicionabc.com/comunicacion/diagrama-de-flujo.php>.



[Último acceso: 18 Agosto 2016].

- [23] R. felipe, *Aprenda Practicando Visual Basic usando Visual Studio 2012*, México: Alfaomega, 2013.
- [24] O. C. Battistutti, *Fundamentos de programación*, México: PEARSON, 2006.
- [25] H. Pérez, «Diagrama de Flujo,» 01 Junio 2007. [En línea]. Available: <http://haideeperez75.blogspot.mx/2007/06/diagrama-de-flujo.html>. [Último acceso: 30 Junio 2016].



Anexo 1

```
Public Class Form1
    Dim Etileno, Acetileno As Integer

    Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click
        If TextBox1.Text > 100 Then
            Label49.Visible = True
        End If
        If TextBox1.Text <= 100 Then
            Label50.Visible = True
        End If
        If (2 * TextBox3.Text) > TextBox2.Text Then
            Label55.Visible = True
        End If
        If (2 * TextBox3.Text) < TextBox2.Text Then
            Label56.Visible = True
        End If
        If TextBox3.Text > 5 Then
            Label59.Visible = True
        End If
        If TextBox3.Text <= 5 Then
            Label60.Visible = True
        End If
        If TextBox2.Text >= 1000 Then
            Label51.Visible = True
        End If
        If (2 * TextBox3.Text) < TextBox2.Text Then
            Label52.Visible = True
        End If
        If TextBox3.Text > 15 Then
            Label53.Visible = True
        End If
        If TextBox3.Text <= 15 Then
            Label54.Visible = True
        End If
        If (TextBox5.Text / TextBox4.Text) <= 10 And TextBox4.Text >= 1000 Then
            Label57.Visible = True
        End If
        If (TextBox5.Text / TextBox4.Text) > 10 And TextBox4.Text < 1000 Then
            Label58.Visible = True
        End If
        If Label56.Visible = True Then
            Static C As Integer
            C = C + 1
            If C = 1 Then
                Label27.ForeColor = Color.Red
            ElseIf C = 2 Then
                Label27.ForeColor = Color.Yellow
            ElseIf C = 3 Then
                Label27.ForeColor = Color.Blue
            Else : C = 4
                C = 0
            End If
        End If
    End If
End Class
```



```
If Label50.Visible = True And Label52.Visible = True And Label54.Visible = True
Then
    Static OPN As Integer
    OPN = OPN + 1
    If OPN = 1 Then
        Label34.ForeColor = Color.Green
    ElseIf OPN = 2 Then
        Label34.ForeColor = Color.GreenYellow
    ElseIf OPN = 3 Then
        Label34.ForeColor = Color.LightSeaGreen
    Else : OPN = 4
        OPN = 0
    End If
End If
If Label49.Visible = True And Label55.Visible = True And Label59.Visible = True
Then
    Static ARQ As Integer
    ARQ = ARQ + 1
    If ARQ = 1 Then
        Label35.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf ARQ = 2 Then
        Label35.ForeColor = Color.Orange
    ElseIf ARQ = 3 Then
        Label35.ForeColor = Color.Red
    Else : ARQ = 4
        ARQ = 0
    End If
End If
If Label53.Visible = True Then
    Static ARQ1 As Integer
    ARQ1 = ARQ1 + 1
    If ARQ1 = 1 Then
        Label35.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf ARQ1 = 2 Then
        Label35.ForeColor = Color.Orange
    ElseIf ARQ1 = 3 Then
        Label35.ForeColor = Color.Red
    Else : ARQ1 = 4
        ARQ1 = 0
    End If
End If
If Label60.Visible = True Then
    Static DP As Integer
    DP = DP + 1
    If DP = 1 Then
        Label28.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf DP = 2 Then
        Label28.ForeColor = Color.Orange
    ElseIf DP = 3 Then
        Label28.ForeColor = Color.Red
    Else : DP = 4
        DP = 0
    End If
End If
If Label57.Visible = True Then
    Static CA As Integer
```



```
CA = CA + 1
If CA = 1 Then
    Label36.ForeColor = Color.Red
ElseIf CA = 2 Then
    Label36.ForeColor = Color.Orange
ElseIf CA = 3 Then
    Label36.ForeColor = Color.Red
Else : CA = 4
    CA = 0
End If
End If
If Label58.Visible = True Then
    Static CSA As Integer
    CSA = CSA + 1
    If CSA = 1 Then
        Label37.ForeColor = Color.Green
    ElseIf CSA = 2 Then
        Label37.ForeColor = Color.GreenYellow
    ElseIf CSA = 3 Then
        Label37.ForeColor = Color.LightSeaGreen
    Else : CSA = 4
        CSA = 0
    End If
End If
End Sub

Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles Timer1.Tick
    If Label56.Visible = True Then
        Static C As Integer
        C = C + 1
        If C = 1 Then
            Label27.ForeColor = Color.Red
        ElseIf C = 2 Then
            Label27.ForeColor = Color.Yellow
        ElseIf C = 3 Then
            Label27.ForeColor = Color.Blue
        Else : C = 4
            C = 0
        End If
    End If
    If Label50.Visible = True And Label52.Visible = True And Label54.Visible = True
Then
        Static OPN As Integer
        OPN = OPN + 1
        If OPN = 1 Then
            Label34.ForeColor = Color.Green
        ElseIf OPN = 2 Then
            Label34.ForeColor = Color.GreenYellow
        ElseIf OPN = 3 Then
            Label34.ForeColor = Color.LightSeaGreen
        Else : OPN = 4
            OPN = 0
        End If
    End If
    If Label49.Visible = True And Label55.Visible = True And Label59.Visible = True
Then
```



```
Static ARQ As Integer
ARQ = ARQ + 1
If ARQ = 1 Then
    Label35.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf ARQ = 2 Then
    Label35.ForeColor = Color.Orange
ElseIf ARQ = 3 Then
    Label35.ForeColor = Color.Red
Else : ARQ = 4
    ARQ = 0
End If
End If
If Label53.Visible = True Then
Static ARQ1 As Integer
ARQ1 = ARQ1 + 1
If ARQ1 = 1 Then
    Label35.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf ARQ1 = 2 Then
    Label35.ForeColor = Color.Orange
ElseIf ARQ1 = 3 Then
    Label35.ForeColor = Color.Red
Else : ARQ1 = 4
    ARQ1 = 0
End If
End If
If Label60.Visible = True Then
Static DP As Integer
DP = DP + 1
If DP = 1 Then
    Label28.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf DP = 2 Then
    Label28.ForeColor = Color.Orange
ElseIf DP = 3 Then
    Label28.ForeColor = Color.Red
Else : DP = 4
    DP = 0
End If
End If
If Label57.Visible = True Then
Static CA As Integer
CA = CA + 1
If CA = 1 Then
    Label36.ForeColor = Color.Red
ElseIf CA = 2 Then
    Label36.ForeColor = Color.Orange
ElseIf CA = 3 Then
    Label36.ForeColor = Color.Red
Else : CA = 4
    CA = 0
End If
End If
If Label58.Visible = True Then
Static CSA As Integer
CSA = CSA + 1
If CSA = 1 Then
    Label37.ForeColor = Color.Green
```



```
ElseIf CSA = 2 Then
    Label137.ForeColor = Color.GreenYellow
ElseIf CSA = 3 Then
    Label137.ForeColor = Color.LightSeaGreen
Else : CSA = 4
    CSA = 0
End If
End If
End Sub
Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
End Sub
End Class
```



Anexo 2.

```
Public Class Form1
```

```
    Dim limite1, limiteCH4, limiteC2H2, limiteC2H4, limiteC2H6, limiteCO, limiteCO2, limiteTDCG As Integer
```

```
    Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click
        limite1 = TextBox1.Text
        limiteCH4 = TextBox2.Text
        limiteC2H2 = TextBox3.Text
        limiteC2H4 = TextBox4.Text
        limiteC2H6 = TextBox5.Text
        limiteCO = TextBox6.Text
        limiteCO2 = TextBox7.Text
        TextBox8.Text = Val(TextBox1.Text) + Val(TextBox2.Text) + Val(TextBox3.Text) +
Val(TextBox5.Text) + Val(TextBox6.Text)
        limiteTDCG = TextBox8.Text
```

```
    If limite1 > 0 And limite1 <= 100 Then
        Static H2 As Integer
        H2 = H2 + 1
        If H2 = 1 Then
            Label14.ForeColor = Color.Green
        ElseIf H2 = 2 Then
            Label14.ForeColor = Color.LightGreen
        ElseIf H2 = 3 Then
            Label14.ForeColor = Color.DarkGreen
        Else : H2 = 4
            H2 = 0
        End If
        Static Codigo100 As Integer
        Codigo100 = Codigo100 + 1
        If Codigo100 = 1 Then
            Label14.ForeColor = Color.Green
        ElseIf Codigo100 = 2 Then
            Label14.ForeColor = Color.LightGreen
        ElseIf Codigo100 = 3 Then
            Label14.ForeColor = Color.DarkGreen
        Else : Codigo100 = 4
            Codigo100 = 0
        End If
    End If
    If limite1 > 100 And limite1 <= 700 Then
        Static H2700 As Integer
        H2700 = H2700 + 1
        If H2700 = 1 Then
            Label15.ForeColor = Color.Green
        ElseIf H2700 = 2 Then
            Label15.ForeColor = Color.LightGreen
        ElseIf H2700 = 3 Then
            Label15.ForeColor = Color.DarkGreen
        Else : H2700 = 4
            H2700 = 0
        End If
```



```
Static Codigo700 As Integer
Codigo700 = Codigo700 + 1
If Codigo700 = 1 Then
    Label15.ForeColor = Color.Green
ElseIf Codigo700 = 2 Then
    Label15.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf Codigo700 = 3 Then
    Label15.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : Codigo700 = 4
    Codigo700 = 0
End If
End If
    If limite1 > 700 And limite1 <= 1800 Then
Static H21800 As Integer
H21800 = H21800 + 1
If H21800 = 1 Then
    Label16.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf H21800 = 2 Then
    Label16.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf H21800 = 3 Then
    Label16.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : H21800 = 4
    H21800 = 0
End If
Static Codigo1800 As Integer
Codigo1800 = Codigo1800 + 1
If Codigo1800 = 1 Then
    Label16.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf Codigo1800 = 2 Then
    Label16.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf Codigo1800 = 3 Then
    Label16.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : Codigo1800 = 4
    Codigo1800 = 0
End If
End If
If limite1 > 1800 And limite1 <= 100000 Then
Static H2100000 As Integer
H2100000 = H2100000 + 1
If H2100000 = 1 Then
    Label17.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf H2100000 = 2 Then
    Label17.ForeColor = Color.Orange
ElseIf H2100000 = 3 Then
    Label17.ForeColor = Color.Red
Else : H2100000 = 4
    H2100000 = 0
End If
Static Codigo100000 As Integer
Codigo100000 = Codigo100000 + 1
If Codigo100000 = 1 Then
    Label17.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf Codigo100000 = 2 Then
    Label17.ForeColor = Color.Orange
ElseIf Codigo100000 = 3 Then
    Label17.ForeColor = Color.Red
```



```
Else : Codigo100000 = 4
      Codigo100000 = 0
End If
End If

If limiteCH4 > 0 And limiteCH4 <= 120 Then
  Static CH4 As Integer
  CH4 = CH4 + 1
  If CH4 = 1 Then
    Label18.ForeColor = Color.Green
  ElseIf CH4 = 2 Then
    Label18.ForeColor = Color.LightGreen
  ElseIf CH4 = 3 Then
    Label18.ForeColor = Color.DarkGreen
  Else : CH4 = 4
    CH4 = 0
  End If
  Static Codigo120 As Integer
  Codigo120 = Codigo120 + 1
  If Codigo120 = 1 Then
    Label18.ForeColor = Color.Green
  ElseIf Codigo120 = 2 Then
    Label18.ForeColor = Color.LightGreen
  ElseIf Codigo120 = 3 Then
    Label18.ForeColor = Color.DarkGreen
  Else : Codigo120 = 4
    Codigo120 = 0
  End If
End If

If limiteCH4 > 120 And limiteCH4 <= 400 Then
  Static CH400 As Integer
  CH400 = CH400 + 1
  If CH400 = 1 Then
    Label19.ForeColor = Color.Green
  ElseIf CH400 = 2 Then
    Label19.ForeColor = Color.LightGreen
  ElseIf CH400 = 3 Then
    Label19.ForeColor = Color.DarkGreen
  Else : CH400 = 4
    CH400 = 0
  End If
  Static Codigo400 As Integer
  Codigo400 = Codigo400 + 1
  If Codigo400 = 1 Then
    Label19.ForeColor = Color.Green
  ElseIf Codigo400 = 2 Then
    Label19.ForeColor = Color.LightGreen
  ElseIf Codigo400 = 3 Then
    Label19.ForeColor = Color.DarkGreen
  Else : Codigo400 = 4
    Codigo400 = 0
  End If
End If

If limiteCH4 > 400 And limiteCH4 <= 1000 Then
```



```
Static CH41000 As Integer
CH41000 = CH41000 + 1
If CH41000 = 1 Then
    Label20.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf CH41000 = 2 Then
    Label20.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf CH41000 = 3 Then
    Label20.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : CH41000 = 4
    CH41000 = 0
End If
Static Codigo1000 As Integer
Codigo1000 = Codigo1000 + 1
If Codigo1000 = 1 Then
    Label20.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf Codigo1000 = 2 Then
    Label20.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf Codigo1000 = 3 Then
    Label20.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : Codigo1000 = 4
    Codigo1000 = 0
End If
End If
    If limiteCH4 > 1000 And limiteCH4 <= 100000 Then
Static CH4100000 As Integer
CH4100000 = CH4100000 + 1
If CH4100000 = 1 Then
    Label21.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf CH4100000 = 2 Then
    Label21.ForeColor = Color.Orange
ElseIf CH4100000 = 3 Then
    Label21.ForeColor = Color.Red
Else : CH4100000 = 4
    CH4100000 = 0
End If
Static CodigoCH4100000 As Integer
CodigoCH4100000 = CodigoCH4100000 + 1
If CodigoCH4100000 = 1 Then
    Label21.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf CH4100000 = 2 Then
    Label21.ForeColor = Color.Orange
ElseIf CH4100000 = 3 Then
    Label21.ForeColor = Color.Red
Else : CH4100000 = 4
    CH4100000 = 0
End If
End If
If limiteC2H2 > 0 And limiteC2H2 <= 35 Then
Static C2H2 As Integer
C2H2 = C2H2 + 1
If C2H2 = 1 Then
    Label22.ForeColor = Color.Green
ElseIf C2H2 = 2 Then
    Label22.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf C2H2 = 3 Then
```



```
Label22.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : C2H2 = 4
      C2H2 = 0
End If
Static Codigo35 As Integer
Codigo35 = Codigo35 + 1
If Codigo35 = 1 Then
  Label22.ForeColor = Color.Green
ElseIf Codigo35 = 2 Then
  Label22.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf Codigo35 = 3 Then
  Label22.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : Codigo35 = 4
      Codigo35 = 0
End If
End If

If limiteC2H2 > 35 And limiteC2H2 <= 50 Then
  Static C2H250 As Integer
  C2H250 = C2H250 + 1
  If C2H250 = 1 Then
    Label23.ForeColor = Color.Green
  ElseIf C2H250 = 2 Then
    Label23.ForeColor = Color.LightGreen
  ElseIf C2H250 = 3 Then
    Label23.ForeColor = Color.DarkGreen
  Else : C2H250 = 4
        C2H250 = 0
  End If
  Static Codigo50 As Integer
  Codigo50 = Codigo50 + 1
  If Codigo50 = 1 Then
    Label23.ForeColor = Color.Green
  ElseIf Codigo50 = 2 Then
    Label23.ForeColor = Color.LightGreen
  ElseIf Codigo50 = 3 Then
    Label23.ForeColor = Color.DarkGreen
  Else : Codigo50 = 4
        Codigo50 = 0
  End If
End If

  If limiteC2H2 > 50 And limiteC2H2 <= 80 Then
    Static C2H280 As Integer
    C2H280 = C2H280 + 1
    If C2H280 = 1 Then
      Label24.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf C2H280 = 2 Then
      Label24.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf C2H280 = 3 Then
      Label24.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : C2H280 = 4
          C2H280 = 0
    End If
    Static Codigo80 As Integer
    Codigo80 = Codigo80 + 1
    If Codigo80 = 1 Then
```



```
Label24.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf Codigo80 = 2 Then
    Label24.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf Codigo80 = 3 Then
    Label24.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : Codigo80 = 4
    Codigo80 = 0
End If
End If

If limiteC2H2 > 80 And limiteC2H2 <= 100000 Then
Static C2H2100000 As Integer
C2H2100000 = C2H2100000 + 1
If C2H2100000 = 1 Then
    Label25.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf C2H2100000 = 2 Then
    Label25.ForeColor = Color.Orange
ElseIf C2H2100000 = 3 Then
    Label25.ForeColor = Color.Red
Else : C2H2100000 = 4
    C2H2100000 = 0
End If
Static CodigoC2H2100000 As Integer
CodigoC2H2100000 = CodigoC2H2100000 + 1
If CodigoC2H2100000 = 1 Then
    Label25.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf CodigoC2H2100000 = 2 Then
    Label25.ForeColor = Color.Orange
ElseIf CodigoC2H2100000 = 3 Then
    Label25.ForeColor = Color.Red
Else : CodigoC2H2100000 = 4
    CodigoC2H2100000 = 0
End If
End If

If limiteC2H4 > 0 And limiteC2H4 <= 50 Then
Static C2H4 As Integer
C2H4 = C2H4 + 1
If C2H4 = 1 Then
    Label26.ForeColor = Color.Green
ElseIf C2H4 = 2 Then
    Label26.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf C2H4 = 3 Then
    Label26.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : C2H4 = 4
    C2H4 = 0
End If
Static CodigoC2H450 As Integer
CodigoC2H450 = CodigoC2H450 + 1
If CodigoC2H450 = 1 Then
    Label26.ForeColor = Color.Green
ElseIf CodigoC2H450 = 2 Then
    Label26.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf CodigoC2H450 = 3 Then
    Label26.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : CodigoC2H450 = 4
    CodigoC2H450 = 0
```



```
End If
End If
    If limiteC2H4 > 50 And limiteC2H4 <= 100 Then
    Static C2H4100 As Integer
    C2H4100 = C2H4100 + 1
    If C2H4100 = 1 Then
        Label27.ForeColor = Color.Green
    ElseIf C2H4100 = 2 Then
        Label27.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf C2H4100 = 3 Then
        Label27.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : C2H4100 = 4
        C2H4100 = 0
    End If
    Static CodigoC2H4100 As Integer
    CodigoC2H4100 = CodigoC2H4100 + 1
    If CodigoC2H4100 = 1 Then
        Label27.ForeColor = Color.Green
    ElseIf CodigoC2H4100 = 2 Then
        Label27.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf CodigoC2H4100 = 3 Then
        Label27.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : CodigoC2H4100 = 4
        CodigoC2H4100 = 0
    End If
End If
    If limiteC2H4 > 100 And limiteC2H4 <= 200 Then
    Static C2H4200 As Integer
    C2H4200 = C2H4200 + 1
    If C2H4200 = 1 Then
        Label28.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf C2H4200 = 2 Then
        Label28.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf C2H4200 = 3 Then
        Label28.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : C2H4200 = 4
        C2H4200 = 0
    End If
    Static Codigo200 As Integer
    Codigo200 = Codigo200 + 1
    If Codigo200 = 1 Then
        Label28.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf Codigo200 = 2 Then
        Label28.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf Codigo200 = 3 Then
        Label28.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : Codigo200 = 4
        Codigo200 = 0
    End If
End If
    If limiteC2H4 > 200 And limiteC2H4 <= 100000 Then
    Static C2H4100000 As Integer
    C2H4100000 = C2H4100000 + 1
    If C2H4100000 = 1 Then
        Label29.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf C2H4100000 = 2 Then
```



```
Label29.ForeColor = Color.Orange
ElseIf C2H4100000 = 3 Then
    Label29.ForeColor = Color.Red
Else : C2H4100000 = 4
    C2H4100000 = 0
End If
Static CodigoC2H4100000 As Integer
CodigoC2H4100000 = CodigoC2H4100000 + 1
If CodigoC2H4100000 = 1 Then
    Label29.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf CodigoC2H4100000 = 2 Then
    Label29.ForeColor = Color.Orange
ElseIf CodigoC2H4100000 = 3 Then
    Label29.ForeColor = Color.Red
Else : CodigoC2H4100000 = 4
    CodigoC2H4100000 = 0
End If
End If

If limiteC2H6 > 0 And limiteC2H6 <= 65 Then
    Static C2H6 As Integer
    C2H6 = C2H6 + 1
    If C2H6 = 1 Then
        Label30.ForeColor = Color.Green
    ElseIf C2H6 = 2 Then
        Label30.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf C2H6 = 3 Then
        Label30.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : C2H6 = 4
        C2H6 = 0
    End If
    Static CodigoC2H65 As Integer
    CodigoC2H65 = CodigoC2H65 + 1
    If CodigoC2H65 = 1 Then
        Label30.ForeColor = Color.Green
    ElseIf CodigoC2H65 = 2 Then
        Label30.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf CodigoC2H65 = 3 Then
        Label30.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : CodigoC2H65 = 4
        CodigoC2H65 = 0
    End If
End If

If limiteC2H6 > 65 And limiteC2H6 <= 100 Then
    Static C2H6100 As Integer
    C2H6100 = C2H6100 + 1
    If C2H6100 = 1 Then
        Label31.ForeColor = Color.Green
    ElseIf C2H6100 = 2 Then
        Label31.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf C2H6100 = 3 Then
        Label31.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : C2H6100 = 4
        C2H6100 = 0
    End If
End If
```



```
Static CodigoC2H6100 As Integer
CodigoC2H6100 = CodigoC2H6100 + 1
If CodigoC2H6100 = 1 Then
    Label31.ForeColor = Color.Green
ElseIf CodigoC2H6100 = 2 Then
    Label31.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf CodigoC2H6100 = 3 Then
    Label31.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : CodigoC2H6100 = 4
    CodigoC2H6100 = 0
End If
End If
    If limiteC2H6 > 100 And limiteC2H6 <= 150 Then
Static C2H6150 As Integer
C2H6150 = C2H6150 + 1
If C2H6150 = 1 Then
    Label32.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf C2H6150 = 2 Then
    Label32.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf C2H6150 = 3 Then
    Label32.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : C2H6150 = 4
    C2H6150 = 0
End If
Static Codigo150 As Integer
Codigo150 = Codigo150 + 1
If Codigo150 = 1 Then
    Label32.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf Codigo150 = 2 Then
    Label32.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf Codigo150 = 3 Then
    Label32.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : Codigo150 = 4
    Codigo150 = 0
End If
End If
If limiteC2H6 > 150 And limiteC2H6 <= 100000 Then
Static C2H6100000 As Integer
C2H6100000 = C2H6100000 + 1
If C2H6100000 = 1 Then
    Label33.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf C2H6100000 = 2 Then
    Label33.ForeColor = Color.Orange
ElseIf C2H6100000 = 3 Then
    Label33.ForeColor = Color.Red
Else : C2H6100000 = 4
    C2H6100000 = 0
End If
Static CodigoC2H6100000 As Integer
CodigoC2H6100000 = CodigoC2H6100000 + 1
If CodigoC2H6100000 = 1 Then
    Label33.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf CodigoC2H6100000 = 2 Then
    Label33.ForeColor = Color.Orange
ElseIf CodigoC2H6100000 = 3 Then
    Label33.ForeColor = Color.Red
```



```
Else : CodigoC2H6100000 = 4
      CodigoC2H6100000 = 0
End If
End If

If limiteCO > 0 And limiteCO <= 350 Then
  Static CO As Integer
  CO = CO + 1
  If CO = 1 Then
    Label34.ForeColor = Color.Green
  ElseIf CO = 2 Then
    Label34.ForeColor = Color.LightGreen
  ElseIf CO = 3 Then
    Label34.ForeColor = Color.DarkGreen
  Else : CO = 4
    CO = 0
  End If
  Static CodigoCO As Integer
  CodigoCO = CodigoCO + 1
  If CodigoCO = 1 Then
    Label34.ForeColor = Color.Green
  ElseIf CodigoCO = 2 Then
    Label34.ForeColor = Color.LightGreen
  ElseIf CodigoCO = 3 Then
    Label34.ForeColor = Color.DarkGreen
  Else : CodigoCO = 4
    CodigoCO = 0
  End If
End If

  If limiteCO > 350 And limiteCO <= 570 Then
  Static C0570 As Integer
  C0570 = C0570 + 1
  If C0570 = 1 Then
    Label35.ForeColor = Color.Green
  ElseIf C0570 = 2 Then
    Label35.ForeColor = Color.LightGreen
  ElseIf C0570 = 3 Then
    Label35.ForeColor = Color.DarkGreen
  Else : C0570 = 4
    C0570 = 0
  End If
  Static CodigoC0570 As Integer
  CodigoC0570 = CodigoC0570 + 1
  If CodigoC0570 = 1 Then
    Label35.ForeColor = Color.Green
  ElseIf CodigoC0570 = 2 Then
    Label35.ForeColor = Color.LightGreen
  ElseIf CodigoC0570 = 3 Then
    Label35.ForeColor = Color.DarkGreen
  Else : CodigoC0570 = 4
    CodigoC0570 = 0
  End If
End If

If limiteCO > 570 And limiteCO <= 1400 Then
  Static C01400 As Integer
```



```
C01400 = C01400 + 1
If C01400 = 1 Then
    Label36.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf C01400 = 2 Then
    Label36.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf C01400 = 3 Then
    Label36.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : C01400 = 4
    C01400 = 0
End If
Static CodigoC01400 As Integer
CodigoC01400 = CodigoC01400 + 1
If CodigoC01400 = 1 Then
    Label36.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf CodigoC01400 = 2 Then
    Label36.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf CodigoC01400 = 3 Then
    Label36.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : CodigoC01400 = 4
    CodigoC01400 = 0
End If
End If

    If limiteC0 > 1400 And limiteC0 <= 100000 Then
Static C0100000 As Integer
C0100000 = C0100000 + 1
If C0100000 = 1 Then
    Label37.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf C0100000 = 2 Then
    Label37.ForeColor = Color.Orange
ElseIf C0100000 = 3 Then
    Label37.ForeColor = Color.Red
Else : C0100000 = 4
    C0100000 = 0
End If
Static CodigoC0100000 As Integer
CodigoC0100000 = CodigoC0100000 + 1
If CodigoC0100000 = 1 Then
    Label37.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf CodigoC0100000 = 2 Then
    Label37.ForeColor = Color.Orange
ElseIf CodigoC0100000 = 3 Then
    Label37.ForeColor = Color.Red
Else : CodigoC0100000 = 4
    CodigoC0100000 = 0
End If
End If

If limiteC02 > 0 And limiteC02 <= 2500 Then
Static C02 As Integer
C02 = C02 + 1
If C02 = 1 Then
    Label38.ForeColor = Color.Green
ElseIf C02 = 2 Then
    Label38.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf C02 = 3 Then
    Label38.ForeColor = Color.DarkGreen
```



```
Else : C02 = 4
    C02 = 0
End If
Static CodigoC02 As Integer
CodigoC02 = CodigoC02 + 1
If CodigoC02 = 1 Then
    Label38.ForeColor = Color.Green
ElseIf CodigoC02 = 2 Then
    Label38.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf CodigoC02 = 3 Then
    Label38.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : CodigoC02 = 4
    CodigoC02 = 0
End If
End If
    If limiteC02 > 2500 And limiteC02 <= 4000 Then
Static C024000 As Integer
C024000 = C024000 + 1
If C024000 = 1 Then
    Label39.ForeColor = Color.Green
ElseIf C024000 = 2 Then
    Label39.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf C024000 = 3 Then
    Label39.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : C024000 = 4
    C024000 = 0
End If
Static CodigoC024000 As Integer
CodigoC024000 = CodigoC024000 + 1
If CodigoC024000 = 1 Then
    Label39.ForeColor = Color.Green
ElseIf CodigoC024000 = 2 Then
    Label39.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf CodigoC024000 = 3 Then
    Label39.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : CodigoC024000 = 4
    CodigoC024000 = 0
End If
End If
    If limiteC02 > 4000 And limiteC02 <= 10000 Then
Static C0210000 As Integer
C0210000 = C0210000 + 1
If C0210000 = 1 Then
    Label40.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf C0210000 = 2 Then
    Label40.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf C0210000 = 3 Then
    Label40.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : C0210000 = 4
    C0210000 = 0
End If
Static CodigoC0210000 As Integer
CodigoC0210000 = CodigoC0210000 + 1
If CodigoC0210000 = 1 Then
    Label40.ForeColor = Color.Yellow
```



```
ElseIf CodigoC0210000 = 2 Then
    Label40.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf CodigoC0210000 = 3 Then
    Label40.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : CodigoC0210000 = 4
    CodigoC0210000 = 0
End If
End If

If limiteC02 > 10000 And limiteC02 <= 100000 Then
    Static C02100000 As Integer
    C02100000 = C02100000 + 1
    If C02100000 = 1 Then
        Label41.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf C02100000 = 2 Then
        Label41.ForeColor = Color.Orange
    ElseIf C02100000 = 3 Then
        Label41.ForeColor = Color.Red
    Else : C02100000 = 4
        C02100000 = 0
    End If
    Static CodigoC02100000 As Integer
    CodigoC02100000 = CodigoC02100000 + 1
    If CodigoC02100000 = 1 Then
        Label41.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf CodigoC02100000 = 2 Then
        Label41.ForeColor = Color.Orange
    ElseIf CodigoC02100000 = 3 Then
        Label41.ForeColor = Color.Red
    Else : CodigoC02100000 = 4
        CodigoC02100000 = 0
    End If
End If

If limiteTDCG > 0 And limiteTDCG <= 720 Then
    Static TDCG As Integer
    TDCG = TDCG + 1
    If TDCG = 1 Then
        Label42.ForeColor = Color.Green
        Label10.ForeColor = Color.Green
    ElseIf TDCG = 2 Then
        Label42.ForeColor = Color.LightGreen
        Label10.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf TDCG = 3 Then
        Label42.ForeColor = Color.DarkGreen
        Label10.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : TDCG = 4
        TDCG = 0
    End If
    Static CodigoTDCG As Integer
    CodigoTDCG = CodigoTDCG + 1
    If CodigoTDCG = 1 Then
        Label42.ForeColor = Color.Green
        Label10.ForeColor = Color.Green
    ElseIf CodigoTDCG = 2 Then
        Label42.ForeColor = Color.LightGreen
```



```
Label10.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf CodigoTDCG = 3 Then
Label142.ForeColor = Color.DarkGreen
Label10.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : CodigoTDCG = 4
CodigoTDCG = 0
End If
End If

If limiteTDCG > 720 And limiteTDCG <= 1920 Then
Static TDCG1920 As Integer
TDCG1920 = TDCG1920 + 1
If TDCG1920 = 1 Then
Label143.ForeColor = Color.Green
Label11.ForeColor = Color.Green
ElseIf TDCG1920 = 2 Then
Label143.ForeColor = Color.LightGreen
Label11.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf TDCG1920 = 3 Then
Label143.ForeColor = Color.DarkGreen
Label11.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : TDCG1920 = 4
TDCG1920 = 0
End If
Static CodigoTDCG1920 As Integer
CodigoTDCG1920 = CodigoTDCG1920 + 1
If CodigoTDCG1920 = 1 Then
Label143.ForeColor = Color.Green
Label11.ForeColor = Color.Green
ElseIf CodigoTDCG1920 = 2 Then
Label143.ForeColor = Color.LightGreen
Label11.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf CodigoTDCG1920 = 3 Then
Label143.ForeColor = Color.DarkGreen
Label11.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : CodigoTDCG1920 = 4
CodigoTDCG1920 = 0
End If
End If

If limiteTDCG > 1920 And limiteTDCG <= 4630 Then
Static TDCG4630 As Integer
TDCG4630 = TDCG4630 + 1
If TDCG4630 = 1 Then
Label144.ForeColor = Color.Yellow
Label12.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf TDCG4630 = 2 Then
Label144.ForeColor = Color.LightGreen
Label12.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf TDCG4630 = 3 Then
Label144.ForeColor = Color.DarkGreen
Label12.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : TDCG4630 = 4
TDCG4630 = 0
End If
Static CodigoTDCG4630 As Integer
CodigoTDCG4630 = CodigoTDCG4630 + 1
```



```
If CodigoTDCG4630 = 1 Then
    Label144.ForeColor = Color.Yellow
    Label12.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf CodigoTDCG4630 = 2 Then
    Label144.ForeColor = Color.LightGreen
    Label12.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf CodigoTDCG4630 = 3 Then
    Label144.ForeColor = Color.DarkGreen
    Label12.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : CodigoTDCG4630 = 4
    CodigoTDCG4630 = 0
End If
End If
If limiteTDCG > 4630 And limiteTDCG <= 100000 Then
    Static TDCG100000 As Integer
    TDCG100000 = TDCG100000 + 1
    If TDCG100000 = 1 Then
        Label145.ForeColor = Color.Yellow
        Label13.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf TDCG100000 = 2 Then
        Label145.ForeColor = Color.Orange
        Label13.ForeColor = Color.Orange
    ElseIf TDCG100000 = 3 Then
        Label145.ForeColor = Color.Red
        Label13.ForeColor = Color.Red
    Else : TDCG100000 = 4
        TDCG100000 = 0
    End If
    Static CodigoTDCG100000 As Integer
    CodigoTDCG100000 = CodigoTDCG100000 + 1
    If CodigoTDCG100000 = 1 Then
        Label145.ForeColor = Color.Yellow
        Label13.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf CodigoTDCG100000 = 2 Then
        Label145.ForeColor = Color.Orange
        Label13.ForeColor = Color.Orange
    ElseIf CodigoTDCG100000 = 3 Then
        Label145.ForeColor = Color.Red
        Label13.ForeColor = Color.Red
    Else : CodigoTDCG100000 = 4
        CodigoTDCG100000 = 0
    End If
End If
End Sub

Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles Timer1.Tick

    If limite1 > 0 And limite1 <= 100 Then
        Static H2 As Integer
        H2 = H2 + 1
        If H2 = 1 Then
            Label14.ForeColor = Color.Green
        ElseIf H2 = 2 Then
            Label14.ForeColor = Color.LightGreen
        ElseIf H2 = 3 Then
            Label14.ForeColor = Color.DarkGreen
```



```
Else : H2 = 4
      H2 = 0
End If
Static Codigo100 As Integer
Codigo100 = Codigo100 + 1
If Codigo100 = 1 Then
    Label14.ForeColor = Color.Green
ElseIf Codigo100 = 2 Then
    Label14.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf Codigo100 = 3 Then
    Label14.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : Codigo100 = 4
      Codigo100 = 0
End If
End If

If limite1 > 100 And limite1 <= 700 Then
    Static H2700 As Integer
    H2700 = H2700 + 1
    If H2700 = 1 Then
        Label15.ForeColor = Color.Green
    ElseIf H2700 = 2 Then
        Label15.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf H2700 = 3 Then
        Label15.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : H2700 = 4
          H2700 = 0
    End If
    Static Codigo700 As Integer
    Codigo700 = Codigo700 + 1
    If Codigo700 = 1 Then
        Label15.ForeColor = Color.Green
    ElseIf Codigo700 = 2 Then
        Label15.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf Codigo700 = 3 Then
        Label15.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : Codigo700 = 4
          Codigo700 = 0
    End If
End If

    If limite1 > 700 And limite1 <= 1800 Then
        Static H21800 As Integer
        H21800 = H21800 + 1
        If H21800 = 1 Then
            Label16.ForeColor = Color.Yellow
        ElseIf H21800 = 2 Then
            Label16.ForeColor = Color.LightGreen
        ElseIf H21800 = 3 Then
            Label16.ForeColor = Color.DarkGreen
        Else : H21800 = 4
              H21800 = 0
        End If
        Static Codigo1800 As Integer
        Codigo1800 = Codigo1800 + 1
        If Codigo1800 = 1 Then
            Label16.ForeColor = Color.Yellow
```



```
ElseIf Codigo1800 = 2 Then
    Label16.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf Codigo1800 = 3 Then
    Label16.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : Codigo1800 = 4
    Codigo1800 = 0
End If
End If

If limite1 > 1800 And limite1 <= 100000 Then
    Static H2100000 As Integer
    H2100000 = H2100000 + 1
    If H2100000 = 1 Then
        Label17.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf H2100000 = 2 Then
        Label17.ForeColor = Color.Orange
    ElseIf H2100000 = 3 Then
        Label17.ForeColor = Color.Red
    Else : H2100000 = 4
        H2100000 = 0
    End If
    Static Codigo100000 As Integer
    Codigo100000 = Codigo100000 + 1
    If Codigo100000 = 1 Then
        Label17.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf Codigo100000 = 2 Then
        Label17.ForeColor = Color.Orange
    ElseIf Codigo100000 = 3 Then
        Label17.ForeColor = Color.Red
    Else : Codigo100000 = 4
        Codigo100000 = 0
    End If
End If

If limiteCH4 > 0 And limiteCH4 <= 120 Then
    Static CH4 As Integer
    CH4 = CH4 + 1
    If CH4 = 1 Then
        Label18.ForeColor = Color.Green
    ElseIf CH4 = 2 Then
        Label18.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf CH4 = 3 Then
        Label18.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : CH4 = 4
        CH4 = 0
    End If
    Static Codigo120 As Integer
    Codigo120 = Codigo120 + 1
    If Codigo120 = 1 Then
        Label18.ForeColor = Color.Green
    ElseIf Codigo120 = 2 Then
        Label18.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf Codigo120 = 3 Then
        Label18.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : Codigo120 = 4
```



```
        Codigo120 = 0
    End If
End If

If limiteCH4 > 120 And limiteCH4 <= 400 Then
    Static CH400 As Integer
    CH400 = CH400 + 1
    If CH400 = 1 Then
        Label19.ForeColor = Color.Green
    ElseIf CH400 = 2 Then
        Label19.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf CH400 = 3 Then
        Label19.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : CH400 = 4
        CH400 = 0
    End If
    Static Codigo400 As Integer
    Codigo400 = Codigo400 + 1
    If Codigo400 = 1 Then
        Label19.ForeColor = Color.Green
    ElseIf Codigo400 = 2 Then
        Label19.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf Codigo400 = 3 Then
        Label19.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : Codigo400 = 4
        Codigo400 = 0
    End If
End If

If limiteCH4 > 400 And limiteCH4 <= 1000 Then
    Static CH41000 As Integer
    CH41000 = CH41000 + 1
    If CH41000 = 1 Then
        Label20.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf CH41000 = 2 Then
        Label20.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf CH41000 = 3 Then
        Label20.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : CH41000 = 4
        CH41000 = 0
    End If
    Static Codigo1000 As Integer
    Codigo1000 = Codigo1000 + 1
    If Codigo1000 = 1 Then
        Label20.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf Codigo1000 = 2 Then
        Label20.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf Codigo1000 = 3 Then
        Label20.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : Codigo1000 = 4
        Codigo1000 = 0
    End If
End If

    If limiteCH4 > 1000 And limiteCH4 <= 100000 Then
        Static CH4100000 As Integer
        CH4100000 = CH4100000 + 1
        If CH4100000 = 1 Then
```



```
Label21.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf CH4100000 = 2 Then
Label21.ForeColor = Color.Orange
ElseIf CH4100000 = 3 Then
Label21.ForeColor = Color.Red
Else : CH4100000 = 4
CH4100000 = 0
End If
Static CodigoCH4100000 As Integer
CodigoCH4100000 = CodigoCH4100000 + 1
If CodigoCH4100000 = 1 Then
Label21.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf CodigoCH4100000 = 2 Then
Label21.ForeColor = Color.Orange
ElseIf CodigoCH4100000 = 3 Then
Label21.ForeColor = Color.Red
Else : CodigoCH4100000 = 4
CodigoCH4100000 = 0
End If
End If

If limiteC2H2 > 0 And limiteC2H2 <= 35 Then
Static C2H2 As Integer
C2H2 = C2H2 + 1
If C2H2 = 1 Then
Label22.ForeColor = Color.Green
ElseIf C2H2 = 2 Then
Label22.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf C2H2 = 3 Then
Label22.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : C2H2 = 4
C2H2 = 0
End If
Static Codigo35 As Integer
Codigo35 = Codigo35 + 1
If Codigo35 = 1 Then
Label22.ForeColor = Color.Green
ElseIf Codigo35 = 2 Then
Label22.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf Codigo35 = 3 Then
Label22.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : Codigo35 = 4
Codigo35 = 0
End If
End If

If limiteC2H2 > 35 And limiteC2H2 <= 50 Then
Static C2H250 As Integer
C2H250 = C2H250 + 1
If C2H250 = 1 Then
Label23.ForeColor = Color.Green
ElseIf C2H250 = 2 Then
Label23.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf C2H250 = 3 Then
Label23.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : C2H250 = 4
C2H250 = 0
```



```
End If
Static Codigo50 As Integer
Codigo50 = Codigo50 + 1
If Codigo50 = 1 Then
    Label23.ForeColor = Color.Green
ElseIf Codigo50 = 2 Then
    Label23.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf Codigo50 = 3 Then
    Label23.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : Codigo50 = 4
    Codigo50 = 0
End If
End If
If limiteC2H2 > 50 And limiteC2H2 <= 80 Then
Static C2H280 As Integer
C2H280 = C2H280 + 1
If C2H280 = 1 Then
    Label24.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf C2H280 = 2 Then
    Label24.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf C2H280 = 3 Then
    Label24.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : C2H280 = 4
    C2H280 = 0
End If
Static Codigo80 As Integer
Codigo80 = Codigo80 + 1
If Codigo80 = 1 Then
    Label24.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf Codigo80 = 2 Then
    Label24.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf Codigo80 = 3 Then
    Label24.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : Codigo80 = 4
    Codigo80 = 0
End If
End If
    If limiteC2H2 > 80 And limiteC2H2 <= 100000 Then
Static C2H2100000 As Integer
C2H2100000 = C2H2100000 + 1
If C2H2100000 = 1 Then
    Label25.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf C2H2100000 = 2 Then
    Label25.ForeColor = Color.Orange
ElseIf C2H2100000 = 3 Then
    Label25.ForeColor = Color.Red
Else : C2H2100000 = 4
    C2H2100000 = 0
End If
Static CodigoC2H2100000 As Integer
CodigoC2H2100000 = CodigoC2H2100000 + 1
If CodigoC2H2100000 = 1 Then
    Label25.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf CodigoC2H2100000 = 2 Then
    Label25.ForeColor = Color.Orange
ElseIf CodigoC2H2100000 = 3 Then
```



```
Label25.ForeColor = Color.Red
Else : CodigoC2H2100000 = 4
CodigoC2H2100000 = 0
End If
End If

If limiteC2H4 > 0 And limiteC2H4 <= 50 Then
Static C2H4 As Integer
C2H4 = C2H4 + 1
If C2H4 = 1 Then
Label26.ForeColor = Color.Green
ElseIf C2H4 = 2 Then
Label26.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf C2H4 = 3 Then
Label26.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : C2H4 = 4
C2H4 = 0
End If
Static CodigoC2H450 As Integer
CodigoC2H450 = CodigoC2H450 + 1
If CodigoC2H450 = 1 Then
Label26.ForeColor = Color.Green
ElseIf CodigoC2H450 = 2 Then
Label26.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf CodigoC2H450 = 3 Then
Label26.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : CodigoC2H450 = 4
CodigoC2H450 = 0
End If
End If

If limiteC2H4 > 50 And limiteC2H4 <= 100 Then
Static C2H4100 As Integer
C2H4100 = C2H4100 + 1
If C2H4100 = 1 Then
Label27.ForeColor = Color.Green
ElseIf C2H4100 = 2 Then
Label27.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf C2H4100 = 3 Then
Label27.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : C2H4100 = 4
C2H4100 = 0
End If
Static CodigoC2H4100 As Integer
CodigoC2H4100 = CodigoC2H4100 + 1
If CodigoC2H4100 = 1 Then
Label27.ForeColor = Color.Green
ElseIf CodigoC2H4100 = 2 Then
Label27.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf CodigoC2H4100 = 3 Then
Label27.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : CodigoC2H4100 = 4
CodigoC2H4100 = 0
End If
End If

If limiteC2H4 > 100 And limiteC2H4 <= 200 Then
```



```
Static C2H4200 As Integer
C2H4200 = C2H4200 + 1
If C2H4200 = 1 Then
    Label28.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf C2H4200 = 2 Then
    Label28.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf C2H4200 = 3 Then
    Label28.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : C2H4200 = 4
    C2H4200 = 0
End If
Static Codigo200 As Integer
Codigo200 = Codigo200 + 1
If Codigo200 = 1 Then
    Label28.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf Codigo200 = 2 Then
    Label28.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf Codigo200 = 3 Then
    Label28.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : Codigo200 = 4
    Codigo200 = 0
End If
End If

If limiteC2H4 > 200 And limiteC2H4 <= 100000 Then
    Static C2H4100000 As Integer
    C2H4100000 = C2H4100000 + 1
    If C2H4100000 = 1 Then
        Label29.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf C2H4100000 = 2 Then
        Label29.ForeColor = Color.Orange
    ElseIf C2H4100000 = 3 Then
        Label29.ForeColor = Color.Red
    Else : C2H4100000 = 4
        C2H4100000 = 0
    End If
    Static CodigoC2H4100000 As Integer
    CodigoC2H4100000 = CodigoC2H4100000 + 1
    If CodigoC2H4100000 = 1 Then
        Label29.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf CodigoC2H4100000 = 2 Then
        Label29.ForeColor = Color.Orange
    ElseIf CodigoC2H4100000 = 3 Then
        Label29.ForeColor = Color.Red
    Else : CodigoC2H4100000 = 4
        CodigoC2H4100000 = 0
    End If
End If

If limiteC2H6 > 0 And limiteC2H6 <= 65 Then
    Static C2H6 As Integer
    C2H6 = C2H6 + 1
    If C2H6 = 1 Then
        Label30.ForeColor = Color.Green
    ElseIf C2H6 = 2 Then
```



```
Label30.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf C2H6 = 3 Then
    Label30.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : C2H6 = 4
    C2H6 = 0
End If
Static CodigoC2H65 As Integer
CodigoC2H65 = CodigoC2H65 + 1
If CodigoC2H65 = 1 Then
    Label30.ForeColor = Color.Green
ElseIf CodigoC2H65 = 2 Then
    Label30.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf CodigoC2H65 = 3 Then
    Label30.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : CodigoC2H65 = 4
    CodigoC2H65 = 0
End If
End If
If limiteC2H6 > 65 And limiteC2H6 <= 100 Then
    Static C2H6100 As Integer
    C2H6100 = C2H6100 + 1
    If C2H6100 = 1 Then
        Label31.ForeColor = Color.Green
    ElseIf C2H6100 = 2 Then
        Label31.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf C2H6100 = 3 Then
        Label31.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : C2H6100 = 4
        C2H6100 = 0
    End If
    Static CodigoC2H6100 As Integer
    CodigoC2H6100 = CodigoC2H6100 + 1
    If CodigoC2H6100 = 1 Then
        Label31.ForeColor = Color.Green
    ElseIf CodigoC2H6100 = 2 Then
        Label31.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf CodigoC2H6100 = 3 Then
        Label31.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : CodigoC2H6100 = 4
        CodigoC2H6100 = 0
    End If
End If
    If limiteC2H6 > 100 And limiteC2H6 <= 150 Then
        Static C2H6150 As Integer
        C2H6150 = C2H6150 + 1
        If C2H6150 = 1 Then
            Label32.ForeColor = Color.Yellow
        ElseIf C2H6150 = 2 Then
            Label32.ForeColor = Color.LightGreen
        ElseIf C2H6150 = 3 Then
            Label32.ForeColor = Color.DarkGreen
        Else : C2H6150 = 4
            C2H6150 = 0
        End If
        Static Codigo150 As Integer
        Codigo150 = Codigo150 + 1
```



```
If Codigo150 = 1 Then
    Label32.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf Codigo150 = 2 Then
    Label32.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf Codigo150 = 3 Then
    Label32.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : Codigo150 = 4
    Codigo150 = 0
End If
End If

If limiteC2H6 > 150 And limiteC2H6 <= 100000 Then
    Static C2H6100000 As Integer
    C2H6100000 = C2H6100000 + 1
    If C2H6100000 = 1 Then
        Label33.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf C2H6100000 = 2 Then
        Label33.ForeColor = Color.Orange
    ElseIf C2H6100000 = 3 Then
        Label33.ForeColor = Color.Red
    Else : C2H6100000 = 4
        C2H6100000 = 0
    End If
    Static CodigoC2H6100000 As Integer
    CodigoC2H6100000 = CodigoC2H6100000 + 1
    If CodigoC2H6100000 = 1 Then
        Label33.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf CodigoC2H6100000 = 2 Then
        Label33.ForeColor = Color.Orange
    ElseIf CodigoC2H6100000 = 3 Then
        Label33.ForeColor = Color.Red
    Else : CodigoC2H6100000 = 4
        CodigoC2H6100000 = 0
    End If
End If

If limiteCO > 0 And limiteCO <= 350 Then
    Static CO As Integer
    CO = CO + 1
    If CO = 1 Then
        Label34.ForeColor = Color.Green
    ElseIf CO = 2 Then
        Label34.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf CO = 3 Then
        Label34.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : CO = 4
        CO = 0
    End If
    Static CodigoCO As Integer
    CodigoCO = CodigoCO + 1
    If CodigoCO = 1 Then
        Label34.ForeColor = Color.Green
    ElseIf CodigoCO = 2 Then
        Label34.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf CodigoCO = 3 Then
        Label34.ForeColor = Color.DarkGreen
    End If
End If
```



```
Else : CodigoCO = 4
      CodigoCO = 0
End If
End If
If limiteCO > 350 And limiteCO <= 570 Then
  Static C0570 As Integer
  C0570 = C0570 + 1
  If C0570 = 1 Then
    Label35.ForeColor = Color.Green
  ElseIf C0570 = 2 Then
    Label35.ForeColor = Color.LightGreen
  ElseIf C0570 = 3 Then
    Label35.ForeColor = Color.DarkGreen
  Else : C0570 = 4
        C0570 = 0
  End If
  Static CodigoC0570 As Integer
  CodigoC0570 = CodigoC0570 + 1
  If CodigoC0570 = 1 Then
    Label35.ForeColor = Color.Green
  ElseIf CodigoC0570 = 2 Then
    Label35.ForeColor = Color.LightGreen
  ElseIf CodigoC0570 = 3 Then
    Label35.ForeColor = Color.DarkGreen
  Else : CodigoC0570 = 4
        CodigoC0570 = 0
  End If
End If

If limiteCO > 570 And limiteCO <= 1400 Then
  Static C01400 As Integer
  C01400 = C01400 + 1
  If C01400 = 1 Then
    Label36.ForeColor = Color.Yellow
  ElseIf C01400 = 2 Then
    Label36.ForeColor = Color.LightGreen
  ElseIf C01400 = 3 Then
    Label36.ForeColor = Color.DarkGreen
  Else : C01400 = 4
        C01400 = 0
  End If
  Static CodigoC01400 As Integer
  CodigoC01400 = CodigoC01400 + 1
  If CodigoC01400 = 1 Then
    Label36.ForeColor = Color.Yellow
  ElseIf CodigoC01400 = 2 Then
    Label36.ForeColor = Color.LightGreen
  ElseIf CodigoC01400 = 3 Then
    Label36.ForeColor = Color.DarkGreen
  Else : CodigoC01400 = 4
        CodigoC01400 = 0
  End If
End If

If limiteCO > 1400 And limiteCO <= 100000 Then
  Static C0100000 As Integer
```



```
C0100000 = C0100000 + 1
If C0100000 = 1 Then
    Label37.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf C0100000 = 2 Then
    Label37.ForeColor = Color.Orange
ElseIf C0100000 = 3 Then
    Label37.ForeColor = Color.Red
Else : C0100000 = 4
    C0100000 = 0
End If
Static CodigoC0100000 As Integer
CodigoC0100000 = CodigoC0100000 + 1
If CodigoC0100000 = 1 Then
    Label37.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf CodigoC0100000 = 2 Then
    Label37.ForeColor = Color.Orange
ElseIf CodigoC0100000 = 3 Then
    Label37.ForeColor = Color.Red
Else : CodigoC0100000 = 4
    CodigoC0100000 = 0
End If
End If

If limiteC02 > 0 And limiteC02 <= 2500 Then
    Static C02 As Integer
    C02 = C02 + 1
    If C02 = 1 Then
        Label38.ForeColor = Color.Green
    ElseIf C02 = 2 Then
        Label38.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf C02 = 3 Then
        Label38.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : C02 = 4
        C02 = 0
    End If
    Static CodigoC02 As Integer
    CodigoC02 = CodigoC02 + 1
    If CodigoC02 = 1 Then
        Label38.ForeColor = Color.Green
    ElseIf CodigoC02 = 2 Then
        Label38.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf CodigoC02 = 3 Then
        Label38.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : CodigoC02 = 4
        CodigoC02 = 0
    End If
End If

    If limiteC02 > 2500 And limiteC02 <= 4000 Then
        Static C024000 As Integer
        C024000 = C024000 + 1
        If C024000 = 1 Then
            Label39.ForeColor = Color.Green
        ElseIf C024000 = 2 Then
            Label39.ForeColor = Color.LightGreen
        ElseIf C024000 = 3 Then
```



```
Label39.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : C024000 = 4
      C024000 = 0
End If
Static CodigoC024000 As Integer
CodigoC024000 = CodigoC024000 + 1
If CodigoC024000 = 1 Then
    Label39.ForeColor = Color.Green
ElseIf CodigoC024000 = 2 Then
    Label39.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf CodigoC024000 = 3 Then
    Label39.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : CodigoC024000 = 4
      CodigoC024000 = 0
End If
End If
If limiteC02 > 4000 And limiteC02 <= 10000 Then
    Static C0210000 As Integer
    C0210000 = C0210000 + 1
    If C0210000 = 1 Then
        Label40.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf C0210000 = 2 Then
        Label40.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf C0210000 = 3 Then
        Label40.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : C0210000 = 4
          C0210000 = 0
    End If
    Static CodigoC0210000 As Integer
    CodigoC0210000 = CodigoC0210000 + 1
    If CodigoC0210000 = 1 Then
        Label40.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf CodigoC0210000 = 2 Then
        Label40.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf CodigoC0210000 = 3 Then
        Label40.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : CodigoC0210000 = 4
          CodigoC0210000 = 0
    End If
End If
If limiteC02 > 10000 And limiteC02 <= 100000 Then
    Static C02100000 As Integer
    C02100000 = C02100000 + 1
    If C02100000 = 1 Then
        Label41.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf C02100000 = 2 Then
        Label41.ForeColor = Color.Orange
    ElseIf C02100000 = 3 Then
        Label41.ForeColor = Color.Red
    Else : C02100000 = 4
          C02100000 = 0
    End If
    Static CodigoC02100000 As Integer
    CodigoC02100000 = CodigoC02100000 + 1
    If CodigoC02100000 = 1 Then
```



```
Label41.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf CodigoC02100000 = 2 Then
Label41.ForeColor = Color.Orange
ElseIf CodigoC02100000 = 3 Then
Label41.ForeColor = Color.Red
Else : CodigoC02100000 = 4
CodigoC02100000 = 0
End If
End If

If limiteTDCG > 0 And limiteTDCG <= 720 Then
Static TDCG As Integer
TDCG = TDCG + 1
If TDCG = 1 Then
Label42.ForeColor = Color.Green
Label10.ForeColor = Color.Green
ElseIf TDCG = 2 Then
Label42.ForeColor = Color.LightGreen
Label10.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf TDCG = 3 Then
Label42.ForeColor = Color.DarkGreen
Label10.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : TDCG = 4
TDCG = 0
End If
Static CodigoTDCG As Integer
CodigoTDCG = CodigoTDCG + 1
If CodigoTDCG = 1 Then
Label42.ForeColor = Color.Green
Label10.ForeColor = Color.Green
ElseIf CodigoTDCG = 2 Then
Label42.ForeColor = Color.LightGreen
Label10.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf CodigoTDCG = 3 Then
Label42.ForeColor = Color.DarkGreen
Label10.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : CodigoTDCG = 4
CodigoTDCG = 0
End If
End If

If limiteTDCG > 720 And limiteTDCG <= 1920 Then
Static TDCG1920 As Integer
TDCG1920 = TDCG1920 + 1
If TDCG1920 = 1 Then
Label43.ForeColor = Color.Green
Label11.ForeColor = Color.Green
ElseIf TDCG1920 = 2 Then
Label43.ForeColor = Color.LightGreen
Label11.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf TDCG1920 = 3 Then
Label43.ForeColor = Color.DarkGreen
Label11.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : TDCG1920 = 4
```



```
TDCG1920 = 0
End If
Static CodigoTDCG1920 As Integer
CodigoTDCG1920 = CodigoTDCG1920 + 1
If CodigoTDCG1920 = 1 Then
    Label43.ForeColor = Color.Green
    Label11.ForeColor = Color.Green
ElseIf CodigoTDCG1920 = 2 Then
    Label43.ForeColor = Color.LightGreen
    Label11.ForeColor = Color.LightGreen
ElseIf CodigoTDCG1920 = 3 Then
    Label43.ForeColor = Color.DarkGreen
    Label11.ForeColor = Color.DarkGreen
Else : CodigoTDCG1920 = 4
    CodigoTDCG1920 = 0
End If
End If

If limiteTDCG > 1920 And limiteTDCG <= 4630 Then
    Static TDCG4630 As Integer
    TDCG4630 = TDCG4630 + 1
    If TDCG4630 = 1 Then
        Label144.ForeColor = Color.Yellow
        Label12.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf TDCG4630 = 2 Then
        Label144.ForeColor = Color.LightGreen
        Label12.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf TDCG4630 = 3 Then
        Label144.ForeColor = Color.DarkGreen
        Label12.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : TDCG4630 = 4
        TDCG4630 = 0
    End If
    Static CodigoTDCG4630 As Integer
    CodigoTDCG4630 = CodigoTDCG4630 + 1
    If CodigoTDCG4630 = 1 Then
        Label144.ForeColor = Color.Yellow
        Label12.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf CodigoTDCG4630 = 2 Then
        Label144.ForeColor = Color.LightGreen
        Label12.ForeColor = Color.LightGreen
    ElseIf CodigoTDCG4630 = 3 Then
        Label144.ForeColor = Color.DarkGreen
        Label12.ForeColor = Color.DarkGreen
    Else : CodigoTDCG4630 = 4
        CodigoTDCG4630 = 0
    End If
End If

If limiteTDCG > 4630 And limiteTDCG <= 100000 Then
    Static TDCG100000 As Integer
    TDCG100000 = TDCG100000 + 1
    If TDCG100000 = 1 Then
        Label145.ForeColor = Color.Yellow
        Label13.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf TDCG100000 = 2 Then
        Label145.ForeColor = Color.Orange
```



```
Label13.ForeColor = Color.Orange
ElseIf TDCG100000 = 3 Then
    Label145.ForeColor = Color.Red
    Label13.ForeColor = Color.Red
Else : TDCG100000 = 4
    TDCG100000 = 0
End If
Static CodigoTDCG100000 As Integer
CodigoTDCG100000 = CodigoTDCG100000 + 1
If CodigoTDCG100000 = 1 Then
    Label145.ForeColor = Color.Yellow
    Label13.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf CodigoTDCG100000 = 2 Then
    Label145.ForeColor = Color.Orange
    Label13.ForeColor = Color.Orange
ElseIf CodigoTDCG100000 = 3 Then
    Label145.ForeColor = Color.Red
    Label13.ForeColor = Color.Red
Else : CodigoTDCG100000 = 4
    CodigoTDCG100000 = 0
End If
End If
End Sub
End Class
```



Anexo 3.

```
Public Class Logaritmo
```

```
    Dim x1, y1, x2, y2, Termicox1, Termicoy1, Termicox2, Termicoy2, Termicox3, Termicoy3,  
    Termicox4, Termicoy4 As Decimal
```

```
    Dim Arqueox1, Arqueoy1, Arqueox2, Arqueoy2, Arqueox3, Arqueoy3, Arqueox4, Arqueoy4 As  
    Decimal
```

```
    Dim Descargax1, Descargay1, Descargax2, Descargay2, Descargax3, Descargay3,  
    Descargax4, Descargay4 As Decimal
```

```
    Dim lapiz1 As New Pen(Color.Blue)
```

```
    Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click
```

```
        x2 = Val(TextBox1.Text) / Val(TextBox2.Text)  
        y2 = Val(TextBox3.Text) / Val(TextBox4.Text)  
        Chart1.Series("Series1").Points.AddXY(x2, y2)
```

```
        TextBox5.Text = x2
```

```
        TextBox6.Text = y2
```

```
        If x2 >= 0.001 And x2 <= 0.9 Then
```

```
            If y2 >= 0.9 And y2 <= 100 Then
```

```
                Label7.Visible = False
```

```
                Label10.Text = "Termico"
```

```
            End If
```

```
        End If
```

```
        If x2 >= 0.9 And x2 <= 20 Then
```

```
            If y2 >= 0.09 And y2 < 0.9 Then
```

```
                Label8.Visible = False
```

```
                Label10.Text = "Arqueo"
```

```
            End If
```

```
        End If
```

```
        If x2 >= 0.5 And x2 <= 100 Then
```

```
            If y2 >= 0.009 And y2 < 0.09 Then
```

```
                Label9.Visible = False
```

```
                Label10.Text = "Descargas"
```

```
            End If
```

```
        End If
```

```
    End Sub
```

```
    Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
```

```
        x1 = 0.0001
```

```
        y1 = 0.0001
```

```
        Termicox1 = 0.001
```

```
        Termicoy1 = 0.9
```

```
        Termicox2 = 0.9
```

```
        Termicoy2 = 0.9
```

```
        Termicox3 = 0.001
```

```
        Termicoy3 = 100
```

```
        Termicox4 = 0.001
```

```
        Termicoy4 = 0.9
```

```
        Arqueox1 = 0.9
```

```
        Arqueoy1 = 0.09
```

```
        Arqueox2 = 20
```

```
        Arqueoy2 = 0.09
```

```
        Arqueox3 = 20
```

```
        Arqueoy3 = 0.9
```



```
Arqueox4 = 0.9
Arqueoy4 = 0.9
Descargax1 = 0.5
Descargay1 = 0.009
Descargax2 = 100
Descargay2 = 0.009
Descargax3 = 100
Descargay3 = 0.09
Descargax4 = 0.5
Descargay4 = 0.09
While Termicox1 <= 0.9
    Chart1.Series("Termico").Points.AddXY(Termicox1, Termicoy1)
    Termicox1 = Termicox1 + 0.1
End While
While Termicoy2 <= 100
    Chart1.Series("Termico").Points.AddXY(Termicox2, Termicoy2)
    Termicoy2 = Termicoy2 + 1
End While
While Termicox3 <= 0.9
    Chart1.Series("Termico").Points.AddXY(Termicox3, Termicoy3)
    Termicox3 = Termicox3 + 1
End While
While Termicoy4 <= 100
    Chart1.Series("Termico").Points.AddXY(Termicox4, Termicoy4)
    Termicoy4 = Termicoy4 + 1
End While
While Arqueox1 <= 20
    Chart1.Series("Arqueo").Points.AddXY(Arqueox1, Arqueoy1)
    Arqueox1 = Arqueox1 + 1
End While
While Arqueoy2 <= 0.9
    Chart1.Series("Arqueo").Points.AddXY(Arqueox2, Arqueoy2)
    Arqueoy2 = Arqueoy2 + 0.1
End While
While Arqueox3 >= 0.9
    Chart1.Series("Arqueo").Points.AddXY(Arqueox3, Arqueoy3)
    Arqueox3 = Arqueox3 - 1
End While
While Arqueoy4 >= 0.09
    Chart1.Series("Arqueo").Points.AddXY(Arqueox4, Arqueoy4)
    Arqueoy4 = Arqueoy4 - 0.01
End While
While Descargax1 <= 100
    Chart1.Series("Descargas").Points.AddXY(Descargax1, Descargay1)
    Descargax1 = Descargax1 + 1
End While
While Descargay2 <= 0.09
    Chart1.Series("Descargas").Points.AddXY(Descargax2, Descargay2)
    Descargay2 = Descargay2 + 0.01
End While
While Descargax3 >= 0.5
    Chart1.Series("Descargas").Points.AddXY(Descargax3, Descargay3)
    Descargax3 = Descargax3 - 0.1
End While
While Descargay4 >= 0.009
    Chart1.Series("Descargas").Points.AddXY(Descargax4, Descargay4)
```



```
Descargay4 = Descargay4 - 0.001
End While
Chart1.Series("Series1").Points.AddXY(x1, y1)
End Sub

End Class
```



Anexo 4.

```
Public Class Form1
    Dim lapiz1 As New Pen(Color.Blue)
    Dim lapiz2 As New Pen(Color.Green)
    Dim lapiz3 As New Pen(Color.Red)
    Dim lapiz4 As New Pen(Color.Yellow)
    Dim j, i, f, k, l, a, b, c, d, g, h, eje_x, eje_y, x, ele, ele1, ele2, ele3, ele4,
    ele5, ele6, m, n, o, p, q, r, s, t, u, w, g1, h1 As Decimal
    Dim BloqueBX, BloqueBY, BloqueAX1, BloqueAY1, BloqueAX2, BloqueAY2, BloqueFX1,
    BloqueFY1, BloqueFX2, BloqueFY2, BloqueEX1, BloqueEY1 As Integer
    Dim BloqueEX2, BloqueEY2, BloqueDX, BloqueDY As Integer

    Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
        j = 300
        i = 50
        f = 100
        k = 300
        l = 550
        a = 0
        b = 50
        c = 50
        d = 100
        g = 50
        h = 550
        eje_x = 50
        While j >= 50
            While i <= 550
                While f >= 0
                    While k <= 550
                        While a <= 100
                            While b <= 550
                                While c <= 550
                                    While d >= 0
                                        While g <= 300
                                            While h >= 50
                                                While eje_x <= 550
                                                    j = j - 2.5
                                                    i = i + 5
                                                    f = f - 1
                                                    k = k + 2.5
                                                    a = a + 1
                                                    b = b + 5
                                                    c = c + 5
                                                    d = d - 1

                                                    g = g + 2.5
                                                    h = h - 5
                                                    eje_x = eje_x + 2.5
                                                End While
                                            End While
                                        End While
                                    End While
                                End While
                            End While
                        End While
                    End While
                End While
            End While
        End While
    End Sub
End Class
```



```
                End While
            End While
        End While
    End While
End While

End Sub

Private Sub Form1_Paint(sender As Object, e As PaintEventArgs) Handles MyBase.Paint
    Dim PuntoTriangulo1 As New Point(300, 50)
    Dim PuntoTriangulo2 As New Point(277.5, 95)
    Dim PuntoTriangulo3 As New Point(322.5, 95)
    Dim MyPolygonTriangulo As Point() = {PuntoTriangulo1, PuntoTriangulo2,
PuntoTriangulo3}
    j = 300
    i = 50
    f = 100
    k = 300
    l = 550
    a = 0
    b = 50
    c = 50
    d = 100
    g = 50
    h = 550
    eje_x = 50
    While j >= 50
        While i <= 550
            While f >= 0
                While k <= 550
                    While a <= 100
                        While b <= 550
                            While c <= 550
                                While d >= 0
                                    While g <= 300
                                        While h >= 50
                                            While eje_x <= 550
                                                j = j - 2.5
                                                i = i + 5
                                                f = f - 1
                                                k = k + 2.5
                                                a = a + 1
                                                b = b + 5
                                                c = c + 5
                                                d = d - 1
                                                g = g + 2.5
                                                h = h - 5
                                                eje_x = eje_x + 2.5
                                            End While
                                        End While
                                    End While
                                End While
                            End While
                        End While
                    End While
                End While
            End While
        End While
    End While
End While
```



```
                End While
            End While
        End While

        e.Graphics.DrawPolygon(Pens.Red, MyPolygonTriangulo)
    End Sub

    Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click
        Dim PuntoTriangulo1 As New Point(300, 50)
        Dim PuntoTriangulo2 As New Point(277.5, 95)
        Dim PuntoTriangulo3 As New Point(322.5, 95)
        Dim MyPolygonTriangulo As Point() = {PuntoTriangulo1, PuntoTriangulo2,
PuntoTriangulo3}
        j = 300
        i = 50
        f = 100
        k = 300
        l = 550
        a = 0
        b = 50
        c = 50
        d = 100
        g = 50
        h = 50
        eje_x = 50
        While j >= 50
            While i <= 550
                While f >= 0
                    While k <= 550
                        While a <= 100
                            While b <= 550
                                While c <= 550
                                    While d >= 0
                                        While g <= 300
                                            While h >= 50
                                                While eje_x <= 550
                                                    If TextBox1.Text = f Then
                                                        If f <= 100 Then
                                                            ele = TextBox2.Text * 5
                                                        End If
                                                    End If
                                                End While
                                            End While
                                        End While
                                    End While
                                End While
                            End While
                        End While
                    End While
                End While
            End While
            Me.CreateGraphics.DrawLine(lapiz4, j, i, j + ele, i)
            TextBox4.Text = j + ele
            TextBox5.Text = i
            End If
            If TextBox2.Text = a Then
                If a <= 100 Then
                    ele1 = (TextBox3.Text * 5) / 2
                    ele2 = TextBox3.Text * 5
                End If
            End If
            Me.CreateGraphics.DrawLine(lapiz2, k, b, k - ele1, b + ele2)
            End If
            If TextBox3.Text = d Then
                If d <= 100 Then
                    ele3 = (TextBox1.Text * 5) / 2
```



```
        ele4 = TextBox1.Text * 5
    End If

Me.CreateGraphics.DrawLine(lapiz3, c, l, c - ele3, l - ele4)
    End If

        j = j - 2.5
        i = i + 5
        f = f - 1
        k = k + 2.5
        a = a + 1
        b = b + 5
        c = c + 5
        d = d - 1
        g = g + 2.5
        h = h - 5
        eje_x = eje_x + 2.5
    End While
    End While
    End While
    End While
    End While
    End While
    End While
    End While
    End While
    End While

If TextBox5.Text >= 50 And TextBox5.Text <= 95 Then
    Label49.Text = "DESCARGAS CORONA"

End If

If TextBox2.Text >= 0 And TextBox2.Text <= 25 Then
    BloqueBX = 1
    If TextBox3.Text >= 15 And TextBox3.Text <= 100 Then
        BloqueBY = 1
        If BloqueBX = BloqueBY Then
            Label49.Text = "ARCOS DE BAJA ENERGIA"
        End If
    End If
End If

If TextBox1.Text >= 32 And TextBox1.Text <= 60 Then
    BloqueAX1 = 2
    If TextBox2.Text >= 25 And TextBox2.Text <= 40 Then
        BloqueAY1 = 2
        If BloqueAX1 = BloqueAY1 Then
            Label49.Text = "ARCOS DE ALTA ENERGIA"
        End If
    End If
End If

If TextBox1.Text >= 0 And TextBox1.Text <= 32 Then
    BloqueAX2 = 3
    If TextBox3.Text >= 28 And TextBox3.Text <= 75 Then
        BloqueAY2 = 3
        If BloqueAX2 = BloqueAY2 Then
```



```
        Label49.Text = "ARCOS DE ALTA ENERGIA"  
    End If  
End If  
End If  
If TextBox1.Text >= 32 And TextBox1.Text <= 45 Then  
    BloqueFX1 = 4  
    If TextBox3.Text > 15 And TextBox3.Text < 28 Then  
        BloqueFY1 = 4  
        If BloqueFX1 = BloqueFY1 Then  
            Label49.Text = "CALENTAMIENTO T>400°C"  
        End If  
    End If  
End If  
If TextBox1.Text >= 0 And TextBox1.Text < 32 Then  
    BloqueFX2 = 5  
    If TextBox3.Text > 15 And TextBox3.Text < 28 Then  
        BloqueFY2 = 5  
        If BloqueFX2 = BloqueFY2 Then  
            Label49.Text = "CALENTAMIENTO T>400°C"  
        End If  
    End If  
End If  
If TextBox1.Text >= 37 And TextBox1.Text <= 52 Then  
    BloqueEX1 = 6  
    If TextBox2.Text >= 48 And TextBox2.Text <= 63 Then  
        BloqueEY1 = 6  
        If BloqueEX1 = BloqueEY1 Then  
            Label49.Text = "CALENTAMIENTO 200°C<T<400°C"  
        End If  
    End If  
End If  
If TextBox1.Text >= 0 And TextBox1.Text <= 37 Then  
    BloqueEX2 = 7  
    If TextBox3.Text >= 0 And TextBox3.Text < 15 Then  
        BloqueEY2 = 7  
        If BloqueEX2 = BloqueEY2 Then  
            Label49.Text = "CALENTAMIENTO 200°C<T<400°C"  
        End If  
    End If  
End If  
If TextBox1.Text > 37 And TextBox1.Text < 91 Then  
    BloqueDY = 8  
    If TextBox2.Text >= 0 And TextBox2.Text < 48 Then  
        BloqueDX = 8  
        If BloqueDX = BloqueDY Then  
            Label49.Text = "CALENTAMIENTO T<200°C"  
        End If  
    End If  
End If  
End Sub  
End Class
```



Anexo 5.

Public Class Rogers

Dim Cociente1, Cociente2, Cociente3, Cociente4, Codigo5 As Decimal

Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click

```
Cociente1 = Val(TextBox1.Text / TextBox2.Text)
TextBox7.Text = Cociente1
Cociente2 = Val(TextBox3.Text / TextBox1.Text)
TextBox8.Text = Cociente2
Cociente3 = Val(TextBox5.Text / TextBox3.Text)
TextBox9.Text = Cociente3
Cociente4 = Val(TextBox6.Text / TextBox5.Text)
TextBox10.Text = Cociente4
```

If Cociente1 > 0 And Cociente1 <= 0.1 Then

```
TextBox4.Text = Label7.Text
Static CH4VSH2 As Integer
CH4VSH2 = CH4VSH2 + 1
If CH4VSH2 = 1 Then
    Label6.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf CH4VSH2 = 2 Then
    Label6.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf CH4VSH2 = 3 Then
    Label6.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : CH4VSH2 = 4
    CH4VSH2 = 0
End If
```

```
Static Codigo5 As Integer
Codigo5 = Codigo5 + 1
If Codigo5 = 1 Then
    Label7.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf Codigo5 = 2 Then
    Label7.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf Codigo5 = 3 Then
    Label7.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : Codigo5 = 4
    Codigo5 = 0
End If
```

End If

If Cociente1 > 0.1 And Cociente1 <= 1 Then

```
TextBox4.Text = Label9.Text
Static CH4VSH21 As Integer
CH4VSH21 = CH4VSH21 + 1
If CH4VSH21 = 1 Then
    Label8.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf CH4VSH21 = 2 Then
    Label8.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf CH4VSH21 = 3 Then
    Label8.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : CH4VSH21 = 4
    CH4VSH21 = 0
```



```
End If
Static Codigo0 As Integer
Codigo0 = Codigo0 + 1
If Codigo0 = 1 Then
    Label9.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf Codigo0 = 2 Then
    Label9.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf Codigo0 = 3 Then
    Label9.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : Codigo0 = 4
    Codigo0 = 0
End If
End If

If Cociente1 > 1 And Cociente1 <= 3 Then
    TextBox4.Text = Label11.Text
Static CH4VSH22 As Integer
CH4VSH22 = CH4VSH22 + 1
If CH4VSH22 = 1 Then
    Label10.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf CH4VSH22 = 2 Then
    Label10.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf CH4VSH22 = 3 Then
    Label10.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : CH4VSH22 = 4
    CH4VSH22 = 0
End If
Static Codigo1 As Integer
Codigo1 = Codigo1 + 1
If Codigo1 = 1 Then
    Label11.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf Codigo1 = 2 Then
    Label11.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf Codigo1 = 3 Then
    Label11.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : Codigo1 = 4
    Codigo1 = 0
End If
End If

If Cociente1 > 3 And Cociente1 <= 50000 Then
    TextBox4.Text = Label13.Text
Static CH4VSH23 As Integer
CH4VSH23 = CH4VSH23 + 1
If CH4VSH23 = 1 Then
    Label12.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf CH4VSH23 = 2 Then
    Label12.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf CH4VSH23 = 3 Then
    Label12.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : CH4VSH23 = 4
    CH4VSH23 = 0
End If
Static Codigo2 As Integer
```



```
Codigo2 = Codigo2 + 1
If Codigo2 = 1 Then
    Label13.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf Codigo2 = 2 Then
    Label13.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf Codigo2 = 3 Then
    Label13.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : Codigo2 = 4
    Codigo2 = 0
End If
End If
```

```
If Cociente2 > 0 And Cociente2 <= 1 Then
    TextBox11.Text = Label17.Text
    Static C2H6VSCH4 As Integer
    C2H6VSCH4 = C2H6VSCH4 + 1
    If C2H6VSCH4 = 1 Then
        Label16.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf C2H6VSCH4 = 2 Then
        Label16.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf C2H6VSCH4 = 3 Then
        Label16.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : C2H6VSCH4 = 4
        C2H6VSCH4 = 0
    End If
    Static Codigo00 As Integer
    Codigo00 = Codigo00 + 1
    If Codigo00 = 1 Then
        Label17.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf Codigo00 = 2 Then
        Label17.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf Codigo00 = 3 Then
        Label17.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : Codigo00 = 4
        Codigo00 = 0
    End If
End If
```

```
If Cociente2 > 1 And Cociente2 <= 50000 Then
    TextBox11.Text = Label19.Text
    Static C2H6VSCH41 As Integer
    C2H6VSCH41 = C2H6VSCH41 + 1
    If C2H6VSCH41 = 1 Then
        Label18.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf C2H6VSCH41 = 2 Then
        Label18.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf C2H6VSCH41 = 3 Then
        Label18.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : C2H6VSCH41 = 4
        C2H6VSCH41 = 0
    End If
    Static Codigo01 As Integer
    Codigo01 = Codigo01 + 1
    If Codigo01 = 1 Then
```



```
Label19.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf Codigo01 = 2 Then
Label19.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf Codigo01 = 3 Then
Label19.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : Codigo01 = 4
Codigo01 = 0
End If
End If
```

```
If Cociente3 > 0 And Cociente3 <= 1 Then
TextBox12.Text = Label25.Text
Static C2H4VSC2H61 As Integer
C2H4VSC2H61 = C2H4VSC2H61 + 1
If C2H4VSC2H61 = 1 Then
Label22.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf C2H4VSC2H61 = 2 Then
Label22.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf C2H4VSC2H61 = 3 Then
Label22.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : C2H4VSC2H61 = 4
C2H4VSC2H61 = 0
End If
Static Codigo31 As Integer
Codigo31 = Codigo31 + 1
If Codigo31 = 1 Then
Label25.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf Codigo31 = 2 Then
Label25.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf Codigo31 = 3 Then
Label25.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : Codigo31 = 4
Codigo31 = 0
End If
End If
```

```
If Cociente3 > 1 And Cociente3 <= 3 Then
TextBox12.Text = Label26.Text
Static C2H4VSC2H62 As Integer
C2H4VSC2H62 = C2H4VSC2H62 + 1
If C2H4VSC2H62 = 1 Then
Label23.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf C2H4VSC2H62 = 2 Then
Label23.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf C2H4VSC2H62 = 3 Then
Label23.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : C2H4VSC2H62 = 4
C2H4VSC2H62 = 0
End If
Static Codigo32 As Integer
Codigo32 = Codigo32 + 1
If Codigo32 = 1 Then
Label26.ForeColor = Color.DarkGreen
```



```
ElseIf Codigo32 = 2 Then
    Label26.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf Codigo32 = 3 Then
    Label26.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : Codigo32 = 4
    Codigo32 = 0
End If
End If
```

```
If Cociente3 > 3 And Cociente3 <= 50000 Then
    TextBox12.Text = Label27.Text
    Static C2H4VSC2H63 As Integer
    C2H4VSC2H63 = C2H4VSC2H63 + 1
    If C2H4VSC2H63 = 1 Then
        Label24.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf C2H4VSC2H63 = 2 Then
        Label24.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf C2H4VSC2H63 = 3 Then
        Label24.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : C2H4VSC2H63 = 4
        C2H4VSC2H63 = 0
    End If
    Static Codigo33 As Integer
    Codigo33 = Codigo33 + 1
    If Codigo33 = 1 Then
        Label27.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf Codigo33 = 2 Then
        Label27.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf Codigo33 = 3 Then
        Label27.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : Codigo33 = 4
        Codigo33 = 0
    End If
End If
```

```
If Cociente4 > 0 And Cociente4 <= 0.5 Then
    TextBox13.Text = Label35.Text
    Static C2H2VSC2H41 As Integer
    C2H2VSC2H41 = C2H2VSC2H41 + 1
    If C2H2VSC2H41 = 1 Then
        Label30.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf C2H2VSC2H41 = 2 Then
        Label30.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf C2H2VSC2H41 = 3 Then
        Label30.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : C2H2VSC2H41 = 4
        C2H2VSC2H41 = 0
    End If
    Static Codigo41 As Integer
    Codigo41 = Codigo41 + 1
    If Codigo41 = 1 Then
        Label35.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf Codigo41 = 2 Then
        Label35.ForeColor = Color.LightBlue
```



```
ElseIf Codigo41 = 3 Then
    Label35.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : Codigo41 = 4
    Codigo41 = 0
End If
End If
```

```
If Cociente4 > 0.5 And Cociente4 <= 3 Then
    TextBox13.Text = Label34.Text
    Static C2H2VSC2H42 As Integer
    C2H2VSC2H42 = C2H2VSC2H42 + 1
    If C2H2VSC2H42 = 1 Then
        Label31.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf C2H2VSC2H42 = 2 Then
        Label31.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf C2H2VSC2H42 = 3 Then
        Label31.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : C2H2VSC2H42 = 4
        C2H2VSC2H42 = 0
    End If
    Static Codigo42 As Integer
    Codigo42 = Codigo42 + 1
    If Codigo42 = 1 Then
        Label34.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf Codigo42 = 2 Then
        Label34.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf Codigo42 = 3 Then
        Label34.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : Codigo42 = 4
        Codigo42 = 0
    End If
End If
```

```
If Cociente4 > 3 And Cociente4 <= 50000 Then
    TextBox13.Text = Label33.Text
    Static C2H2VSC2H43 As Integer
    C2H2VSC2H43 = C2H2VSC2H43 + 1
    If C2H2VSC2H43 = 1 Then
        Label32.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf C2H2VSC2H43 = 2 Then
        Label32.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf C2H2VSC2H43 = 3 Then
        Label32.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : C2H2VSC2H43 = 4
        C2H2VSC2H43 = 0
    End If
    Static Codigo43 As Integer
    Codigo43 = Codigo43 + 1
    If Codigo43 = 1 Then
        Label33.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf Codigo43 = 2 Then
        Label33.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf Codigo43 = 3 Then
```



```
Label33.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : Codigo43 = 4
      Codigo43 = 0
End If
End If

TextBox14.Text = TextBox4.Text & TextBox11.Text & TextBox12.Text & TextBox13.Text

If TextBox14.Text = "0000" Then
  Label39.Text = "DETERIORO NORMAL"
End If
If TextBox14.Text = "5000" Then
  Label39.Text = "DESCARGA PARCIAL"
End If
If TextBox14.Text = "1100" Then
  Label39.Text = "SOBRECALENTAMIENTO MENOR A 150°C"
End If
If TextBox14.Text = "2100" Then
  Label39.Text = "SOBRECALENTAMIENTO DE 150°C A 200°C"
End If
If TextBox14.Text = "0100" Then
  Label39.Text = "SOBRECALENTAMIENTO DE 200°C A 300°C"
End If
If TextBox14.Text = "0010" Then
  Label39.Text = "CALENTAMIENTO GENERAL A CONDUCTORES"
End If
If TextBox14.Text = "1010" Then
  Label39.Text = "CORRIENTES CIRCULANTES EN EL DEVANADO "
End If
If TextBox14.Text = "1020" Then
  Label39.Text = "CORRIENTES CIRCULANTES EN EL NUCLEO Y TANQUE"
End If
If TextBox14.Text = "0001" Then
  Label39.Text = "DESCARGA NO SOSTENIDA"
End If
If TextBox14.Text = "0012" Then
  Label39.Text = "ARQUEO SOSTENIDO"
End If
If TextBox14.Text = "0021" Then
  Label39.Text = "ARQUEO SOSTENIDO"
End If
If TextBox14.Text = "0022" Then
  Label39.Text = "CENTELLEO CONTINUO"
End If
If TextBox14.Text = "5001" Then
  Label39.Text = "DESCARGA PARCIAL CON DESCARGA SUPERFICIAL"
End If
If TextBox14.Text = "5002" Then
  Label39.Text = "DESCARGA PARCIAL CON DESCARGA SUPERFICIAL"
End If
End Sub

Private Sub Timer1_Tick_1(sender As Object, e As EventArgs) Handles Timer1.Tick
  If Cociente1 > 0 And Cociente1 <= 0.1 Then
    Static CH4VSH2 As Integer
    CH4VSH2 = CH4VSH2 + 1
  End If
End Sub
```



```
If CH4VSH2 = 1 Then
    Label6.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf CH4VSH2 = 2 Then
    Label6.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf CH4VSH2 = 3 Then
    Label6.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : CH4VSH2 = 4
    CH4VSH2 = 0
End If
Static Codigo5 As Integer
Codigo5 = Codigo5 + 1
If Codigo5 = 1 Then
    Label7.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf Codigo5 = 2 Then
    Label7.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf Codigo5 = 3 Then
    Label7.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : Codigo5 = 4
    Codigo5 = 0
End If
End If

If Cociente1 > 0.1 And Cociente1 <= 1 Then
    TextBox4.Text = Label9.Text
Static CH4VSH21 As Integer
CH4VSH21 = CH4VSH21 + 1
If CH4VSH21 = 1 Then
    Label8.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf CH4VSH21 = 2 Then
    Label8.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf CH4VSH21 = 3 Then
    Label8.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : CH4VSH21 = 4
    CH4VSH21 = 0
End If
Static Codigo0 As Integer
Codigo0 = Codigo0 + 1
If Codigo0 = 1 Then
    Label9.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf Codigo0 = 2 Then
    Label9.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf Codigo0 = 3 Then
    Label9.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : Codigo0 = 4
    Codigo0 = 0
End If
End If

If Cociente1 > 1 And Cociente1 <= 3 Then
    TextBox4.Text = Label11.Text
Static CH4VSH22 As Integer
CH4VSH22 = CH4VSH22 + 1
If CH4VSH22 = 1 Then
    Label10.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf CH4VSH22 = 2 Then
```



```
Label10.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf CH4VSH22 = 3 Then
    Label10.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : CH4VSH22 = 4
    CH4VSH22 = 0
End If
Static Codigo1 As Integer
Codigo1 = Codigo1 + 1
If Codigo1 = 1 Then
    Label11.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf Codigo1 = 2 Then
    Label11.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf Codigo1 = 3 Then
    Label11.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : Codigo1 = 4
    Codigo1 = 0
End If
End If

If Cociente1 > 3 And Cociente1 <= 50000 Then
    TextBox4.Text = Label13.Text
    Static CH4VSH23 As Integer
    CH4VSH23 = CH4VSH23 + 1
    If CH4VSH23 = 1 Then
        Label12.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf CH4VSH23 = 2 Then
        Label12.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf CH4VSH23 = 3 Then
        Label12.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : CH4VSH23 = 4
        CH4VSH23 = 0
    End If
    Static Codigo2 As Integer
    Codigo2 = Codigo2 + 1
    If Codigo2 = 1 Then
        Label13.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf Codigo2 = 2 Then
        Label13.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf Codigo2 = 3 Then
        Label13.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : Codigo2 = 4
        Codigo2 = 0
    End If
End If

If Cociente2 > 0 And Cociente2 <= 1 Then
    TextBox11.Text = Label17.Text
    Static C2H6VSCH4 As Integer
    C2H6VSCH4 = C2H6VSCH4 + 1
    If C2H6VSCH4 = 1 Then
        Label16.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf C2H6VSCH4 = 2 Then
        Label16.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf C2H6VSCH4 = 3 Then
        Label16.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : C2H6VSCH4 = 4
```



```
        C2H6VSCH4 = 0
    End If
    Static Codigo00 As Integer
    Codigo00 = Codigo00 + 1
    If Codigo00 = 1 Then
        Label17.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf Codigo00 = 2 Then
        Label17.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf Codigo00 = 3 Then
        Label17.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : Codigo00 = 4
        Codigo00 = 0
    End If
End If

If Cociente2 > 1 And Cociente2 <= 50000 Then
    TextBox11.Text = Label19.Text
    Static C2H6VSCH41 As Integer
    C2H6VSCH41 = C2H6VSCH41 + 1
    If C2H6VSCH41 = 1 Then
        Label18.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf C2H6VSCH41 = 2 Then
        Label18.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf C2H6VSCH41 = 3 Then
        Label18.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : C2H6VSCH41 = 4
        C2H6VSCH41 = 0
    End If
    Static Codigo01 As Integer
    Codigo01 = Codigo01 + 1
    If Codigo01 = 1 Then
        Label19.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf Codigo01 = 2 Then
        Label19.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf Codigo01 = 3 Then
        Label19.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : Codigo01 = 4
        Codigo01 = 0
    End If
End If

If Cociente3 > 0 And Cociente3 <= 1 Then
    TextBox12.Text = Label25.Text
    Static C2H4VSC2H61 As Integer
    C2H4VSC2H61 = C2H4VSC2H61 + 1
    If C2H4VSC2H61 = 1 Then
        Label22.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf C2H4VSC2H61 = 2 Then
        Label22.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf C2H4VSC2H61 = 3 Then
        Label22.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : C2H4VSC2H61 = 4
        C2H4VSC2H61 = 0
    End If
End If
```



```
Static Codigo31 As Integer
Codigo31 = Codigo31 + 1
If Codigo31 = 1 Then
    Label25.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf Codigo31 = 2 Then
    Label25.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf Codigo31 = 3 Then
    Label25.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : Codigo31 = 4
    Codigo31 = 0
End If
End If

If Cociente3 > 1 And Cociente3 <= 3 Then
    TextBox12.Text = Label26.Text
Static C2H4VSC2H62 As Integer
C2H4VSC2H62 = C2H4VSC2H62 + 1
If C2H4VSC2H62 = 1 Then
    Label23.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf C2H4VSC2H62 = 2 Then
    Label23.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf C2H4VSC2H62 = 3 Then
    Label23.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : C2H4VSC2H62 = 4
    C2H4VSC2H62 = 0
End If
Static Codigo32 As Integer
Codigo32 = Codigo32 + 1
If Codigo32 = 1 Then
    Label26.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf Codigo32 = 2 Then
    Label26.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf Codigo32 = 3 Then
    Label26.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : Codigo32 = 4
    Codigo32 = 0
End If
End If

If Cociente3 > 3 And Cociente3 <= 50000 Then
    TextBox12.Text = Label27.Text
Static C2H4VSC2H63 As Integer
C2H4VSC2H63 = C2H4VSC2H63 + 1
If C2H4VSC2H63 = 1 Then
    Label24.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf C2H4VSC2H63 = 2 Then
    Label24.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf C2H4VSC2H63 = 3 Then
    Label24.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : C2H4VSC2H63 = 4
    C2H4VSC2H63 = 0
End If
Static Codigo33 As Integer
Codigo33 = Codigo33 + 1
If Codigo33 = 1 Then
```



```
Label27.ForeColor = Color.DarkGreen
ElseIf Codigo33 = 2 Then
    Label27.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf Codigo33 = 3 Then
    Label27.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : Codigo33 = 4
    Codigo33 = 0
End If
End If
```

```
If Cociente4 > 0 And Cociente4 <= 0.5 Then
    TextBox13.Text = Label35.Text
    Static C2H2VSC2H41 As Integer
    C2H2VSC2H41 = C2H2VSC2H41 + 1
    If C2H2VSC2H41 = 1 Then
        Label30.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf C2H2VSC2H41 = 2 Then
        Label30.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf C2H2VSC2H41 = 3 Then
        Label30.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : C2H2VSC2H41 = 4
        C2H2VSC2H41 = 0
    End If
    Static Codigo41 As Integer
    Codigo41 = Codigo41 + 1
    If Codigo41 = 1 Then
        Label35.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf Codigo41 = 2 Then
        Label35.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf Codigo41 = 3 Then
        Label35.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : Codigo41 = 4
        Codigo41 = 0
    End If
End If
```

```
If Cociente4 > 0.5 And Cociente4 <= 3 Then
    TextBox13.Text = Label34.Text
    Static C2H2VSC2H42 As Integer
    C2H2VSC2H42 = C2H2VSC2H42 + 1
    If C2H2VSC2H42 = 1 Then
        Label31.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf C2H2VSC2H42 = 2 Then
        Label31.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf C2H2VSC2H42 = 3 Then
        Label31.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : C2H2VSC2H42 = 4
        C2H2VSC2H42 = 0
    End If
    Static Codigo42 As Integer
    Codigo42 = Codigo42 + 1
    If Codigo42 = 1 Then
        Label34.ForeColor = Color.DarkGreen
```



```
ElseIf Codigo42 = 2 Then
    Label34.ForeColor = Color.LightBlue
ElseIf Codigo42 = 3 Then
    Label34.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
Else : Codigo42 = 4
    Codigo42 = 0
End If
End If

If Cociente4 > 3 And Cociente4 <= 50000 Then
    TextBox13.Text = Label33.Text
    Static C2H2VSC2H43 As Integer
    C2H2VSC2H43 = C2H2VSC2H43 + 1
    If C2H2VSC2H43 = 1 Then
        Label32.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf C2H2VSC2H43 = 2 Then
        Label32.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf C2H2VSC2H43 = 3 Then
        Label32.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : C2H2VSC2H43 = 4
        C2H2VSC2H43 = 0
    End If
    Static Codigo43 As Integer
    Codigo43 = Codigo43 + 1
    If Codigo43 = 1 Then
        Label33.ForeColor = Color.DarkGreen
    ElseIf Codigo43 = 2 Then
        Label33.ForeColor = Color.LightBlue
    ElseIf Codigo43 = 3 Then
        Label33.ForeColor = Color.DeepSkyBlue
    Else : Codigo43 = 4
        Codigo43 = 0
    End If
End If

TextBox14.Text = TextBox4.Text & TextBox11.Text & TextBox12.Text & TextBox13.Text

If TextBox14.Text = "0000" Then
    Label39.Text = "DETERIORO NORMAL"
End If
If TextBox14.Text = "5000" Then
    Label39.Text = "DESCARGA PARCIAL"
End If
If TextBox14.Text = "1100" Then
    Label39.Text = "SOBRECALENTAMIENTO MENOR A 150°C"
End If
If TextBox14.Text = "2100" Then
    Label39.Text = "SOBRECALENTAMIENTO DE 150°C A 200°C"
End If
If TextBox14.Text = "0100" Then
    Label39.Text = "SOBRECALENTAMIENTO DE 200°C A 300°C"
End If
If TextBox14.Text = "0010" Then
    Label39.Text = "CALENTAMIENTO GENERAL A CONDUCTORES"
```



```
End If
If TextBox14.Text = "1010" Then
    Label39.Text = "CORRIENTES CIRCULANTES EN EL DEVANADO "
End If
If TextBox14.Text = "1020" Then
    Label39.Text = "CORRIENTES CIRCULANTES EN EL NUCLEO Y TANQUE"
End If
If TextBox14.Text = "0001" Then
    Label39.Text = "DESCARGA NO SOSTENIDA"
End If
If TextBox14.Text = "0012" Then
    Label39.Text = "ARQUEO SOSTENIDO"
End If
If TextBox14.Text = "0021" Then
    Label39.Text = "ARQUEO SOSTENIDO"
End If
If TextBox14.Text = "0022" Then
    Label39.Text = "CENTELLEO CONTINUO"
End If
If TextBox14.Text = "5001" Then
    Label39.Text = "DESCARGA PARCIAL CON DESCARGA SUPERFICIAL"
End If
If TextBox14.Text = "5002" Then
    Label39.Text = "DESCARGA PARCIAL CON DESCARGA SUPERFICIAL"
End If
End Sub

End Class
```



Anexo 6

Public Class Form1

```
Dim resultado As Integer
Dim ppmdia As Double
```

```
Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Ejecutar.Click
    resultado = Val(TextBox1.Text) + Val(TextBox2.Text) + Val(TextBox3.Text) +
    Val(TextBox4.Text) + Val(TextBox5.Text) + Val(TextBox6.Text)
    TextBox7.Text = resultado
    ppmdia = Val(TextBox7.Text / TextBox17.Text)
    TextBox16.Text = ppmdia
    If resultado > 0 And resultado <= 720 Then
        If TextBox16.Text > 0 And TextBox16.Text <= 10 Then
            Static CON1 As Integer
            CON1 = CON1 + 1
            If CON1 = 1 Then
                Label8.ForeColor = Color.Green
                Label34.ForeColor = Color.Green
                Label35.ForeColor = Color.Green
                Label38.ForeColor = Color.Green
            ElseIf CON1 = 2 Then
                Label8.ForeColor = Color.LightSeaGreen
                Label34.ForeColor = Color.LightSeaGreen
                Label35.ForeColor = Color.LightSeaGreen
                Label38.ForeColor = Color.LightSeaGreen
            ElseIf CON1 = 3 Then
                Label8.ForeColor = Color.LimeGreen
                Label34.ForeColor = Color.LimeGreen
                Label35.ForeColor = Color.LimeGreen
                Label38.ForeColor = Color.LimeGreen
            Else : CON1 = 4
                CON1 = 0
            End If
        End If
    End If
    If resultado > 0 And resultado <= 720 Then
        If TextBox16.Text > 10 And TextBox16.Text <= 30 Then
            Static CONA As Integer
            CONA = CONA + 1
            If CONA = 1 Then
                Label8.ForeColor = Color.Green
                Label34.ForeColor = Color.Green
                Label36.ForeColor = Color.Green
                Label39.ForeColor = Color.Green
            ElseIf CONA = 2 Then
                Label8.ForeColor = Color.LightSeaGreen
                Label34.ForeColor = Color.LightSeaGreen
                Label36.ForeColor = Color.LightSeaGreen
                Label39.ForeColor = Color.LightSeaGreen
            ElseIf CONA = 3 Then
                Label8.ForeColor = Color.LimeGreen
                Label34.ForeColor = Color.LimeGreen
                Label36.ForeColor = Color.LimeGreen
            End If
        End If
    End If
End Sub
```



```
        Label39.ForeColor = Color.LimeGreen
    Else : CONA = 4
        CONA = 0
    End If
End If
End If
If resultado > 0 And resultado <= 720 Then
    If TextBox16.Text > 30 Then
        Static CONB As Integer
        CONB = CONB + 1
        If CONB = 1 Then
            Label18.ForeColor = Color.Green
            Label34.ForeColor = Color.Green
            Label37.ForeColor = Color.Green
            Label40.ForeColor = Color.Green
        ElseIf CONB = 2 Then
            Label18.ForeColor = Color.LightSeaGreen
            Label34.ForeColor = Color.LightSeaGreen
            Label37.ForeColor = Color.LightSeaGreen
            Label40.ForeColor = Color.LightSeaGreen
        ElseIf CONB = 3 Then
            Label18.ForeColor = Color.LimeGreen
            Label34.ForeColor = Color.LimeGreen
            Label37.ForeColor = Color.LimeGreen
            Label40.ForeColor = Color.LimeGreen
        Else : CONB = 4
            CONB = 0
        End If
    End If
End If
If resultado > 720 And resultado <= 1920 Then
    If TextBox16.Text > 0 And TextBox16.Text <= 10 Then
        Static CON2 As Integer
        CON2 = CON2 + 1
        If CON2 = 1 Then
            Label17.ForeColor = Color.Green
            Label26.ForeColor = Color.Green
            Label27.ForeColor = Color.Green
            Label30.ForeColor = Color.Green
        ElseIf CON2 = 2 Then
            Label17.ForeColor = Color.LightSeaGreen
            Label26.ForeColor = Color.LightSeaGreen
            Label27.ForeColor = Color.LightSeaGreen
            Label30.ForeColor = Color.LightSeaGreen
        ElseIf CON2 = 3 Then
            Label17.ForeColor = Color.LimeGreen
            Label26.ForeColor = Color.LimeGreen
            Label27.ForeColor = Color.LimeGreen
            Label30.ForeColor = Color.LimeGreen
        Else : CON2 = 4
            CON2 = 0
        End If
    End If
End If
If resultado > 720 And resultado <= 1920 Then
    If TextBox16.Text > 10 And TextBox16.Text <= 30 Then
```



```
Static CONC As Integer
CONC = CONC + 1
If CONC = 1 Then
    Label17.ForeColor = Color.Green
    Label26.ForeColor = Color.Green
    Label28.ForeColor = Color.Green
    Label31.ForeColor = Color.Green
ElseIf CONC = 2 Then
    Label17.ForeColor = Color.LightSeaGreen
    Label26.ForeColor = Color.LightSeaGreen
    Label28.ForeColor = Color.LightSeaGreen
    Label31.ForeColor = Color.LightSeaGreen
ElseIf CONC = 3 Then
    Label17.ForeColor = Color.LimeGreen
    Label26.ForeColor = Color.LimeGreen
    Label28.ForeColor = Color.LimeGreen
    Label31.ForeColor = Color.LimeGreen
Else : CONC = 4
    CONC = 0
End If
End If
End If
If resultado > 720 And resultado <= 1920 Then
    If TextBox16.Text > 30 Then
        Static COND As Integer
        COND = COND + 1
        If COND = 1 Then
            Label17.ForeColor = Color.Green
            Label26.ForeColor = Color.Green
            Label28.ForeColor = Color.Green
            Label31.ForeColor = Color.Green
        ElseIf COND = 2 Then
            Label17.ForeColor = Color.LightSeaGreen
            Label26.ForeColor = Color.LightSeaGreen
            Label29.ForeColor = Color.LightSeaGreen
            Label32.ForeColor = Color.LightSeaGreen
        ElseIf COND = 3 Then
            Label17.ForeColor = Color.LimeGreen
            Label26.ForeColor = Color.LimeGreen
            Label29.ForeColor = Color.LimeGreen
            Label32.ForeColor = Color.LimeGreen
        Else : COND = 4
            COND = 0
        End If
    End If
End If
If resultado > 1920 And resultado <= 4630 Then
    If TextBox16.Text > 0 And TextBox16.Text <= 10 Then
        Static CON3 As Integer
        CON3 = CON3 + 1
        If CON3 = 1 Then
            Label16.ForeColor = Color.Yellow
            Label18.ForeColor = Color.Yellow
            Label19.ForeColor = Color.Yellow
            Label22.ForeColor = Color.Yellow
        ElseIf CON3 = 2 Then
```



```
Label16.ForeColor = Color.YellowGreen
Label18.ForeColor = Color.YellowGreen
Label19.ForeColor = Color.YellowGreen
Label22.ForeColor = Color.YellowGreen
ElseIf CON3 = 3 Then
Label16.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
Label18.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
Label19.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
Label22.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
Else : CON3 = 4
CON3 = 0
End If
End If
End If
If resultado > 1920 And resultado <= 4630 Then
If TextBox16.Text > 10 And TextBox16.Text <= 30 Then
Static CONE As Integer
CONE = CONE + 1
If CONE = 1 Then
Label16.ForeColor = Color.Yellow
Label18.ForeColor = Color.Yellow
Label20.ForeColor = Color.Yellow
Label23.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf CONE = 2 Then
Label16.ForeColor = Color.YellowGreen
Label18.ForeColor = Color.YellowGreen
Label20.ForeColor = Color.YellowGreen
Label23.ForeColor = Color.YellowGreen
ElseIf CONE = 3 Then
Label16.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
Label18.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
Label20.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
Label23.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
Else : CONE = 4
CONE = 0
End If
End If
End If
If resultado > 1920 And resultado <= 4630 Then
If TextBox16.Text > 30 Then
Static CONF As Integer
CONF = CONF + 1
If CONF = 1 Then
Label16.ForeColor = Color.Yellow
Label18.ForeColor = Color.Yellow
Label21.ForeColor = Color.Yellow
Label24.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf CONF = 2 Then
Label16.ForeColor = Color.YellowGreen
Label18.ForeColor = Color.YellowGreen
Label21.ForeColor = Color.YellowGreen
Label24.ForeColor = Color.YellowGreen
ElseIf CONF = 3 Then
Label16.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
Label18.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
Label21.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
```



```
        Label24.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
    Else : CONF = 4
        CONF = 0
    End If
End If
End If
If resultado > 4630 Then
    If TextBox16.Text > 0 And TextBox16.Text <= 10 Then
        Static CON4 As Integer
        CON4 = CON4 + 1
        If CON4 = 1 Then
            Label11.ForeColor = Color.Red
            Label19.ForeColor = Color.Red
            Label112.ForeColor = Color.Red
            Label115.ForeColor = Color.Red
        ElseIf CON4 = 2 Then
            Label11.ForeColor = Color.Orange
            Label19.ForeColor = Color.Orange
            Label112.ForeColor = Color.Orange
            Label115.ForeColor = Color.Orange
        ElseIf CON4 = 3 Then
            Label11.ForeColor = Color.DarkRed
            Label19.ForeColor = Color.DarkRed
            Label112.ForeColor = Color.DarkRed
            Label115.ForeColor = Color.DarkRed
        Else : CON4 = 4
            CON4 = 0
        End If
    End If
End If
If resultado > 4630 Then
    If TextBox16.Text > 10 And TextBox16.Text <= 30 Then
        Static CONG As Integer
        CONG = CONG + 1
        If CONG = 1 Then
            Label11.ForeColor = Color.Red
            Label19.ForeColor = Color.Red
            Label111.ForeColor = Color.Red
            Label114.ForeColor = Color.Red
        ElseIf CONG = 2 Then
            Label11.ForeColor = Color.Orange
            Label19.ForeColor = Color.Orange
            Label111.ForeColor = Color.Orange
            Label114.ForeColor = Color.Orange
        ElseIf CONG = 3 Then
            Label11.ForeColor = Color.DarkRed
            Label19.ForeColor = Color.DarkRed
            Label111.ForeColor = Color.DarkRed
            Label114.ForeColor = Color.DarkRed
        Else : CONG = 4
            CONG = 0
        End If
    End If
End If
If resultado > 4630 Then
    If TextBox16.Text > 30 Then
```



```
Static CONH As Integer
CONH = CONH + 1
If CONH = 1 Then
    Label11.ForeColor = Color.Red
    Label19.ForeColor = Color.Red
    Label110.ForeColor = Color.Red
    Label113.ForeColor = Color.Red
ElseIf CONH = 2 Then
    Label11.ForeColor = Color.Orange
    Label19.ForeColor = Color.Orange
    Label110.ForeColor = Color.Orange
    Label113.ForeColor = Color.Orange
ElseIf CONH = 3 Then
    Label11.ForeColor = Color.DarkRed
    Label19.ForeColor = Color.DarkRed
    Label110.ForeColor = Color.DarkRed
    Label113.ForeColor = Color.DarkRed
Else : CONH = 4
    CONH = 0
End If
End If
End If
End Sub

Private Sub Timer1234_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles Timer1234.Tick

    If resultado > 0 And resultado <= 720 Then
        If TextBox16.Text > 0 And TextBox16.Text <= 10 Then
            Static CON1 As Integer
            CON1 = CON1 + 1
            If CON1 = 1 Then
                Label18.ForeColor = Color.Green
                Label134.ForeColor = Color.Green
                Label135.ForeColor = Color.Green
                Label138.ForeColor = Color.Green
            ElseIf CON1 = 2 Then
                Label18.ForeColor = Color.LightSeaGreen
                Label134.ForeColor = Color.LightSeaGreen
                Label135.ForeColor = Color.LightSeaGreen
                Label138.ForeColor = Color.LightSeaGreen
            ElseIf CON1 = 3 Then
                Label18.ForeColor = Color.LimeGreen
                Label134.ForeColor = Color.LimeGreen
                Label135.ForeColor = Color.LimeGreen
                Label138.ForeColor = Color.LimeGreen
            Else : CON1 = 4
                CON1 = 0
            End If
        End If
    End If
    If resultado > 0 And resultado <= 720 Then
        If TextBox16.Text > 10 And TextBox16.Text <= 30 Then
            Static CONA As Integer
            CONA = CONA + 1
            If CONA = 1 Then
                Label18.ForeColor = Color.Green
            End If
        End If
    End If
End Sub
```



```
Label34.ForeColor = Color.Green
Label36.ForeColor = Color.Green
Label39.ForeColor = Color.Green
ElseIf CONA = 2 Then
Label8.ForeColor = Color.LightSeaGreen
Label34.ForeColor = Color.LightSeaGreen
Label36.ForeColor = Color.LightSeaGreen
Label39.ForeColor = Color.LightSeaGreen
ElseIf CONA = 3 Then
Label8.ForeColor = Color.LimeGreen
Label34.ForeColor = Color.LimeGreen
Label36.ForeColor = Color.LimeGreen
Label39.ForeColor = Color.LimeGreen
Else : CONA = 4
CONA = 0
End If
End If
End If
If resultado > 0 And resultado <= 720 Then
If TextBox16.Text > 30 Then
Static CONB As Integer
CONB = CONB + 1
If CONB = 1 Then
Label8.ForeColor = Color.Green
Label34.ForeColor = Color.Green
Label37.ForeColor = Color.Green
Label40.ForeColor = Color.Green
ElseIf CONB = 2 Then
Label8.ForeColor = Color.LightSeaGreen
Label34.ForeColor = Color.LightSeaGreen
Label37.ForeColor = Color.LightSeaGreen
Label40.ForeColor = Color.LightSeaGreen
ElseIf CONB = 3 Then
Label8.ForeColor = Color.LimeGreen
Label34.ForeColor = Color.LimeGreen
Label37.ForeColor = Color.LimeGreen
Label40.ForeColor = Color.LimeGreen
Else : CONB = 4
CONB = 0
End If
End If
End If
If resultado > 720 And resultado <= 1920 Then
If TextBox16.Text > 0 And TextBox16.Text <= 10 Then
Static CON2 As Integer
CON2 = CON2 + 1
If CON2 = 1 Then
Label17.ForeColor = Color.Green
Label26.ForeColor = Color.Green
Label27.ForeColor = Color.Green
Label30.ForeColor = Color.Green
ElseIf CON2 = 2 Then
Label17.ForeColor = Color.LightSeaGreen
Label26.ForeColor = Color.LightSeaGreen
Label27.ForeColor = Color.LightSeaGreen
Label30.ForeColor = Color.LightSeaGreen
```



```
ElseIf CON2 = 3 Then
    Label17.ForeColor = Color.LimeGreen
    Label26.ForeColor = Color.LimeGreen
    Label27.ForeColor = Color.LimeGreen
    Label30.ForeColor = Color.LimeGreen
Else : CON2 = 4
    CON2 = 0
End If
End If
End If
If resultado > 720 And resultado <= 1920 Then
    If TextBox16.Text > 10 And TextBox16.Text <= 30 Then
        Static CONC As Integer
        CONC = CONC + 1
        If CONC = 1 Then
            Label17.ForeColor = Color.Green
            Label26.ForeColor = Color.Green
            Label28.ForeColor = Color.Green
            Label31.ForeColor = Color.Green
        ElseIf CONC = 2 Then
            Label17.ForeColor = Color.LightSeaGreen
            Label26.ForeColor = Color.LightSeaGreen
            Label28.ForeColor = Color.LightSeaGreen
            Label31.ForeColor = Color.LightSeaGreen
        ElseIf CONC = 3 Then
            Label17.ForeColor = Color.LimeGreen
            Label26.ForeColor = Color.LimeGreen
            Label28.ForeColor = Color.LimeGreen
            Label31.ForeColor = Color.LimeGreen
        Else : CONC = 4
            CONC = 0
        End If
    End If
End If
If resultado > 720 And resultado <= 1920 Then
    If TextBox16.Text > 30 Then
        Static COND As Integer
        COND = COND + 1
        If COND = 1 Then
            Label17.ForeColor = Color.Green
            Label26.ForeColor = Color.Green
            Label28.ForeColor = Color.Green
            Label31.ForeColor = Color.Green
        ElseIf COND = 2 Then
            Label17.ForeColor = Color.LightSeaGreen
            Label26.ForeColor = Color.LightSeaGreen
            Label29.ForeColor = Color.LightSeaGreen
            Label32.ForeColor = Color.LightSeaGreen
        ElseIf COND = 3 Then
            Label17.ForeColor = Color.LimeGreen
            Label26.ForeColor = Color.LimeGreen
            Label29.ForeColor = Color.LimeGreen
            Label32.ForeColor = Color.LimeGreen
        Else : COND = 4
            COND = 0
        End If
    End If
End If
```



```
End If
End If
If resultado > 1920 And resultado <= 4630 Then
  If TextBox16.Text > 0 And TextBox16.Text <= 10 Then
    Static CON3 As Integer
    CON3 = CON3 + 1
    If CON3 = 1 Then
      Label16.ForeColor = Color.Yellow
      Label18.ForeColor = Color.Yellow
      Label19.ForeColor = Color.Yellow
      Label22.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf CON3 = 2 Then
      Label16.ForeColor = Color.YellowGreen
      Label18.ForeColor = Color.YellowGreen
      Label19.ForeColor = Color.YellowGreen
      Label22.ForeColor = Color.YellowGreen
    ElseIf CON3 = 3 Then
      Label16.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
      Label18.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
      Label19.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
      Label22.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
    Else : CON3 = 4
      CON3 = 0
    End If
  End If
End If
End If
If resultado > 1920 And resultado <= 4630 Then
  If TextBox16.Text > 10 And TextBox16.Text <= 30 Then
    Static CONE As Integer
    CONE = CONE + 1
    If CONE = 1 Then
      Label16.ForeColor = Color.Yellow
      Label18.ForeColor = Color.Yellow
      Label20.ForeColor = Color.Yellow
      Label23.ForeColor = Color.Yellow
    ElseIf CONE = 2 Then
      Label16.ForeColor = Color.YellowGreen
      Label18.ForeColor = Color.YellowGreen
      Label20.ForeColor = Color.YellowGreen
      Label23.ForeColor = Color.YellowGreen
    ElseIf CONE = 3 Then
      Label16.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
      Label18.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
      Label20.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
      Label23.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
    Else : CONE = 4
      CONE = 0
    End If
  End If
End If
End If
If resultado > 1920 And resultado <= 4630 Then
  If TextBox16.Text > 30 Then
    Static CONF As Integer
    CONF = CONF + 1
    If CONF = 1 Then
      Label16.ForeColor = Color.Yellow
    End If
  End If
End If
```



```
Label18.ForeColor = Color.Yellow
Label21.ForeColor = Color.Yellow
Label24.ForeColor = Color.Yellow
ElseIf CONF = 2 Then
Label6.ForeColor = Color.YellowGreen
Label18.ForeColor = Color.YellowGreen
Label21.ForeColor = Color.YellowGreen
Label24.ForeColor = Color.YellowGreen
ElseIf CONF = 3 Then
Label6.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
Label18.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
Label21.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
Label24.ForeColor = Color.LightGoldenrodYellow
Else : CONF = 4
CONF = 0
End If
End If
End If
If resultado > 4630 Then
If TextBox16.Text > 0 And TextBox16.Text <= 10 Then
Static CON4 As Integer
CON4 = CON4 + 1
If CON4 = 1 Then
Label11.ForeColor = Color.Red
Label19.ForeColor = Color.Red
Label12.ForeColor = Color.Red
Label15.ForeColor = Color.Red
ElseIf CON4 = 2 Then
Label11.ForeColor = Color.Orange
Label19.ForeColor = Color.Orange
Label12.ForeColor = Color.Orange
Label15.ForeColor = Color.Orange
ElseIf CON4 = 3 Then
Label11.ForeColor = Color.DarkRed
Label19.ForeColor = Color.DarkRed
Label12.ForeColor = Color.DarkRed
Label15.ForeColor = Color.DarkRed
Else : CON4 = 4
CON4 = 0
End If
End If
End If
If resultado > 4630 Then
If TextBox16.Text > 10 And TextBox16.Text <= 30 Then
Static CONG As Integer
CONG = CONG + 1
If CONG = 1 Then
Label11.ForeColor = Color.Red
Label19.ForeColor = Color.Red
Label111.ForeColor = Color.Red
Label14.ForeColor = Color.Red
ElseIf CONG = 2 Then
Label11.ForeColor = Color.Orange
Label19.ForeColor = Color.Orange
Label111.ForeColor = Color.Orange
Label14.ForeColor = Color.Orange
```



```
ElseIf CONG = 3 Then
    Label1.ForeColor = Color.DarkRed
    Label19.ForeColor = Color.DarkRed
    Label11.ForeColor = Color.DarkRed
    Label14.ForeColor = Color.DarkRed
Else : CONG = 4
    CONG = 0
End If
End If
End If
If resultado > 4630 Then
    If TextBox16.Text > 30 Then
        Static CONH As Integer
        CONH = CONH + 1
        If CONH = 1 Then
            Label1.ForeColor = Color.Red
            Label19.ForeColor = Color.Red
            Label10.ForeColor = Color.Red
            Label13.ForeColor = Color.Red
        ElseIf CONH = 2 Then
            Label1.ForeColor = Color.Orange
            Label19.ForeColor = Color.Orange
            Label10.ForeColor = Color.Orange
            Label13.ForeColor = Color.Orange
        ElseIf CONH = 3 Then
            Label1.ForeColor = Color.DarkRed
            Label19.ForeColor = Color.DarkRed
            Label10.ForeColor = Color.DarkRed
            Label13.ForeColor = Color.DarkRed
        Else : CONH = 4
            CONH = 0
        End If
    End If
End If
End Sub

Private Sub Button1_Click_2(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click
    TextBox17.Text = DateDiff(DateInterval.Day, DateTimePicker1.Value,
    DateTimePicker2.Value).ToString
End Sub
```