

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE MECANICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



TESIS

**“SISTEMA DE DIAGNÓSTICO DE FALLAS INCIPIENTES EN
LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA ELÉCTRICA EN LA
EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SAN GABÁN S.A.**

PUNO - 2014”

PRESENTADO POR:

VILMA SCARLET QUISPE CARITA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE SISTEMAS

Puno - Perú

2016

Universidad Nacional del Altiplano
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

“SISTEMA DE DIAGNÓSTICO DE FALLAS INCIPIENTES EN LOS
TRANSFORMADORES DE POTENCIA ELÉCTRICA EN LA EMPRESA DE
GENERACIÓN ELÉCTRICA SAN GABÁN S.A.
PUNO - 2014”

TESIS PRESENTADA POR:

VILMA SCARLET QUISPE CARITA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO DE
SISTEMAS

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE : 
Dr. MARIO ANTONIO SUÁREZ LÓPEZ

PRIMER MIEMBRO : 
Ing. ALDO HERNÁN ZANABRIA GÁLVEZ

SEGUNDO MIEMBRO : 
Ing. ADOLFO JIMENEZ CHURA

DIRECTOR : 
Mg. OLIVER AMADEO VILCA HUAYTA

ASESOR : 
Dr. YALMAR TEMISTOCLES PONCE ATENCIO

ASESOR : 
Mg. ANGEL JAVIER QUISPE CARITA

Puno – Perú

2016

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi familia por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mis asesores por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis; por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de mi formación profesional.

Finalmente a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración y culminación de esta tesis.

DEDICATORIA

A mis padres

A mis hermanos

por la paciencia, apoyo constante

e incondicional en todo tiempo.

ÍNDICE

RESUMEN.....	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN.....	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	18
1.1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	20
1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	22
2. MARCO TEÓRICO.....	25
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	25
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES	28
2.2 SUSTENTO TEÓRICO	29
2.2.1 TEORIA GENERAL DE LOS SISTEMAS	29
2.2.2 SISTEMA.....	30
2.2.3 SISTEMA DE INFORMACIÓN	31
2.2.4 SOFTWARE	32
2.2.5 INGENIERÍA DEL SOFTWARE.....	33
2.2.6 SISTEMA DE BASE DE DATOS	34
2.2.7 BASE DE DATOS.....	35

2.2.8	SISTEMA GESTOR DE BASE DE DATOS (SGBD)	35
2.2.9	DISEÑO DE BASE DE DATOS	36
2.2.10	MODELO ENTIDAD - RELACIÓN	36
2.2.11	DISEÑO DE NORMALIZACIÓN	37
2.2.12	MÉTRICAS DEL SOFTWARE	37
2.2.13	ISO/IEC 9126	40
2.2.14	PHP	45
2.2.15	JAVASCRIPT	46
2.2.16	JQUERY	46
2.2.17	HTML	47
2.2.18	SQL (Structured Query Language)	48
2.2.19	CSS	49
2.2.20	NAVEGADOR WEB	49
2.2.21	SCRUM	50
2.2.22	MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO	67
2.3	GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS	70
2.3.1	GASES CLAVE	71
2.3.2	DESCOMPOSICIÓN DE CELULOSA	71
2.3.3	DESCOMPOSICIÓN DE ACEITE	71
2.3.4	ANÁLISIS DE GASES DISUELTOS (DGA)	71
2.3.5	CROMATOGRAFÍA DE GASES	72
2.3.6	ANÁLISIS DE FALLA INCIPIENTES	72
2.3.7	TRANSFORMADOR DE POTENCIA ELÉCTRICA	72
2.3.8	OCURRENCIA DE FALLAS	72
2.4	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	73

2.4.1	HIPÓTESIS GENERAL	73
2.4.2	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	73
2.5	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	73
3.	DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	77
3.1	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	77
3.1.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	77
3.1.2	DISEÑO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	77
3.2	POBLACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	78
3.2.1	POBLACIÓN.....	78
3.2.2	MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	78
3.3	UBICACIÓN DE DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN	78
3.4	MATERIAL EXPERIMENTAL.....	79
3.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR DATOS	80
3.6	TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS.....	80
3.7	PLAN DE DESARROLLO Y TRATAMIENTOS DE DATOS.....	88
4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	97
4.1	ANÁLISIS DEL SISTEMA	97
4.2	DISEÑO DEL SISTEMA	98
4.2.1	DISEÑO DE LA BASE DE DATOS.....	102
4.2.2	DISEÑO INTERFAZ	103
4.3	CODIFICACIÓN.....	107
4.4	PRUEBAS.....	108
4.5	INSTALACIÓN	108
4.6	ANÁLISIS INTERNO Y EXTERNO DE RESULTADOS.....	108

4.6.1	PRUEBA SEGÚN ISO-9126.....	108
4.6.2	ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	109
4.7	VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS	113
4.8	EVALUACION DEL SISTEMA.....	113
4.9	PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	114
4.9.1	PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS	114
4.9.2	ESTADÍSTICO DE PRUEBA	114
	CONCLUSIONES	115
	SUGERENCIAS	116
	BIBLIOGRAFÍA	117
	ANEXOS	120

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1: Definición de relaciones de Rogers.....	68
Tabla 2: Definición de los códigos de Rogers.	69
Tabla 3: Criterio de identificación de fallas de Doernenburg.....	69
Tabla 4: Concentración gases para validación del Método Doernenburg.	70
Tabla 5: Relaciones del Método NBR 7274.	70
Tabla 6: Operacionalización de variables.	74
Tabla 7: Técnicas e instrumentos	80
Tabla 8: Planeamiento del Sprint	83
Tabla 9: Equipo SCRUM.....	83
Tabla 10: Desarrollo de los Sprints.	84
Tabla 11: Reunión de equipo Scrum.....	84
Tabla 12: Refinamiento de Back log.	85
Tabla 13: Revisión del Sprint.	85
Tabla 14: Retrospectiva del Sprint.	86
Tabla 15: Historias de usuario.....	88
Tabla 16: Falla de origen térmico: Método de Rogers.	93
Tabla 17: Falla de origen térmico: Método de Doernenburg.	93
Tabla 18: Falla de origen térmico: Método NBR 7274.	93
Tabla 19: Falla de origen eléctrico: Método Rogers.....	94
Tabla 20: Falla de origen eléctrico: Método Doernenburg.	94
Tabla 21: Falla de origen eléctrico: Método NBR 7274.....	94
Tabla 22: Deterioración Normal: Método de Rogers	95
Tabla 23: Deterioración Normal: Método NBR 7274	95

Tabla 24: Cuadro de decisiones ISO-9126.	108
Tabla 25: Datos de la muestra de Transformadores de Potencia Eléctrica. .	109
Tabla 26: Diagnóstico del transformador 1.	110
Tabla 27: Diagnóstico del transformador 2.	111
Tabla 28: Diagnóstico del transformador 3.	112

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1: Relación entre atributos de la métrica de software	39
Figura 2: Calidad de ISSO/IEC9126	41
Figura 3: Proceso de Eventos Sprint.....	63
Figura 4: Proyecto SCRUM.....	67
Figura 5: Sistema de diagnóstico de fallas incipientes.....	79
Figura 6: Roles, artefactos y eventos principales de SCRUM.....	82
Figura 7: Base de datos.	102
Figura 8: Interfaz de entrada para el administrador	103
Figura 9: Interfaz de entrada para usuarios	103
Figura 10: Interfaz lista de transformadores.....	104
Figura 11: Interfaz ventana ingreso de datos	104
Figura 12: Interfaz métodos y fallas incipientes	105
Figura 13: ventana del registro de una muestra.....	106
Figura 14: ventana del historial de diagnóstico de fallas.....	106
Figura 15: Estructura del proyecto.	107
Figura 16: Diagnóstico de fallas mediante el Sistema.....	113

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ficha de Evaluación de Calidad del Producto Estándar ISO-9126 .	126
Anexo 2: Ficha de Evaluación del Software Estándar ISO-9126.	133

RESUMEN

Esta investigación presenta el desarrollo de un sistema de diagnóstico de fallas incipientes con el fin de optimizar en un 80% el diagnóstico de fallas incipientes de origen térmico, eléctrico y la deterioración normal para la prolongación de vida y el mantenimiento preventivo en los transformadores de potencia eléctrica por el rol importante que desempeña en la distribución de un recurso vital como la energía eléctrica. El sistema fue desarrollado con la metodología de desarrollo de software ágil Scrum, para la inspección y adaptación de sucesivas iteraciones de incrementos potencialmente entregables de este. Los resultados comparativos entre el diagnóstico del sistema y el resultado del especialista de los casos procesados de los transformadores tomados de la Empresa de Generación Eléctrica San Gabán y de una investigación publicada en la Comisión Internacional Electrotécnica (IEC-60599, 1999), fueron a partir de evaluación de los datos cromatográficos por tres metodologías de interpretación: Método de Rogers, Doernenburg, NBR 7274 y finalmente aplicando la moda estadística, demostró ser óptimo en un 80 por ciento de los casos procesados acertados en relación a los resultados obtenidos por un especialista.

Palabras clave: sistema, diagnóstico, transformadores de potencia eléctrica, datos cromatográficos, fallas incipientes.

ABSTRACT

This research presents the development of an incipient fault diagnosis system in order to optimize in 80% the diagnosis of incipient faults of thermal, electrical origin and the normal deterioration for the prolongation of life and the preventive maintenance in the power transformers electricity for the important role it plays in the distribution of a vital resource such as electric power. The system was developed with the agile software development methodology Scrum, for the inspection and adaptation of successive iterations of increments potentially deliverable from it. The comparative results between the diagnosis of the system and the result of the specialist of the processed cases of the transformers taken from the Electrical Generation Company San Gabán and of a research published in the International Electrotechnical Commission (IEC-60599, 1999), were from Of evaluation of the chromatographic data by three methodologies of interpretation: Rogers method, Doernenburg. NBR 7274 and finally applying statistical fashion, proved to be optimal in 80 percent of the cases processed successful in relation to the results obtained by a specialist.

Key words: system, diagnosis, electric power transformers, chromatographic data, incipient faults.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de diagnóstico desempeñan un rol importante en los sistemas eléctricos pues evalúan el estado de uno de los componentes más críticos y caros como son los transformadores de potencia eléctrica. Por otro lado la demanda creciente por energía y la sobrecarga actual de los sistemas eléctricos imponen la necesidad cada vez mayor de optimizar el uso de herramientas adecuadas de monitoreo y diagnóstico del estado operativo de los equipos eléctricos, para prolongar el tiempo de vida útil y prevenir la presencia de fallas en estos equipos.

El objetivo de esta investigación es desarrollar un sistema de diagnóstico de fallas que optimice el diagnóstico de fallas incipientes, para la prolongación de vida y mantenimiento preventivo de los transformadores de potencia eléctrica.

Durante el desarrollo de esta investigación se podrá observar el análisis de los resultados que evalúa el sistema empleando tres métodos de diagnóstico, el cual determina el porcentaje de acierto en los diagnósticos de los diez casos de muestra procesados en relación a los resultados obtenidos por un especialista a partir de la muestra de los gases de 10 transformadores tomados de una lista de transformadores publicados en un artículo de la Comisión Internacional Electrotécnica(IEC-60599) y de la Empresa de Generación Eléctrica, para finalmente comprobar la coherencia de resultados en cuanto a los diagnósticos finales obtenidos por el sistema. A continuación se presenta una breve descripción del contenido de esta investigación:

En el capítulo I se desarrolla el planteamiento, descripción, justificación del problema y objetivos de la investigación.

En el capítulo II se desarrolla el marco teórico, sustento teórico, glosario de términos básicos, hipótesis de la investigación y operacionalización de variables.

En el capítulo III se desarrolla el diseño metodológico de la investigación, tipo y diseño de la investigación, población, material y técnicas e instrumentos para recolectar información para el desarrollo, procesamiento y análisis de datos.

Finalmente en el capítulo IV se desarrolla el análisis e interpretación de los resultados, la visualización de resultados, evaluación, prueba de hipótesis y conclusiones.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La energía eléctrica se ha convertido en un elemento de vital importancia para el desarrollo del país; la demanda y expansión de generación y transmisión del sistema eléctrico se han acrecentado en consonancia con la inversión para su distribución en las áreas: urbana y rural. El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) reportó que de cada 100 hogares del área rural 74 acceden a energía eléctrica; a nivel nacional, la cobertura del servicio de energía eléctrica alcanzó a 92,9 por ciento de los hogares, en el segundo trimestre de 2014.

Es importante señalar que el transformador de potencia es un dispositivo de vital importancia en el sistema de transmisión y distribución confiable de energía eléctrica, pues garantiza los límites de estabilidad normados desde los locales de generación de energía eléctrica hasta los locales finales.

Por otro lado el incremento poblacional y demanda de la misma ha traído consigo la necesidad de ampliar la cobertura de servicios. En este contexto la Empresa de Generación Eléctrica San Gabán S.A. ; viene realizando estudios de aprovechamiento del Río San Gabán desde los años 80, posee centrales hidroeléctricas en el departamento de Puno, provincia de Carabaya, distritos de Ollachea, San Gabán y Ayapata; cuenta con tres líneas de transmisión de 138kV entre el S.E. San Gabán II y la S.E. Azángaro, las cuales suministran la energía generada al SEIN(Sistema Eléctrico Interconectado Nacional), su domicilio central está ubicado en la Av. Floral N°245, Barrio Bellavista, en la ciudad de Puno, departamento de Puno. Actualmente opera con el contratista

Qualitas s.a. encargada de realizar el control de calidad, pruebas de evaluación, mantenimiento y diagnóstico de los transformadores de potencia, con la asistencia de los laboratorios Morgan Schaffer. El proceso de evaluación está constituido por la bitácora del transformador, determinación de fallos, prueba de rutina, pruebas especiales, puesta en transformador y calificación de aceite. Para tal efecto se realizan métodos de prueba del aceite aislante ASTM e IEC, que permite la trazabilidad de la muestra para el diagnóstico mediante el sistema de cromatografía hasta producir el informe de la prueba final. Siendo de consideración en este proceso la bitácora del transformador y determinación de fallas incipientes mediante el análisis de gases disueltos (DGA); siendo este último de vital importancia, pues se encarga de evaluar los Gases clave detectados: H₂(Hidrógeno), O₂(Oxígeno), N₂(Nitrógeno), CH₄(Metano), CO(Monóxido de Carbono), CO₂(Dióxido de Carbono), C₂H₄(Etileno), C₂H₆(Etano) y C₂H₂(Acetileno), según el método de prueba estándar para el análisis de gases disueltos en el aislamiento eléctrico de aceite por cromatografía de gases ASTM D3612-02. Para asistir la interpretación de los resultados del DGA en el aceite utilizan las relaciones de los diferentes gases medidos con los siguientes métodos individuales de diagnóstico: la Norma IEC 60599, método de gas clave, método de Rogers y método de Duval. Estos métodos dan indicación de las posibles áreas involucradas, como el diagnóstico de los gases que superan los límites aceptables, para la toma de decisiones de mantenimiento correspondientes. Sin embargo los diagnósticos son diversos por la existencia de incertidumbre en el diagnóstico y muchas veces no son aplicables a la condición real del transformador.

Bajo este contexto se propone desarrollar una herramienta computacional para optimizar el diagnóstico y proporcionar soporte a la toma de decisiones durante la operación del sistema eléctrico de distribución y como resultado final, desarrollar el: “SISTEMA DE DIAGNÓSTICO DE FALLAS INCIPIENTES EN LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA ELÉCTRICA EN LA EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SAN GABÁN S.A. PUNO - 2014”,

1.1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el nivel de eficiencia del Sistema de diagnóstico de fallas incipientes en los transformadores de potencia eléctrica en la Empresa de Generación Eléctrica San Gabán S.A. Puno - 2014?

1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Debido a la importancia de los transformadores de potencia en los sistemas de transmisión y distribución confiable de energía, además de tratarse de un equipo de alto costo en el contexto de un sistema eléctrico, la presencia de una falla incipiente interna en un transformador puede interferir en la transmisión, distribución de energía eléctrica y eventualmente ocasionar pérdidas debido a los diferentes tipos de perturbaciones como son: corto circuito, sobrecarga, sobretensión, etc. generando interrupción en el servicio y pérdidas de transmisión para los usuarios finales como para la operación económica de la concesionaria eléctrica, por la cantidad de energía y facturación en el lapso de reposición. Esto ha traído consigo la necesidad de garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas eléctricos.

En el anuario ejecutivo de electricidad 2013 del ministerio de energía expone que el suministro de energía es de suma relevancia para las

actividades realizadas por los diversos sectores de la economía, por este motivo la evolución del sector eléctrico ha acompañado el proceso de expansión y modernización de la economía peruana. El valor agregado del subsector electricidad y agua consolidando una participación de aproximadamente 2,2% en el PBI del país. En el caso de las redes de transmisión y distribución, estas han pasado por un proceso de ampliación, repotenciación y modernización continuo. Sin embargo, la centralización de la oferta en la zona centro ha provocado congestión en las líneas troncales de transmisión a medida que la demanda de las zonas norte y sur ha crecido. Esto se ha visto traducido en el incremento del porcentaje de pérdidas de energía eléctrica en el sistema de transmisión, lo cual significa una pérdida de eficiencia.

Sin embargo, es posible optimizar la distribución confiable de energía eléctrica mediante la detección temprana de fallas en los transformadores de potencia, cabe enfatizar que las aplicaciones, ventajas e inconvenientes de los métodos de diagnóstico actuales con relación a algunas técnicas alternativas muestran algunos inconvenientes en los criterios de adquisición, representación y utilización del conocimiento.

En vista de ello, en esta investigación se propone desarrollar una herramienta computacional, para proporcionar el soporte a las decisiones durante la operación del sistema eléctrico y como resultado final, la detección temprana de degradación incipiente, efectuado mediante el Sistema de Diagnóstico de Transformadores de Potencia a través del análisis de los resultados cromatográficos de gases disueltos en el aceite aislante (DGA) ,para tal fin se aplicarán varios métodos de interpretación, a partir del análisis de los

parámetros de los gases más importantes como son: hidrógeno(H₂), monóxido de carbono(CO), dióxido de carbono(CO₂), metano(CH₄), acetileno(C₂H₂), etano(C₂H₆) y etileno(C₂H₄) para proporcionar un diagnóstico sobre la condición operativa real de los transformadores, para la toma de decisiones oportuna en el proceso de mantenimiento y diagnóstico de fallas incipientes ,reduciendo el riesgo de fallas y de esta manera justificar la realización de mantenimientos a las demás unidades.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema de diagnóstico de fallas incipientes que optimice al menos en un 80% el diagnóstico de fallas incipientes para la prolongación de vida y el mantenimiento preventivo de los transformadores de potencia eléctrica en la Empresa de Generación Eléctrica San Gabán S.A. Puno.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Evaluar las fallas de origen térmico en los transformadores de potencia eléctrica mediante el sistema de diagnóstico de fallas incipientes en los transformadores de potencia eléctrica.
- Diagnosticar las fallas de origen eléctrico en los transformadores de potencia eléctrica mediante el sistema de diagnóstico de fallas incipientes en los transformadores de potencia eléctrica.
- Determinar la deterioración normal en los transformadores de potencia eléctrica mediante el sistema de diagnóstico de fallas incipientes en los transformadores de potencia.

- Establecer la efectividad del sistema de diagnóstico de fallas incipientes en los transformadores de potencia basado en la bitácora de transformadores.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

Este capítulo tiene como objetivo revisar, integrar y complementar aspectos teóricos y prácticos de la literatura nacional e internacional relacionados a investigaciones sobre los diversos sistemas y métodos de diagnóstico en los transformadores de potencia eléctrica.

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Pérez R. et al. (2013) en su investigación sobre un Sistema de Monitoreo en Tiempo Real para el Diagnóstico de Transformadores de Potencia en una Empresa de Energía Eléctrica, concluyó que a pesar de sus altos costos no es posible evitar la aparición de fallas imprevistas que provocan la destrucción parcial o total de estos equipos y la energía dejada de servir por ellos, lo que conlleva pérdidas millonarias, sobre todo cuando los mismos se encuentran en la salida de las subestaciones principales. Por otro lado afirmó que cuando existe una ausencia de datos confiables que impiden encontrar su tasa de fallas, se puede emplear el Análisis de los Modos de Fallas, Efecto y Criticidad (AMFEC) para determinar el impacto: económico, a la seguridad y al medio ambiente que estas fallas producen.

Cabe enfatizar que la importancia de este trabajo consiste en aplicar el AMFEC para encontrar el peso de las fallas más importantes que se presentan en los transformadores de potencia de forma que se pueda direccionar su diagnóstico y mantenimiento. En caso de que en los resultados no se cuente con una base de datos confiable se puede y debe utilizarse el AMFEC como

una herramienta primordial a la hora de direccionar las actividades de diagnóstico y mantenimiento en los transformadores de potencia.

Po otro lado como otro método de diferente a los sistemas Carita A. J. et al. (2013) describe en su investigación: la estructura, el aprendizaje y aplicación de una RB (red bayesiana), la cual se centra en una red probabilística para el diagnóstico de fallas en un transformador a través del análisis de gases disueltos (DGA) en aceite mediante una red bayesiana que utiliza los coeficientes de concentración de los gases metano / hidrógeno (CH_4 / H_2), etano / metano ($\text{C}_2\text{H}_6 / \text{CH}_4$), etileno / etano ($\text{C}_2\text{H}_4 / \text{C}_2\text{H}_6$) y acetileno / etileno ($\text{C}_2\text{H}_2 / \text{C}_2\text{H}_4$), como elementos que activan el diagnóstico de la red como son: el deterioro normal, desperfecto eléctrico y fallo térmico, este aprendizaje es llevado a cabo a partir de la base de datos histórica, en consecuencia la red bayesiana presenta un alto grado de fiabilidad y consistencia, el aprendizaje de la RB está directamente relacionado con construcción de la base de conocimientos de la red, además se debe considerar el volumen de datos a un aprendizaje efectivo: a mayor cantidad de datos, mejor será el resultado y, en consecuencia, tener una gran contribución en el diagnóstico de fallas en transformadores de potencia. Por lo tanto tiene la ventaja de proporcionar como resultado una mayor probabilidad de éxito, lo que es un apoyo de fiabilidad a los expertos, se tornan útiles en el diagnóstico y fácilmente actualizables.

En los resultados obtenidos en la prueba hubo un RB 86,64% de precisión del diagnóstico en comparación con el diagnóstico dado por el especialista en la base de datos (DB), lo que confirma la fiabilidad de la red

propuesta. Las simulaciones sugieren buenos resultados en comparación con algún existente en la literatura.

Finalmente concluye que el estudio y diagnóstico de fallas incipientes en transformadores de potencia sigue siendo uno de los temas de mayor la investigación en el sector de la electricidad y la importancia funcional y económicos que muestran estos dispositivos en los sistemas transmisión fiable y distribución de electricidad.

Arias J.T. et al. (2014) en su investigación presenta las técnicas de Doernenburg, Gases Clave, Rogers y Duval, como las más empleadas para evaluar la condición de aislamiento de los transformadores de potencia; técnicas basadas en el análisis de gases disueltos(DGA) e interpretación de resultados en el cual indican que: el análisis de gases disueltos(DGA) inició en 1960 y es ampliamente utilizado en el mundo para detectar averías incipientes en el transformador , enfatizan que las técnicas de diagnóstico DGA que son comúnmente utilizadas como guías para diagnosticar el estado del transformador, sin embargo existe gran incertidumbre en los datos de los gases, debido a la variedad de patrones y cantidad de gases generados por las diversos tipos de averías , afectados por muchos factores. Por lo tanto las diferentes técnicas de interpretación DGA pueden obtener interpretaciones de averías diferentes o en conflicto, por lo que la precisión se ve afectada.

(Betacour & Delgadillo, 2014) Indican que los sistemas de monitoreo y diagnóstico representan una tecnología conceptualmente madura, en fase de optimización y la experiencia de uso permitirá desarrollar la gestión de activos en Sistemas de Potencia hacia un nuevo nivel de valor, al permitir al usuario mantener la máxima confiabilidad a costo óptimo.

En este contexto se observa que los diferentes tipos de fallas que existen en los sistemas, están asociadas diversos factores que generan la degradación de estos.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

En el 2011 Miranda encontró en su investigación que el diagnóstico basado en seguimiento de los gases: H₂, O₂, N₂, CH₄, CO, CO₂, C₂H₄, C₂H₆, C₂H₂ por el análisis cromatográfico en inspección termográfica mediante la ejecución de pruebas eléctricas y SFRA (Revisión del análisis de respuesta en frecuencia), arrojaron resultados inmediatos a la inspección interna de la parte activa del transformador. Además reitera de que por muchos años el método de análisis de gases disueltos en el aceite DGA ha sido usado como una herramienta en el diagnóstico de los transformadores, actualmente el método está siendo usado para varios propósitos como: detectar fallas incipientes, supervisar transformadores sospechosos, probar la explicación de la probable causa de fallas o disturbios, el cual ya ha ocurrido, y asegurar que los nuevos transformadores estén en buen estado, como también DGA puede también ser usado como parte de un sistema de ranking como una estrategia de ranking de la población de transformadores.

Por tanto en base a los antecedentes nacional e internacionales se pudo observar la mejora progresiva de las diferentes metodologías de diagnóstico como también necesidad de optimizar la eficiencia de las herramientas de diagnóstico de los transformadores de potencia que cumplen una función vital haciendo posible la disminución de la presencia de fallas o anomalías de la energía eléctrica, con el propósito de evitar pérdidas en la transmisión del sistema eléctrico, las mismas que repercuten en los usuarios finales como en la

concesionaria. Por lo cual es importante seguir contribuyendo al desarrollo de herramientas computacionales de diagnóstico para brindar un soporte óptimo para su gestión, evaluación y monitoreo de su comportamiento, como incremento del tiempo de vida útil mediante una evaluación óptima de los datos a consecuencia mejorar los indicadores de un diagnóstico óptimo.

2.2 SUSTENTO TEÓRICO

2.2.1 TEORIA GENERAL DE LOS SISTEMAS

Bertalanffy (1968) encontró que:

La teoría general de sistema debería constituirse en un mecanismo de integración entre las ciencias naturales y sociales. El principio en que se basa esta teoría es la noción de totalidad orgánica. Además indica que existen modelos, principios y leyes que pueden ser generalizados a través de varios sistemas, sus componentes y las relaciones entre ellos. La integración y la separación representan dos aspectos fundamentalmente diferentes de la misma realidad, en el momento en que se rompe el todo se pierde alguna de sus propiedades vitales.

La teoría general de los sistemas comprende un conjunto de enfoques que difieren de estilo y propósito, entre las cuales se encuentran la teoría de conjuntos (Mesarovic), teoría de las redes (Rapoport), cibernética (Wiener), teoría de la información (Shannon y Weaver), teoría de los autómatas (Turing), teoría de los juegos (von Neumann), etc.

Por ello, la práctica del análisis de sistemas aplica diversos modelos, de acuerdo a la naturaleza de cada uno, según el orden jerárquico, la diferenciación progresiva, la retroalimentación, etc. Son aplicables a grandes

sistemas materiales, psicológicos y socioculturales. Las características que pueden ser aplicables a cualquier sistema son:

- La interrelación de sus partes y el todo.
- Los sistemas están ordenados en una jerarquía.
- Las partes de un sistema no son iguales al todo.
- Los límites de los sistemas son artificiales.
- Los sistemas pueden ser abiertos o cerrados, según el ambiente.
- Cada sistema tiene entradas, procesos, salidas y ciclos de retroalimentación.
- Las fuerzas dentro de un sistema tienden a ser contrarias entre ellas (feedback) para mantener el equilibrio.
- Entropía.

2.2.2 SISTEMA

“En sentido amplio, un sistema es un conjunto de componentes que interaccionan entre sí para lograr un objetivo común” (Senn, 1993).

Por otro lado Bertalanffy (1968) cita a Thomas Kuhn quien afirma que: El concepto de sistema constituye un nuevo paradigma, o una “nueva filosofía de la naturaleza”, según dijo quien esto escribe (1967).

Además considera la ciencia de los sistemas o sea la exploración y la explicación científica de los sistemas de las varias ciencias (física, biología, psicología, ciencias sociales...), con los sistemas como doctrina de principios aplicables a todos los sistemas, de naturaleza holística y generalista, o interdisciplinaria adecuada también para entornos complejos más allá de las fronteras de las especialidades.

2.2.3 SISTEMA DE INFORMACIÓN

Sistema de Información es definido por como: "un conjunto de procedimientos que se acumula (o recupera), procesa, almacena y difunde información para apoyar la toma de decisiones y el control." (Laudon, 2006)

En la mayoría de los casos, los sistemas de información son sistemas formales, en ordenadores que juegan un papel integral en las organizaciones. Aunque los sistemas de información en ordenadores, es importante tener en cuenta que cualquier viejo ordenador o un programa de software no es necesariamente un sistema de información.

Los sistemas de información se encuentran conformados por los siguientes elementos: Información, personas, tecnologías de Información, comunicación y técnicas de Trabajo. Los sistemas de información realizan las siguientes actividades:

- Entradas de información.
- Procesamiento.
- Almacenamiento.
- Salidas.

Características de los Sistemas de Información:

- Ahorro de mano de obra.
- Se implantan en las organizaciones.
- Intensivos en entradas y salidas de información.
- Generan grandes volúmenes de información.
- Recolector de información.
- Fácil manejo para los usuarios.
- Apoyo para la toma de decisiones.

Clasificación de los Sistemas de Información:

- Transaccionales: Dispone toda la información para trabajos administrativos, que necesitan para el desempeño de sus funciones, con un pequeño sistema de información global.
- Gestión y Administración: Controla la evolución de la organización, el cumplimiento de los objetivos operativos y la situación económico-financiera.
- Para la Toma de Decisiones: Permiten realizar análisis diversos de los mismos datos sin necesidad de programación.
- De Dirección: Permiten acceder a la información tanto vertical como horizontalmente. El término "vertical" se refiere a un acceso jerarquizado de la información, mientras el término "horizontal" hace referencia a los análisis comparativos, y es aquí donde entra en juego la información del entorno.

2.2.4 SOFTWARE

“Software es el conjunto de instrucciones detalladas que controlan el funcionamiento de un sistema de computación.” (Laudon, 2006).

Por otro lado se define Software como: “Programas de ordenador y documentación asociada, los productos de software se pueden desarrollar para un cliente en particular o un mercado en general”. (Somerville, 2005).

Funciones de un software:

- Administrar los recursos de computación de la organización
- Proporcionar herramientas a las personas para el uso de dichos recursos.

- Intermediario entre la organización y la información almacenada.

Tipos de Software

- Software de sistemas, se encargan de administrar los recursos de la PC.
- Software de aplicación, son programas usados por los usuarios finales.

2.2.5 INGENIERÍA DEL SOFTWARE

En el 2005 Somerville encontró que, la ingeniería del software es una disciplina de ingeniería que comprende todos los aspectos de la producción de software.

En su libro afirma que la ingeniería del software es una disciplina de la ingeniería que comprende todos los aspectos de la producción de software desde las etapas iniciales de la especificación del sistema, hasta el mantenimiento de este después de que se utiliza.

En esta definición existen dos frases clave:

- **Disciplina de la ingeniería:** Los ingenieros hacen que las cosas funcionen, aplican teorías, métodos y herramientas donde sean convenientes, pero las utilizan de forma selectiva y siempre tratando de descubrir soluciones a los problemas, aun cuando no existan teorías y métodos aplicables para resolverlos. Los ingenieros también saben que deben trabajar con restricciones financieras y organizacionales, por lo que buscan soluciones tomando en cuenta estas restricciones.
- **Todos los aspectos de producción de software:** La ingeniería del software no solo comprende los procesos técnicos del desarrollo del software, sino también con actividades tales como la gente con de proyectos de software y el desarrollo de herramientas, métodos y teorías de apoyo a la producción de software.

En general, Los ingenieros de software adaptan un enfoque sistemático organizado en su trabajo, ya que es la forma más efectiva de producir software de alta calidad. Sin embargo aunque la ingeniería consiste en seleccionar el método más apropiado para un conjunto de circunstancias, un enfoque más informal y creativo de desarrollo podría ser efectivo en algunas circunstancias. El desarrollo informal es apropiado para el desarrollo de sistemas basado en web, los cuales requieren una mezcla de técnicas de software de diseño gráfico.

2.2.6 SISTEMA DE BASE DE DATOS

En el 2001 Date encontró que, un sistema de bases de datos es básicamente un sistema computarizado para llevar registros. Es posible considerar a la propia base de datos como una especie de armario electrónico para archivar; es decir, es un depósito o contenedor de una colección de archivos de datos computarizados. Los usuarios del sistema pueden realizar una variedad de operaciones sobre dichos archivos.

Por ejemplo:

- Agregar nuevos archivos vacíos a la base de datos;
- Insertar datos dentro de los archivos existentes;
- Recuperar datos de los archivos existentes;
- Modificar datos en archivos existentes;
- Eliminar datos de los archivos existentes;
- Eliminar archivos existentes de la base de datos.

2.2.7 BASE DE DATOS

De la misma forma define: “Base de datos es un conjunto de datos persistentes que es utilizado por los sistemas de aplicación de alguna empresa dada.” (Date, 2001).

2.2.8 SISTEMA GESTOR DE BASE DE DATOS (SGBD)

(Silberschatz, Korth, & S., 2002) indican que, un sistema gestor de bases de datos (SGBD) consiste en una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a dichos datos. La colección de datos, normalmente denominada base de datos, contiene información relevante para una empresa. El objetivo principal de un SGBD es proporcionar una forma de almacenar y recuperar la información de una base de datos de manera que sea tanto práctica como eficiente.

Los sistemas de bases de datos se diseñan para gestionar grandes cantidades de información. La gestión de los datos implica tanto la definición de estructuras para almacenar la información como la provisión de mecanismos para la manipulación de la información. Además, los sistemas de bases de datos deben proporcionar la fiabilidad de la información almacenada, a pesar de las caídas del sistema o los intentos de acceso sin autorización. Si los datos van a ser compartidos entre diversos usuarios, el sistema debe evitar posibles resultados anómalos.

Dado que la información es tan importante en la mayoría de las organizaciones, los científicos informáticos han desarrollado un amplio conjunto de conceptos y técnicas para la gestión de los datos.

2.2.9 DISEÑO DE BASE DE DATOS

Silberschatz et. al (2002) Indica que el objetivo del diseño de las bases de datos relacionales es la generación de un conjunto de esquemas relacionales que nos permita almacenar la información sin redundancias innecesarias, pero que también nos permita recuperar fácilmente esa información. Un enfoque es el diseño de esquemas que se hallen en una forma normal adecuada.

Para determinar si el esquema de una relación se halla en una de las formas normales deseables hace falta información adicional sobre la empresa real que ese está modelando con la base de datos. Para ello es necesario emplear las formas normales en términos de las dependencias funcionales y otros tipos de dependencias de datos.

2.2.10 MODELO ENTIDAD - RELACIÓN

En el 2005 Coronado encontró que en esencia, el modelo entidad-relación (en adelante E-R), consiste en buscar las entidades que describan los objetos que intervienen en el problema y las relaciones entre esas entidades. Todo esto se plasma en un esquema gráfico que tiene por objeto, por una parte, ayudar al programador durante la codificación y por otra, al usuario a comprender el problema y el funcionamiento del programa. A continuación algunos conceptos que se usan en el modelo E-R:

- **Entidad:** es una representación de un objeto individual concreto del mundo real.
- **Conjunto de entidades:** es la clase o tipo al que pertenecen entidades con características comunes.

- **Atributo:** cada una de las características que posee una entidad, y que agrupadas permiten distinguirla de otras entidades del mismo conjunto.
- **Dominio:** conjunto de valores posibles para un atributo.
- **Interrelación:** es la asociación o conexión entre conjuntos de entidades.
- **Grado:** número de conjuntos de entidades que intervienen en una interrelación.

2.2.11 DISEÑO DE NORMALIZACIÓN

Coronado (2005) encontró lo siguiente: El proceso de normalización consiste verificar el cumplimiento de ciertas reglas que aseguran la eliminación de redundancias e inconsistencias. Esto se hace mediante la aplicación de ciertos procedimientos y en ocasiones se traduce en la separación de los datos en diferentes relaciones.

Las relaciones resultantes deben cumplir ciertas características:

- Se debe conservar la información: Conservación de los atributos., Conservación de las tuplas, evitando la aparición de tuplas que no estaban en las relaciones originales.
- Se deben conservar las dependencias. Este proceso se lleva a cabo aplicando una serie de reglas llamadas "formas normales". Estas reglas permiten crear bases de datos libres de redundancias e inconsistencias, que se ajusten a la definición del doctor Codd de base de datos relacional.

2.2.12 MÉTRICAS DEL SOFTWARE

Somerville(2005) indica lo siguiente : Una métrica de software es cualquier tipo de medida relacionada con un sistema, proceso o documentación

de software, se refiere a derivar un valor numérico desde algún atributo del software o del proceso, estas medidas se utilizan para conocer información útil para el proceso de validación del software, posibles defectos descubiertos en el software y conclusiones de la calidad del software o de los procesos para desarrollarlo; comparando estos valores entre sí con los estándares aplicados en la organización. El cual es una garantía de calidad del software y representa una visión final de las especificaciones del diseño y de la codificación. Los tipos de revisiones son:

- Inspecciones de diseño o programas
- Revisiones del progreso.
- Revisiones de calidad.

Las mediciones del software pueden utilizarse para:

- Hacer predicciones generales acerca del sistema: Haciendo mediciones de las características de los componentes del sistema y reuniendo éstas, podremos derivar una estimación general de algunos atributos del sistema, como el número de fallos.
- Identificar componentes anómalos: Mediante las mediciones podemos identificar los componentes que se salgan de lo normal. Como identificar los de complejidades más altas, los cuales suponemos que serán los que tengan más errores, para centramos en ellos en el proceso de revisión.

Por otro lado frecuentemente, es imposible medir los atributos de calidad del software directamente. Los atributos de calidad como la mantenibilidad, la comprensión y la usabilidad son atributos externos que nos dicen cómo ven el software los desarrolladores y los usuarios. Éstos se ven afectados por

diversos factores y no existe un camino simple para medirlos. Más bien es necesario medir atributos internos del software y suponer que existe una relación entre lo que queremos medir y lo que queremos saber. De forma ideal, existe una relación clara y válida entre los atributos internos y externos del software.

A continuación para la medida de los atributos internos como indicador útil de la característica externa, se deben cumplir tres condiciones:

- El atributo interno debe medirse de forma precisa.
- Debe existir una relación entre lo que se puede medir y el atributo de comportamiento externo.
- Esta relación se comprende, ha sido validada y se puede expresar en términos de una fórmula o modelo.

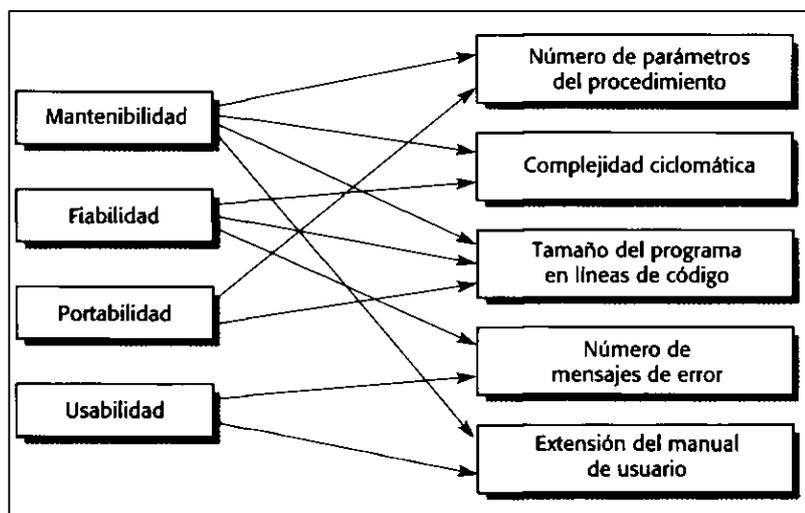


Figura 1: Relación entre atributos de la métrica de software

Fuente: Gestión de la calidad pag. 600

2.2.13 ISO/IEC 9126

Esta norma Internacional fue publicada en 1992, la cual es usada para la evaluación de la calidad de software, conocida como ISO 9126 o ISO/IEC 9126. Este estándar permite especificar y evaluar la calidad del software desde diferentes criterios asociados con adquisición, requerimientos, desarrollo, uso, evaluación, soporte, mantenimiento, aseguramiento de la calidad y auditoria de software, describe 6 características generales: Funcionalidad, Confiabilidad, Usabilidad, Eficiencia, Mantenibilidad, y Portabilidad (Borbón Ardila, 2013).

Los modelos de calidad para el software se describen así:

- **Calidad interna y externa:** Especifica 6 características para calidad interna y externa, las cuales, están subdivididas. Estas divisiones se manifiestan externamente cuando el software es usado como parte de un sistema Informático, y son el resultado de atributos internos de software.
- **Calidad en uso:** Es el efecto combinado para el usuario final de las 6 características de la calidad interna y externa del software. Especifica 4 características para la calidad en uso.

Al unir la calidad interna y externa con la calidad en uso se define un modelo de evaluación más completo, la usabilidad del modelo de calidad externa e interna no son iguales al modelo de calidad en uso, la usabilidad es la forma como los profesionales interpretan o asimilan la funcionabilidad del software y la calidad en uso se puede asumir como la forma que asimila el usuario final. Si se unen los dos modelos, se puede definir que los seis

indicadores del primer modelo tienen sus atributos y el modelo de calidad en uso sus 4 indicadores pasarían hacer sus atributos.



Figura 2: Calidad de ISSO/IEC9126

Las características y subcaracterísticas se pueden medir externamente por la capacidad del sistema que contiene el software son:

Funcionalidad:

Capacidad del software de cumplir y proveer las funciones para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas en condiciones específicas, sus características son:

- **Adecuación:** Capacidad del software para proveer un adecuado conjunto de funciones que cumplan las tareas y objetivos especificados por el usuario.
- **Exactitud:** Capacidad del software para hacer procesos y entregar los resultados solicitados de forma esperada.
- **Interoperabilidad:** La capacidad del software de interactuar con uno o más sistemas específicos.

- **Seguridad:** La capacidad del software para proteger la información y los datos de manera que los usuarios o los sistemas no autorizados no puedan acceder a ellos y la capacidad de aceptar el acceso a los datos de los usuarios o sistemas autorizados
- **Conformidad de la funcionalidad:** La capacidad del software de cumplir los estándares de la funcionalidad.

Confiabilidad:

Capacidad del software para asegurar un nivel de funcionamiento adecuado en condiciones específicas.

- **Madurez:** La capacidad para evitar fallas cuando encuentra errores.
- **Tolerancia a errores:** Capacidad del software para mantener un nivel de funcionamiento en caso de errores.
- **Recuperabilidad:** Capacidad del software para restablecer su funcionamiento adecuado y recuperar los datos afectados en el caso de una falla.
- **Conformidad de la fiabilidad:** Capacidad del software de cumplir a los estándares o normas relacionadas a la fiabilidad.

Usabilidad:

Capacidad del software de ser entendido, aprendido, y usado en forma fácil y atractiva, está determinada por los usuarios finales y los usuarios indirectos del software a la preparación del uso y el resultado obtenido, características:

- **Entendimiento:** Este criterio se debe tener en cuenta la documentación y de las ayudas que el software entrega al usuario.

- **Aprendizaje:** Permite al usuario aprender su uso, es importante considerar la documentación.
- **Operabilidad:** Como el software permite al usuario operarlo y controlarlo.
- **Atracción:** Cualidades del software para hacer más agradable al usuario.
- **Conformidad de uso:** Capacidad del software de cumplir los estándares.

Eficiencia:

- Desempeño adecuado, de acuerdo a los recursos utilizados según las condiciones planteadas (configuración de hardware, el sistema operativo, etc.): **Comportamiento de tiempos:** Los tiempos adecuados de respuesta y procesamiento, el rendimiento en condiciones específicas (ejecución de procedimientos complejos del software).
- **Utilización de recursos:** Capacidad del software para utilizar cantidades y tipos adecuados de recursos.
- **Conformidad de eficiencia:** Capacidad del software para cumplir con los estándares de la eficiencia.
- **Capacidad de mantenimiento:** Calidad que tiene el software para ser modificado (correcciones, mejoras del software, al entorno, requerimientos funcionales, etc.).
- **Capacidad de ser analizado:** La forma como el software permite diagnósticos de deficiencias o causas de fallas, o la identificación de partes modificadas.

- **Cambiabilidad:** Capacidad del software para la implementación de una modificación sea codificación, diseño y documentación.
- **Estabilidad:** Evita efectos inesperados para modificaciones del mismo.
- **Facilidad de prueba:** Permite realizar pruebas, sin poner en riesgo.
- **Conformidad de facilidad de mantenimiento:** estándares de mantenimiento.
- **Portabilidad:** Capacidad para ser trasladado de un entorno a otro.
- **Adaptabilidad:** Capacidad de adaptarse a entornos específicos (hardware o S.O.) con escalabilidad de capacidad interna (campos, tablas, transacciones).
- **Facilidad de instalación:** Instalación fácil en un entorno específico o por el usuario final.
- **Coexistencia:** Capacidad para coexistir, compartir recursos con varios software, comunes con otro software o dispositivo.
- **Reemplazabilidad:** Capacidad para ser reemplazado por otro software (nueva versión, la propiedad para migrar datos a otro software).
- **Conformidad de portabilidad:** Que cumple con estándares de la portabilidad.

Calidad en uso

Como el usuario final logra realizar los procesos con satisfacción, eficiencia y exactitud.

- **Eficacia:** Capacidad para realizar los procesos con exactitud e integridad.

- **Productividad:** Si permite a los usuarios emplear cantidades apropiadas de recursos, sea eficaz y no afecte al productividad del empleado.
- **Seguridad:** Que no tenga niveles de riesgos (deficiencias en la funcionalidad, fiabilidad, usabilidad o facilidad de mantenimiento) en cuanto a la propiedad intelectual o entorno.
- **Satisfacción:** Respuesta del usuario a la interacción con el software, e incluye las actitudes hacia el uso del mismo.

2.2.14 PHP

PHP es el acrónimo de Hipertext Preproceso, PHP es un lenguaje de programación del lado del servidor gratuito e independiente de plataforma, rápido, con una gran librería de funciones y documentación. PHP puede hacer cualquier cosa que se pueda hacer con un script CGI, como procesar la información de formularios, generar páginas con contenidos dinámicos, o enviar y recibir cookies.

PHP puede ser utilizado en cualquiera de los principales sistemas operativos del mercado, incluyendo Linux, muchas variantes Unix (incluyendo HP-UX, Solaris y OpenBSD), Microsoft Windows, Mac OS X, RISC OS y probablemente alguno más. PHP soporta la mayoría de servidores web de hoy en día, incluyendo Apache, Microsoft Internet Information Server, Personal Web Server, Netscape e iPlanet, OreillyWebsite Pro server, Caudium, Xitami, etc. PHP tiene módulos disponibles para la mayoría de los servidores.

Con PHP no se encuentra limitado a resultados en HTML. Entre las habilidades de PHP se incluyen: creación de imágenes, archivos PDF y películas Flash (usando libswf y Ming) sobre la marcha. También puede

presentar otros resultados, como XHTML y archivos XML. PHP puede autogenerar estos archivos y almacenarlos en el sistema de archivos en vez de presentarlos en la pantalla. La interpretación y ejecución de los scripts PHP se hacen en el servidor, el cliente (un navegador que pide una página web) sólo recibe el resultado de la ejecución y jamás ve el código PHP.

2.2.15 JAVASCRIPT

En el 2010 Eguíluz Pérez indicó que JavaScript es un lenguaje de programación que se utiliza principalmente para crear páginas web dinámicas. Una página web dinámica es aquella que incorpora efectos como texto que aparece y desaparece, animaciones, acciones que se activan al pulsar botones y ventanas con mensajes de aviso al usuario. Técnicamente, JavaScript es un lenguaje de programación interpretado, por lo que no es necesario compilar los programas para ejecutarlos. En otras palabras, los programas escritos con JavaScript se pueden probar directamente en cualquier navegador sin necesidad de procesos intermedios. A pesar de su nombre, JavaScript no guarda ninguna relación directa con el lenguaje de programación Java. Legalmente, JavaScript es una marca registrada de la empresa Sun Microsystems, como se puede ver en <http://www.sun.com/suntrademarks/>.

2.2.16 JQUERY

Álvarez (2012) indicó lo siguiente:

JQuery es un framework Javascript, contiene librerías de código que contienen procesos o rutinas ya listos para usar, puesto que en el propio framework ya hay implementaciones que están probadas, funcionan y no se necesitan volver a programar.

jQuery es un framework para el lenguaje Javascript, JQuery implementa una serie de clases (de programación orientada a objetos) que nos permiten programar sin preocuparnos del navegador con el que nos está visitando el usuario, ya que funcionan de exacta forma en todas las plataformas más habituales. Así pues, este framework Javascript, nos ofrece una infraestructura que proporciona mayor facilidad para la creación de aplicaciones complejas del lado del cliente. Por ejemplo, en la creación de interfaces de usuario, efectos dinámicos, aplicaciones que hacen uso de Ajax, etc. Este framework tiene licencia para uso en cualquier tipo de plataforma, personal o comercial. Para ello simplemente tendremos que incluir en nuestras páginas un script Javascript que contiene el código de jQuery, que podemos descargar de la propia página web del producto y comenzar a utilizar el framework.

2.2.17 HTML

HTML, Hiper Text Markup Lenguaje (Lenguaje de Marcas de Hipertexto), es el lenguaje con el que se escriben las páginas Web. Las páginas web pueden ser vistas por el usuario mediante un tipo de aplicación llamada navegador.

HTML es el lenguaje usado por los navegadores para mostrar las páginas webs al usuario, siendo hoy en día la interface más extendida en la red.

Este lenguaje nos permite aglutinar textos, sonidos e imágenes, HTML nos permite la introducción de referencias a otras páginas por medio de los enlaces hipertexto.

2.2.18 SQL (Structured Query Language)

Silberschatz et. al (2002) indica que: SQL (Structured Query Language, Lenguaje estructurado de consultas) se considera un lenguaje de consultas, contiene muchas otras capacidades además de la consulta en bases de datos. Incluye características para definir la estructura de los datos, para la modificación de los datos en la base de datos y para la especificación de restricciones de seguridad. Por otro lado refiere que el lenguaje SQL tiene varios componentes:

- Lenguaje de definición de datos (LDD): El LDD de SQL proporciona órdenes para la definición de esquemas de relación, borrado de relaciones, creación de índices y modificación de esquemas de relación.
- Lenguaje interactivo de manipulación de datos (LMD): El LMD de SQL incluye un lenguaje de consultas, basado tanto en el álgebra relacional como en el cálculo relacional de tuplas. Incluye también órdenes para insertar, borrar y modificar tuplas de la base de datos.
- Definición de vistas: El LDD de SQL incluye órdenes para la definición de vistas.
- Control de transacciones: SQL incluye órdenes para la especificación del comienzo y final de transacciones.
- SQL incorporado y SQL dinámico: SQL dinámico e incorporado define cómo se pueden incorporar las instrucciones SQL en lenguajes de pro C++, Java, PL/I, Cobol, Pascal y Fortran.
- Integridad. El LDD de SQ: incluye órdenes para la especificación de las restricciones de integridad que deben satisfacer los datos almacenados

en la base de datos. Las actualizaciones que violen las restricciones de integridad se rechazan. • Autorización. El LDD de SQL incluye órdenes para especificar derechos de acceso para las relaciones y vistas.

2.2.19 CSS

De la Cruz indica lo siguiente:

CSS es un lenguaje de hojas de estilos creado para controlar el aspecto o presentación de los documentos electrónicos definidos con HTML y XHTML. CSS es la mejor forma de separar los contenidos y su presentación y es imprescindible para crear páginas web complejas. Separar la definición de los contenidos y la definición de su aspecto presenta numerosas ventajas, ya que obliga a crear documentos HTML/XHTML bien definidos y con significado completo (también llamados "documentos semánticos"). Además, mejora la accesibilidad del documento, reduce la complejidad de su mantenimiento y permite visualizar el mismo documento en infinidad de dispositivos diferentes.

Al crear una página web, se utiliza en primer lugar el lenguaje HTML/XHTML para marcar los contenidos, es decir, para designar la función de cada elemento dentro de la página: párrafo, titular, texto destacado, tabla, lista de elementos, etc. Una vez creados los contenidos, se utiliza el lenguaje CSS se pueden definir diferentes aspectos de la misma.

2.2.20 NAVEGADOR WEB

Un navegador web (web browser) es una Aplicación que sirve para acceder a la World Wide Web (WWW) que alberga todas las páginas web y "navega" por ella a través de los enlaces. Generalmente estos programas no sólo traen la utilidad de navegar por la WWW, sino que pueden también administrar correo, grupos de noticias, ingresar al servicio de FTP, etc.

Actualmente los navegadores más populares son: Google chrome., Internet Explorer, Opera, Mozilla Firefox.

2.2.21 SCRUM

Scrum es un marco de trabajo ágil que, a través de la continua inspección y adaptación, permite a un equipo auto organizado ir construyendo sucesivas iteraciones un producto a través de incrementos potencialmente entregables. (Herranz, 2016).

Scrum es un marco de referencia dentro de la metodología de desarrollo de software ágil, para crear software complejo y entregarlo a tiempo de una forma mucho más sencilla, el cual lo habilitara para crear excelente software, mediante la aplicación de un conjunto de directrices a seguir por los equipos de trabajo y el uso de roles concretos.

El marco de referencia Scrum utiliza el concepto de equipos Scrum, los cuales son grupos de trabajo donde los miembros juegan roles específicos. (Dimes, 2015).

El marco Scrum es un subconjunto de la metodología de desarrollo de software ágil, que también se aplica los principios del enfoque ágil. Scrum se basa en cinco valores:

- **Enfoque:** permite lograr una sinergia entre los miembros del equipo que permite realizar un trabajo excelente y entregar valor más temprano.
- **Coraje:** cada miembro del equipo debe sentirse apoyado por el resto y, de ese modo, logran tener el coraje para aceptar grandes retos.
- **Transparencia:** los equipo deben expresar con sinceridad como van, que se están encontrando en su camino y cuáles son sus preocupaciones de modo que estas pueden ser atendidas.

- **Compromiso;** al tener más control sobre su propio destino, los miembros del equipo están más comprometidos con el éxito del proyecto,
- **Respeto:** a medida que trabajan juntos, compartiendo éxitos y fracasos, el respeto y la ayuda brindada al resto de compañeros hace a los miembros del equipo dignos de respeto.

En torno a estos cinco valores, se construye un sencillo proceso donde un equipo formado por un Scrum Master, un Product Owner y varios miembros del llamado Development Team, convertirán un conjunto de necesidades recogidas en el Product Backlog en un producto, mediante sucesivas iteraciones denominadas Sprint.

Scrum se basa en la teoría de control proceso empírico, o el empirismo. El empirismo afirma que el conocimiento proviene de la experiencia y la toma de decisiones en base a lo que se conoce. (Ken Schwaber, 2013).

Scrum emplea un enfoque iterativo e incremental para optimizar la previsibilidad y control de riesgos. Tres pilares sostienen toda implementación del control de proceso empírico:

- La transparencia,
- Inspección,
- La adaptación.

Según la guía de Scrum desarrollado y mantenido por Ken Schwaber y Jeff Sutherland: Scrum prescribe cuatro eventos formales para la inspección y la adaptación,:

- Planificación del Sprint

- Scrum Diario
- Revisión del Sprint
- Sprint Retrospective

El equipo Scrum (The Scrum Team)

El equipo de Scrum consiste en un product owner, development team, y un Scrum Master. Los Scrum master (equipos de scrum) son auto-organizados y multi-funcionales. Los equipos de auto-organización deciden cuál es la mejor para llevar a cabo su trabajo, en lugar de ser dirigido por otros fuera del equipo. Los equipos multi-funcionales tienen todas las competencias necesarias para realizar el trabajo sin depender de otros que no forman parte del equipo.

El modelo de equipo de Scrum está diseñado para optimizar la flexibilidad, la creatividad y la productividad.

Los equipos de Scrum: entregan los productos de manera incremental e iterativa, maximizando las oportunidades para la retroalimentación. Las entregas incrementales del producto "Hecho" garantizan una versión potencialmente útil de producto de trabajo y está siempre disponible.

Propietario del producto (Product Owner)

El propietario del producto es responsable de maximizar el valor del producto y el trabajo del equipo de desarrollo. Cómo se hace, esto puede variar ampliamente a través de las organizaciones, equipos de Scrum, y los individuos.

El propietario del producto es la única persona responsable de la gestión de la reserva de pedidos de productos. La cartera de gestión de productos incluye:

- Claramente expresados los elementos de la Pila del producto.

- Solicitud de los elementos de la Pila de Producto para lograr mejor los objetivos y misiones.
- Optimizar el valor de la obra el equipo de desarrollo
- Asegurar que la reserva de pedidos de productos es visible, transparente y clara para todos, y muestra lo que el Equipo Scrum trabajará en la próxima
- Asegurar el equipo de desarrollo comprende los elementos de la Pila de Producto al nivel necesario.
- El propietario del producto puede hacer el trabajo por encima de, o tienen el Equipo de Desarrollo de hacerlo. Sin embargo, el propietario del producto sigue siendo responsable.

El product owner es una persona, no un comité. El propietario del producto puede representar los deseos de un comité en la reserva de pedidos de productos, pero aquellos que quieren cambiar la prioridad de un elemento de la Pila de Producto, deben abordar el propietario del producto. Para el propietario del producto para tener éxito, toda la organización debe respetar sus decisiones. Las decisiones del dueño del producto son visibles en el contenido y el orden de la reserva de pedidos de productos. Nadie puede decirle al equipo de desarrollo para trabajar a partir de un conjunto diferente de los requisitos, y no se permite que el equipo de desarrollo para actuar en lo que digan los demás.

Equipo de desarrollo (The Development Team)

El equipo de desarrollo está formado por profesionales que realizan el trabajo de la entrega de un incremento potencialmente liberable del producto

"Hecho" al final de cada Sprint. Sólo los miembros del equipo de desarrollo crean el incremento.

Los equipos de desarrollo están estructurados y capacitados por la organización para organizar y gestionar su propio trabajo. La sinergia resultante optimiza la eficiencia y la eficacia general del equipo de desarrollo. Los equipos de desarrollo tienen las siguientes características:

- auto-organización. Nadie (ni siquiera el Scrum Master) le dice al equipo de desarrollo cómo convertir la pila de Producto (Product Backlog) en incrementos de funcionalidad potencialmente liberable.
- Los equipos de desarrollo están de funciones cruzadas, con todas las habilidades como un equipo necesario para crear un incremento del producto.

Scrum master

El Scrum Master es responsable de asegurar que Scrum se entienda. Scrum Masters hace esto asegurándose de que el Equipo Scrum se adhiera a la teoría Scrum, prácticas y normas.

El Scrum Master es un líder servidor para el Equipo Scrum. El Scrum Master ayuda a los que están fuera del equipo Scrum, como entender cuáles de sus interacciones con el Equipo Scrum son útiles y cuáles no lo son. El Scrum Master ayuda a todos a cambiar estas interacciones para maximizar el valor creado por el Equipo Scrum.

Eventos Scrum(Scrum Events)

Los eventos prescritos se utilizan en Scrum para crear la regularidad y reducir al mínimo la necesidad de reuniones no definidos en Scrum. Todos los eventos son eventos encajadas en un tiempo, de tal manera que cada evento

tiene una duración máxima. Una vez que comienza un Sprint, su duración es fija y no se puede acortar o alargar. Los eventos restantes pueden terminar cada vez que se consigue el propósito del evento, lo que garantiza una cantidad apropiada de tiempo dedicado sin permitir residuos en el proceso.

Aparte del propio Sprint, que es un contenedor para todos los demás eventos, cada evento en Scrum es una oportunidad formal para inspeccionar y adaptar algo. Estos eventos están diseñados específicamente para permitir la transparencia crítica y la inspección. La no inclusión de cualquiera de estos eventos resulta en pérdida de transparencia y es una oportunidad perdida para inspeccionar y adaptar, a continuación los elementos que lo constituyen:

El Sprint

El corazón de Scrum es un Sprint, un recuadro temporal de un mes o menos durante el cual se crea un "Hecho", utilizable, y potencialmente liberable incremento del producto. Sprints mejores tienen duraciones consistentes a lo largo de un esfuerzo de desarrollo. Un nuevo Sprint se inicia inmediatamente después de la conclusión de la Sprint anterior. Sprints contienen y consisten en la Planificación del Sprint, Scrums diarias(daily scrums), el trabajo de desarrollo, la Revisión del Sprint, y la retrospectiva de Sprint. Durante el Sprint:

- No se realizan cambios que pondría en peligro el objetivo del Sprint.
- Los objetivos de calidad no disminuyen.
- El alcance puede aclararse y re-negociación entre el propietario del producto y el equipo de desarrollo como más se aprende.

Cada Sprint puede considerarse un proyecto con no más de un horizonte de un mes. Al igual que los proyectos, Sprints se utilizan para lograr algo. Cada Sprint cuenta con una definición de lo que es para ser construido, un diseño y

un plan flexible que guiará su construcción, el trabajo, y el producto resultante. Sprints se limitan a un mes natural. Cuando el horizonte de un Sprint es demasiado tiempo la definición de lo que se está construyendo, pudiendo cambiar, la complejidad puede aumentar, y el riesgo puede aumentar. Sprints permiten la previsibilidad garantizando la inspección y la adaptación de progreso hacia un objetivo del Sprint por lo menos cada mes calendario. Sprints también limitan el riesgo de un mes natural de coste.

A continuación según SCRUM se prescribe cuatro eventos formales para la inspección y la adaptación:

Planificación del Sprint (sprint planning)

El trabajo a realizar en el Sprint está previsto en la Planificación del Sprint. Este plan es creado por el trabajo de colaboración de todo el equipo Scrum. Planificación del Sprint es el tiempo en caja a un máximo de ocho horas para un mes de Sprint. Para Sprints cortos, el evento es por lo general más corto. El Scrum Master asegura que el evento se lleve a cabo y que los auxiliares de entiendan su propósito. El Scrum Master enseña al Equipo Scrum para mantenerlo dentro de la caja de tiempo. La planificación del Sprint contesta lo siguiente:

- ¿Qué puede ser entregado en el incremento resultante de la próxima Sprint?
- ¿Cómo se logrará el trabajo necesario para entregar el Incremento.

Tema Uno: ¿Qué puede hacer el Sprint?

El equipo de desarrollo trabaja para pronosticar la funcionalidad que se desarrollará durante el Sprint. El propietario del producto (product owner) discute el objetivo que el Sprint debe lograr y los elementos de la Pila del

producto (backlog product) que, si se completa en el Sprint, permitan lograr el objetivo del Sprint. Todo el Equipo Scrum colabora en la comprensión de la labor de la Sprint.

La entrada a esta reunión es la reserva de pedidos de productos, el último incremento del producto, la capacidad proyectada del equipo de desarrollo durante el Sprint, y el rendimiento pasado del equipo de desarrollo. El número de elementos seleccionados de la Pila de Producto (backlog product) para el Sprint es el único hasta el equipo de desarrollo. Sólo el equipo de desarrollo puede evaluar lo que se puede lograr en el próximo Sprint.

El objetivo del Sprint es un objetivo que se reúne en el Sprint a través de la aplicación de la reserva de pedidos de productos, y proporciona una guía para el Equipo de Desarrollo de por qué se está construyendo el incremento.

Tema Dos: ¿Cómo va el trabajo elegido a conseguir?

Después de haber establecido el objetivo del Sprint y seleccionar los elementos de la Pila de Producto (backlog product) para el sprint, el equipo de desarrollo decide cómo se va a construir esta funcionalidad en un "Hecho", incremento del producto durante el Sprint. Los elementos de la Pila del producto seleccionados para este Sprint más el plan para la entrega de ellos se llama la Pila del Sprint. El equipo de desarrollo por lo general comienza por el diseño del sistema y el trabajo necesario para convertir la reserva de pedidos de productos en un producto de trabajo Incremento. El trabajo puede ser de tamaño variable, o el esfuerzo estimado. Sin embargo, el trabajo lo suficientemente está previsto durante la planificación de Sprint para el equipo de desarrollo para pronosticar lo que cree que puede hacer en el próximo Sprint. Trabajo previsto para los primeros días de la Sprint por el equipo de

desarrollo se descompone por el final de esta reunión, a menudo en unidades de un día o menos. El equipo de desarrollo de la auto-organiza para llevar a cabo el trabajo en la Pila del Sprint, tanto durante la planificación de Sprint y como sea necesario durante el Sprint. El propietario del producto puede ayudar a aclarar los elementos de la Pila producto seleccionado y hacer concesiones. Si el equipo de desarrollo determina que tiene el trabajo demasiado o demasiado poco, puede renegociar los elementos de la Pila del producto seleccionado con el propietario del producto. El equipo de desarrollo también puede invitar a otras personas a asistir con el fin de proporcionar asesoramiento técnico o de dominio. Hacia el final de la Planificación del Sprint, el equipo de desarrollo debe ser capaz de explicar al propietario del producto y Scrum Master cómo se propone trabajar como un equipo de auto-organización para lograr el objetivo del Sprint y crear el esperado incremento.

Meta Sprint

El objetivo del Sprint es un objetivo establecido para el Sprint que pueden ser satisfechas a través de la aplicación de la Pila de Producto. Proporciona una guía para el Equipo de Desarrollo de por qué se está construyendo el incremento. Se crea durante la reunión de planificación de Sprint. El objetivo del Sprint le da al equipo de desarrollo de una cierta flexibilidad en cuanto a la funcionalidad implementada en el Sprint.

Los elementos de la Pila del producto seleccionados ofrecen una función coherente, que puede ser el objetivo del Sprint.

El objetivo del Sprint puede ser cualquier otro coherencia que hace que el equipo de desarrollo para trabajar juntos en lugar de en iniciativas independientes.

Como trabaja el equipo de desarrollo, se mantiene el objetivo del Sprint en mente. Con el fin de satisfacer el objetivo del Sprint, que implementa la funcionalidad y la tecnología. Si el trabajo resulta ser diferente que el Equipo de Desarrollo de espera, que colaboran con el propietario del producto a negociar el alcance de Sprint Backlog en el Sprint.

Scrum diario (Daily Scrum)

El Daily Scrum es un evento encajadas en tiempo de 15 minutos para el equipo de desarrollo para sincronizar las actividades y crear un plan para las próximas 24 horas. Esto se realiza mediante la inspección de los trabajos desde el último Daily Scrum y la previsión de los trabajos que se podía hacer antes de la próxima. El Scrum Diario se lleva a cabo en el mismo lugar y hora cada día para reducir la complejidad. Durante la reunión, los miembros del equipo de desarrollo explican:

- ¿Qué hice ayer que ayudó al equipo de desarrollo de cumplir con el objetivo del Sprint?
- ¿Qué voy a hacer hoy para ayudar al equipo de desarrollo de cumplir con el objetivo del Sprint?
- ¿Veo cualquier impedimento que yo o el Equipo de Desarrollo impide cumplir con el objetivo del Sprint?

El equipo de desarrollo utiliza el Daily Scrum para inspeccionar el progreso hacia el objetivo del Sprint y para inspeccionar cómo el progreso es una tendencia hacia la conclusión de la obra en la Pila de Sprint (backlog sprint). El Scrum Diario optimiza la probabilidad de que el equipo de desarrollo se reunirá con el Objetivo del Sprint. Cada día, el equipo de desarrollo debe entender cómo tiene la intención de trabajar juntos como un equipo auto-

organizados para lograr el objetivo del Sprint y crear el incremento previsto para el final del Sprint. El equipo de desarrollo o de los miembros del equipo a menudo se reúnen inmediatamente después de la Scrum Diario de discusiones detalladas, o para adaptarse, o planificar de nuevo, el resto del trabajo de la Sprint.

Las Scrums diarias mejoran las comunicaciones, eliminan otras reuniones, identificar los obstáculos para el desarrollo de la, destaca y promueve la toma de decisiones rápida, y mejora el nivel de conocimiento del equipo de desarrollo. Esta es una clave de reunión para inspeccionar y adaptarse.

Revisión del Sprint (Sprint Review)

Una revisión de Sprint se lleva a cabo al final del Sprint para inspeccionar el incremento y adaptar la reserva de pedidos de productos si es necesario. Durante la Revisión del Sprint, el Equipo Scrum y las partes interesadas colaboran en lo que se hizo en el Sprint. Sobre esa base y cualquier cambio en la reserva de pedidos de productos durante el sprint, los asistentes colaboran en las siguientes cosas que se podrían hacer para optimizar el valor. Esta es una reunión informal, no una reunión de estado, y la presentación del incremento es con la intención de sacar la regeneración y fomentar la colaboración.

Esta es una reunión de cuatro horas para los sprints de cada mes. Para Sprints cortos, el evento es por lo general más corto. El Scrum Master asegura que el evento se lleve a cabo y que los auxiliares comprendan su propósito. El Scrum Master enseña todo para mantenerlo dentro de la caja de tiempo.

La Revisión del Sprint incluye los siguientes elementos:

- Los asistentes incluyen el Equipo Scrum y las partes interesadas clave invitadas por el propietario del producto.
- El propietario del producto explica qué elementos de la Pila del producto han sido "hecho" y lo que no ha sido "Hecho".
- El equipo de desarrollo analiza lo que ha ido bien durante el Sprint, qué problemas se topó, y cómo se resolvieron esos problemas.
- El equipo de desarrollo demuestra el trabajo que tiene "Hecho" y responde a preguntas sobre el Incremento.
- El propietario del producto discute la reserva de pedidos de productos en su estado actual. Él o ella proyectan probables fechas de terminación basadas en los avances hasta la fecha (si es necesario).
- Todo el grupo colabora en qué hacer a continuación, de manera que la Revisión del Sprint proporciona una valiosa información para la posterior Planificación del Sprint;
- Revisión de cómo el mercado o el uso potencial del producto podrían haber cambiado lo que es lo más valioso que hacer a continuación.
- Revisión de la línea de tiempo, presupuesto, capacidades potenciales, y el mercado para la próxima versión anticipada del producto.
- El resultado de la Revisión del Sprint es una Pila de Producto revisado que define los elementos de la Pila del producto probables para el próximo Sprint. La reserva de pedidos del producto también se puede ajustar en general para satisfacer las nuevas oportunidades.

Sprint retrospectivo (Sprint Retrospective)

El Sprint Retrospective es una oportunidad para que el Equipo Scrum inspeccione y cree un plan de mejoras que se promulgará durante el próximo Sprint.

El Sprint Retrospective se produce después de la Revisión del Sprint y antes de la próxima Planificación del Sprint.

Esta es una reunión de tres horas para los Sprints de un mes. Para Sprints cortos, el evento es por lo general más corto. El Scrum Master asegura que el evento se lleve a cabo y que los auxiliares entiendan su propósito. El Scrum Master enseña todo para mantenerlo dentro de la caja de tiempo. El Scrum Master participa como miembro del equipo de pares en la reunión de la rendición de cuentas sobre el proceso de Scrum.

El propósito de la Sprint Retrospective es:

- Inspeccionar cómo el último Sprint fue con respecto a las personas, relaciones, procesos y herramientas.
- Identificar y ordenar los principales elementos que salieron bien y mejoras potenciales.
- Crear un plan para la implementación de mejoras a la forma en que el Equipo Scrum hace su trabajo.

El Scrum Master alienta al Equipo Scrum para mejorar, dentro del marco de proceso Scrum, su proceso y las prácticas de desarrollo para que sea más eficaz y agradable para el próximo Sprint. Durante cada Retrospectiva del Sprint, el Equipo Scrum planea formas de aumentar la calidad del producto mediante la adaptación de la definición de "Hecho", según corresponda.

Hacia el final de la Retrospectiva del Sprint, el Equipo Scrum debería haber identificado mejoras que implementará en el próximo Sprint. La implementación de estas mejoras en el próximo Sprint es la adaptación a la inspección del propio equipo Scrum.

A pesar de las mejoras se pueden implementar en cualquier momento, la Retrospectiva del Sprint ofrece una oportunidad formal para centrarse en la inspección y la adaptación.

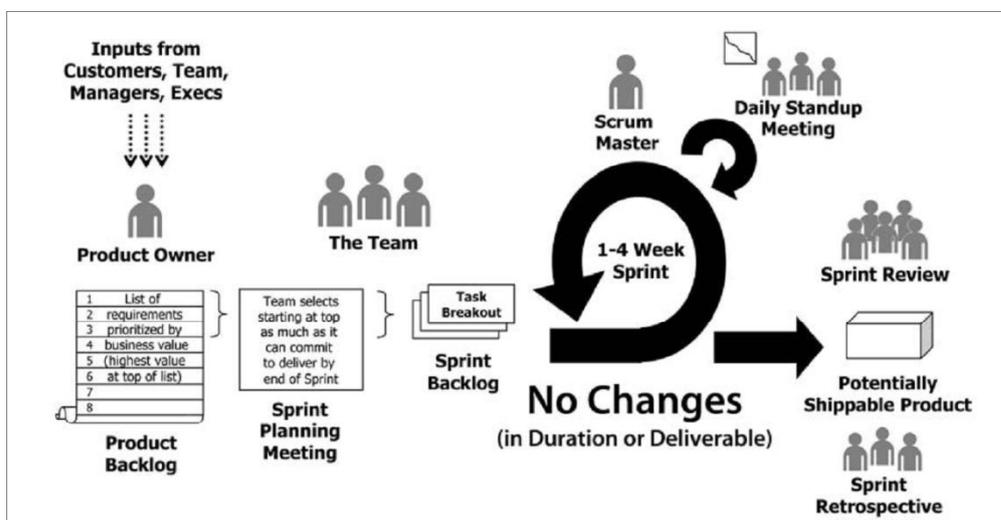


Figura 3: Proceso de Eventos Sprint

Artefactos de Scrum (Artifact Scrum)

Los artefactos de Scrum representan el trabajo o el valor de dar transparencia y oportunidades para la inspección y la adaptación. Artefactos definidos por Scrum están diseñados específicamente para maximizar la transparencia de la información clave para que todos tengan la misma comprensión del artefacto.

Pila de Producto (Product Backlog)

La Pila de Producto es una lista ordenada de todo lo que podría ser necesario en el producto y es la única fuente de requisitos para cualquier cambio que se introduzcan en el producto. El propietario del producto es responsable de la reserva de pedidos de productos, incluyendo su contenido, la disponibilidad, y el pedido.

La reserva de pedidos de productos evoluciona a medida que el producto y el medio ambiente en el que se va a utilizar evoluciona. La reserva de pedidos de productos es dinámico; cambia constantemente para identificar porque el producto tiene que ser adecuado, competitivo, y útil. Mientras exista un producto, también existe la cartera de pedidos del producto.

La reserva de pedidos de productos enumera todas las características, funciones, requisitos, mejoras y correcciones que constituyen los cambios que se introducirán en el producto en futuras versiones. Los elementos de la Pila del producto tienen los atributos de una descripción, el orden, y el valor estimado.

Como se utiliza un producto y el valor de las ganancias, y el mercado proporciona retroalimentación, la reserva de pedidos de productos se convierte en una lista más grande y más exhaustiva. Los requisitos nunca dejan de cambiar. Los cambios en los requerimientos del negocio, las condiciones del mercado, la tecnología o pueden causar cambios en la reserva de pedidos de productos.

Múltiples equipos Scrum a menudo trabajan juntos en el mismo producto. Una Pila de Producto se utiliza para describir el próximo trabajo en el producto.

El refinamiento Pila de Producto es el acto de añadir detalles, estimaciones, y el orden de los elementos de la Pila de Producto. Este es un proceso continuo en el que el propietario del producto y el Equipo de Desarrollo colaboran en los detalles de los elementos de la Pila del producto. Durante el refinamiento del producto Cartera, los artículos son revisados y examinados. El Equipo Scrum decide cómo y cuándo se realiza el refinamiento. El refinamiento suele consumir no más del 10% de la capacidad del equipo de desarrollo. Sin embargo, elementos de la Pila del producto pueden ser actualizados en cualquier momento por el propietario del producto o, a discreción del propietario del producto.

Las estimaciones más precisas se realizan en base a la mayor claridad y mayor detalle en cuanto a los elementos de la pila; cuanto menor sea el orden, el menor detalle. Los elementos de la Pila del producto que van a ocupar el Equipo de Desarrollo para el próximo Sprint se refinan para que cualquier artículo pueda ser razonablemente "Hecho" dentro del recuadro temporal Sprint. Los elementos de la Pila de productos que pueden ser "Hecho" por el equipo de desarrollo dentro de un Sprint se consideran "listos" para la selección de una Planificación del Sprint. Los elementos de la Pila del producto suelen adquirir este grado de transparencia a través de las actividades de refinación descritos anteriormente.

El equipo de desarrollo es responsable de todas las estimaciones. El propietario del producto puede influir en el Equipo de Desarrollo ayudándola a comprender y seleccionar soluciones de compromiso.

Pila del Sprint (Sprint Backlog)

La Pila del Sprint es el conjunto de elementos de la Pila del producto seleccionado para el Sprint, además de un plan para entregar el incremento del producto y la realización del objetivo del Sprint. La Pila del Sprint es una previsión por el equipo de desarrollo de lo que la funcionalidad estará en el siguiente incremento y el trabajo necesario para entregar la funcionalidad en un "Hecho" Incremento.

La Pila del Sprint hace visible todo el trabajo que el Equipo de Desarrollo identifica como sea necesario para cumplir con el objetivo del Sprint.

La Pila del Sprint es un plan con suficiente detalle para que los cambios en curso se puedan entender en el Scrum Diario. El equipo de desarrollo modifica la Pila del Sprint en todo el Sprint, y la Pila de Sprint surge durante el Sprint. EL cual produce cómo funciona el equipo de desarrollo a través del plan y aprende más sobre el trabajo necesario para lograr el objetivo del Sprint.

Ya que se requiere un nuevo trabajo, el equipo de desarrollo lo añade a la Pila del Sprint. A medida que el trabajo se lleva a cabo o completado, el trabajo restante estimado se actualiza. Cuando los elementos del plan se consideren innecesarios, se retiran. Sólo el equipo de desarrollo puede cambiar su Pila del Sprint durante un Sprint. La Pila del Sprint es una imagen muy visible, en tiempo real del trabajo que el equipo de desarrollo de los planes para llevar a cabo durante el Sprint, y pertenece únicamente al equipo de desarrollo.

Incremento (Increment)

El incremento es la suma de todos los elementos de la Pila de Producto completas durante un Sprint y el valor de los incrementos de todos los Sprints anteriores. Al final de un Sprint, el nuevo incremento debe ser "hecho", lo que

significa que debe estar en un estado usable y cumplir con la definición de los del Equipo Scrum "Hecho." Debe estar en un estado usable independientemente de que el propietario del producto decida en realidad liberarlo.

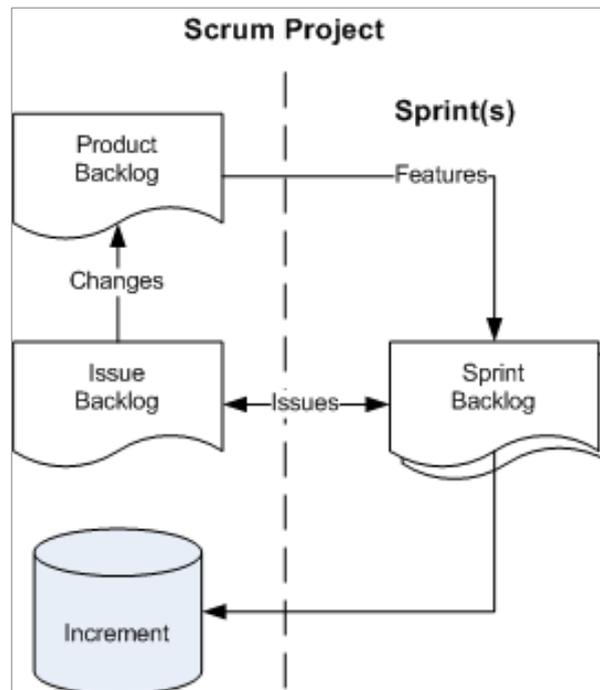


Figura 4: Proyecto SCRUM.

Fuente: Recuperado del manual SCRUM.

El objetivo, las necesidades a desarrollar y las tareas requeridas para llevarlas a cabo (Sprint Backlog) en una reunión de Sprint Planning, luego se revisara al final del Sprint el Incremento en la Sprint Review, a fin de lograr el máximo feedback posible y se revisara el proceso y las interacciones entre los distintos participantes en el proyecto a través de la Retrospectiva

2.2.22 MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO

IEEE Std C57104 (2009) indica que los metodos diagnostico, son métodos convencionales de diagnóstico de fallos por la DGA (análisis de

gases disueltos), son métodos de interpretación empleados para monitorear el desempeño de los transformadores de potencia eléctrica mediante el análisis de relaciones de gases, son:

Método de Rogers

El método Rogers utiliza cuatro relaciones de gas: metano / hidrógeno (CH_4 / H_2), etano / metano ($\text{C}_2\text{H}_6 / \text{CH}_4$) etileno / etano ($\text{C}_2\text{H}_4 / \text{C}_2\text{H}_6$), y de acetileno / etileno ($\text{C}_2\text{H}_2 / \text{C}_2\text{H}_4$).

El diagnóstico de fallos se realiza usando un esquema sencillo de codificación basado en intervalos de relaciones, como se muestra en la Tabla 1

Tabla 1: Definición de relaciones de Rogers.

Relación de gases	Rango de variación	Código
R1: CH_4/H_2	≤ 0.1	5
	$>0.1 ; < 1$	0
	$\geq 1 ; < 3$	1
	≥ 3	2
R2: C_2H_6	< 1	0
	≥ 1	1
R3: $\text{C}_2\text{H}_4/\text{C}_2\text{H}_6$	< 1	0
	$\geq 1 ; < 3$	1
	≥ 3	2
R4: $\text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_4$	< 0.5	0
	$\geq 0.5 ; < 3$	1
	≥ 3	2

Fuente: IEC-60599.

La combinación de código de la Tabla 1 genera once (11) diferentes tipos de fallas y uno (1) en condiciones normales transformador. El tipo de condición (normal o fallo) es sobre la base de los códigos que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Definición de los códigos de Rogers.

R1	R2	R3	R4	Diagnostico Rogers
0	0	0	0	Deterioración normal
5	0	0	0	Descarga parcial(DP)
½	0	0	0	Sobrecalentamiento < 150°
½	1	0	0	Sobrecalentamiento >150° y <200
0	1	0	0	Sobrecalentamiento > 200° y < 300°
0	0	1	0	Sobrecalentamiento de conductores
1	0	1	0	Corrientes en los devanados
1	0	2	0	Corrientes de circulación, en el núcleo y tanque, sobrecalentamiento en conexiones
0	0	0	1	Descarga continua (DC)
0	0	½	½	Arco con alta energía
0	0	2	2	DC de baja potencia
5	0	0	½	DP descarga parcial en la celulosa

Fuente: IEC-60599.

Método de Doernenburg

Este método se basa en las relaciones CH₄/H₂, C₂H₂/C₂H₄, C₂H₆/C₂H₂ y C₂H₂/CH₄. Este método identifica tres tipos de fallas: sobrecalentamiento local (puntos calientes), descargas parciales y otro tipo de descargas (fallas eléctricas).

Tabla 3: Criterio de identificación de fallas de Doernenburg.

Tipos de fallas	Relaciones entre concentraciones			
	Relaciones Principales		Relaciones auxiliares	
Puntos calientes	CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	C ₂ H ₆ /C ₂ H ₂	C ₂ H ₂ /CH ₄
Descargas Parciales	> 1	< 0.75	> 0.4	< 0.3
Otro tipo de descargas	< 0.1	-	> 0.4	< 0.3

Fuente: IEC-60599.

Para la validación del método de Doernenburg, en la tabla 4 son presentados los datos de concentración de gases individualmente. El criterio establece que, para el uso de la tabla 3, en lo mínimo uno de los gases que compone las

relaciones principales tiene concentración superior al doble del valor de la tabla 4, es que la relaciones auxiliares, por lo menos uno de los gases de la tabla.

Tabla 4: Concentración gases para validación del Método Doernenburg.

Tipos de gases	H2	CH4	C2H6	C2H4	C2H2
Concentración(PPM)	200	50	15	60	15

Fuente: IEC-60599.

Método NBR 7274

La norma NBR 7274 fue desarrollada para transformadores de potencia, con papel aislante, papel o célula inmersos en el aceite aislante mineral, en servicio en sistemas de potencia, basada en IEC 599/78, considerada como una extensión al método de Rogers, variando en algunas veces de las relaciones en la interpretación para el referido diagnóstico, a continuación se presentan los diagnósticos de fallas basado en las 3 relaciones entre los gases

Tabla 5: Relaciones del Método NBR 7274.

C2H2/C2H4	CH4/H2	C2H4/C2H6	Diagnóstico
< 0.1	0.1 a 1.0	<1.0.	Envejecimiento normal
<0.1	<0.1	<0.1	Descarga parcial baja energía
01 a 3.0	<0.1	<0.1	Descarga parcial alta energía
>0.1	>1.0	<0.1	sobre calentamiento
0.1 a 3.0	0.1 a1.0	>.3.0	Arco descarga baja energía
0.1 a 3.0	0.1 a 1.0	<3.0	Arco descarga alta energía
<0.1	>1.0	<0.1	Sobrecalentamiento 150°C<T<300 c
<0.1	>1.0	>3.0	Sobrecalentamiento t>700c

Fuente: IEC-60599.

2.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS

A continuación se presenta la definición de algunos términos según (IEEE Std C57104, 2009) relacionados a el diagnóstico de fallas incipientes en los transformadores de potencia eléctrica.

2.3.1 GASES CLAVE

Son los gases generados en transformadores de potencia rellenos de aceite que se pueden utilizar para la determinación cualitativa de los tipos de fallos, con base en los gases típicos o predominantes a diversas temperaturas.

2.3.2 DESCOMPOSICIÓN DE CELULOSA

La descomposición térmica del aislamiento de celulosa impregnado de aceite produce óxidos de carbono (CO, CO₂) y algo de hidrógeno o metano (H₂, CH₄) debido al aceite (CO₂ no es un gas combustible). La velocidad a la que se producen depende exponencialmente de la temperatura y directamente sobre el volumen de material a dicha temperatura. Debido al efecto de volumen, un gran volumen, de aislamiento se calienta a, temperatura moderada el cual producirá la misma cantidad de gas como un volumen menor a una temperatura mayor.

2.3.3 DESCOMPOSICIÓN DE ACEITE

Aceites de transformadores minerales son mezclas de muchas diferentes moléculas de hidrocarburos, y los procesos de descomposición de estos hidrocarburos en fallos térmicos o eléctricos son complejos. Los pasos fundamentales son la ruptura de los enlaces carbono-hidrógeno y carbono. Los átomos de hidrógeno activos y fragmentos de hidrocarburos se forman.

2.3.4 ANÁLISIS DE GASES DISUELTOS (DGA)

Análisis de gases disueltos (DGA) es una prueba utilizada para evaluar los sistemas de aislamiento de papel-petróleo, y la técnica más utilizada para los transformadores de potencia aislados con aceite. (IEC, 1999).

2.3.5 CROMATOGRAFÍA DE GASES

La Cromatografía de gases (GC) es una técnica para la separación y análisis mezclas de sustancias volátiles. La muestra se vaporiza y se introduce en un flujo de gas adecuado llama una fase móvil (MP) o gas portador. (Arante, 2005).

2.3.6 ANÁLISIS DE FALLA INCIPIENTES

Las fallas incipientes se pueden detectar a través de ensayos y pruebas periódicas, evaluar condiciones de deterioro y guiar las medidas para prevenir el envejecimiento prematuro y la progresión de fallas incipientes, evitando así una pérdida enorme al equipo de la compañía eléctrica.

2.3.7 TRANSFORMADOR DE POTENCIA ELÉCTRICA

Bengtsson, C. et al. (1996) indica que: los transformadores de potencia son componentes costosos, vitales y críticos en el sistema eléctrico. En el mundo, la distribución de la estadística de fallas para transformadores de potencia que utilizan cambiador de derivaciones bajo carga indica que 41% de las fallas están relacionadas con el cambiador de derivaciones; 19% con los devanados; 3% con el núcleo; 12% con terminales; 13% con el tanque y fluidos, y 12% con accesorios

2.3.8 OCURRENCIA DE FALLAS

La IEC 76 e IEEE señalan la ocurrencia de fallas como la obtención de los parámetros que superan los límites admitidos los cuales se rigen por normas del comportamiento y la estructura del sistema eléctrico de diagnóstico diseñado, obtenida de un sistema de adquisición de datos por la relación de los gases principales disueltos en el aceite.

2.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

El sistema de diagnóstico de fallas incipientes en los transformadores de potencia eléctrica optimiza al menos en un 80% el diagnóstico de fallas incipientes para la prolongación de vida y el mantenimiento preventivo de los transformadores de potencia en la Empresa de Generación Eléctrica San Gabán S.A. Puno.

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- El sistema de diagnóstico de fallas incipientes optimiza al menos en un 80% el diagnóstico de las fallas de origen térmico en los transformadores de potencia eléctrica.
- El sistema de diagnóstico de fallas incipientes optimiza al menos en un 80% el diagnóstico de las fallas de origen eléctrico en los transformadores de potencia eléctrica.
- El sistema de diagnóstico de fallas incipientes optimiza al menos en un 80% el diagnóstico de la deterioración normal en los transformadores de potencia eléctrica.

2.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable independiente: Sistema de diagnóstico de fallas incipientes en los transformadores de potencia eléctrica.

Variable dependiente: La eficacia del diagnóstico de los transformadores de potencia eléctrica.

Tabla 6:Operacionalización de variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores		
Variable Independiente: Sistema de diagnóstico de fallas incipientes en los transformadores de potencia eléctrica.	FUNCIONALIDAD	Indicador	Índice	
		Adecuación Exactitud Interoperabilidad Seguridad Conformidad	1.Deficiente 2.Malo 3.Regular 4.Bueno 5.Muy bueno	
	USABILIDAD	Comprensibilidad Facilidad de aprendizaje Atracción Conformidad Operabilidad		
		EFICIENCIA		Comportamiento temporal Utilización de recursos Conformidad
	MANTENIBILIDAD	Analizabilidad Cambiabilidad Estabilidad		
		PORTABILIDAD		Adaptabilidad Facilidad de instalación Coexistencia Reemplazabilidad Conformidad
Variable Independiente: Eficacia del diagnóstico de los transformadores de potencia eléctrica.	Deterioración Normal			Condición normal(envejecimiento normal)
	Falla eléctrica	Descarga parcial. Descarga eléctrica de baja energía. Descarga eléctrica de alta energía. Descarga continua de baja potencia Arco con alta energía. Descarga sin flujo de energía. Arco con flujo de energía.		
	Falla térmica	Sobrecalentamiento Defectos térmicos con		

		<p>temperatura menores que 300°.</p> <p>Defectos térmicos con temperaturas mayores que 700°</p> <p>Leve</p> <p>sobrecalentamiento entre 200° y 300° en conductores y conectores</p> <p>Puntos calientes</p> <p>Circulación de corriente en los devanados en el núcleo y el tanque.</p>	
--	--	--	--

Fuente: Reglamento de la Universidad Nacional del Altiplano.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El problema de investigación es de tipo: Investigación Aplicativo cuasi experimental.

3.1.2 DISEÑO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de esta investigación fueron utilizados los datos cromatograficos de dos fuentes, proporcionados en parte por la empresa San Gabán, cabe enfatizar que esta empresa tercerisa el trabajo específico del diagnóstico y análisis cromatográfico de los transformadores de potencia motivo por el cual no fue posible recabar todos los datos necesarios y la otra fuente de datos fue tomada de los datos publicados en un artículo de la (IEC-60599, 1999) Comisión Electrotécnica Internacional(IEC), de estas fuentes se recopilaron los datos de diez trasformadores para analizarlos a partir de los gases obtenidos mediante la técnica de la cromatografía con su respectivo diagnóstico por un especialista.

A continuación el diseño está dividido en grupo:

- Grupo experimental.

Con una sola prueba se realizara la siguiente representación:

G₁: X O₂

Dónde:

G₁ : Grupo experimental (Transformadores de potencia eléctrica).

X : Análisis por cromatografía de Gases (DGA).

O₂ : Observación (medición de eficiencia de diagnóstico anterior-actual).

3.2 POBLACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 POBLACIÓN

La población está integrada por el grupo de los 10 transformadores de potencia eléctrica involucradas en el proceso del desarrollo de esta investigación, para realizar el correspondiente análisis de gases disueltos en aceite aislante (DGA) mediante el sistema.

3.2.2 MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

La muestra representativa está conformada por diez los transformadores de potencia eléctrica publicados en (IEC-60599, 1999).

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{(N - 1) E^2 + Z^2 P Q}$$

n: Tamaño de muestra.

Z: Nivel de confianza.

P: Probabilidad de que ocurra el evento.

Q: Probabilidad de que no ocurra el evento.

N: Tamaño de la población.

E: Error de estimación.

.

3.3 UBICACIÓN DE DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN

Ubicación de la población sometida a investigación:

País : Perú.

Departamento : Puno.

Provincia : Puno.

Lugar : Publicaciones de (IEC-60599, 1999) y Empresa de generación Eléctrica.

Fecha de inicio : Octubre 2014.

Fecha de finalización : Octubre 2016.

3.4 MATERIAL EXPERIMENTAL

El sistema de diagnóstico de fallas incipientes, es un software computacional desarrollado en el lenguaje de programación PHP, para el diagnóstico y medición experimental de los datos recolectados, el cual realiza operaciones como:

- Registro de la muestra de los datos cromatograficos del DGA.
- Análisis de las muestras de los datos cromatograficos del DGA.
- Diagnóstico de muestra obtenidas del (DGA) por los diferentes métodos de interpretación preestablecidos.
- Reporte e histórico de los transformadores de potencia eléctrica.

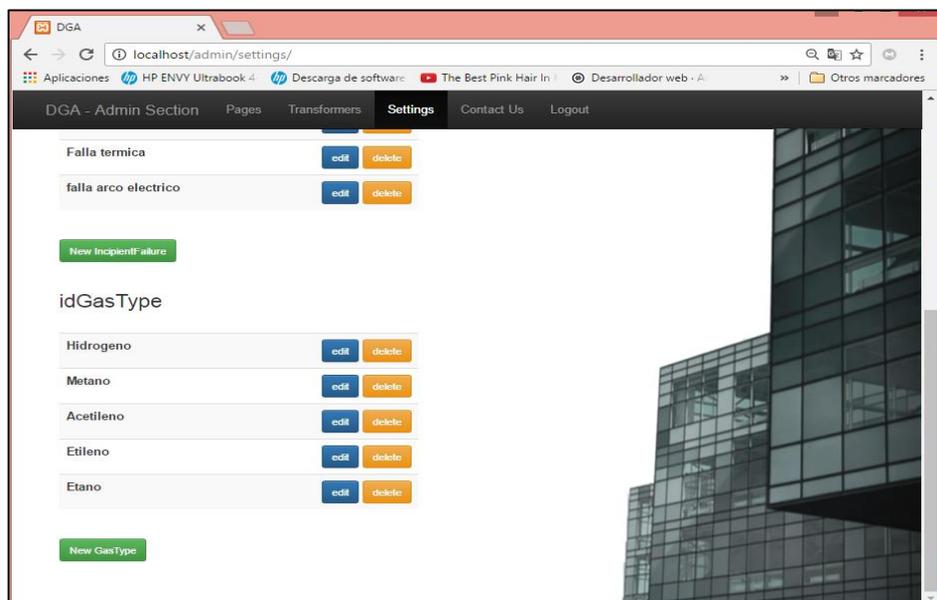


Figura 5: Sistema de diagnóstico de fallas incipientes.

Fuente: IEC-60599

Elaboración: propia.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR DATOS

Para la recolección de datos se utilizaron los siguientes instrumentos, conforme es posible verificar en el ANEXO I la ficha de evaluación del ISO-9126 de esta de investigación:

Tabla 7: Técnicas e instrumentos

Técnicas	Instrumentos
Revisión y recopilación de publicaciones de la Comisión electrotécnica internacional (IEC-60599, 1999).	Ficha de evaluación del ISO-9126 que ve la calidad del software.

Fuente: Reglamento de Investigación de la FIMEES.

3.6 TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS

MODELO Y METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE

Existen una diversidad de metodologías ágiles para el desarrollo de software, las más utilizadas son: Crystal methodologies, XP (Extreme programming), Scrum; de los cuales esta última fue aplicada para el desarrollo de este proyecto.

MODELO DE DESARROLLO ÁGIL SCRUM

SCRUM es una metodología de desarrollo ágil que expone ciertos criterios que facilitan el desarrollo software:

Mariño & Alfonzo (2014) encontraron lo siguiente:

SCRUM es un marco de trabajo iterativo e incremental para el desarrollo de proyectos y se estructura en ciclos de trabajo llamados Sprints. Éstos son iteraciones de 1 a 4 semanas, y se suceden una detrás de otra. Al comienzo de cada Sprint, el equipo multi-funcional selecciona los elementos

(requisitos del cliente) de una lista priorizada. Se comprometen a terminar los elementos al final del Sprint. Durante el Sprint no se pueden cambiar los elementos elegidos. Al final del Sprint, el equipo lo revisa con los interesados en el proyecto, y les enseña lo que han construido. El equipo obtiene comentarios y observaciones que se puede Incorporar al siguiente Sprint. Scrum pone el énfasis en productos que funcionen al final del Sprint, realizados como método ágil:

- Es un modo de desarrollo adaptable, antes que predictivo.
- Está orientado a las personas, más que a los procesos.
- Emplea el modelo de construcción incremental basado en iteraciones y revisiones.

Las prácticas empleadas por SCRUM para mantener un control ágil en el proyecto son:

- Revisión de las iteraciones.
- Desarrollo incremental.
- Desarrollo evolutivo.
- Auto organización del equipo.
- Colaboración.

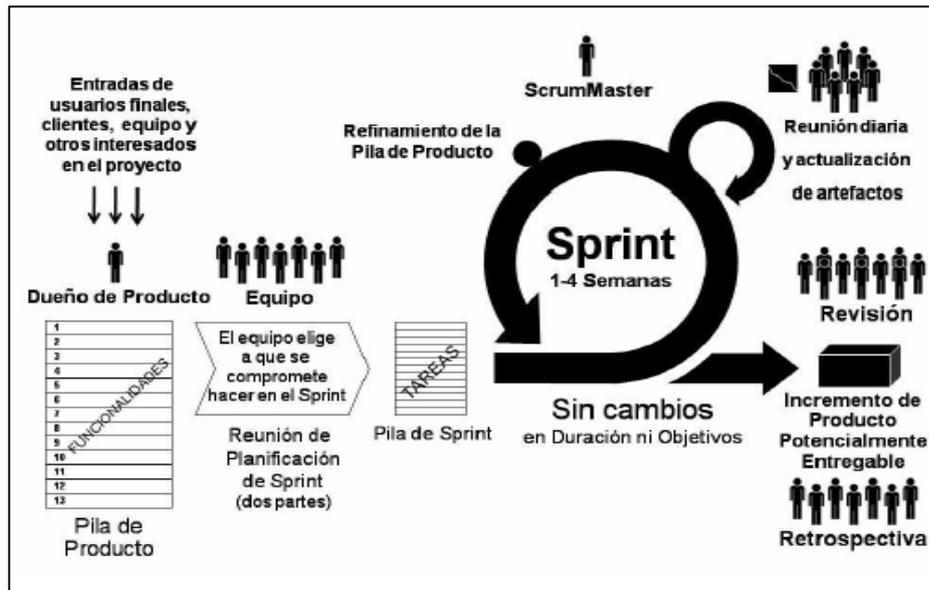


Figura 6: Roles, artefactos y eventos principales de SCRUM

Fuente: Artículo de implementación de SCRUM.

En el capítulo I describimos SCRUM, en esta parte describiremos el proceso de la aplicación de este marco de trabajo ágil en este proyecto de investigación que por medio de la continua inspección y adaptación, permitió al equipo auto-organizado ir construyendo sucesivas iteraciones un sistema través de incrementos potencialmente entregables. Para comenzar cada grupo de trabajo tiene miembros que juegan roles específicos. Para luego Iniciar con un Sprint el cual inicia con un equipo que se compromete a realizar el trabajo y finaliza con la demostración de un entregable. El tiempo mínimo para un Sprint es de una semana y el máximo es de 4 semanas.

Para ello es necesario recordar que SCRUM construye un sencillo proceso donde un equipo formado por un Scrum Master, un Product Owner y varios miembros del llamado Deveopment Team, convertirán un conjunto de necesidades recogidas en el Product Backlog en un producto, mediante sucesivas iteraciones denominadas Sprint.

Fases de trabajo:

Fases en las que se divide y define un proceso de SCRUM:

Fase 1: Planeamiento del Sprint/Sprint Planning

Todos los involucrados en el equipo se reúnen para planificar el Sprint. Durante este evento se decide qué requerimientos o tareas se le asignará a cada uno de los elementos del equipo. Cada integrante deberá asignar el tiempo que crea prudente para llevar a cabo sus requerimientos. De esta manera se define el tiempo de duración del Sprint.

Tabla 8: Planeamiento del Sprint

Miembros	Eventos	Tiempo estimado	Requerimientos
Dueño del producto(product owner)	Determinación de requerimientos	1 dia	Requerimientos
Responsable de equipo(scrum master)	Planificación de desarrollo del primer entregable	1 dia	Planificación acorde a requerimientos
Miembros del equipo de desarrollo	Análisis, diseño , prueba y demostración del primer entregable	5 dias	Requerimientos de sistema

Fuente: Manual SCRUM.

Tabla 9: Equipo SCRUM.

Product Owner	Scrum Master	Miembros del Equipo de desarrollo
Propietario/ dueño del producto	Responsable del trabajo en equipo	2 Desarrolladores

Fuente: Manual SCRUM.

El Sprint es la unidad básica de trabajo para un equipo Scrum. Esta es la característica principal marca la diferencia entre Scrum y otros modelos para el desarrollo ágil. Es una simple iteración llevada a cabo por los miembros del equipo. Un equipo puede completar varios sprints durante el desarrollo del proyecto. A continuación las entregas de cada sprint entregado.

Tabla 10: Desarrollo de los Sprints.

SPRINT	Descripción	Nivel de cumplimiento	Tiempo empleado
Sprint 0	Entrega de requerimientos para el sistema	1	1-4 semanas
Sprint 1	Determinación de módulos del sistema	1	1-4 Semanas
Sprint 2	Diseño del interfaz del sistema	1	1-4 Semanas
Sprint 3	Diseño de la base de datos	1	1-4 Semanas
Sprint 4	Desarrollo del primer entregable	1	1-4 Semanas
Sprint 5	Uso y prueba de eficiencia del primer entregable	1	1-4 Semanas
Sprint 6	Demostración de entregable final	1	1-4 semanas

Fuente: Manual SCRUM.

Fase 2: Reunión de equipo Scrum

Dentro del desarrollo de un Sprint se llevaron a cabo ciertos eventos, estos reciben el nombre de Scrum Events o Eventos Scrum. Estos son:

Tabla 11: Reunión de equipo Scrum.

Lista de eventos	Estado de evento	Eventos pasados	Eventos actuales	Tiempo
Análisis de Requerimientos	completo	Ninguno	Desarrollo del análisis de Requerimientos	1 dia
Diseño de interfaz	completo	Análisis de requerimientos	Diseño del interfaz del sistema	1 dias
Desarrollo del entregable	completo	Diseño de Interfaz	Desarrollo del primer entregable	5 dias
Prueba del entregable	completo	Desarrollo de primer entregable	Uso y prueba de primer entregable	1 dia
Demostración de entregable	completo	Prueba de entregable	Demostración	1 dia

Fuente: Manual SCRUM.

Fase 3: Refinamiento de Back log

El Product Owner revisa cada uno de los elementos dentro del Product Backlog con el fin de esclarecer cualquier duda que pueda surgir por parte del equipo de desarrolladores. También sirve para volver a estimar el tiempo y esfuerzo dedicado a cada uno de los requerimientos.

Tabla 12: Refinamiento de Back log.

Elementos Backlog	Tiempo estimado	Requerimientos
Análisis de requerimientos	1 día	Determinación de requerimientos por el dueño del producto
Diseño del interfaz	1 día	Análisis de requerimientos
Desarrollo de entregable	5 días	Análisis y desarrollo de módulos del sistema
Prueba de entregable	1 día	Evaluación de Entregable
Demostración de entregable	1 día	Entregable final

Fuente: Manual SCRUM.

Fase 4: Revisión del Sprint/Sprint Review

Los miembros del equipo y los clientes se reúnen para mostrar el trabajo de desarrollo de software que se ha completado. Se hace una demostración de todos los requerimientos finalizados dentro del Sprint.

Tabla 13: Revisión del Sprint.

Requerimiento	Estado de requerimiento	Miembro de equipo
Análisis de requerimientos	Completo	Responsable de equipo(Scrum master)
		Dueño del producto(Product owner)
		Equipo de desarrollo
Diseño del interfaz	Completo	Equipo de desarrollo
Desarrollo del entregable	Completo	Equipo de desarrollo
Prueba del entregable	Completo	Dueño del producto(Product owner)
		Responsable de equipo

Demostración de entregable	de	Completo	Dueño del producto(Product owner)
			Responsable de equipo(Scrum master)

Fuente: Manual SCRUM.

Fase 5: Retrospectiva del Sprint/Retrospective

En este evento, el Product Owner se reúne con todo su equipo de trabajo y su Scrum Master para hablar sobre lo ocurrido durante el Sprint. Los puntos principales a tratar en esta reunión son:

- ¿Qué se hizo mal durante el Sprint para poder mejorar el próximo?
- ¿Qué se hizo bien para seguir en la misma senda del éxito?
- ¿Qué inconvenientes se encontraron y no permitieron poder avanzar como se tenía planificado?

Tabla 14: Retrospectiva del Sprint.

Eventos	Estado de evento	Indicador	Obstáculo
Análisis de requerimientos	Completo	Tiempo de ejecución estimado	Ninguno
Diseño de interfaz	Completo	Interfaz	Ninguno
Desarrollo del entregable	Completo	Tiempo de ejecución	Ninguno
Prueba del entregable	Completo	Funcionalidad correcta	Ninguno
Demostración del entregable	Completo	Funcionalidad correcta	Ninguno

Fuente: Manual SCRUM.

En este punto no es necesario que todos los miembros del equipo hablen. Pueden estar presentes pero la presentación está a cargo del Scrum Master y el Product Owner. A continuación un breve resumen del proceso del desarrollo del sistema:

Planificación

- Se utilizan **historias de usuario**: las necesidades, escritas por los usuarios, con la ayuda de los diseñadores, que quieren ser satisfechas con el sistema.
- Se crean los **planes de entregas**, los cuales estiman el tiempo de desarrollo de las historias de usuario.
- Se llevan a cabo la **planificación de iteración**: identificar las historias de usuario que se van a desarrollar en una iteración específica.
- Se desarrollan **reuniones diarias**, con el fin de facilitar la comunicación entre el grupo de trabajo y la exposición de los diferentes problemas.

Diseño

- Se escoge una metáfora de sistema, esto para facilitar el manejo consistente de los nombres de las clases y los métodos.
- Se proponen soluciones a problemas técnicos o de diseño.
- Se ignoran las funcionalidades extra que podrían incorporarse al proyecto, es decir, se trata de centrar en lo principal.
- Se remueve la redundancia, se eliminan las funcionalidades no necesarias y se rejuvenecen los diseños obsoletos.

Codificación

- Se utilizan estándares para escribir el código.
- Se crean las pruebas antes de empezar a codificar, lo cual hará más sencillas y efectivas las pruebas.

- Esta se realiza en equipos de trabajo y luego se lleva a cabo una integración paralela (debido a esta integración no se garantiza la consistencia y la calidad à necesidad de hacer pruebas exhaustivas).
- Se deja la optimización para el final, una vez que el código requerido este completo.

Pruebas

- Se crean **pruebas de aceptación** a partir de las historias de usuario.
- El cliente es el responsable de revisar, tanto las pruebas de aceptación, como los resultados obtenidos al ser éstas aplicadas.
- Una historia de usuario no se considera lista hasta que haya pasado todas sus pruebas de aceptación.

Ver en el Anexo 1 la Ficha de evaluación de la calidad del producto estándar ISO – 9126.

3.7 PLAN DE DESARROLLO Y TRATAMIENTOS DE DATOS

Historias de Usuario

Para el análisis y tratamiento de datos a continuación una descripción breve sobre las características que el sistema debía poseer:

Tabla 15: Historias de usuario

N° de Historia	HISTORIAS DE USUARIO	TAREA
1	Creación de la Base de datos, donde se almacenará la información.	Diseño e implementación de la base de datos.

2	El software debe ser amigable y de fácil uso para los posibles interesados en ella.	Buscar un diseño amigable y agradable para todos los usuarios.
3	Solo el personal autorizado tendrá acceso a las consultas del sistema	Diseño e implementación de los módulos de consulta.
4	Creación de un sistema que guarde la información del proceso de diagnóstico.	Diseño e implementación de los módulos de almacenamiento de datos.
5	Creación de una aplicación que modifique la información de los diagnósticos.	Diseño e implementación de los módulos de edición de datos.
6	La aplicación debe tener las restricciones necesarias para evitar errores en la Base de Datos.	Se deben diseñar e implementar las validaciones respectivas en los diferentes campos que se ingresaran en la base de datos.

Fuente: Manual SCRUM.

Requerimientos del Sistema

Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales más relevantes definidos para el sistema son los siguientes puntos que el software debe poder realizar:

R1: Debe existir un perfil para el ingreso al sistema, el cual garantizará una mayor seguridad a la información que se maneje.

R2: El sistema debe estar en la capacidad de registrar nuevas muestras de todos los datos que la cromatografía brinde al sistema.

R3: El sistema debe estar en la capacidad de poder editar datos de las muestras ingresadas de los transformadores de potencia.

R4: El sistema debe permitir consultar datos de los transformadores de potencia.

R5: El sistema debe proporcionar diagnósticos a partir de las muestras de gases obtenidas mediante el método de la cromatografía.

R6: El sistema debe evaluar por diferentes métodos las muestras de gases disueltos del DGA

R7: El sistema debe registrar y proporcionar el historial de los transformadores de potencia eléctrica.

Requerimientos no funcionales

1. El sistema permite el ingreso de varias muestras por varios usuarios a la vez.
2. Portabilidad del sistema, diseñado en un lenguaje multiplataforma.
3. Rendimiento el sistema: brindará un servicio óptimo ya que está diseñado para que funcione en un ambiente web.
4. Mantenimiento y Escalabilidad diseñado pensando en el crecimiento del sistema.
5. El nuevo sistema debe desarrollarse aplicando patrones y recomendaciones de programación que incrementen la seguridad de datos.
6. Todos los sistemas deben respaldarse cada 24 horas.

7. Disponibilidad del sistema.

Requerimientos técnicos

Hardware

- Microprocesador INTEL 3.4Ghz.
- RAM de 4Gb.
- Tarjeta de video 128 Mb (16 Mb).
- Disco Duro con espacio disponible de 10 Mb (6Mb).
- Monitor LED 18".
- Unidad de Almacenamiento (CDROM y/o USB).

Software

- Plataforma Windows 7 Profesional.
- Xampp, Apache u otros.
- Servidor Web: Xampp.
- PHP.
- MySQL.
- HeidiSql.
- Microsoft Office 2010.
- Notepad++.
- SublimeText.
- Google Chrome.
- Mysql-Workbench.

En el proceso de análisis y tratamiento de datos obtenidos de la recopilación de datos serán procesados por el sistema para realizar un diagnóstico pertinente a cada caso.

Métodos de diagnóstico

En el Sistema se utilizaron los siguientes métodos de interpretación DGA convencionales explicados más ampliamente en el capítulo 2, para obtener el diagnóstico en base al esquema de relaciones de los gases: metano (CH_4), hidrógeno (H_2), etano (C_2H_6), etileno (C_2H_4), y de acetileno (C_2H_2) según los métodos ya mencionados en el marco teórico:

Método de Rogers: Utiliza cuatro relaciones de gases: CH_4/H_2 , C_2H_6 , $\text{C}_2\text{H}_4/\text{C}_2\text{H}_6$, $\text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_4$. Su combinación genera códigos de once (11) diferentes tipos de fallas y uno (1) en condiciones normales transformador.

Método de Doernenburg: Utiliza cuatro relaciones de gases: CH_4/H_2 , $\text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_4$, $\text{C}_2\text{H}_6/\text{C}_2\text{H}_2$ y $\text{C}_2\text{H}_2/\text{CH}_4$. Este método identifica tres tipos de fallas: sobrecalentamiento local (puntos calientes), descargas parciales y otro tipo de descargas (fallas eléctricas).

Método NBR 7274: Utiliza tres relaciones de gases: $\text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_4$, CH_4/H_2 , $\text{C}_2\text{H}_4/\text{C}_2\text{H}_6$. Identifica la deterioración normal y varios tipos de fallas entre ellos: Descarga parcial, sobre calentamiento, Arco descarga, etc.

A continuación se describe el proceso de determinación de fallas de origen térmico, eléctrico y deterioración normal.

Fallas de origen térmico: Este tipo de falla son determinados por los siguientes criterios:

Por el Método de Rogers

Tabla 16: Falla de origen térmico: Método de Rogers.

R1	R2	R3	R4	Diagnostico Rogers
½	0	0	0	Sobrecalentamiento < 150°
½	1	0	0	Sobrecalentamiento >150° y <200
0	1	0	0	Sobrecalentamiento > 200° y < 300°
0	0	1	0	Sobrecalentamiento de conductores.

Fuente: IEC-60599.

Por el Método de Doernenburg

Tabla 17: Falla de origen térmico: Método de Doernenburg.

Tipos de fallas	Relaciones entre concentraciones			
	Relaciones Principales		Relaciones auxiliares	
Puntos calientes	CH4/H2	C2H2/C2H4	C2H6/C2H2	C2H2/CH4

Fuente: IEC-60599.

Por el Método NBR 7274

Tabla 18: Falla de origen térmico: Método NBR 7274.

C2H2/C2H4	CH4/H2	C2H4/C2H6	Diagnóstico
>0.1	>1.0	<0.1	Sobrecalentamiento.
<0.1	>1.0	<0.1	Sobrecalentamiento 150°C<T<300 c
<0.1	>1.0	>3.0	Sobrecalentamiento t>700c

Fuente: IEC-60599.

Fallas de origen eléctrico: Este tipo de falla se determina bajo los siguientes criterios:

Por el Método Rogers:

Tabla 19: Falla de origen eléctrico: Método Rogers.

R1	R2	R3	R4	Diagnostico Rogers
5	0	0	0	Descarga parcial(DP)
0	0	0	1	Descarga continua (DC)
0	0	½	½	Arco con alta energía
0	0	2	2	DC de baja potencia
5	0	0	½	DP descarga parcial en la celulosa

Fuente: IEC-60599.

Por el Método de Doernenburg:

Tabla 20: Falla de origen eléctrico: Método Doernenburg.

Tipos de fallas	Relaciones entre concentraciones			
	Relaciones Principales		Relaciones auxiliares	
Descargas Parciales	> 1	< 0.75	> 0.4	< 0.3
Otro tipo de descargas	< 0.1	-	> 0.4	< 0.3

Fuente: IEC-60599.

Por el Método NBR 7274:

Tabla 21: Falla de origen eléctrico: Método NBR 7274

C2H2/C2H4	CH4/H2	C2H4/C2H6	Diagnóstico
<0.1	<0.1	<0.1	Descarga parcial baja energía
01 a 3.0	<0.1	<0.1	Descarga parcial alta energía
0.1 a 3.0	0.1 a 1.0	>.3.0	Arco descarga baja energía
0.1 a 3.0	0.1 a 1.0	<3.0	Arco descarga alta energía

Fuente: IEC-60599.

Deterioración Normal: Se determina bajo los siguientes criterios:

Por el Método de Rogers:

Tabla 22: Deterioración Normal: Método de Rogers

R1	R2	R3	R4	Diagnostico Rogers
0	0	0	0	Deterioración normal.

Fuente: IEC-60599.

Por el Método NBR 7274:

Tabla 23: Deterioración Normal: Método NBR 7274

C2H2/C2H4	CH4/H2	C2H4/C2H6	Diagnóstico
< 0.1	0.1 a 1.0	<1.0.	Envejecimiento normal

Fuente: IEC-60599.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

DESCRIPCIÓN ACTUAL

Actualmente el sistema de evaluación está constituido por la bitácora del transformador, determinación de fallos, etc. Para tal efecto se realizan métodos de prueba del aceite aislante ASTM e IEC, hasta producir el informe de la prueba final, tanto en el artículo de investigación como los que operan el control de calidad y diagnóstico en la empresa de generación eléctrica consideran en el proceso, la bitácora del transformador y determinación de fallas incipientes mediante el análisis de gases disueltos (DGA); en los cuales evalúan en su mayoría los siguientes Gases clave detectados: H₂(Hidrógeno), O₂(Oxígeno), N₂(Nitrógeno), CH₄(Metano), CO(Monóxido de Carbono), CO₂(Dióxido de Carbono), C₂H₄(Etileno), Para ser interpretados mediante las relaciones de los diferentes gases medidos con una variedad de métodos de diagnóstico como: la Norma IEC 60599, método de gas clave, Rogers y método de Duval entre otros.

4.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA

Viabilidad Operativa: El equipo técnico y usuarios están en la capacidad de manipular el sistema de diagnóstico, al sistema se asignaron usuario y contraseña para el ingreso al sistema de diagnóstico, para proporcionar mayor seguridad de la información.

Viabilidad Técnica: Para la utilización del sistema se requirió equipos básicos por lo que, los áreas de tecnología y otros áreas que crean conveniente utilizarlo, cuentan con los equipos adecuados para la implementación del

software, para completar esta acción es necesario instalar Xampp para poder correr la aplicación.

Viabilidad Financiera:

El presupuesto de desarrollo está subvencionado por terceros por lo que no afecta de forma negativa en el desarrollo de esta investigación.

Análisis de roles

Los roles definidos en SCRUM fueron ocupados por los asesores de proyecto, equipo de desarrollo y dueño del producto.

- **Equipo de desarrollo:** Son los encargados de escribir y probar el código fuente.
- **Product owner/Ciente:** El responsable del equipo y el personal del área de tecnología, contribuyeron con las historias de usuario y las pruebas funcionales para validar su implementación. Pero solo el desarrollador asignó la prioridad a las historias de usuario y decidió cuáles se implementaron en cada iteración.
- **Scrum Master/ responsable del equipo:** Responsable de asegurarse que el trabajo del equipo vaya bien siguiendo las bases de SCRUM. Además, se encarga de remover cualquier obstáculo que pueda encontrar el equipo de desarrollo pruebas regularmente, e informó los resultados y apreciaciones al desarrollador, realizó el seguimiento del progreso de cada iteración, proporcionó realimentación al equipo.

4.2 DISEÑO DEL SISTEMA

El diseño del Sistema de diagnóstico de fallas se desarrolló de acuerdo a las recomendaciones de la metodología ágil SCRUM, para abordar el

proceso de desarrollo del software de forma ágil, en consecuencia se trabajó con entregables potenciales en cada iteración.

Versiones e iteraciones

En cada iteración se siguió el siguiente procedimiento:

Iteración 1:

- Se diseñó la base de datos para empezar con el desarrollo del sistema de diagnóstico, puesto que el diseño de esta, es recomendable para un desarrollo y funcionamiento óptimo. Para el diseño el equipo analizó las historias de usuario y los requerimientos del sistema para determinar los datos y requerimientos más relevantes a considerar para el desarrollo del sistema. Las tablas incluidas en el diseño son:

Tabla GeneralData: Esta tabla almacena los datos generales de la Empresa.

Tabla GasType Esta tabla almacena los tipos de gases que serán sometidos a evaluación.

Tabla DGAMethod: Esta tabla almacena los diferentes métodos de interpretación de gases para el análisis de gases.

Tabla incipientFailure: Esta tabla almacena los diferentes tipos de fallos según corresponda a cada método de interpretación.

Tabla GasSample_has_GasType: Esta tabla lleva el registro de los gases pertenecientes a una muestra y transformador en específico.

Tabla GasSample_by_DGAMethod: Esta tabla lleva el registro de los métodos aplicados a una muestra y transformador en específico.

Tabla Transformer: Esta tabla registra los datos básicos de los transformadores de potencia eléctrica.

Tabla GasSample: Esta tabla registra de las muestras de gases por cada transformador en específico.

Tabla StatisticsDGA: Esta tabla lleva registro de las estadísticas de los transformadores.

Tabla TransformerRecord: Esta tabla lleva registro del historial de cada transformador.

- Para el desarrollo del Sistema se seleccionó PHP, puesto que es uno de los lenguajes de desarrollo más utilizadas y de gran difusión e ideal para el desarrollo de esta aplicación,
- Para el desarrollo del sistema se utilizó el Modelo Vista Controlador y Programación Orientado a Objetos.
- Para el diseño amigable, intuitivo y de fácil uso del sistema, se utilizó una plantilla básica de Bootstrap de la que heredaran toda las demás páginas del sistema de esta forma se tiene una estructura fija.
- En la página principal se definió una estructura común para todo el sistema, con un framework básico desarrollado por el equipo SCRUM para la optimización y agilidad; se utilizaron herramientas de JQuery y su validación respectiva de los formularios con JavaScript y el menú de navegación del sistema. Para el entorno del administrador y usuarios en el sistema se agregó un logueo para el administrador y usuarios respectivamente para la protección de los datos y acceso según el tipo de usuario.
- Se integró los Métodos de Interpretación DGA, en el código fuente al Sistema de Diagnóstico para evaluar los datos cromatograficos de las muestras de los transformadores de potencia eléctrica.

- Se desarrolló un CRUD para el manejo adecuado de datos en el Sistema, y se utilizó MySQL para realizar las consultas a la Base de datos.

De esta manera se terminó la versión 0.1, cumpliendo con las tareas de la historia de usuario. Y se siguió el mismo procedimiento en las siguientes versiones entregables.

En las siguientes iteraciones, se prosiguió con el trabajo en cuanto al diseño, desarrollo del sistema y métodos de diagnóstico; en cada una de las iteraciones, se diseñaron e implementaron los diferentes tipos de validaciones respectivas para cada uno de los campos que lo requerían, optimizando el sistema en cada iteración cumpliendo con las tareas de la historia de usuario hasta el entregable final.

4.2.1 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

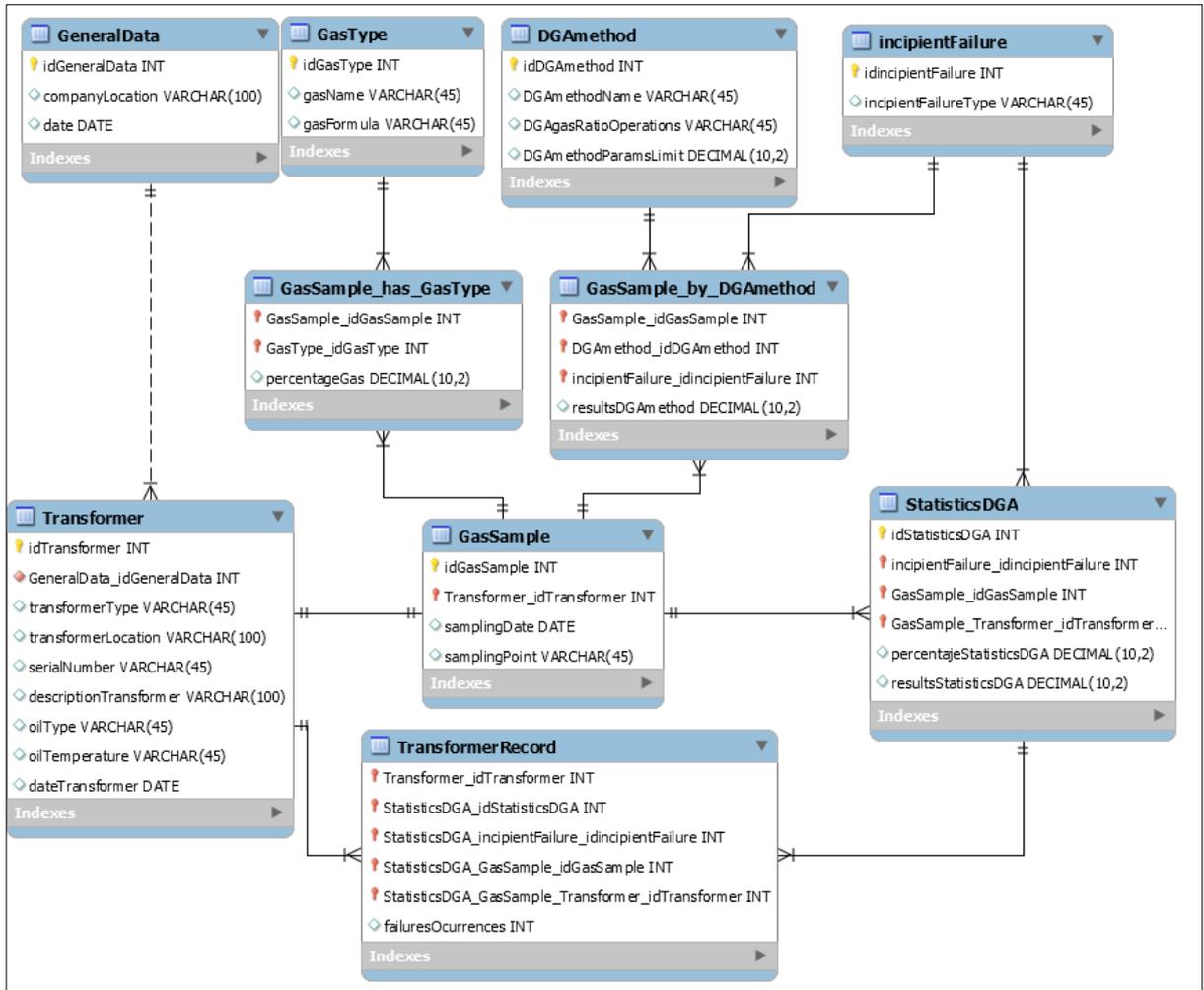


Figura 7: Base de datos.

Fuente: IEC-60599

Elaboración: propia.

La figura 7, muestra el diseño de la estructura de La base de datos diseñada para el análisis y diagnóstico de fallas incipientes en los transformadores de potencia eléctrica.

4.2.2 DISEÑO INTERFAZ

Usuario administrador (logueo)

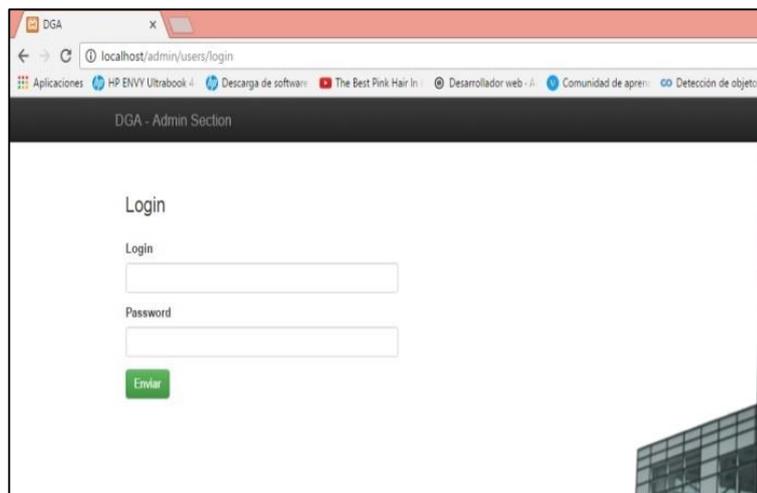


Figura 8: Interfaz de entrada para el administrador

Elaboración: propia.

La figura 8, muestra el interfaz del usuario administrador del sistema, En esta ventana, se debe loguear con el usuario y contraseña previamente definidos para el sistema.

Usuario (logueo)

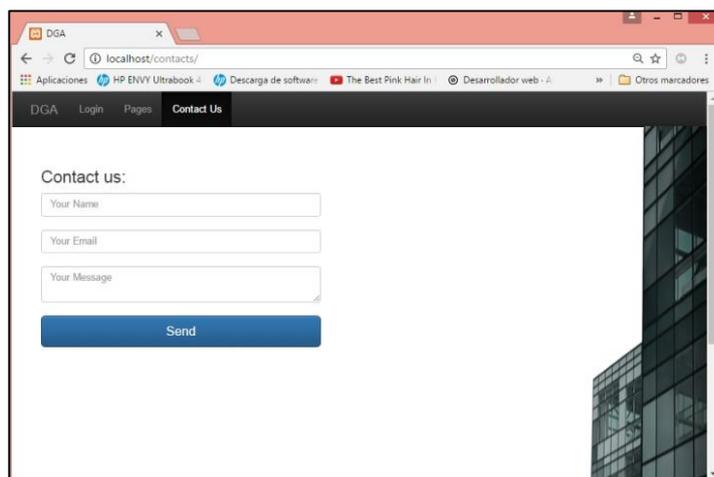


Figura 9: Interfaz de entrada para usuarios

Elaboración: propia.

La figura 9, muestra el interfaz del usuario que no es administrador del sistema, En esta ventana, existe una opción de contactarse con el administrador del sistema para acceder al sistema

Ventana de lista de transformadores de potencia

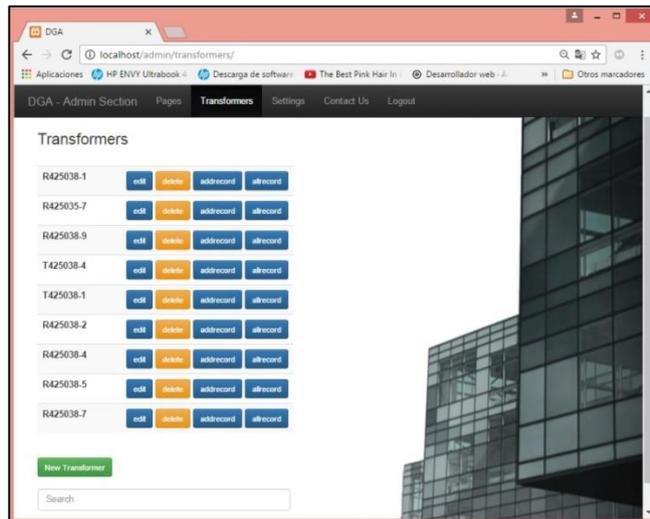


Figura 10: Interfaz lista de transformadores
Fuente: IEC-60599.
Elaboración: propia.

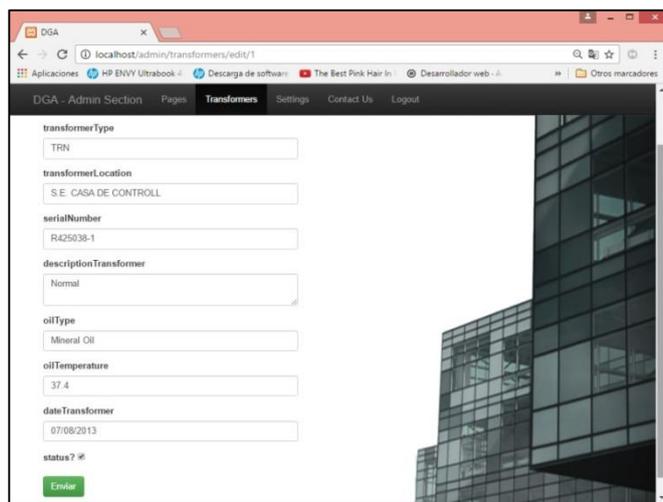


Figura 11: Interfaz ventana ingreso de datos
Elaboración: propia.

La figura 11, muestra la ventana de seguimiento de un transformador que posee las acciones de: editar datos del transformador, agregar muestras, ver el historial de muestras y eliminar transformador. Mediante esta ventana, los usuarios pueden realizar varias operaciones sobre los datos de los Transformadores de Potencia Eléctrica.

Ventana de métodos y fallas incipientes

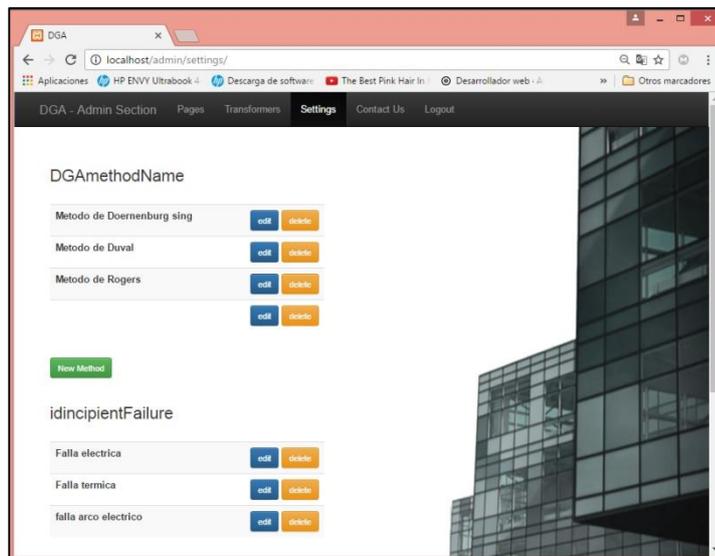


Figura 12: Interfaz métodos y fallas incipientes

Fuente: IEC-60599.

Elaboración: propia.

Las figuras 11 y 12, muestra los métodos de diagnóstico por los que son evaluados los gases, los tipos de fallas existentes en los transformadores de potencia eléctrica, y las operaciones como editar, eliminar, agregar respectivamente.

Ventana de registro y diagnóstico de una muestra

La figura 13, muestra un formulario para llenar la cantidad de cada gas en la muestra registra para su posterior diagnóstico

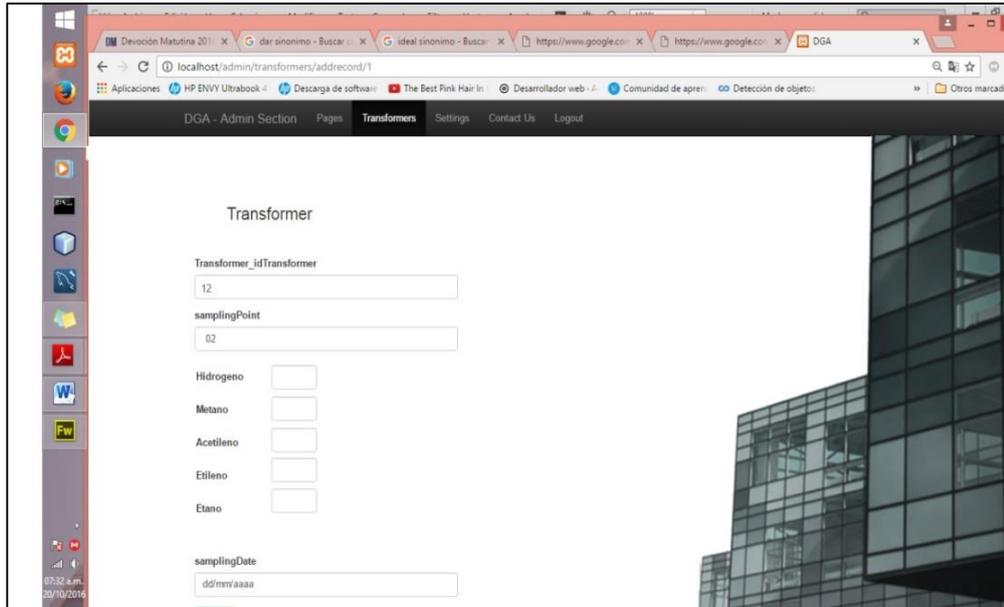


Figura 13: ventana del registro de una muestra.
 Fuente: IEC-60599.
 Elaboración: propia.

Ventana de diagnóstico de fallas

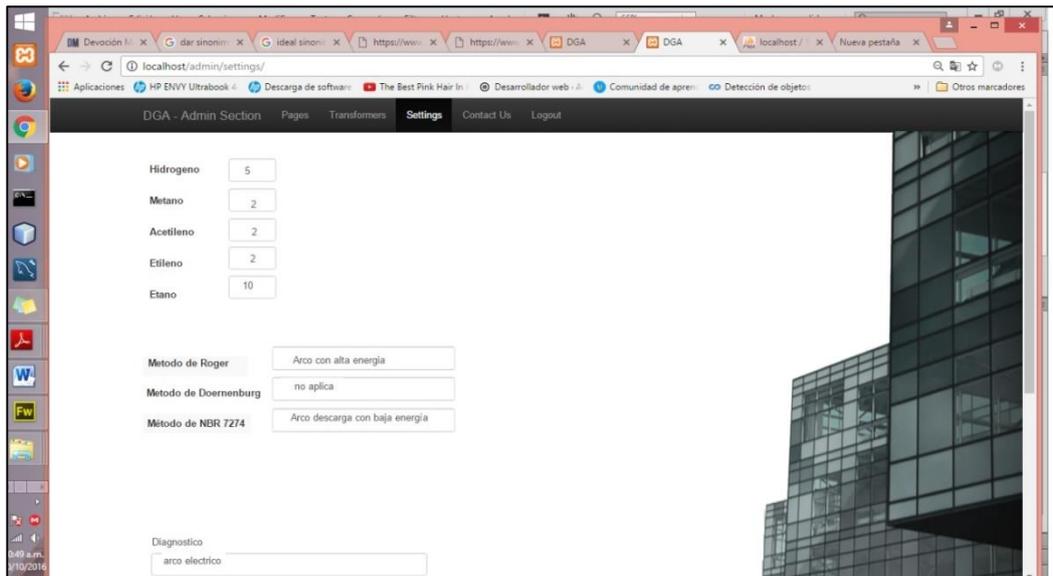


Figura 14: ventana del historial de diagnóstico de fallas.
 Fuente: IEC-60599.
 Elaboración: propia.

La figura 14, muestra una ventana con los resultados por cada método de diagnóstico de fallos independientemente del resultados de los demás

métodos y finalmente se realiza un diagnóstico final basado en la moda estadística de los diagnósticos.

4.3 CODIFICACIÓN

La codificación de algoritmos y métodos de interpretación integrados al software, se han realizado en PHP, JavaScript, esto hace al software independiente de la plataforma que se esté utilizando, El sistema ha sido desarrollado de acuerdo al Modelo Vista Controlador, en cuanto al hardware solo precisa de características básicas. SCRUM recomienda como factor de éxito que el cliente esté involucrado en toda la etapa de desarrollo, esto se cumplió satisfactoriamente.

Estándares de codificación

La metodología SCRUM aconseja seguir estándares de codificación, para el desarrollo del sistema se utilizó el Modelo Vista Controlador ya que es ideal que para entender y asimilar fácilmente el código fuente del programa en caso de modificaciones por otro integrante del equipo SCRUM. La estructura del proyecto es:

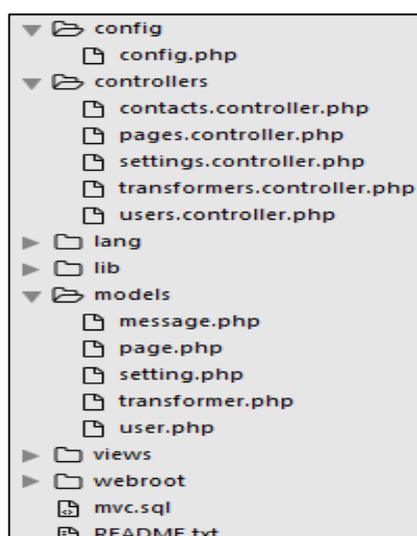


Figura 15: Estructura del proyecto.

4.4 PRUEBAS

Las pruebas se llevaron reiteradas veces como parte de cada iteración que exige la metodología SCRUM para cada entregable potencial, este procedimiento permitió evitar posibles inconvenientes en el producto final. Sin embargo es conocido que todo software está predispuesto a cualquier tipo de cambio de los requerimientos del usuario con fines de optimización, actualizaciones, etc.

4.5 INSTALACIÓN

Durante la instalación un requerimiento del Sistema de Diagnóstico para su correcto funcionamiento fue la instalación de un servidor local XAMPP ya que trabajamos con una base de datos para el registro de diagnósticos y demás del transformador de potencia eléctrica.

4.6 ANÁLISIS INTERNO Y EXTERNO DE RESULTADOS

4.6.1 PRUEBA SEGÚN ISO-9126

Promedio de las fichas de evaluación ISO-9126.

Tabla 24: Cuadro de decisiones ISO-9126.

Clasificación	Intervalo	Decisión
A) Inaceptable	[27 - 54 >	-
B) Mínimamente aceptable	[54 – 81 >	--
C) Aceptable	[81 – 95 >	91
D) Cumple los requisitos	[95 – 122 >	-
E) Excede los requisitos	[122 – 135]	-

Fuente: Cuadro de decisiones ISO-9126.

Según el cuadro de decisiones ISO 9126 según los resultados resultó 91, indicando que el sistema es aceptable. Los cuadros se muestran en el ANEXO II.

Decisión:

Conforme a los resultados de la calidad del software se concluyó que el Sistema de Diagnostico de Fallas Incipientes en los Transformadores de Potencia Eléctrica, es aceptable con un promedio de 91 puntos de un total de 135 puntos de acuerdo al cuadro de decisiones del ISO - 9126.

4.6.2 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

A continuación se muestra los resultados comparativos entre el sistema de diagnóstico y el resultado del especialista. Para ello el sistema de diagnóstico analizó las muestras de 10 transformadores de la población total del conjunto de datos de publicados de IEC 60599 y de la Empresa san gabán, evaluados por los métodos de interpretación integrados al sistema, descrito en el capítulo 2:

Tabla 25: Datos de la muestra de Transformadores de Potencia Eléctrica.

Nº	Concentración de gases					Anomalía	Tipo
	H2	CH4	C2H4	C2H6	C2H2		
1	10	2	5	5	5	No determinada	Deterioración normal
2	8800	64064	95650	72128	0.4	Falla térmica > 700	Térmica
3	32930	2397	0.4	157	0.4	Descarga Parcial	Eléctrica
4	6709	10500	17700	1400	750	Falla térmica	Térmica
5	860	1670	2050	30	40	Falla térmica	Térmica
6	150	22	60	9	11	Falla térmica	Térmica
7	13	3	3	1	6	D.alta Energía	Eléctrica
8	78	20	0	784	13	D.baja Energía	Eléctrica
9	95	10	11	0	39	D.Alta energía	Eléctrica
10	7020	1850	2960	0	4410	Falla eléctrica	Eléctrica

Fuente: IEC-60599.

Análisis y diagnóstico de los transformadores

Transformador 1:

Análisis por el Método Rogers, Doernenburg y NBR 7274

Se ha evaluado el transformador R425038 -1, procedente de la Empresa de Generación Eléctrica San Gabán donde el sistema analiza los siguientes gases: hidrógeno (H₂)=10, metano (CH₄)= 5, etileno (C₂H₄)=2, etano (C₂H₆)= 2 y acetileno (C₂H₂)= 2.

Tabla 26: Diagnóstico del transformador 1.

Diagnóstico parcial del sistema						Diagnóstico final del sistema	Diagnóstico de la empresa
Gases	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₂		
	10	5	2	2	2	Arco eléctrico-Falla Eléctrica	Deterioración normal
Métodos							
Roger	R1	0.5	0	Arco con alta Energía			
	R2	0.4	0				
	R3	1	1				
	R4	1	1				
Doernenburg	R1	0.5	No aplica				
	R2	1					
	R3	1					
	R4	0.4					
NBR 7274	R1	1	Arco descarga con baja energía				
	R2	0.5					
	R3	1					

Fuente: IEC-60599.

Para el diagnóstico por el Método Rogers se ha calculado las relaciones obteniendo los siguientes resultados: R1 = 0.5, R2 = 0.4, R3= 1, R4 = 1.

Comparando en el cuadro de la propuesta de Roger observamos que el código que se obtiene es 0, 0, 0, 1. Como se muestra en la tabla de Rogers de código que se obtuvo, se llega al diagnóstico de: arco con alta energía según la tabla de diagnóstico propuesto por Roger. Mientras que por el Método

Doernenburg no es aplicable por que no supera los límites de ser al menos el doble de la tabla de relación de Doernenburg, Por el método NBR 7274 los valores están en el rango de relación del tipo de falla arco descarga con baja energía.

Finalmente el Diagnóstico final es determinado por la Moda estadística, que representa el valor con mayor frecuencia en una distribución.

Moda

La moda es el valor que tiene mayor frecuencia absoluta.

Se representa por **M_o**.

Por lo tanto tenemos 3 diagnósticos: arco con alta energía, no determinado y arco descarga con baja energía, finalmente se diagnostica una falla de tipo arco eléctrico por la mayor frecuencia existente.

Transformador 2:

Tabla 27: Diagnóstico del transformador 2.

Diagnóstico parcial del sistema						Diagnóstico final del sistema	Diagnóstico Especialista
Gases	H2	CH4	C2H4	C2H6	C2H2	Sobre calentamiento- Falla térmica	Falla Térmica.
	8800	64064	95650	72128	0.4		
Métodos							
Roger	R1	7.28	2	indefinido			
	R2	1.1258741	1				
	R3	1.3261147	1				
	R4	4.182E-06	0				
Doernenburg	R1	7.28	puntos calientes				
	R2	4.182E-06					
	R3	180320					
	R4	6.244E-06					
NBR 7274	R1	4.182E-06	sobre calentamiento 300 a 700 grados				
	R2	7.28					
	R3	1.3261147					

Fuente: IEC 60599

En El transformador 2 se realiza un análisis y presenta 3 diagnósticos: por el método de Roger es Indefinido (no supera los límites recomendados), por el método de Doernenburg diagnostica puntos calientes, por el método de la NBR 7274 diagnostica sobrecalentamiento de 300° a 700°. Finalmente mediante la moda se obtiene el diagnóstico final de sobrecalentamiento.

Transformador 3:

Tabla 28: Diagnóstico del transformador 3.

Diagnóstico						Diagnóstico final del sistema	Diagnóstico Especialista
Gases	H2	CH4	C2H4	C2H6	C2H2		
	32930	2397	0.4	157	0.4		
Métodos							
Roger	R1	0.0727908	5	Descarga parcial con papel			
	R2	0.0654985	0				
	R3	0.0025478	0				
	R4	1	1				
Doernenburg	R1	0.0727908	Otro tipo de descarga				
	R2	1					
	R3	392.5					
	R4	0.0001669					
NBR 7274	R1	1	Descarga parcial				
	R2	7.0.0727907728					
	R3	0.0025478					

Fuente: IEC-60599.

En el transformador 3 tras el análisis de gases disueltos tenemos 3 diagnósticos por el Método Rogers diagnostica una descarga parcial con papel, por el método Doernenburg otro tipo de descarga, por el método NBR 7274 una descarga parcial, y finalmente el diagnostico final es descarga parcial.

4.7 VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

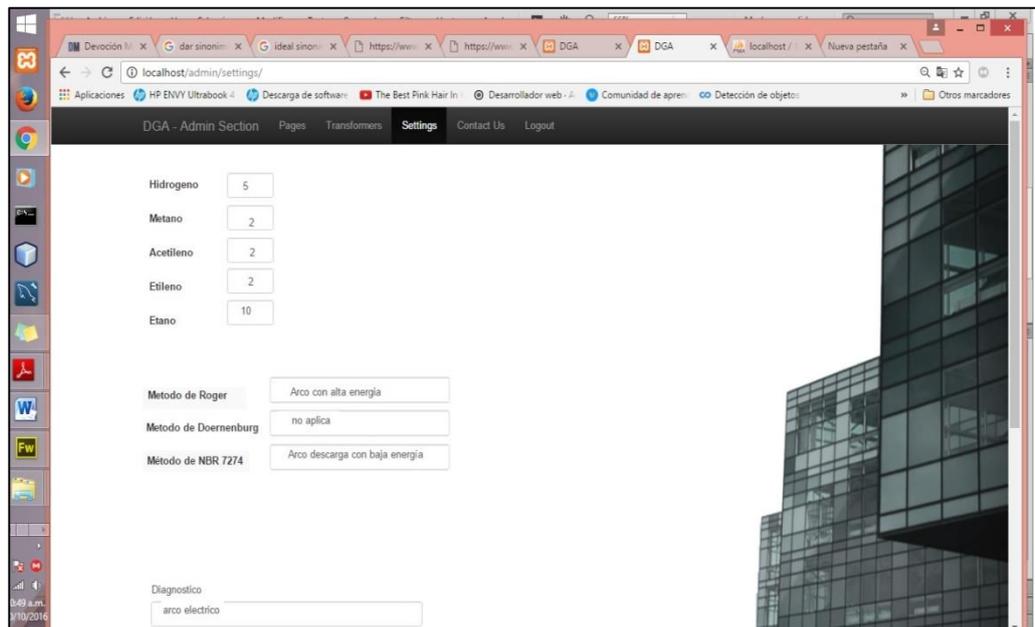


Figura 16: Diagnóstico de fallas mediante el Sistema
Fuente: IEC-60599.
Elaboración: propia.

En esta ventana se pueden observar los resultados del primer transformador con el diagnostico final de fallos: arco eléctrico.

4.8 EVALUACION DEL SISTEMA

La evaluación del sistema se realizó mediante la Ficha de evaluación de la calidad del producto estándar ISO – 9126 que se puede ver en el Anexo II.

4.9 PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.9.1 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

Hipótesis nula

H₀= El sistema de diagnóstico de fallas incipientes en los transformadores de potencia eléctrica no optimiza en ningún porcentaje al diagnóstico coherente de transformadores de potencia eléctrica y no contribuye a la toma de decisiones para el tratamiento ideal de los transformadores de potencia eléctrica.

Hipótesis alterna

H₁= El sistema de diagnóstico de fallas incipientes en los transformadores de potencia eléctrica optimiza en un alto porcentaje el diagnóstico coherente de los transformadores eléctricos y contribuye a la toma de decisiones para el tratamiento preventivo de los transformadores de potencia eléctrica.

4.9.2 ESTADÍSTICO DE PRUEBA

Para comprobar la hipótesis se ha tomado como referencia la cantidad de respuestas acertadas en relación a los resultados obtenidos por un especialista, se ha tomado una muestra de 10 transformadores de una lista de transformadores que se han publicado en un artículo de investigación publicado en el Comisión Electrotécnica Internacional (IEC-60599, 1999).

El porcentaje de acierto fue de 80 por ciento de los diez casos procesados se ha acertado ocho, el cual nos indica que el sistema contribuye en el resultado coherente de diagnóstico de los transformadores. Basándonos en los resultados obtenidos.

Entonces se rechaza la **H₀** y se acepta la hipótesis alterna **H₁**, es decir que el Sistema de diagnóstico de fallas incipientes en los transformadores de potencia eléctrica, se acepta.

CONCLUSIONES

- Primero: El Sistema de Diagnóstico ha demostrado ser óptimo en un 80 por ciento, donde de cada diez casos procesados se han acertado en ocho diagnósticos de transformadores, coherentes en relación a los resultados obtenidos por un especialista.
- Segundo: El sistema de Diagnóstico de fallas incipientes contribuye en la toma de decisiones oportuna para el mantenimiento de los transformadores y en consecuencia amplía el periodo de vida útil de un transformador.
- Tercero: El sistema de diagnóstico interpreta, evalúa, diagnostica coherentemente las fallas de origen térmico, eléctrico y su deterioración normal según sea el caso que presente el transformador de potencia eléctrica.
- Cuarto: El sistema demuestra efectividad en el tiempo de respuesta para la toma de decisiones y tratamiento oportuno de los transformadores de potencia eléctrica.
- Quinto: Se puede afirmar que los objetivos planteados se han cumplido satisfactoriamente.

SUGERENCIAS

- Primero: Se recomienda utilizar la información registrada del historial de los transformadores de potencia eléctrica y aplicar minería de datos para una mejor toma de decisiones.
- Segundo: Se propone seguir investigando en la optimización de diagnóstico y análisis a un nivel más profundo para obtener resultados fiables.
- Tercero: Se recomienda realizar en futuros trabajos investigar otros métodos de para realizar un análisis y diagnóstico óptimos.
- Cuarto: Se sugiere la realización de más investigaciones para contribuir y aportar conocimiento para el desarrollo de nuestra sociedad.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, M. Á. (2012). *DesarrolloWeb.com*. Obtenido de <http://www.cav.jovenclub.cu/comunidad/datos/descargas/jquery.pdf>
- Amasifen, J. C. (2001). *Localización de fallas eléctricas en redes radiales de distribución utilizando un sistema de gerencia inteligente*. Lima.
- Arante, J. G. (2005). Determinación de averías de transformador de potencia mediante el análisis de gases disueltos en el aislamiento de aceite a través de las redes neuronales. *Tesis presentada Universidad Federal de Itajubá para la obtención de maestría en ciencias*.
- Arias, J. T., Guerrero Bello, N. A., & Rivas Trujillo, E. (Enero-Junio de 2014). Estado del arte del análisis de gases disueltos en transformadores de potencia. *Revista Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 23*.
- Bertalanffy, L. v. (1968). *Teoría general de los sistemas*. Mexico: Fondo de cultura económica.
- Betacour, E., & Delgadillo, E. (2014). *Sistemas de Monitoreo y Modelos de Diagnóstico en línea para Transformadores de Potencia*. CIGRÉ.
- Borbón Ardila, N. I. (12 de marzo de 2013). *Evaluación de Software*. Obtenido de <http://actividadreconocimiento-301569-8.blogspot.pe/2013/03/norma-de-evaluacion-isoiec-9126.html>
- Coronado, S. P. (2005). *Gestión con clase :Gestión de base de datos*.
- Date, C. J. (2001). *Introducción a los sistemas de base de datos*. Pearson.
- De la Cruz, J. (2007). *Webs Dinámicas con CSS, Dhtml y Ajax*. Megabyte.

- Dimes, T. (2015). Conceptos Básicos De Scrum: Desarrollo De Software Agile Y Manejo De Proyectos Agile.
- Eguíluz Pérez, J. (7 de Junio de 2010). *Introducción a Javascript*. Obtenido de http://www.jesusda.com/docs/ebooks/introduccion_javascript.pdf.
- Flórez, J. J. (2006). Localización de fallas en sistemas de distribución de energía eléctrica usando métodos basados en el modelo de métodos de clasificación basados en el conocimiento. 151.
- Gutiérrez, M. D. (2002). La cromatografía de gases y la espectrometría de masas: identificación de compuestos causantes de mal olor. *Identificación de compuestos volátiles*. (c.-m. 35, Ed., & B. i. (U.P.C.), Recopilador)
- Herranz, R. (2016). Despegar con Scrum.
- IEC-60599. (1999). Impregnado de aceite mineral equipos eléctricos en servicio - Guía para la interpretación de los gases disueltos. *Electrotécnica Internacional Commission*.
- IEEE Std C57104. (2009). IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil-Immersed Transformers. *IEEE Power & Energy Society*, 39.
- Ken Schwaber, J. S. (2013). The Definitive Guide to Scrum: The rules of the game . En *The scrum guide* .
- Laudon, K. C. (2006). Gestión de Sistemas de Información: Sistemas de Información Gerencial.
- Mariño, S. I., & Alfonzo, P. L. (2014). Implementación de SCRUM en el diseño del proyecto del trabajo final de Aplicación. *Scientia de technica*.

- Miranda, F. (2011). Revitalizacion de transformadores. *ABB Peru - PG service*, 71.
- Pérez, R., Torrez, H., Fernández, E., & Fernández, S. (2012). Sistema de Monitoreo en Tiempo Real para el Diagnóstico de Transformadores de Potencia en una Empresa de Energía Eléctrica. *Tenth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2012)*.
- Senn, J. A. (1993). *Análisis y diseño de sistemas de información*. México: McGraw-Hill.
- Silberschatz, A., Korth, H. F., & S., S. (2002). *Fundamentos de base de datos*.
- Somerville, I. (2005). *Ingenieria del Software*. pearson.

ANEXOS

ANEXO I

FICHA DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO ESTÁNDAR ISO-9126

INDICADORES	PUNTUACIÓN				
1. FUNCIONALIDAD					
Adecuación: la capacidad del producto software para proporcionar un conjunto apropiado de funciones para tareas específicas y objetivos de los usuarios.					
Exactitud: la capacidad del producto software para proporcionar los resultados o efectos correctos y con el grado de precisión acordado.					
Interoperabilidad: la capacidad del producto software para interactuar con uno o más sistemas especificados.					
Seguridad: referido a la capacidad del producto software para proteger la información y los datos.					
Conformidad: la capacidad del producto software para adaptarse a los estándares, convenciones o regulaciones en leyes y prescripciones relativos a la funcionalidad.					
2. FIABILIDAD					
Madurez: la capacidad del producto software para evitar fallos provocados por errores en el					

software.					
Tolerancia a fallos: la capacidad del producto software para mantener un nivel de rendimiento determinado en caso de defectos en el software o incumplimiento de su interfaz.					
Recuperabilidad: la capacidad del producto software para restablecer un determinado nivel de rendimiento y recuperar los datos afectados directamente en caso de ocurrir un fallo.					
Conformidad: la capacidad del producto software para adaptarse a estándares, convenciones y regulaciones referidas a la fiabilidad.					
3. USABILIDAD					
Comprensibilidad: la capacidad del producto software para permitir al usuario que entienda si el software es adecuado, y como debe utilizarse para determinadas tareas y bajo ciertas condiciones de uso.					
Facilidad de aprendizaje: la capacidad del producto software para permitir al usuario aprender su aplicación.					
Atracción: la capacidad del producto software para atraer al usuario.					

<p>Conformidad: la capacidad del producto software para adaptarse a estándares, convenciones, guías de estilo y regulaciones relacionadas con la usabilidad.</p>					
<p>Operabilidad: la capacidad del producto software para permitir que el usuario lo opere y lo controle.</p>					
<p>4. EFICIENCIA</p>					
<p>Comportamiento temporal: la capacidad del producto software para proporcionar tiempos de respuesta y de procesamiento apropiados cuando realiza sus funciones bajo condiciones determinadas.</p>					
<p>Utilización de recursos: la capacidad del producto software para utilizar cantidades y tipos de recursos apropiados cuando el software realiza su función bajo determinadas condiciones.</p>					
<p>Conformidad: la capacidad del producto software para adaptarse a estándares o convenciones relacionadas con la eficiencia.</p>					
<p>5. MANTENIBILIDAD</p>					
<p>Analizabilidad: Capacidad del producto software de diagnosticar sus deficiencias o</p>					

causas de fallos, o de identificar las partes que deben ser modificadas.					
Cambiabilidad: Capacidad del producto software de permitir implementar una modificación especificada. La implementación incluye los cambios en el diseño, el código y la documentación.					
Estabilidad: Capacidad del producto software de evitar los efectos inesperados de las modificaciones.					
Facilidad de prueba: Capacidad del producto software de permitir validar las partes modificadas.					
Conformidad: Capacidad del producto software de cumplir los estándares o convenciones relativas a la mantenibilidad.					
INDICADORES	PUNTUACIÓN				
6. PORTABILIDAD					
Adaptabilidad: la capacidad del producto software para ser adaptado para ambientes determinados sin realizar acciones o aplicar medios, más que los proporcionados para este propósito para el software considerado.					

Facilidad de instalación: la capacidad del producto software para ser instalado en un ambiente determinado.					
Coexistencia: la capacidad del producto software para coexistir con otro software independiente en un ambiente común compartiendo recursos.					
Reemplazabilidad: la capacidad del producto software para ser utilizado en lugar de otro producto de software para el mismo propósito en el mismo ambiente.					
Conformidad: la capacidad del producto software para adaptarse a estándares relacionados con la portabilidad.					
SUB TOTALES					
TOTAL					

Anexo 1: Ficha de Evaluación de Calidad del Producto Estándar ISO-9126

Fuente: Ficha de evaluación ISO-9126.

Tabla de Escala valorativa. (Escala de Likert).

Indicador Cualitativo	Valor
Deficiente	1
Malo	2
Regular	3
Bueno	4

Muy bueno	5
-----------	---

Fuente: Escala valorativa. (Escala de Likert).

Cuadro de decisiones ISO-9126.

Clasificación	Intervalo	Decisión
A) Inaceptable	[27 - 54 >	
B) Mínimamente aceptable	[54 – 81 >	
C) Aceptable	[81 – 95 >	
D) Cumple los requisitos	[95 – 122 >	
E) Excede los requisitos	[122 – 135]	

Fuente: Cuadro de decisiones ISO-9126.

ANEXO II

FICHA DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ESTÁNDAR ISO-9126

INDICADORES	PUNTUACIÓN				
	1	2	3	4	5
1. FUNCIONALIDAD					
Adecuación: la capacidad del producto software para proporcionar un conjunto apropiado de funciones para tareas específicas y objetivos de los usuarios.					
Exactitud: la capacidad del producto software para proporcionar los resultados o efectos correctos y con el grado de precisión acordado.					
Interoperabilidad: la capacidad del producto software para interactuar con uno o más sistemas especificados					
Seguridad: referido a la capacidad del producto software para proteger la información y los datos					
Conformidad: la capacidad del producto software para adaptarse a los estándares, convenciones o regulaciones en leyes y prescripciones relativos a la funcionalidad					
2. FIABILIDAD					
Madurez: la capacidad del producto software					

para evitar fallos provocados por errores en el software.					
Tolerancia a fallos: la capacidad del producto software para mantener un nivel de rendimiento determinado en caso de defectos en el software o incumplimiento de su interfaz.					
Recuperabilidad: la capacidad del producto software para restablecer un determinado nivel de rendimiento y recuperar los datos afectados directamente en caso de ocurrir un fallo.					
Conformidad: la capacidad del producto software para adaptarse a estándares, convenciones y regulaciones referidas a la fiabilidad.					
3. USABILIDAD					
Comprensibilidad: la capacidad del producto software para permitir al usuario que entienda si el software es adecuado, y como debe utilizarse para determinadas tareas y bajo ciertas condiciones de uso.					
Facilidad de aprendizaje: la capacidad del producto software para permitir al usuario					

aprender su aplicación.					
Atracción: la capacidad del producto software para atraer al usuario.					
Conformidad: la capacidad del producto software para adaptarse a estándares, convenciones, guías de estilo y regulaciones relacionadas con la usabilidad.					
Operabilidad: la capacidad del producto software para permitir que el usuario lo opere y lo controle.					
4. EFICIENCIA					
Comportamiento temporal: la capacidad del producto software para proporcionar tiempos de respuesta y de procesamiento apropiados cuando realiza sus funciones bajo condiciones determinadas.					
Utilización de recursos: la capacidad del producto software para utilizar cantidades y tipos de recursos apropiados cuando el software realiza su función bajo determinadas condiciones.					
Conformidad: la capacidad del producto software para adaptarse a estándares o convenciones relacionadas con la eficiencia.					

5. MANTENIBILIDAD					
Analizabilidad: Capacidad del producto software de diagnosticar sus deficiencias o causas de fallos, o de identificar las partes que deben ser modificadas.					
Cambiabilidad: Capacidad del producto software de permitir implementar una modificación especificada. La implementación incluye los cambios en el diseño, el código y la documentación.					
Estabilidad: Capacidad del producto software de evitar los efectos inesperados de las modificaciones.					
Facilidad de prueba: Capacidad del producto software de permitir validar las partes modificadas.					
Conformidad: Capacidad del producto software de cumplir los estándares o convenciones relativas a la mantenibilidad.					
INDICADORES	PUNTUACIÓN				
6. PORTABILIDAD					
Adaptabilidad: la capacidad del producto software para ser adaptado para ambientes					

determinados sin realizar acciones o aplicar medios, más que los proporcionados para este propósito para el software considerado.					
Facilidad de instalación: la capacidad del producto software para ser instalado en un ambiente determinado.					
Coexistencia: la capacidad del producto software para coexistir con otro software independiente en un ambiente común compartiendo recursos.					
Reemplazabilidad: la capacidad del producto software para ser utilizado en lugar de otro producto de software para el mismo propósito en el mismo ambiente.					
Conformidad: la capacidad del producto software para adaptarse a estándares relacionados con la portabilidad.					
SUB TOTALES	0	14	12	40	25
TOTAL	91				

Anexo 2: Ficha de Evaluación del Software Estándar ISO-9126.

Fuente: Ficha de evaluación ISO-9126.

Cuadro de decisiones ISO-9126.

Indicador Cualitativo	Valor
Deficiente	1
Malo	2
Regular	3
Bueno	4
Muy bueno	5

Fuente: Escala valorativa. (Escala de Likert)

Cuadro de decisiones ISO-9126.

Clasificación	Intervalo	Decisión
A) Inaceptable	[27 - 54 >	--
B) Mínimamente aceptable	[54 - 81 >	--
C) Aceptable	[81 - 95 >	91
D) Cumple los requisitos	[95 - 122 >	--
E) Excede los requisitos	[122 - 135]	-

Fuente: Cuadro de decisiones ISO-9126.