



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



INSTITUTO DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DEL SOFTWARE

**“MODELO DE CALIDAD DE SOFTWARE APLICADO AL MÓDULO DE
TALENTO HUMANO DEL SISTEMA INFORMÁTICO INTEGRADO
UNIVERSITARIO – UTN”**

**Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Magíster en Ingeniería del
Software**

DIRECTORA:

MSc. Alexandra Jácome

AUTORA:

Ing. Tulia Nohemí Vaca Sierra

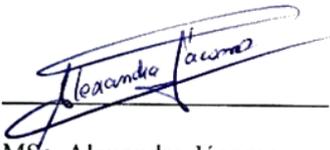
Ibarra - Ecuador

Septiembre, 2017

Aprobación de la tutora

En calidad de tutora del Trabajo de Grado, presentado por la señora Ingeniera Tulia Nohemí Vaca Sierra, para optar por el grado Magíster en Ingeniería de Software, doy fe de que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación (pública o privada) y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra a los 28 días del mes de septiembre de 2017.

A handwritten signature in blue ink, reading "Alexandra Jácome", is written over a horizontal line.

MSc. Alexandra Jácome

C.C. 1002011557

Aprobación del Jurado

“MODELO DE CALIDAD DE SOFTWARE APLICADO AL MÓDULO DE TALENTO HUMANO DEL SISTEMA INFORMÁTICO INTEGRADO UNIVERSITARIO – UTN”.

Por: Ing. Tulia Nohemí Vaca Sierra

Trabajo de Grado de Maestría aprobado en nombre de la Universidad Técnica del Norte, por el siguiente Jurado, a los 28 días del mes de septiembre de 2017.



MSc. Catalina Ramírez



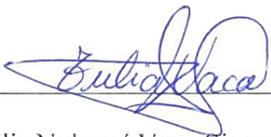
MSc. Mauricio Rea



MSc. Marcelo Jurado

Autoría

Yo, Tulia Nohemí Vaca Sierra, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado, ni calificación profesional, que he consultado referencias bibliográficas que se incluyen en este documento y que todos los datos presentados son resultado de mi trabajo.



Tulia Nohemí Vaca Sierra

C.C. 1002487153



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

Autorización de uso y publicación a favor de la Universidad Técnica del Norte

1. Identificación de la Obra

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto de Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

Datos de Contacto			
CÉDULA DE IDENTIDAD:		1002487153	
APELLIDOS Y NOMBRES:		Vaca Sierra Tulia Nohemí	
DIRECCIÓN:		Claudio Manet 1-32 y Luis Felipe Borja	
EMAIL:		toky2008@gmail.com	
TELÉFONO FIJO:	06 5000166	TELÉFONO MÓVIL:	0984911731

Datos de la Obra	
TÍTULO:	“MODELO DE CALIDAD DE SOFTWARE APLICADO AL MÓDULO DE TALENTO HUMANO DEL SISTEMA INFORMÁTICO INTEGRADO UNIVERSITARIO – UTN”
AUTORA:	Tulia Nohemí Vaca Sierra
FECHA:	28.09.2017
PROGRAMA:	POSTGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Magíster en Ingeniería de Software
ASESOR/DIRECTOR:	MSc. Alexandra Jácome

2. Autorización de uso a favor de la Universidad

Yo, **Tulia Nohemí Vaca Sierra**, con cédula de ciudadanía Nro. **100248715-3**, en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. Constancia

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

AUTORA



.....
Ing. Tulia Nohemí Vaca Sierra
C.C. 100248715-3

ACEPTACIÓN



.....
Ing. Betty Chávez

DIRECTORA DE BIBLIOTECA

Ibarra, a los 28 días del mes de septiembre de 2017.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Cesión de derechos de autor del trabajo de grado a favor de Universidad Técnica del Norte

Yo, **Tulia Nohemí Vaca Sierra**, con cédula de identidad Nro. 100248715-3, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado **“MODELO DE CALIDAD DE SOFTWARE APLICADO AL MÓDULO DE TALENTO HUMANO DEL SISTEMA INFORMÁTICO INTEGRADO UNIVERSITARIO – UTN”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de **Magíster en Ingeniería de Software**, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 28 días del mes de septiembre de 2017.

Ing. Tulia Nohemí Vaca Sierra

Cédula: 100248715-3

Dedicatoria

A mi Esposo e Hijas: Omar, Camila y Ana Paula, por constituir mi fuente de energía para conquistar mis metas.

A mis Padres y Hermanos: Ruth, Ramiro, Margarita, Adriana, Lorena y Fabián, por su valioso ejemplo de constancia y tenacidad.

Tulia Nohemí Vaca Sierra

Agradecimiento

A la Universidad Técnica del Norte e Instituto de Posgrado que me han brindado la oportunidad de continuar mis estudios en búsqueda de la superación profesional.

A la MSc. Alexandra Jácome, Directora de Tesis, por su guía durante el desarrollo de mi trabajo de investigación.

Al cuerpo docente del Programa de Maestría en Ingeniería del Software, por impartir sus conocimientos, criterios y experiencias, contribuyendo a mi profesionalización de manera integral.

A mi familia por el apoyo constante y concederme momentos de dicha y crecimiento personal.

Tulia Nohemí Vaca Sierra

Tabla de Contenidos

Portada	1
Aprobación de la tutora	2
Aprobación del Jurado	3
Autoría	4
Autorización de uso y publicación a favor de la Universidad Técnica del Norte	5
Cesión de derechos de autor del trabajo de grado a favor de Universidad Técnica del Norte	7
Dedicatoria	8
Agradecimiento	9
Tabla de Contenidos	10
Índice de Tablas.....	13
Índice de Figuras.....	15
Resumen.....	16
Summary	17
Introducción.....	18
Capítulo I: Problema de Investigación	20
1.1 Contextualización del problema.....	20
1.2 Planteamiento del problema	21
1.3 Formulación del problema.....	22
1.4 Proposición	22
1.5 Justificación.....	22
1.6 Objetivos de la investigación.....	23
1.6.1 Objetivo general.....	23
1.6.2 Objetivos específicos.....	23
1.7 Preguntas directrices	23
Capítulo II: Marco Referencial	24
2.1 Antecedentes investigativos.....	24
2.2 Sistemas de Información	24
2.2.1 Caracterización de un SI.....	26
2.2.2 Elementos que conforman un SI	26
2.3 Calidad de Software	27
2.4 Modelos de calidad de software a nivel producto	29
2.4.1 Tipos de modelos de calidad.....	30
2.4.1.1 Modelos fijos	30
2.4.1.1.1 Modelo McCall.....	31
2.4.1.1.2 Modelo FURPS.....	34
2.4.1.1.3 Modelo Boehm.....	35
2.4.1.2 Modelos a medida.....	36
2.4.1.2.1 Modelo GQM	37
2.4.1.3 Modelos Mixtos	37
2.4.1.3.1 Modelo ISO/IEC 9126.....	38
2.4.1.3.2 Modelo Quint2.	39
2.4.1.3.3 Modelo de calidad ISO/IEC 25010.	40
2.5 Mejora del producto de software	61
2.6 Marco Legal.....	62
Capítulo III: Materiales y Métodos	63
3.1 Descripción del área de estudio	63
3.2 Tipo de investigación.	63
3.3 Diseño de la investigación.....	63
3.3.1 Modalidad de investigación.	63

3.4 Población	64
3.5 Métodos teóricos	65
3.5.1 Estrategias Técnicas.	65
3.5.2 Instrumentos.....	65
3.6 Análisis e interpretación de información.....	66
3.6.1 Tabulación Encuesta.....	66
Capítulo IV: Resultados y Discusión	75
4.1 Datos Informativos.....	75
4.1.1 Ubicación de la organización.....	75
4.1.2 Nombre y objeto social:.....	75
4.1.3 Visión	75
4.1.4 Misión.....	75
4.1.5 Políticas	75
4.1.6 Tamaño de la organización	76
4.1.7 Organigrama	77
4.1.8 Ubicación geográfica.....	78
4.1.9 Área o departamento	78
4.1.10 Organigrama del departamento	78
4.1.11 Factores críticos de éxito	78
4.2 Antecedentes de la propuesta.....	79
4.2.1 Sistema Informático Integrado Universitario – SIU	79
4.2.1.1 Reseña.....	79
4.2.1.2 Herramientas de desarrollo.	79
4.2.1.3 Estructura SIU.	80
4.2.1.4 Metodología de desarrollo	81
4.2.2 Módulo de talento humano - MTH.....	81
4.2.2.1 Usuarios del MTH	82
4.2.3 Objetivos a cumplir con el MTH.....	82
4.2.4 Problemas del MTH	82
4.2.5 Delimitación o alcance de la propuesta	83
4.3 Análisis de Factibilidad	84
4.3.1 Factibilidad Técnica	84
4.3.2 Factibilidad Organizacional	85
4.3.3 Factibilidad Económica	85
4.3.4 Factibilidad Operativa	87
4.4 Metodología.....	88
4.4.1 Análisis de modelos y estándares de calidad de software a nivel producto	88
4.4.1.1 Estudio 1: Exploración de modelos y estándares de calidad para el producto software.	89
4.4.1.2 Estudio 2: Análisis comparativo de modelos y estándares para evaluar la calidad del producto de software.	92
4.4.1.3 Estudio 3: Cuadro comparativo de los modelos de calidad.	94
4.4.2 Selección del modelo de calidad de software para aplicar al MTH	98
Capítulo V: Propuesta y Aplicación.....	99
5.1 Propuesta: Modelo de calidad - familia ISO/IEC 25000 para MTH.....	99
5.1.1 Tipos de productos software	99
5.1.2 Nivel de Importancia	100
5.1.3 Ponderación de características y subcaracterísticas de calidad	101
5.1.4 Definición de características de calidad	101
5.1.5 Definición de subcaracterísticas de calidad	101
5.1.6 Definición de métricas de calidad interna, externa y en uso.....	101
5.1.6.1 Métricas de calidad internas/externas	102
5.1.6.2 Métricas de calidad en uso.....	127

5.1.7	Definición de niveles de puntuación final para calidad interna, externa y en uso.	136
5.1.8	Matriz de Calidad.....	136
5.1.8.1	Preliminares.....	136
5.1.8.2	Componentes: Calidad Interna, Externa, en Uso.....	137
5.1.8.3	Resultado final de calidad.....	138
5.1.8.4	Procedimiento para aplicar Matriz de Calidad.....	139
5.2	Aplicación: Modelo de evaluación de calidad - familia ISO/IEC 25000 para MTH .	140
5.2.1	Requisitos de evaluación	140
5.2.1.1	Propósito de evaluación.	140
5.2.1.2	Requisitos de calidad del producto.	140
5.2.1.3	Partes del producto a evaluar.	140
5.2.1.4	Rigor de evaluación.	143
5.2.2	Especificar la evaluación	143
5.2.2.1	Seleccionar módulos de evaluación.	143
5.2.2.2	Criterios de decisión para métricas.	144
5.2.2.3	Criterios de decisión de evaluación.	144
5.2.3	Diseñar la evaluación	145
5.2.3.1	Planificar actividades de evaluación.	145
5.2.4	Ejecutar la evaluación.....	146
5.2.4.1	Realizar las mediciones.	146
5.2.4.2	Aplicar criterios de decisión para métricas.	147
5.2.4.3	Aplicar criterios de decisión de la evaluación.	149
5.2.5	Concluir la evaluación	150
5.2.5.1	Crear el informe de evaluación.	150
5.2.5.2	Revisar resultados de evaluación.	150
5.2.5.3	Revisar la calidad de la evaluación y obtener feedback.	150
5.2.5.4	Tratar los datos de la evaluación.	151
Capítulo VI:	Análisis de Impactos	152
6.1	Introducción.....	152
6.2	Procesamiento de resultados.....	152
6.2.1	Análisis y resultados del instrumento.....	153
6.3	Aplicación de la prueba Chi Cuadrado.....	154
6.3.1	Modelo Lógico.	154
6.3.2	Prueba de Hipótesis.	154
6.3.3	Definición del nivel de significación.	154
6.3.4	Pregunta de Análisis.	155
6.3.5	Distribución Muestral.	156
6.3.6	Decisión.	156
Conclusiones	.....	157
Recomendaciones	.....	158
Siglas	.....	159
Referencias Bibliográficas	.....	161
Anexos	.....	164
Anexo A:	Matriz de Calidad.....	164
Anexo B:	Extracto del Informe Ejecutivo de Evaluación de Calidad de Software del módulo de talento humano del Sistema Informático Integrado de la Universidad Técnica del Norte, aplicando norma ISO/IEC 25000.	169
Anexo C:	Acta de Aceptación	183

Índice de Tablas

Tabla 1: Perspectivas, factores y criterios – Modelo McCall.....	32
Tabla 2. Factores y criterios – Modelo FURPS	34
Tabla 3. Factores y criterios – Modelo Boehm.....	35
Tabla 4. Características y subcaracterísticas ISO/IEC 9126	38
Tabla 5. Descripción de campos requeridos para métricas de calidad.	54
Tabla 6. Ejemplo de Métricas de calidad internas/externas – Característica 1: Adecuación Funcional.	55
Tabla 7. Ejemplo de Métricas de calidad en uso – Característica 1: Efectividad.	57
Tabla 8. Detalle proceso de evaluación de calidad según ISO/IEC 25040.....	58
Tabla 9. Población para la investigación.....	64
Tabla 10. Género.	66
Tabla 11. Grado consistencia y confiabilidad de información proporcionada por MTH.....	66
Tabla 12. Causa Cumplimiento inadecuado de funciones por parte de personal DGTH.....	67
Tabla 13. Causa Desinterés de Personal Universitario por entregar y/o actualizar información en DGTH.	67
Tabla 14. Desconocimiento de responsabilidades del personal administrativo como usuario del MTH.....	68
Tabla 15. Demasiada carga de trabajo para usuarios del MTH.	68
Tabla 16. Errores involuntarios de digitación por parte de usuarios del MTH.....	68
Tabla 17. Insuficiente estandarización en procesos de registro de información del MTH.....	69
Tabla 18. Manuales de usuario del MTH requieren ser actualizados y explícitos.	69
Tabla 19. Insuficiente capacitación a usuarios del MTH.	70
Tabla 20. Insuficientes amonestaciones al personal administrativo al no cumplir funciones con calidad.	70
Tabla 21. Desconocimiento de obligaciones u orientaciones al personal universitario.	70
Tabla 22. Insuficiente comunicación de jefes inmediatos con personal universitario.	71
Tabla 23. Insuficientes amonestaciones al personal académico y administrativo al no cumplir con obligaciones con responsabilidad y a tiempo.	71
Tabla 24. Insuficiente inducción a nuevo personal universitario.....	71
Tabla 25. Aplicación de normativa interna para garantizar entrega y registro de información en MTH.....	72
Tabla 26. Módulos mayormente utilizados del SIIU.	72
Tabla 27. Mejoramiento de estándares y validaciones de módulos del SIIU.	73
Tabla 28. Tiempo utilizado en procesar reportes del MTH.....	73
Tabla 29. Grado de satisfacción de usuarios del MTH.	74

Tabla 30. Definición y aplicación de modelo de calidad de software para incrementar calidad en MTH.....	74
Tabla 31. Comunidad de Universidad Técnica del Norte	76
Tabla 32. Usuarios MTH.....	82
Tabla 33. Presupuesto detallado del proyecto	85
Tabla 34. Presupuesto Global del Proyecto.....	86
Tabla 35. Cumplimiento de atributos por modelos / estándares de calidad.	91
Tabla 36. Comparativa de modelos y estándares de calidad de software.....	95
Tabla 37. Tipos de productos software	99
Tabla 38. Nivel de Importancia	100
Tabla 39. Métricas de Calidad Interna/Externa – Característica: Adecuación Funcional.	102
Tabla 40. Métricas de Calidad Interna/Externa – Característica: Fiabilidad.	104
Tabla 41. Métricas de Calidad Interna/Externa – Característica: Eficiencia en el desempeño..	107
Tabla 42. Métricas de Calidad Interna/Externa – Característica: Facilidad de Uso.....	110
Tabla 43. Métricas de Calidad Interna/Externa – Característica: Seguridad.	114
Tabla 44. Métricas de Calidad Interna/Externa – Característica: Compatibilidad.....	117
Tabla 45. Métricas de Calidad Interna/Externa – Característica: Mantenibilidad.	118
Tabla 46. Métricas de Calidad Interna/Externa – Característica: Portabilidad.....	123
Tabla 47. Métricas de Calidad en Uso – Característica: Efectividad.....	127
Tabla 48. Métricas de Calidad en Uso – Característica: Eficiencia.....	128
Tabla 49. Métricas de Calidad en Uso – Característica: Satisfacción.....	130
Tabla 50. Métricas de Calidad en Uso – Característica: Libertad de Riesgo.	131
Tabla 51. Métricas de Calidad en Uso – Característica: Cobertura de Contexto.....	135
Tabla 52. Niveles de puntuación final para calidad interna, externa y en uso.....	136
Tabla 53. Cuadro resumen de calidad externa y en uso del MTH.....	149
Tabla 48. Población	152
Tabla 49. Estadísticos	153
Tabla 50. Género	153
Tabla 51. Concordancia con evaluación de métricas e implementación de mejoras al MTH. ..	153
Tabla 52. Resumen de procesamiento de la pregunta de análisis	155
Tabla 53. Tabulación cruzada.....	156
Tabla 54. Pruebas de chi-cuadrado	156

Índice de Figuras

Figura 1. Elementos de un SI	27
Figura 2. Estructura de un modelo de calidad de software.....	29
Figura 3. Clasificación modelos de calidad.....	30
Figura 4. Ejemplo modelo fijo – Boehm.....	31
Figura 5. Ejemplo modelo a medida – GQM	36
Figura 6. Calidad en el ciclo de vida - ISO/IEC 9126-1:2001.....	37
Figura 7. Esquema Modelo Quint2	40
Figura 8. Divisiones de la Familia ISO/IEC 25000	41
Figura 9. Ciclo de vida - Calidad del producto software.....	43
Figura 10. Comparativa normas ISO/IEC 9126 -1:2001 e ISO/IEC 25010:2011.....	46
Figura 11. Modelo de calidad de producto según ISO/IEC 25010	47
Figura 12. Modelo de calidad en uso según ISO/IEC 25010	51
Figura 13. Relación entre métricas de calidad.....	53
Figura 14. Proceso de evaluación según ISO/IEC 25040.....	58
Figura 15. Estructura orgánica UTN.....	77
Figura 16. Estructura orgánica vigente DDTI.....	78
Figura 17. Estructura SIIU - UTN.....	81
Figura 18. Diagrama de procesos del proyecto.....	88
Figura 19. Resultado valoración de criterios - Estudio 1	90
Figura 20. Modelos y estándares de calidad vs. Atributos de calidad - Estudio 1	91
Figura 21. Características de calidad de modelos y estándares de calidad a nivel producto - Estudio 2.....	94
Figura 22. Ejemplo de consignación de datos preliminares.....	137
Figura 23. Ejemplo de Componente: Calidad Interna.....	138
Figura 24. Ejemplo de Resultado Final.....	139
Figura 25. Diagrama Entidad-Relación del MTH.....	141
Figura 26. Diagrama Global de Paquetes.....	142
Figura 27. Diagrama de Componentes MTH.....	142
Figura 28. Arquitectura MTH.....	143
Figura 29. Ejemplo de criterios de evaluación – Características y Subcaracterísticas en Uso.....	144
Figura 30. Ejemplo de criterios de decisión para métricas de Calidad Externa del MTH.....	147
Figura 31. Ejemplo de criterios de decisión para métricas de Calidad en Uso del MTH.....	148
Figura 32. Resultado Final de Evaluación de Calidad del MTH.....	149

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSGRADO**

Maestría en Ingeniería de Software

“MODELO DE CALIDAD DE SOFTWARE APLICADO AL MÓDULO DE TALENTO HUMANO DEL SISTEMA INFORMÁTICO INTEGRADO UNIVERSITARIO – UTN”

Autor: Ing. Tulia Nohemí Vaca Sierra
Tutor: MSc. Alexandra Jácome
Año: 2017

Resumen

Según Standish Group en sus Reportes CHAOS 2011-2015, promedia el 19% de proyectos de software como Fallidos, el 52% como Discutidos y el 29% como Exitosos. Esta estadística reafirma la idea de que el aseguramiento de calidad de proyectos de software debe fundamentarse en aplicar políticas entorno a la calidad de software. Además, según la definición de calidad de software de IEEE, Std. 610-1990, este trabajo se orienta a determinar y aplicar un modelo de calidad de software para el módulo de talento humano (MTH) del Sistema Informático Integrado Universitario (SIIU) de la Universidad Técnica del Norte (UTN). Para efectos de esta investigación y al constituir el MTH un producto de software en producción y uso, este trabajo se centró en características de calidad externa y calidad en uso, a través de la revisión de estudios comparativos, análisis de modelos y estándares de calidad de software a *nivel producto*, determinación de necesidades institucionales mediante aplicación de entrevistas y encuestas dirigidas a usuarios, receptores de información y administrador del MTH; aspectos que permitieron medir la calidad del producto software según la guía del modelo de evaluación ISO/IEC 25040 que evaluó la calidad de métricas externas y en uso, señaladas por ISO/IEC 25023 e ISO/IEC 25022, respectivamente. Para la ejecución de este proceso evaluativo se elaboró un instrumento denominado *Matriz de Calidad* que guía el trabajo del evaluador y proporciona resultados cuantitativos que son el insumo del análisis cualitativo. Como resultado de la evaluación de calidad, se determinó una *Propuesta de Mejora* del MTH en base al modelo de calidad ISO/IEC 25010. Resultados: Se ha detectado fortalezas y debilidades del software, proponiendo mejoras, que de acuerdo a la experiencia y manejo de los diferentes módulos que componen el SIIU se avizora incremento en la calidad del software y consecuentemente de sus datos. Al proyectar sus resultados, ha demostrado ser una opción viable para implantar en el desarrollo de futuros módulos y aplicar en aquellos que están en producción. Conclusión: La implantación del concepto de calidad de software a través de modelos o estándares, requiere tiempo y concienciación de los involucrados, a la vez que constituye la base para incrementar la calidad del SIIU y consecuentemente de sus datos.

Palabras Claves: *calidad de software, modelo de calidad, métricas, ISO/IEC 25000, SIIU, UTN.*

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSGRADO**

Maestría en Ingeniería de Software

**“SOFTWARE QUALITY MODEL APPLIED TO THE HUMAN TALENT MODULE
OF THE UNIVERSITY INTEGRATED COMPUTER SYSTEM – UTN”**

Author: Ing. Tulia Nohemí Vaca Sierra
Tutor: MSc. Alexandra Jácome
Year: 2017

Summary

According to Standish Group in its CHAOS 2011-2015 Reports, it averages 19% of software projects as Failed, 52% as Discussed and 29% as Successful. This statistic reaffirms the idea that the quality assurance of software projects must be fundamental in the application of environment policies to software quality. In addition, according to the IEEE software quality definition, Std. 610-1990, this work is oriented and applies a software quality model for the Human Talent Module (MTH) of the Integrated University Computer System (SIU) of the University Technique of the North (UTN). For the purposes of the research and the constitution of the MTH a software product in production and use, this work focused on external quality characteristics and quality in use, through the review of comparative studies, analysis of models and quality standards product-level software, determination of institutional needs through the application of interviews and surveys aimed at users, information recipients and MTH administrator; ISO / IEC 25040, which evaluated the quality of the external metrics and the use, indicated by ISO / IEC 25023 and ISO / IEC 25022, respectively. For the execution of this evaluation process an instrument called Quality Matrix was developed that guides the work of the evaluator and provides quantitative results that are the input of the qualitative analysis. As a result of the quality assessment, a MTH Improvement Proposal was determined based on the ISO / IEC 25010 quality model. Results: Strengths and weaknesses of the software were detected, proposing improvements that, according to experience and management of the various modules that make up the SIU are expected to increase the quality of the software and consequently its data. By projecting its results, it has proven to be a viable option to implement in the development of future modules and to apply to those in production. Conclusion: The implementation of the concept of software quality through standards models requires the time and awareness of those involved, once the basis for increasing the quality of SIU and consecutively of their data is formed.

Keywords: *software quality, quality model, metrics, ISO / IEC 25000, SIU, UTN.*

Introducción

Hablar de calidad es hablar del cumplimiento de atributos o características que determinan modelos y/o normas, particularmente en el área de software existe variedad de modelos que se han actualizado al contexto tecnológico vigente, a requerimientos de usuarios, organizaciones, empresas e instituciones que se empeñan por ser competitivos, cualidad que es posible demostrar, con el cumplimiento de características de calidad.

El presente trabajo consiste en la aplicación de un modelo de calidad de software al módulo de talento humano del Sistema Informático Integrado de la Universidad Técnica del Norte; a través de la implementación de una propuesta de mejora que resultó de la evaluación de calidad del producto software basado en la Familia de normas ISO/IEC 25000.

El objetivo es determinar la calidad de producto del módulo de talento humano en base a un modelo de calidad de software con fines de mejora.

Para ello se define elementos de análisis que contribuyen a la contextualización de la problemática, se justifica y se determina objetivos a cumplir durante el desarrollo del proyecto.

Se fundamenta teóricamente aspectos relacionados con Calidad de Software, entre ellos: Sistemas de Información, Modelos de Calidad, Mejora del Producto Software, así como la base legal para una apropiada aplicación en la Universidad Técnica del Norte.

Se aplica una metodología descriptiva y documental apoyada en técnicas, métodos e instrumentos seleccionados y diseñados de acuerdo a los objetivos perseguidos. Se aplica encuestas a funcionarios de Talento Humano, miembros de la Comisión de Evaluación Interna y director del Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informático, datos que son analizados e interpretados, de donde se determina la necesidad de conocer el nivel de calidad del módulo de talento humano a fin de realizar mejoras y obtener como producto de ello, información de talento humano, consistente.

Se puntualiza antecedentes, objetivos y delimitación de la propuesta con aspectos de factibilidad: técnica, organizacional, económica y operativa. Mediante el análisis de estudios realizados en el área de calidad de software se identifica tres investigaciones que a través de distintos criterios de comparación definen resultados de relevancia, considerados para determinar el modelo de calidad de software.

Se selecciona la familia de normas ISO/IEC 25000 y sus divisiones para aplicar el modelo de calidad ISO/IEC 25010, modelo de medición de calidad interna y externa ISO/IEC 25023, modelo de calidad en uso ISO/IEC 25022 y modelo de evaluación ISO/IEC 25040.

Para la evaluación de atributos del módulo de talento humano, se elabora un instrumento de medición en Excel, matriz estructurada según normas ISO/IEC 25000 detalladas en el párrafo anterior; considerando que el MTH es un sistema en producción y uso, se evalúa calidad externa y en uso, situación que hubiera sido diferente si el módulo estuviese en desarrollo, permitiendo medir la calidad interna.

En base a resultados de evaluación, se elabora una propuesta de mejora en concordancia con métricas evaluadas y establecidas en el modelo de calidad; sugerencias que son de responsabilidad de implantación del DDTI.

Este trabajo de investigación sirve como referente para el Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informático en la adaptación de métricas de calidad de software durante las fases de desarrollo de productos software institucionales, optimizando recursos que apoyan la toma de decisiones y tratamiento de datos para procesos de evaluación y otros similares, propios de la gestión universitaria.

Capítulo I: Problema de Investigación

1.1 Contextualización del problema

“El aumento sustancial del volumen de datos que se maneja en las organizaciones motiva su transformación en información y conocimiento útil para la posterior toma de decisiones durante el desempeño de un negocio” (Muñoz, Barrios, Hernández, López, & Rivera, 2015, pág. 3).

La calidad de información que proporciona una institución, se ha convertido en un tema de preocupación en las unidades responsables de recabar, procesar y remitir información, sea interna o externamente, en su afán de depurar, cumplir a tiempo y, bajo lineamientos proporcionados por los requirentes, provoca desgaste de tiempo y esfuerzo en validar y corregir datos, situación que, demanda de conocimientos y voluntad del contingente humano a cargo.

Según (Ruiz, y otros, 2006, págs. 25-29) en Colombia, un grupo de investigadores de la Universidad Nacional de Colombia y Universidad de San Buenaventura, desarrolló un modelo computacional para el cálculo de usabilidad del software de acuerdo a criterios de calidad basados en la norma ISO/IEC 9126-1:2001. El modelo surgió como respuesta a la necesidad de establecer factores sólidos de evaluación del software educativo. Si bien surgió del campo específico del software educativo, la propuesta se proyectó a la generalización de evaluación del software en general.

En Ecuador, las Instituciones de Educación Superior (IES) al ser parte de un sistema regulado por el Estado, deben someterse a procesos de reporte constante de información a diferentes organismos de regulación, como son: Consejo de Educación Superior (CES), Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (Ceaaces), Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (Senescyt). Es así que la calidad de información manejada en las IES, demanda un alto nivel de consistencia, garantizando tanto a emisores como receptores, que el procesamiento de la misma proporcione resultados precisos.

Durante el 2007, autoridades de la Universidad Técnica del Norte (UTN), a través del Departamento de Informática, avizoraron la necesidad de disponer de una herramienta informática propia que facilite la sistematización de sus procesos académicos, los cuales se han extendido a procesos administrativos y financieros. El Sistema Integrado Informático Universitario (SIU) fue desarrollado con perspectiva de satisfacer necesidades institucionales, requerimientos que han ido evolucionando conforme las disposiciones gubernamentales.

1.2 Planteamiento del problema

La Comisión de Evaluación Interna (CEI) de la UTN, dependencia encargada de, entre otras actividades, reportar información principalmente al Ceaaces, ha detectado, durante la validación de datos obtenidos del módulo de talento humano (MTH), la inconsistencia de información con otras fuentes internas como: Dirección Financiera y Unidades Académicas. A ello se suma resultados de una encuesta aplicada a funcionarios institucionales, determinando que: la estandarización y validación en campos de ingreso de datos, manual de usuario y capacitación; resaltan como elementos de mayor importancia que deben ser atendidos a fin de garantizar información de calidad.

El SIU al ser un sistema de información institucional busca garantizar la integración tecnológica del quehacer universitario y de acuerdo a la entrevista realizada al Director del Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informático (DDTI) se evidencia que, desde sus inicios, el SIU no ha utilizado estándares de calidad de software.

Como consecuencia de lo anterior, se determina que actualmente el MTH requiere implementar mejoras que garanticen el cumplimiento de características de calidad, como: funcionalidad, seguridad, eficiencia, confiabilidad, mantenibilidad, por citar algunas; situación que genera inconvenientes en la obtención y manejo de información de calidad en unidades académicas y administrativas de la UTN, así como sus respectivos reportes a organismos nacionales de control.

1.3 Formulación del problema

¿Existe inconvenientes internos, externos y de uso, que afectan la calidad y cumplimiento de objetivos del módulo de talento humano?

1.4 Proposición

A través de la aplicación de un modelo de calidad de software, se potenciará las funcionalidades del módulo de talento humano.

1.5 Justificación

La presente investigación apoyará la gestión de talento humano de la UTN, al incrementar la calidad del MTH se contribuirá a la toma de decisiones a nivel directivo de la institución; además, de la implantación en otros módulos del SIIU, por parte del DDTI.

Al revisar la literatura especializada sobre calidad de software, en Ecuador no se ha encontrado casos de estudio y mucho menos certificaciones de calidad del producto software por parte de empresas o unidades desarrolladoras de software nacionales, y por experiencia compartida con docentes y compañeros del programa de Maestría en Ingeniería del Software de la UTN, en el contexto nacional se prioriza dos factores: tiempo y dinero, aspectos que al momento de hablar de calidad se requiere inyectar mayor inversión de ambos; sin embargo, si existe mediciones de calidad a ciertos productos que han servido como parte del desarrollo de trabajos de investigación académica.

El proyecto se fundamentará en la definición y aplicación de métricas en base a un modelo de calidad de software que se obtendrá del análisis de modelos preponderantes, a fin de establecer el nivel de calidad actual del MTH y proporcionar una propuesta de mejora.

La calidad del MTH como producto de software, permitirá a usuarios internos de la UTN, contar con información de talento humano, pertinente y consistente, redundando en optimización de tiempo dedicado al manejo y procesamiento de datos, gestión que

apoyará en elaboración y presentación de informes, estadísticas y otros, y a las unidades académicas y administrativas, encargadas de reportar información a organismos de regulación de educación superior, significará un sólido soporte en procesos de evaluación, acreditación y asignación de recursos fiscales.

1.6 Objetivos de la investigación

1.6.1 Objetivo general

Determinar la calidad de producto, del módulo de talento humano del Sistema Informático Integrado de la Universidad Técnica del Norte, en base a un modelo de calidad de software, con fines de mejora.

1.6.2 Objetivos específicos

1. Fundamentar teóricamente los modelos de calidad de software.
2. Diagnosticar la utilización y necesidades de usuarios del módulo de talento humano.
3. Determinar el modelo de calidad de software para medir la calidad del módulo de talento humano.
4. Evaluar el módulo de talento humano de acuerdo a métricas del modelo de calidad de software.
5. Definir propuesta de mejora para incrementar la calidad del módulo de talento humano.

1.7 Preguntas directrices

1. ¿Cómo fundamentar teóricamente acerca de modelos de calidad de software?
2. ¿Qué diagnóstico se obtendrá respecto a la utilización y necesidades de usuarios del módulo de talento humano?
3. ¿Cómo determinar un modelo de calidad de software para el módulo de talento humano?
4. ¿Cómo evaluar la calidad del módulo de talento humano?
5. ¿En base a qué argumentos se definirá una propuesta de mejora para incrementar la calidad del módulo de talento humano?

Capítulo II: Marco Referencial

2.1 Antecedentes investigativos

El software se encuentra en casi todos los campos de la actividad humana: la industria, el comercio, las finanzas, el gobierno, la salud, la educación, las artes, etc. La dependencia de las organizaciones respecto de este recurso es crítica. La automatización de las actividades y la generación y disponibilidad de información para la toma de decisiones, logradas a través del software, son claves para el logro de los objetivos y supervivencia de las organizaciones. (Estayno, Dapozo, Liliana., & Greiner, 2009, pág. 1).

La importancia de la calidad de software en la disciplina de la Ingeniería del Software es ampliamente reconocida en la actualidad; sin embargo, desde el punto de vista de los modelos y estándares hacia el producto, el desarrollo de estos durante décadas, la sobreabundancia de información, el alto costo y el acceso limitado a esta información, impiden un acercamiento de estos a los ingenieros de software en pro de la calidad del producto software al interior de la organización. (Moreno, Bolaños, & Navia, 2010, pág. 1).

2.2 Sistemas de Información

Los Sistemas de Información (SI) son uno de los componentes más relevantes del entorno actual de negocios, que ofrecen grandes oportunidades de éxito para las empresas, cuentan con la capacidad de reunir, procesar, distribuir y compartir datos de forma oportuna y de manera integrada. Además, ayudan a estrechar las brechas geográficas, permitiendo a los empleados ser más eficientes, reflejándose optimización de: procesos, gestión y manejo de información, que redundan en un impacto positivo en la productividad y competitividad de las empresas (Treacy & Bakos, 1986; Rai, Patnayakuni, & Seth, 2006; Ynzunza & Izar, 2011).

Actualmente, las empresas se ven obligadas a estar conectadas entre sí, como consecuencia de fusiones, reducción en costos de operación, estrategias de mercado, entre otras causas; por tanto, no es discutible la necesidad de inversión realizada en SI, pero su

alto costo conlleva que la administración se interese en que su implementación sea de manera exitosa e integrada con los objetivos de la institución; sin embargo, la evidencia empírica señala que la mera inversión en SI y en nuevas herramientas de gestión no garantiza la mejora de los resultados empresariales (Lee, 2012; Pérez & Machado, 2014), motivo que impulsa a la academia a profundizar en el conocimiento de factores explicativos del éxito de los SI y sus impactos dentro de las empresas.

La explicación de los efectos que los SI generan en las organizaciones ha llevado a los investigadores a proponer instrumentos de evaluación considerando como variables de impacto la estrategia organizacional y la ventaja competitiva (Mahmood & Soon, 1991; Sethi & King, 1994; Tallon, Kraemer, & Gurbaxani, 2000; Bradley, Pridmore, & Byrd, 2006, Gable, Sedera, & Chan, 2008), mientras que otros tratan de evaluar esta relación basados en la teoría de recursos y capacidades, en donde el rendimiento de una organización se puede explicar por la eficacia de la empresa cuando esta hace uso de las tecnologías de la información (TI) (Ravichandran & Lertwongsatien, 2005). Sin embargo, sea el enfoque que fuere, la búsqueda de beneficios organizacionales o efectos positivos se convierte en el objetivo de las empresas como elemento clave para la decisión de realizar inversiones en SI.

Según (Andreu, 1996) un Sistema de Información, es aquél que permite recopilar, administrar y manipular un conjunto de datos que conforman la información necesaria para que los estamentos ejecutivos de una organización puedan realizar una toma de decisiones sustentada. En resumen, es aquél conjunto establecido de elementos (no necesariamente computacionales) que permiten manipular toda aquella información necesaria para implementar aspectos específicos de la toma de decisiones.

Son indispensables para ayudar a los gerentes a mantener ordenada su compañía, a analizar todo lo que por ella pasa y a crear nuevos productos que coloquen en un buen lugar a la organización. Esta definición es una de las únicas que manifiesta la exigencia de que un sistema de información tenga componentes, aunque no especifica cuáles deban ser, posiblemente porque intenta englobar todas las posibles variantes de este concepto.

2.2.1 Caracterización de un SI

Los Sistemas de Información difieren de cualquier otro software por dos razones:

- Almacenan gran cantidad de información.
- Realizan un bajo grado de procesamiento sobre la información, y éste es, fundamentalmente, de tipo estadístico.

Aunque suene redundante, no está demás señalar, que la información que entrega un SI, es utilizada para tomar decisiones organizacionales. Así se catalogan como SI, aquellos sistemas de información como:

- **Contabilidad:** Información de flujos y estados financieros de la organización.
- **Personal:** Toda la información referente al recurso humano de la institución.
- **Registro Curricular (en una Universidad):** Información respecto a estudiantes y su situación académica.

2.2.2 Elementos que conforman un SI

De acuerdo a (Santibáñez, 2017) un SI está compuesto por seis elementos claramente identificables, tal y como se muestran en la figura 1:

- **Base de Datos:** Es donde se almacena toda la información que se requiere para la toma de decisiones. La información se organiza en registros específicos e identificables.
- **Transacciones:** Corresponde a todos los elementos de interfaz que permiten al usuario: consultar, agregar, modificar o eliminar un registro específico de Información.
- **Informes:** Corresponden a todos los elementos de interfaz mediante los cuales el usuario puede obtener uno o más registros y/o información de tipo estadístico (contar, sumar) de acuerdo a criterios de búsqueda y selección definidos.
- **Procesos:** Corresponden a todos aquellos elementos que, de acuerdo a una lógica predefinida, obtienen información de la base de datos y generan nuevos registros de información. Los procesos sólo son controlados por el usuario (de ahí que aparezca en línea de puntos).

- **Usuario:** Identifica a todas las personas que interactúan con el sistema, esto incluye desde el máximo nivel ejecutivo que recibe los informes de estadísticas procesadas, hasta el usuario operativo que se encarga de recolectar e ingresar la información al sistema.
- **Procedimientos administrativos:** Corresponde al conjunto de reglas y políticas de la organización, que rigen el comportamiento de los usuarios frente al sistema.

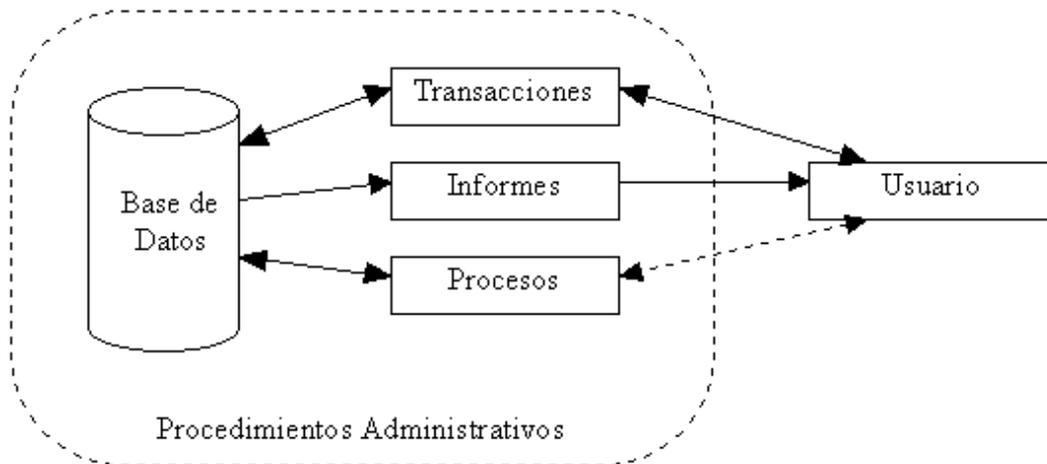


Figura 1. Elementos de un SI

Fuente: (Santibáñez, 2017)

2.3 Calidad de Software

Según compilación de varios autores realizada por Moreno et. al. (2010) define calidad de software como “*el conjunto de atributos deseables que posee un producto software, los cuales son medibles (cuantitativa o cualitativamente), permitiendo hacer comparaciones para conocer si se cumple con las expectativas del cliente o no*”.

Pressman citado por (Llaneza, Dapozo, Greiner, & Estayno, 2013) define calidad de software como “*Concordancia con los requisitos funcionales y de rendimiento explícitamente establecidos, con los estándares de desarrollo explícitamente documentados, y con las características implícitas que se espera de todo software desarrollado profesionalmente*”.

Para (Scalone, 2006) a la hora de definir calidad del software se debe diferenciar entre la calidad del producto de software y la calidad del proceso de desarrollo. No obstante,

las metas que se establezcan para la calidad del producto van a determinar las metas a establecer para la calidad del proceso de desarrollo, la calidad del producto va a estar en función de la calidad del proceso de desarrollo. Sin un buen proceso de desarrollo es casi imposible obtener un buen producto.

(Scalone, 2006, págs. 29-33), afirma que el uso de Modelos y Estándares de Calidad del Software ayuda a lograr una mejor Gestión de la Calidad a la cual define como “conjunto de actividades y medios necesarios para definir e implantar un sistema de la calidad, por una parte, y responsabilizarse de su control, aseguramiento y mejora continua, por otra”. En este sentido, la gestión de la calidad en cualquier organización se centra en los siguientes niveles de trabajo:

- **Nivel de Organización:** Consiste en crear una estructura organizativa apropiada para fomentar el trabajo de calidad de toda la organización. Se mide a través de ISO 9001, ISO 90003 y modelo CMMi (Capability Maturity Model Integration).
- **Nivel de Proyecto:** Depende de cómo se lleve a cabo todo el proceso y subprocesos del proyecto. Una alteración en cualquier fase, restará calidad tanto al proyecto cuanto a la satisfacción del usuario. Para garantizar la calidad a nivel de proyecto se puede realizar Revisiones Técnicas Formales (RTF) actividad ejecutada por profesionales de Ingeniería de Software que amplía la visión sobre lo que se revisa.
- **Nivel de Producto de Software:** En este caso la calidad se convierte en algo concreto, posible de definir, medir y, sobre todo, de planificar. Para establecer la calidad a nivel de producto se aplican modelos como McCall, Boehm y otros.

A partir de este punto dentro de esta investigación, es necesario indicar que, para el cumplimiento de objetivos de este proyecto, al constituir el MTH un sistema en producción, se orienta este estudio a modelos de calidad a nivel producto de software.

2.4 Modelos de calidad de software a nivel producto

Según Moreno et. al. (2010), los modelos de calidad de software han sido tema de discusión para gran cantidad de autores, dada la trascendencia del tema y el gran despliegue que ha tenido a lo largo de los años.

Se define, en el estándar ISO 8402, citado por (Calero, Piattini, & Moraga, 2010) a un modelo de calidad como “conjunto de factores de calidad, y de relaciones entre ellos, que proporciona una base para la especificación de requisitos de calidad y para la evaluación de calidad de componentes software”.

Señala al respecto Llanea et. al. (2013) que un modelo de calidad es “un conjunto de buenas prácticas vinculadas a los procesos de gestión y desarrollo de proyectos. Supone una planificación para alcanzar un impacto estratégico, cumpliendo con objetivos fijados en lo referente a calidad del producto o servicio”.

Para (Constanzo, 2014, pág. 6) los modelos de calidad son documentos que constituyen la mayor parte de principales destrezas; además, constituyen un apoyo en la práctica del concepto general de calidad, ofreciendo una definición más operacional. A continuación, se muestra la estructura de un modelo de calidad.

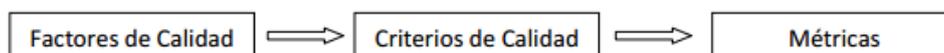


Figura 2. Estructura de un modelo de calidad de software.

Figura: (Constanzo, 2014, pág. 6)

- Los **factores de calidad o atributos externos**, son características que componen la calidad, representándola desde el punto de vista de usuario.
- Los **criterios de calidad o atributos internos**, son aquellos en los que se desagregan los diferentes factores, representan la calidad desde el punto de vista del producto asociados a cada factor.
- Las **métricas** se definen para cada criterio de calidad, son medidas cuantitativas que indican el grado de presencia de un atributo en el producto.

Para evaluar la calidad de un producto de software, han surgido distintos modelos, formados por factores y criterios. Al evaluar estos factores de calidad en diferentes jerarquías, se puede determinar la calidad del software.

(González, André, & Hernández, 2015) Señalan que, la industria del software desde su surgimiento ha influido notablemente en el desarrollo de las empresas. Sin embargo, según el Reporte Caos 2014 (Standish Group Report CHAOS 2014), en el 43% de casos, los proyectos de software no cumplen el cronograma, presupuesto o funciones requeridas. Además, el 18% del total de proyectos se cancelan antes de terminar, o se entregan, pero nunca son utilizados. Por lo tanto, resulta clave garantizar una adecuada calidad tanto del proceso y del producto.

2.4.1 Tipos de modelos de calidad

Los modelos de calidad se pueden clasificar en: fijos, a medida y mixtos.

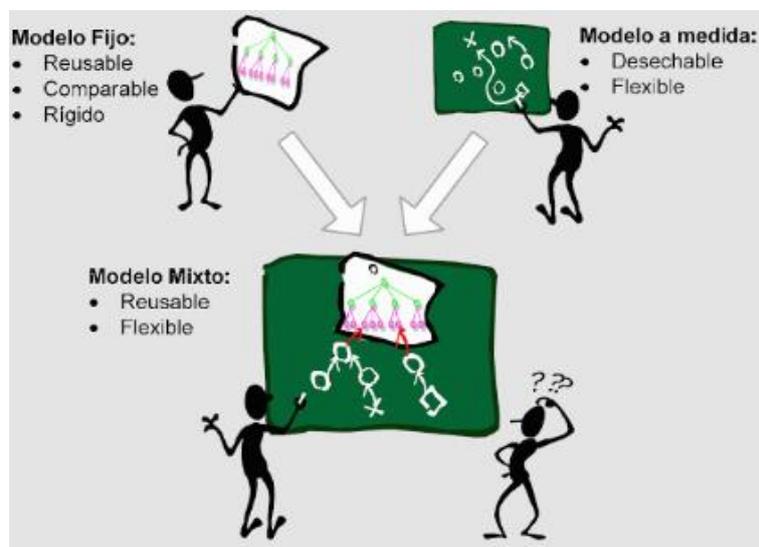


Figura 3. Clasificación modelos de calidad
Fuente: (Calero, Piattini, & Moraga, 2010, pág. 291)

2.4.1.1 Modelos fijos

Según Calero et. al. (2010), pág. 291, los modelos fijos, disponen de un catálogo de factores de calidad de partida que se usa como base para evaluar. Este enfoque supone que el modelo contiene todos los factores de calidad posibles, y que se usará un

subconjunto de dichos factores para cada proyecto concreto. En general, consiste en una estructuración de factores en una jerarquía multinivel, con un conjunto de factores de más alto nivel, criterios que descomponen dichos factores, y eventualmente métricas para la medida de cada criterio. Siguen este enfoque: McCall, Boehm, Keller y FURPS.

Ventaja: Proporcionan una vista común y comparable que se reutiliza en cada proyecto, el conjunto de factores de calidad siempre es el mismo.

Desventaja: Poca flexibilidad debido a que asumen que siempre bastará con un subconjunto de sus factores para evaluar la calidad en cualquier proyecto.

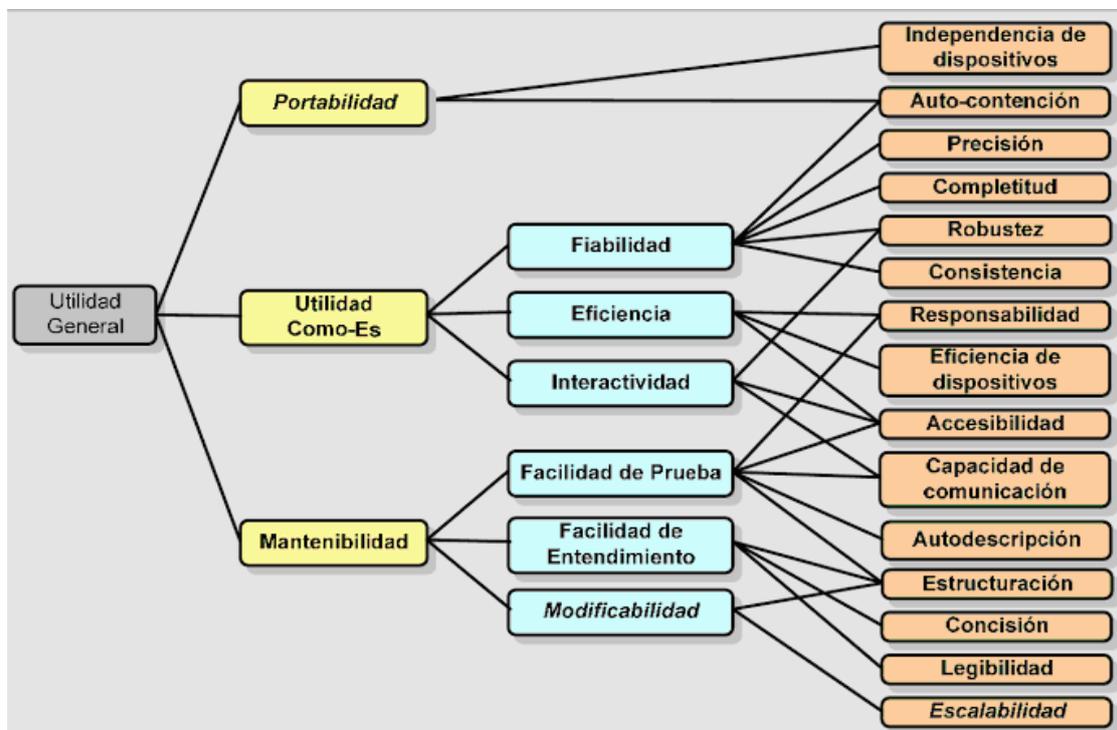


Figura 4. Ejemplo modelo fijo – Boehm.

Fuente: Calero et. al. (2010), pág. 292

2.4.1.1.1 Modelo McCall

Este modelo fue creado por Jim McCall en 1977. Establece 3 perspectivas para el análisis de la calidad de software, define 11 factores y 23 criterios relacionados a estos. Las métricas que propone son preguntas que ponderan numéricamente un determinado atributo del producto de software. Después de obtener los valores para todas las métricas

de un criterio específico, el promedio de todas ellas es el valor para ese criterio (McCall & Cavano, 1978).

Tabla 1:
Perspectivas, factores y criterios – Modelo McCall

Perspectivas	Factores	Criterios
Operatividad del Producto: factores de calidad que influyen en el grado en que el software cumple con su especificación.	Usabilidad: La facilidad de uso del software.	Operatividad Entrenamiento Comunicación
	Integridad: La protección de programa del acceso no autorizado.	Control de Acceso Auditoría de Acceso
	Corrección: El grado en que una funcionalidad coincide con su especificación.	Rastreabilidad Compleitud Consistencia
	Fiabilidad – confiabilidad: La capacidad de los sistemas de no fallar / la medida en que falla del sistema.	Consistencia Exactitud Tolerancia a fallos
	Eficiencia: Además clasificado en la eficiencia de la ejecución y la eficiencia de almacenamiento y por lo general significa que el uso de los recursos del sistema, ejemplo: tiempo de procesador, memoria.	Eficiencia en Ejecución Eficiencia en Almacenamiento
Revisión del Producto: factores de calidad que influyen en la capacidad de cambiar el producto de software.	Mantenibilidad: Esfuerzo requerido para localizar y arreglar un fallo en el programa dentro de su entorno operativo.	Simplicidad Concreción

Perspectivas	Factores	Criterios
	Facilidad de Prueba: La facilidad del programa de realizar pruebas para asegurarse de que está libre de errores y cumple con su especificación.	Simplicidad Instrumentación Auto-descripción Modularidad
	Flexibilidad: La facilidad de hacer los cambios necesarios según lo solicitado en el entorno operativo.	Auto-descripción Capacidad de expansión Generalidad Modularidad
	Reusabilidad: La facilidad de reutilización de software en un contexto diferente.	Auto-descripción Generalidad Modularidad
	Interoperabilidad: El esfuerzo requerido para acoplar el sistema a otro sistema.	Modularidad Similitud de comunicación Similitud de datos Independencia del sistema Independencia de la máquina
Transición del Producto: Factores de calidad que influyen en la capacidad de adaptar el software a los nuevos entornos.	Portabilidad: El esfuerzo requerido para transferir un programa desde un entorno a otro.	Auto-descripción Independencia del sistema Independencia de la máquina

Fuente: (McCall & Cavano, 1978).

El modelo McCall es uno de los primeros desplegados, la mayoría de factores definidos conservan su eficacia en la actualidad.

2.4.1.1.2 Modelo *FURPS*

Este modelo fue desarrollado por Hewlett-Packard en el año 1987. En él se desarrollan un conjunto de factores de calidad de software, bajo el acrónimo de *FURPS*: funcionalidad (Functionality), usabilidad (Usability), confiabilidad (Reliability), desempeño (Performance) y capacidad de soporte (Supportability), (Olsina, 2007).

Tabla 2.

Factores y criterios – Modelo *FURPS*

Factores	Criterios
Funcionalidad	Características y capacidades del programa. Generalidad de las funciones Seguridad del Sistema.
Usabilidad	Factores Humanos Factores Estéticos Consistencia de la interfaz Documentación
Confiabilidad	Frecuencia y severidad de fallos Exactitud de las salidas Tiempo medio de fallos Capacidad de recuperación ante fallos Capacidad de predicción
Rendimiento	Velocidad de procesamiento Tiempo de respuesta Consumo de recursos Rendimiento efectivo total Eficacia
Capacidad de Soporte	Extensibilidad Adaptabilidad Capacidad de Prueba Capacidad de configuración Compatibilidad Requisitos de instalación

Factores	Criterios
Plus (+)	<p>Restricciones de diseño: Limitan las posibilidades para diseñar un sistema.</p> <p>Restricciones de implementación: Se refieren a las reglas para la programación, como la utilización específica de un lenguaje, o apearse a ciertos estándares.</p> <p>Restricciones de interface: Indican elementos externos con los que el sistema debe interactuar.</p> <p>Restricciones físicas: Se refieren a indicaciones para el hardware.</p>

Fuente: (Olsina, 2007)

2.4.1.1.3 Modelo Boehm

Este modelo propone una jerarquía de niveles, en forma de un árbol con tres ramas principales, que permiten que el software sea de utilidad: Portabilidad, Facilidad de Uso y Facilidad de Mantenimiento. Se estructura en tres niveles: Aplicaciones primarias, Construcciones Intermedias (factores) y Construcciones Primitivas, y finalmente las Métricas que determinan los valores para los criterios (construcciones primitivas), (Boehm, 1981).

Tabla 3.

Factores y criterios – Modelo Boehm

Factores	Criterios
Portabilidad	Independencia dispositivos
	Compleitud
Fiabilidad	Compleitud
	Exactitud
	Consistencia
Eficiencia	Eficiencia dispositivo
	Accesibilidad
Ingeniería humana	Accesibilidad
	Comunicatividad
	Estructuración

Factores	Criterios
Comprensibilidad	Consistencia
	Estructuración
	Auto-descripción
	Concisión
	Legibilidad
Modificabilidad	Estructuración

Fuente: (Boehm, 1981)

2.4.1.2 Modelos a medida

Afirma (Calero et. al. (2010), pág. 292, que en este tipo de modelos no existe ningún catálogo de factores de partida, además, que dichos factores deben ser identificados para cada proyecto. La idea que guía la construcción de estos modelos es identificar objetivos por alcanzar; los cuales serían factores más abstractos que deben descomponerse en factores más concretos hasta llegar a hacer operativos, de forma que pueda ser medida su consecución. Así, modelos son creados desde cero para todo nuevo proyecto. Existen diversas propuestas de métodos para crear modelos de calidad a medida, entre ellas destaca: GQM e IEEE 1061.

Ventaja: Total adaptabilidad.

Desventaja: Coste de construcción muy alto comparado con modelos fijos, y la reutilización de modelos de un proyecto a otro es difícil, dado que los factores identificados para un proyecto no tienen por qué ser adecuados para otro.

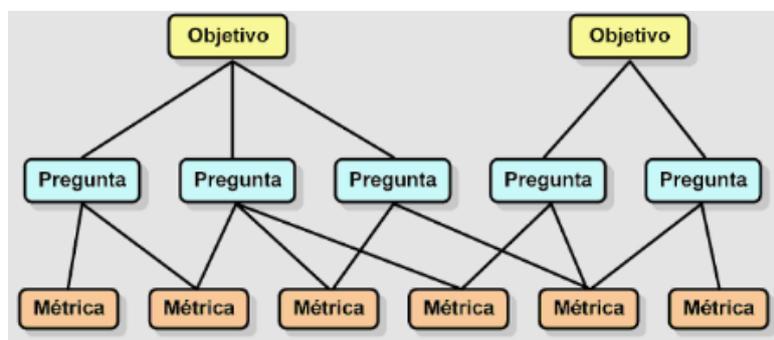


Figura 5. Ejemplo modelo a medida – GQM

Fuente: Calero et. al. (2010), pág. 293

2.4.1.2.1 Modelo GQM

De acuerdo a (Domínguez, Perera, & Verona, 2016) Goal - Question – Metrics (GQM) es un modelo cuantitativo basado en el enfoque Meta – Pregunta – Métrica como apoyo a la evaluación de calidad de productos software. Este modelo o enfoque definido es una propuesta de objetivos / metas orientado a la definición de modelos de calidad.

Este enfoque utiliza una propuesta para definir un modelo de evaluación hasta obtener métricas a través del análisis e interpretación de datos de mediciones. Plantea el enfoque de medición basado en la identificación de objetivos a lograr. El enfoque de GQM basa la mejora en la definición clara de procesos y productos.

El enfoque GQM proporciona una estructura jerárquica en tres niveles o etapas para obtener los objetivos cruciales para la evaluación de un proyecto, como se puede apreciar en la figura 5.

2.4.1.3 Modelos Mixtos

Calero et. al. (2010), pág. 293 señala que, los modelos mixtos intentan combinar ventajas de los fijos y a medida. La idea es que exista un conjunto de factores de calidad más abstractos que sean reutilizados en prácticamente todos los proyectos posibles, y que puedan ser refinados y operacionalizados para un proyecto particular. Se destaca como propuestas de este tipo de modelos: ADEQUATE, Gilb, ISO/IEC 9126-1:2001, Quint2, ISO/IEC 25000.

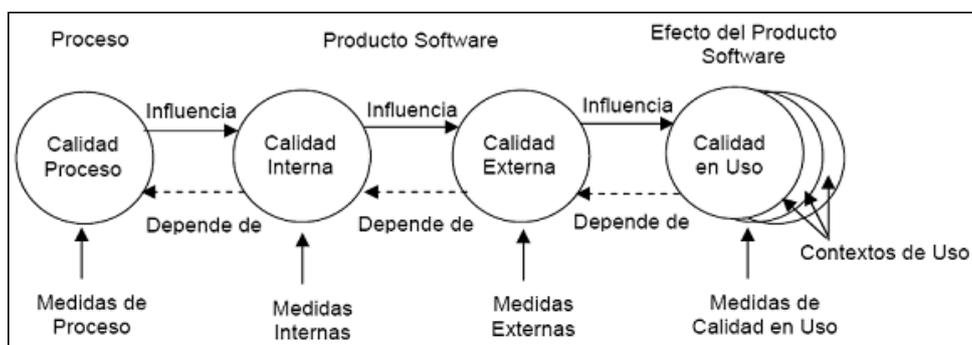


Figura 6. Calidad en el ciclo de vida - ISO/IEC 9126-1:2001

Fuente: (Alfonzo & Mariño, 2013, pág. 14)

2.4.1.3.1 Modelo ISO/IEC 9126

El Estándar internacional (ISO), aplicable a todo tipo de software, está basado en un modelo jerárquico con tres niveles: Características, Subcaracterísticas y Métricas. En el primer nivel tiene seis características principales: Funcionalidad, Fiabilidad, Eficiencia, Facilidad de Mantenimiento, Portabilidad y Facilidad de Uso. Estas características (factores) están compuestas a su vez por 27 subcaracterísticas (subfactores) relacionadas con la calidad externa, y 21 subcaracterísticas relacionadas con la calidad interna (ISO/IEC 9126, 2001).

El estándar ISO 9126 fue formulado inicialmente en 1991 estableciendo un modelo de calidad y su uso como marco para la evaluación de software. En esta norma se distingue entre calidad interna y calidad externa, y se introduce también el concepto de calidad en uso; esta norma es una de las normas ISO que goza de más reconocimiento dentro de la comunidad y tiene como fundamento modelos de calidad aportados por diversas investigaciones realizadas en los últimos 30 años para la caracterización de la calidad del producto software.

Tabla 4.

Características y subcaracterísticas ISO/IEC 9126

Características	Subcaracterísticas
Funcionalidad	Adaptabilidad
	Exactitud
	Interoperabilidad
	Seguridad
Usabilidad	Comprensibilidad
	Aprendizaje
	Operatividad
	Atractivo
Mantenibilidad	Análisis
	Cambio
	Estabilidad
	Prueba

Características	Subcaracterísticas
Fiabilidad	Madurez
	Tolerancia a fallos
	Recuperabilidad
Eficiencia	Comportamiento del tiempo
	Uso de los recursos
Portabilidad	Adaptabilidad
	Instalación
	Coexistencia
	Reemplazo

Fuente: (ISO/IEC 9126, 2001)

2.4.1.3.2 Modelo Quint2.

Para Moreno et. al. (2010) el modelo Quint2 (QUality in InformatioN Technology), se autodenomina “modelo de calidad de software ISO extendido”, amplía el estándar con nuevas características, apropiadas para productos web: funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia, portabilidad y mantenibilidad, y proporciona métricas para medir la calidad.

Quint2 define un modelo que cubre las perspectivas de calidad del usuario y del desarrollador para una aplicación web. La perspectiva del usuario enfoca calidades externas de un producto de software ejecutable, y la perspectiva del desarrollador se dirige hacia las calidades internas del producto durante su desarrollo y mantenimiento. (Esparza, 2006).

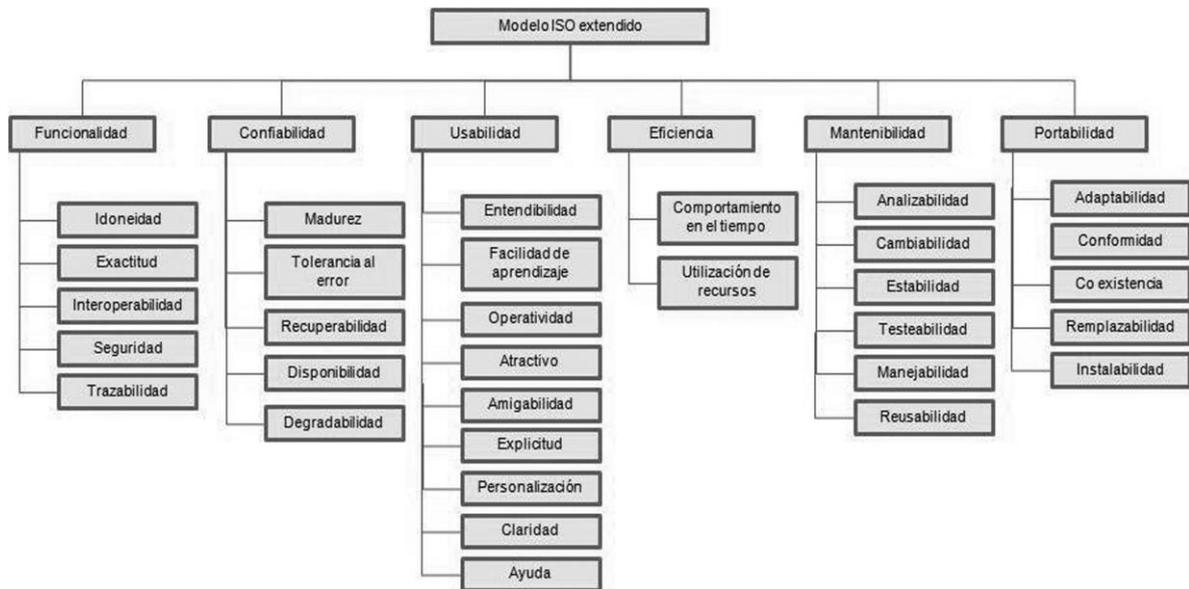


Figura 7. Esquema Modelo Quint2

Fuente: Moreno et. al. (2010), pág. 9.

2.4.1.3.3 Modelo de calidad ISO/IEC 25010.

Para comprender de mejor manera el modelo proporcionado por la serie ISO/IEC 25000, se revisa su división y relación dentro del conjunto de normas.

- **Familia ISO/IEC 25000.**

Según el sitio web oficial (Portal ISO 25000, 2017) la familia ISO/IEC 25000 constituye un conjunto de normas basadas en ISO/IEC 9126¹ y en ISO/IEC 14598² cuyo objetivo principal es proporcionar una guía para el uso de la nueva serie de estándares internacionales llamada Requisitos y Evaluación de Calidad de Productos de Software (*SQuaRE - System and Software Quality Requirements and Evaluation*).

La familia de normas ISO/IEC 25000 se encuentra compuesta por cinco divisiones, como se muestra en la figura 8:

¹ Describe las particularidades de un modelo de calidad del producto software.

² Abordaba el proceso de evaluación de productos software.



Figura 8. Divisiones de la Familia ISO/IEC 25000
Fuente: (Portal ISO 25000, 2017)

- División de Gestión de Calidad (ISO/IEC 2500n),
- División de Modelo de Calidad (ISO/IEC 2501n),
- División de Medición de Calidad (ISO/IEC 2502n),
- División de Requisitos de Calidad (ISO/IEC 2503n),
- División de Evaluación de Calidad (ISO/IEC 2504n).
- División de Extensión SQuaRE (ISO/IEC 25050 - ISO/IEC 25099).

a) ISO/IEC 2500n – División de Gestión de Calidad.

Las normas que forman este apartado definen modelos, términos y definiciones comunes referenciadas por las demás normas familia 25000. Se forma de:

- ISO/IEC 25000 – Guía para SQuaRE.
- ISO/IEC 25001 – Planificación y Gestión.

b) ISO/IEC 2501n – División de Modelo de Calidad.

Estas normas presentan modelos de calidad detallados incluyendo características para calidad interna, externa y en uso del producto software. Se forma de:

- ISO/IEC 25010 - Modelos de calidad del sistema y software.
- ISO/IEC 25012 – Modelo de calidad de datos.

c) ISO/IEC 2502n – División de Medición de Calidad.

Estas normas incluyen un modelo de referencia de medición de calidad del producto, definiciones de medidas de calidad (interna, externa y en uso) y guías prácticas para su aplicación. Se encuentra formada por:

- ISO/IEC 25020 - Modelo de referencia de medición y guía.
- ISO/IEC 25021 - Elementos de medida de calidad.
- ISO/IEC 25022 - Medición de calidad en uso.
- ISO/IEC 25023 - Medición de calidad del producto del sistema y del software.
- ISO/IEC 25024 – Medición de calidad de datos.

d) ISO/IEC 2503n – División de Requisitos de Calidad.

Las normas que forman este apartado ayudan a especificar requisitos de calidad que pueden ser utilizados en el proceso de elicitación de requisitos de calidad del producto software a desarrollar o como entrada del proceso de evaluación.

- ISO/IEC 25030 – Requerimientos de calidad.

e) ISO/IEC 2504n – División de Evaluación de Calidad.

Este apartado incluye normas que proporcionan requisitos, recomendaciones y guías para llevar a cabo la evaluación del producto software. Se forma de:

- ISO/IEC 25040 - Modelo de referencia de evaluación y guía.
- ISO/IEC 25041 - Guía de evaluación para desarrolladores, compradores y evaluadores independientes.
- ISO/IEC 25042 – Módulos de evaluación.
- ISO/IEC 25045 - Módulo de evaluación para Recuperabilidad.

La división de extensión de SQuaRE (ISO/IEC 25050 a ISO/IEC 25099) se reserva para normas o informes técnicos que aborden dominios de aplicación específicos o que puedan ser utilizados para complementar otras normas de la familia SQuaRE.

- **Ciclo de vida de calidad para el producto software**

De acuerdo a la norma (ISO/IEC 25000, 2004), el ciclo de vida específica que la calidad de un producto software requiere un proceso similar al proceso de desarrollo para cada tipo de calidad como son: especificación de requisitos, implementación y validación de los resultados, tal como se aprecia en la figura 9:

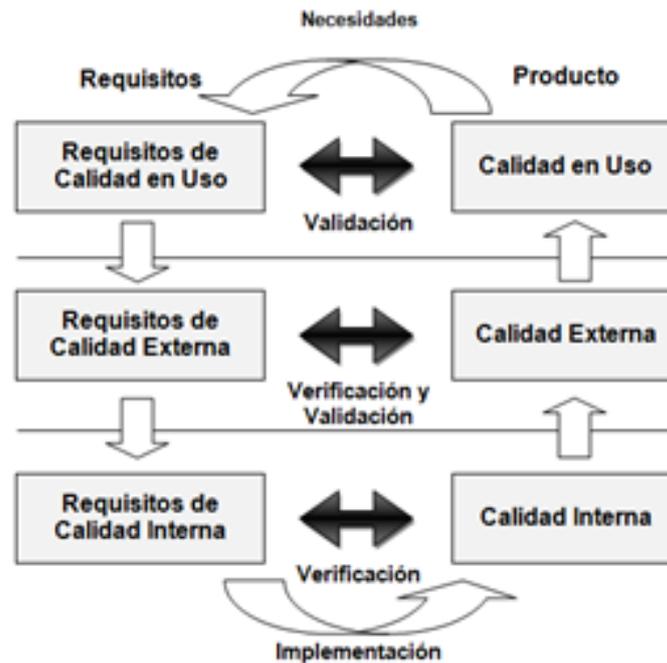


Figura 9. Ciclo de vida - Calidad del producto software

Fuente: (ISO/IEC 25000, 2004, pág. 14)

Además, la referida norma indica que durante el ciclo de vida, SQuaRE maneja la calidad del producto software, en tres fases:

- **Calidad Interna:** producto software en etapa de desarrollo.
- **Calidad Externa:** producto software en producción, funcionamiento, ejecución.
- **Calidad en Uso:** producto software en uso.

Para cada fase existen requisitos que responden a una necesidad del producto que deberán ser implementados y validados, a continuación, se describe los tipos de requisitos de acuerdo a la figura 9.

- *Requisitos de calidad en uso*, especifican el nivel de calidad requerido desde el punto de vista del usuario. Estos requisitos determinan la validación del software por parte del usuario. Como indica el modelo de ciclo de vida, la especificación de requisitos de calidad en uso ayuda a determinar los requisitos de calidad externa.
- *Requisitos de calidad externa*, se utilizan para verificar y validar técnicamente al producto. Estos requisitos ayudan a determinar requisitos de calidad interna, además, pueden servir para predecir si se alcanzará la calidad en uso deseada.
- *Requisitos de calidad interna*, se utilizan para verificar el producto a lo largo de las etapas de desarrollo y pueden utilizarse también para definir estrategias y criterios de evaluación y verificación

A. Modelos de calidad del sistema y software ISO/IEC 25010

Según (ISO/IEC 25010, 2011) se revisa la norma ISO/IEC 9126-1:2001, e incorpora las mismas características de calidad de producto con algunas enmiendas, según detalle de figura 10.

Capítulo	ISO/IEC 25010	ISO/IEC 9126-1	Notas
4.1	Calidad en uso	Calidad en uso	Calidad en uso es ahora una calidad del sistema
4.1.1	Efectividad	Efectividad	
4.1.2	Eficiencia	Productividad	Nombre alineado con eficiencia en ISO/IEC 25062 e ISO 9241-11
4.1.3	Satisfacción	Satisfacción	
4.1.3.1	Utilidad		Sin subcaracterísticas previas
4.1.3.2	Confianza		*
4.1.3.3	Placer		*
4.1.3.4	Confort		*
4.1.4	Libertad de riesgo	Seguridad	
4.1.4.1	Mitigación de riesgo económico		Sin subcaracterísticas previas
4.1.4.2	Mitigación de riesgo de salud y seguridad		*
4.1.4.3	Mitigación de riesgo ambiental		*
4.1.5	Cobertura de contexto		Asunto de calidad implícito hecho explícito
4.1.5.1	Integridad de contexto		Nuevas subcaracterísticas (es importante que un producto sea usable en todos los contextos de uso requeridos)
4.1.5.2	Flexibilidad		Nuevas subcaracterísticas (permite a un producto el ser usado en nuevos contextos de uso)
4.2	Calidad de producto	Calidad interna y externa	Calidad interna y externa combinada como calidad de producto
4.2.1	Idoneidad funcional	Funcionalidad	El nuevo nombre es más preciso y evita confusión con otros sentidos de "funcionalidad"
4.2.1.1	Integridad funcional		Cobertura de necesidades establecidas
4.2.1.2	Exactitud funcional	Precisión	Más general que precisión
4.2.1.3	Responsabilidad funcional	Idoneidad	Cobertura de necesidades implícitas
		Interoperabilidad	Cambiado a Compatibilidad
		Seguridad	Ahora una característica
4.2.2	Eficiencia de rendimiento	Eficiencia	Renombrado para evitar conflictos con la definición de eficiencia en ISO/IEC 25062
4.2.2.1	Comportamiento en el tiempo	Comportamiento en el tiempo	
4.2.2.2	Utilización de recursos	Utilización de recursos	
4.2.2.3	Capacidad		Nuevas subcaracterísticas (particularmente relevantes para los sistemas de computación)

4.2.3	Compatibilidad		Nueva característica
4.2.3.2	Coexistencia	Coexistencia	Cambio de Portabilidad
4.2.3.3	Interoperabilidad		Cambio de Funcionalidad
4.2.4	Usabilidad		Asunto de calidad implícito hecho explícito
4.2.4.1	Reconocimiento de oportunidad	Comprensibilidad	El nuevo nombre es más preciso
4.2.4.2	Capacidad de aprendizaje	Capacidad de aprendizaje	
4.2.4.3	Operabilidad	Operabilidad	
4.2.4.4	Protección de error del usuario		Nueva subcaracterísticas (particularmente importante para alcanzar libertad de riesgo)
4.2.4.5	Estética de interfaz del usuario	Atracción	El nuevo nombre es más preciso
4.2.4.6	Accesibilidad		Nueva subcaracterísticas
4.2.5	Confiabilidad	Confiabilidad	
4.2.5.1	Madurez	Madurez	
4.2.5.2	Disponibilidad		Nueva subcaracterísticas
4.2.5.3	Tolerancia al error	Tolerancia al error	
4.2.5.4	Recuperabilidad	Recuperabilidad	
4.2.6	Seguridad	Seguridad	Sin subcaracterísticas previas
4.2.6.1	Confidencialidad		"
4.2.6.2	Integridad		"
4.2.6.3	No-repudio		"
4.2.6.4	Responsabilidad		"
4.2.6.5	Autenticidad		"
4.2.7	Mantenibilidad	Mantenibilidad	
4.2.7.1	Modularidad		Nueva subcaracterísticas
4.2.7.2	Reusabilidad		Nueva subcaracterísticas
4.2.7.3	Capacidad de Análisis	Capacidad de Análisis	
4.2.7.4	Capacidad de modificación	Estabilidad	Nombre más preciso que combina capacidad de modificación con estabilidad
4.2.7.5	Capacidad de prueba	Capacidad de prueba	
4.2.8	Portabilidad	Portabilidad	
4.2.8.1	Adaptabilidad	Adaptabilidad	
4.2.8.2	Capacidad de instalación	Capacidad de instalación	
		Coexistencia	Cambiado a Compatibilidad
4.2.8.3	Capacidad de reemplazo	Capacidad de reemplazo	

Figura 10. Comparativa normas ISO/IEC 9126 -1:2001 e ISO/IEC 25010:2011

Fuente: (ISO/IEC 25010, 2011, págs. 29-31)

La ISO/IEC 25010 define dos modelos, uno para la calidad del producto de software y otro para la calidad de uso.

a) Modelo de calidad del producto (calidad interna y externa)

Categoriza propiedades de calidad de producto del sistema/software en ocho características: adecuación funcional, eficiencia de rendimiento, compatibilidad, usabilidad, confiabilidad, seguridad, mantenibilidad y portabilidad. Cada característica está compuesta de un conjunto de subcaracterísticas relacionadas.



Figura 11. Modelo de calidad de producto según ISO/IEC 25010

Fuente: (Portal ISO 25000, 2017)

El modelo de calidad del producto puede ser aplicado solo a un producto de software, o a un sistema de computación que incluye software, debido a que muchas de las subcaracterísticas son relevantes tanto para el software como para los sistemas.

A continuación, la descripción de cada característica y subcaracterísticas del modelo de calidad del producto, tomadas de (ISO/IEC 25010, 2011, págs. 8-21):

1. **Adecuación Funcional:** representa la capacidad del producto o sistema software para proporcionar las funciones necesarias para satisfacer al usuario. Contempla las siguientes subcaracterísticas:
 - **Completitud funcional:** capacidad del sistema software para proporcionar un conjunto de funcionalidades apropiadas para cubrir todas las tareas y objetivos determinados por el usuario.
 - **Exactitud funcional:** capacidad del sistema software para proporcionar los resultados correctos con el grado necesario de precisión.

2. **Fiabilidad:** capacidad del producto o sistema software para realizar las funciones específicas cuando se utiliza bajo ciertas condiciones y periodos de tiempo determinadas. Contempla las siguientes subcaracterísticas:
 - **Madurez:** capacidad del sistema software para satisfacer las necesidades de fiabilidad durante el funcionamiento normal.
 - **Disponibilidad:** capacidad de un sistema software de estar operativo y accesible para su uso cuando se necesite.
 - **Tolerancia a Fallos:** capacidad de un sistema software para operar cuando se presenten fallos.
 - **Recuperabilidad:** capacidad de un sistema software para reestablecer el estado del sistema y recuperar datos que se hayan afectado, en caso de interrupción o fallo.
3. **Eficiencia en el Desempeño:** capacidad de un producto o sistema software de proporcionar un rendimiento apropiado, respecto a la cantidad recursos utilizados bajo determinadas condiciones. Contempla las siguientes subcaracterísticas:
 - **Comportamiento Temporal:** capacidad de un sistema software para proporcionar los tiempos de respuesta y procesamiento apropiados.
 - **Utilización de Recursos:** capacidad en que un sistema software utiliza las cantidades y tipos de recursos adecuados.
 - **Capacidad:** capacidad de un sistema software de cumplir con los requisitos determinados.
4. **Facilidad de Uso:** capacidad del producto o sistema software para que sea entendido, aprendido, agrado y usado por el usuario. Contempla las siguientes subcaracterísticas:
 - **Capacidad de reconocer su adecuación:** capacidad del sistema software que permite al usuario entender si el software es adecuado para sus necesidades.
 - **Capacidad para ser entendido:** capacidad del sistema, que permite al usuario entender si el software es adecuado para alcanzar sus objetivos determinados.
 - **Operatividad:** capacidad de un sistema software que permite al usuario operarlo y controlarlo con facilidad.
 - **Protección contra errores del usuario:** capacidad en que el sistema brinda la protección necesaria contra errores que realizan los usuarios.
 - **Estética de la Interfaz del usuario:** capacidad en que la interfaz de usuario llega a satisfacer y agradar al usuario.

- **Accesibilidad técnica:** capacidad del sistema software para que se permita ser utilizado por usuarios con determinadas discapacidades.
5. **Seguridad:** capacidad de proteger la información y los datos, de manera que personas o sistemas no autorizados puedan tener acceso para consultas o actualizaciones. Contempla las siguientes subcaracterísticas:
- **Confidencialidad:** capacidad de proteger la información y el acceso a datos no autorizados, ya sea de manera accidental o intencional.
 - **Integridad:** capacidad de un producto, sistema o componente software para evitar accesos no autorizados a datos o programas de computación.
 - **No – repudio:** capacidad para demostrar que los eventos han ocurrido, de manera que dichos eventos no puedan ser refutados posteriormente.
 - **Responsabilidad:** capacidad de dar seguimiento a las acciones que fueron realizadas por una entidad.
 - **Autenticidad:** capacidad de demostrar la identidad de un sujeto o un recurso.
6. **Compatibilidad:** capacidad de dos o más sistemas software, para llevar a cabo sus funciones intercambiando información mientras comparten el mismo entorno. Contempla las siguientes subcaracterísticas:
- **Co-Existencia:** capacidad de un sistema software para coexistir en un entorno en el cual comparten recursos comunes con otro software independiente.
 - **Interoperatividad:** capacidad de dos o más sistemas software para intercambiar información y utilizar dicha información.
7. **Mantenibilidad:** capacidad del sistema software para ser modificado o actualizado debido a necesidades evolutivas y correctivas. Contempla las siguientes subcaracterísticas:
- **Modularidad:** capacidad de un sistema software que cuando sea modificado no afecte a otras funcionalidades del sistema
 - **Reusabilidad:** capacidad de un activo (Información, Software, Hardware, Usuarios) para ser utilizado en más de un sistema o en la construcción de otros activos.
 - **Capacidad de ser Analizado:** facilidad con la que se puede llevar a cabo un análisis del impacto de una determinada modificación en el sistema.

- **Capacidad de ser Modificado:** capacidad del sistema para permitir que sea modificado sin causar daños o reducir la calidad del producto existente.
 - **Capacidad de ser Probado:** facilidad de realizar pruebas a un sistema o componente software, para determinar si se han cumplido con los requerimientos establecidos.
8. **Portabilidad:** capacidad de un sistema o componente software de ser trasladado de un entorno a otro sin que esto afecte la funcionalidad de cada sistema. Contempla las siguientes subcaracterísticas:
- **Adaptabilidad:** capacidad de un sistema software de ser adaptado a distintos entornos.
 - **Capacidad de ser Instalado:** capacidad de un sistema para que pueda ser fácilmente instalado y/o desinstalado.
 - **Capacidad de ser Reemplazado:** capacidad del sistema software para ser utilizado en lugar de otro sistema en el mismo entorno y cumpliendo con el mismo objetivo.

b) Modelo de calidad en uso

“La calidad en uso es el grado en el que un producto o sistema puede ser usado por usuarios específicos para satisfacer sus necesidades y alcanzar metas específicas...”
(ISO/IEC 25010, 2011, pág. 15)

El modelo define cinco características relacionadas con los resultados de la interacción con un sistema: eficacia, eficiencia, satisfacción, ausencia de riesgo, y cobertura de contexto (figura 12). Está determinado por la calidad del software, hardware, ambiente operativo y características de usuarios, tareas y ambiente social. Todos los factores contribuyen a la calidad en uso del sistema.



Figura 12. Modelo de calidad en uso según ISO/IEC 25010

Fuente: (ISO/IEC 25010, 2011, pág. 10)

A continuación, la descripción de cada característica y subcaracterísticas del modelo de calidad de uso, tomadas de (ISO/IEC 25010, 2011, págs. 8-21):

1. **Efectividad:** capacidad del sistema software para alcanzar los objetivos o necesidades del usuario, al momento de utilizar el sistema.
2. **Eficiencia:** capacidad del sistema software para alcanzar los objetivos del usuario, utilizando los recursos mínimos.
3. **Satisfacción:** capacidad del sistema software para satisfacer las diferentes necesidades mínimas de los usuarios al utilizarlo. Contempla las siguientes subcaracterísticas:
 - **Utilidad:** grado en que un usuario es satisfecho cuando logra alcanzar sus objetivos planteados.
4. **Libertad de Riesgo:** capacidad que tiene un producto o sistema software en reducir el riesgo potencial relacionado con la situación económica, vida humana, salud o medio ambiente.

Esto incluye la salud y seguridad, tanto del usuario y aquellos afectados por el uso, así como las consecuencias materiales o económicas no deseadas.

En este caso, el riesgo es la probabilidad de ocurrencia y las posibles consecuencias negativas cuando se presenta una amenaza determinada.

Contempla las siguientes subcaracterísticas, que permiten establecer el grado en el cual los objetivos podrían estar en riesgo.

 - Libertad del riesgo económico.

- Libertad del riesgo de salud y seguridad.
 - Libertad del riesgo ambiental.
5. **Cobertura de Contexto:** capacidad de un producto o sistema software para ser utilizado con efectividad, eficiencia, libertad de riesgo y satisfacción en ámbitos de uso que fueron definidos. Contempla las siguientes subcaracterísticas:
- **Integridad de Contexto:** capacidad de un sistema software para ser utilizado en los ámbitos de uso definidos.
 - **Flexibilidad:** capacidad de un sistema software para ser utilizado fuera de los ámbitos de uso que fueron definidos inicialmente.

▪ **Medidas internas, externas y de calidad en uso**

La (ISO/IEC 25010, 2011) recalca que para cada subcaracterísticas, la capacidad del software es determinada por el conjunto de propiedades internas estáticas que pueden ser medidas. Ejemplos de medidas internas son establecidos en ISO/IEC TR 9126-3 (a ser reemplazada por ISO/IEC 25023). Las características y subcaracterísticas pueden ser medidas externamente por el grado en el cual la capacidad es provista por el sistema que contiene el software. Ejemplos de medidas externas son establecidos en ISO/IEC TR 9126-2 (a ser reemplazada por ISO/IEC 25023).

Las medidas internas de calidad de software proveen una visión de caja blanca del software y dirigen las propiedades estáticas del producto de software que típicamente están disponibles para ser evaluadas durante etapas de desarrollo del producto software (definición de requerimientos, especificación de diseño o código fuente), para que de esta manera los usuarios puedan identificar los problemas de calidad e iniciar la acción correctiva lo más antes posible en el ciclo de vida de *desarrollo*.

Las medidas externas de calidad del sistema/software proveen una visión de caja negra del sistema/software y dirigen las propiedades relacionadas con la ejecución del software en el hardware del computador y de un sistema operativo. Únicamente pueden ser usadas durante etapas de pruebas y en alguna etapa de operación. La medición se debe llevar a cabo cuando el sistema software está en *ejecución*.

La calidad de software medida internamente tiene un impacto en la calidad del sistema/software medido externamente, el cual nuevamente tiene un impacto en la calidad en uso del sistema. Las métricas de calidad en uso miden si un sistema software satisface las necesidades específicas de los usuarios, para ello se debe llevar a cabo la medición en un ambiente real donde el sistema esté en *uso*.

Existen a menudo medidas internas y externas para la misma propiedad, por ejemplo, una medida interna para estimar el tiempo de respuesta esperado para predecir el tiempo medido externamente.

Quien requiera utilizar métricas de calidad definidas en las respectivas normas, puede modificarlas e incluso puede utilizar métricas que, no definidas en las normas, siempre y cuando se especifique como la métrica se relaciona con el modelo de calidad ISO/IEC 25010 o especificar el modelo de calidad que va a sustituir al que se especifica en la norma.

Se puede determinar la calidad de un producto software basándose en el proceso de evaluación de calidad del producto definido en la norma ISO/IEC 2504n, la cual proporciona métodos para valoración y evaluación de calidad de un producto o sistema software. (ISO/IEC 25023, 2011)

La figura 13 representa la relación entre las fases de calidad, sus métricas y la dependencia e influencia que existe entre ellas.



Figura 13. Relación entre métricas de calidad

Fuente: (ISO/IEC 25023, 2011, pág. 15)

Para trabajar con métricas de calidad, se utilizará los campos indicados en la tabla 5:

Tabla 5.

Descripción de campos requeridos para métricas de calidad.

Campo	Descripción
<i>Subcaracterística</i>	Subcaracterística de calidad.
<i>Nombre de métrica</i>	Nombre asignado a la métrica de calidad.
<i>Fase del ciclo de vida de calidad del producto</i>	Fase del ciclo de vida: calidad interna, calidad externa y calidad en uso
<i>Propósito de métrica</i>	Motivo por el cual se selecciona la métrica.
<i>Método de aplicación</i>	Manera de cómo se va a aplicar la métrica.
<i>Fórmula y cálculo de datos</i>	Establece la fórmula de medición y especifica los significados de los datos que se van a utilizar.
<i>Valor deseado</i>	Proporciona el rango y los valores preferibles y recomendados.
<i>Tipo de medida</i>	Especifica en tipo de medida que se va seleccionar, como: tamaño (tamaño de la función, tamaño de la fuente), tiempo (lapso de tiempo, tiempo de usuario), contar (número de cambios, números de fallas).

Fuente: (ISO/IEC 25020, 2011)

Tabla 6.

Ejemplo de Métricas de calidad internas/externas – Característica 1: Adecuación Funcional.

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
Compleitud funcional	Compleitud de la implementación funcional	Interna/Externa	¿Cuán completa es la implementación de acuerdo a la especificación de requerimientos?	Contar el número de las funciones indicadas en la especificación de requerimientos y el número de funciones que faltan o están incorrectas	$X = A / B$ A = Número de funciones que están incorrectas o que no fueron implementadas B = Número de las funciones establecidas en la especificación de requisitos Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
Exactitud funcional	Exactitud	Interna/Externa	¿Cuánto del estándar requerido de exactitud se cumple?	Contar el número de elementos de datos implementados con el estándar específico de exactitud y el número total de elementos de datos implementados	$X = A/B$ A = Número de elementos de datos implementados con el estándar específico de exactitud B = Número total de elementos de datos implementados Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
	Precisión computacional	Interna/Externa	¿Con qué frecuencia ocurren los resultados inexactos?	Contar el número de cálculos inexactos encontrados y tomar el tiempo de operación	$X = A/T$ A = Número de cálculos inexactos encontrados T = Tiempo de operación Dónde: $T > 0$	$X = A/T$ El más cercano a 0/t es el mejor. Donde el peor caso es $\geq 10/t$.	X = Contable / Tiempo A = Contable T = Tiempo

Fuente: (ISO/IEC 25023, 2011, págs. 16-17)

Tabla 7.

Ejemplo de Métricas de calidad en uso – Característica 1: Efectividad.

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
Efectividad	Compleitud de la tarea	Uso	¿Qué cantidad de tareas son completadas correctamente?	Contar el número de tareas completadas y el número total de tareas intentadas	$X = A/B$ A= Número de tareas completadas B = Número total de tareas intentadas Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Efectividad de la tarea	Uso	¿Qué cantidad de los objetivos de la tarea se realiza completamente?	Tomar el valor proporcional de cada componente faltante o incorrecto en la salida de la tarea	$X = A/B$ A=Cantidad de objetivos completados por la tarea. B=Cantidad de objetivos planeados que realice la tarea	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Frecuencia de error	Uso	¿Cuál es la frecuencia de los errores cometidos por el usuario en comparación con lo planeado?	Contar el número de errores cometidos por los usuarios y contar el número de tareas	$X = A/B$ A = Número de errores cometidos por los usuarios B = Número de tareas Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Fuente: (ISO/IEC 25022, 2012, págs. 13-20)

B. Modelo de Evaluación de Calidad ISO/IEC 25040

Dentro de la división 2504n se proporciona la norma ISO/IEC 25040 que define el proceso de evaluación del producto software. Consta de cinco actividades, como se aprecia en la figura 14.

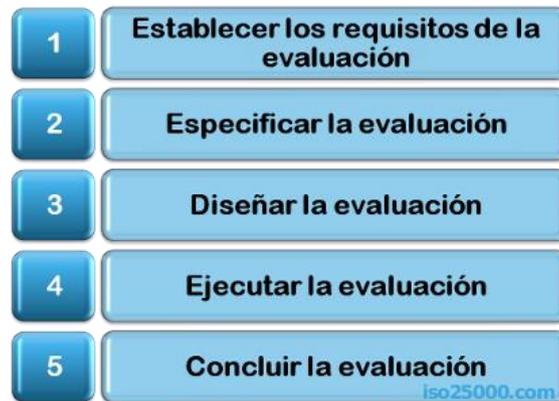


Figura 14. Proceso de evaluación según ISO/IEC 25040.

Fuente: (Portal ISO 25000, 2017)

▪ Proceso de evaluación de calidad del producto software

A continuación, se presenta la descripción a nivel de tareas, de las cinco actividades propuestas por el modelo de evaluación ISO/IEC 25040.

Tabla 8.

Detalle proceso de evaluación de calidad según ISO/IEC 25040.

Actividades	Tareas	Detalle
1: Establecer los requisitos de la evaluación	1.1: Establecer el propósito de la evaluación	En esta tarea se documenta el propósito por el que la organización quiere evaluar la calidad de su producto software (asegurar la calidad del producto, decidir si se acepta un producto, determinar la viabilidad del proyecto en desarrollo, comparar la calidad del producto con productos de la competencia, etc.).

Actividades	Tareas	Detalle
	1.2: Obtener los requisitos de calidad del producto	En esta tarea se identifican las partes interesadas en el producto software (desarrolladores, posibles adquirientes, usuarios, proveedores, etc.) y se especifican los requisitos de calidad del producto utilizando un determinado modelo de calidad.
	1.3: Identificar las partes del producto que se deben evaluar	Se deben identificar y documentar las partes del producto software incluidas en la evaluación. El tipo de producto a evaluar (especificación de requisitos, diagramas de diseño, documentación de las pruebas, etc.) depende de la fase en el ciclo de vida en que se realiza la evaluación y del propósito de ésta.
	1.4: Definir el rigor de la evaluación	Se debe definir el rigor de la evaluación en función del propósito y el uso previsto del producto software, basándose, por ejemplo, en aspectos como el riesgo para la seguridad, el riesgo económico o el riesgo ambiental. En función del rigor se podrá establecer qué técnicas se aplican y qué resultados se esperan de la evaluación.
	2.1: Seleccionar los módulos de evaluación	En esta tarea el evaluador selecciona las métricas de calidad, técnicas y herramientas (módulos de evaluación) que cubran todos los requisitos de la evaluación. Dichas métricas deben permitir que, en función de su valor, se puedan realizar comparaciones fiables con criterios que permitan tomar decisiones. Para ello se puede tener en cuenta la norma ISO/IEC 25020.
2: Especificar la evaluación	2.2: Definir los criterios de decisión para las métricas	Se deben definir los criterios de decisión para las métricas seleccionadas. Dichos criterios son umbrales numéricos que se pueden relacionar con los requisitos de calidad y posteriormente con los criterios de evaluación para decidir la calidad del producto. Estos umbrales se pueden establecer a partir de benchmarks, límites de control estadísticos, datos históricos, requisitos del cliente, etc.
	2.3: Definir los criterios de decisión de la evaluación	Se deben definir criterios para las diferentes características evaluadas a partir de las subcaracterísticas y métricas de calidad. Estos resultados a mayor nivel de abstracción permiten realizar la valoración de la calidad del producto software de forma general.

Actividades	Tareas	Detalle
3: Diseñar la evaluación	3.1: Planificar las actividades de la evaluación	<p>Se deben planificar las actividades de la evaluación teniendo en cuenta la disponibilidad de los recursos, tanto humanos como materiales, que puedan ser necesarios. En la planificación se debe tener en cuenta el presupuesto, los métodos de evaluación y estándares adaptados, las herramientas de evaluación, etc.</p> <p>El plan de evaluación se revisará y actualizará proporcionando información adicional según sea necesario durante el proceso de evaluación.</p>
	4.1: Realizar las mediciones	Se deben realizar las mediciones sobre el producto software y sus componentes para obtener los valores de las métricas seleccionadas e indicadas en el plan de evaluación. Todos los resultados obtenidos deberán ser debidamente registrados.
4: Ejecutar la evaluación	4.2: Aplicar los criterios de decisión para las métricas	Se aplican los criterios de decisión para las métricas seleccionadas sobre los valores obtenidos en la medición del producto.
	4.3: Aplicar los criterios de decisión de la evaluación	En esta última tarea se deben aplicar los criterios de decisión a nivel de características y subcaracterísticas de calidad, produciendo como resultado la valoración del grado en que el producto software cumple los requisitos de calidad establecidos.
5: Concluir la evaluación	5.1: Revisar los resultados de la evaluación	Mediante esta tarea, el evaluador y el cliente de la evaluación (en caso de existir) realizan una revisión conjunta de los resultados obtenidos, con el objetivo de realizar una mejor interpretación de la evaluación y una mejor detección de errores.
	5.2: Crear el informe de evaluación	Una vez revisados los resultados, se elabora el informe de evaluación, con requisitos de evaluación, resultados, limitaciones y restricciones, personal evaluador, etc.
	5.3: Revisar la calidad de la evaluación y obtener feedback	El evaluador revisará resultados de evaluación y validez del proceso de evaluación, de indicadores y métricas aplicadas. El feedback de revisión debe servir para mejorar el proceso de evaluación de la organización y las técnicas de evaluación utilizadas.

Actividades	Tareas	Detalle
	5.4: Tratar los datos de la evaluación	Una vez finalizada la evaluación, el evaluador debe realizar el adecuado tratamiento con datos y objetos de evaluación según lo acordado con el cliente (en caso de ser una tercera parte), devolviéndolos, archivándolos o eliminándolos según corresponda.

Fuente: (Portal ISO 25000, 2017)

2.5 Mejora del producto de software

Según (Trujillo, Febles, & León, 2014), la mejora de procesos de software (MPS) es un concepto relativamente nuevo, la mayoría de sus ideas, conceptos y métodos se han adoptado de la definición de calidad en el desarrollo del sistema de fabricación. La teoría alrededor de MPS se ha formado a partir de elementos tomados de los principales autores del área de calidad, como Deming, Juran y Crosby, así como Humphrey y Basili quienes han sido pioneros y líderes en este campo en la industria de software.

La MPS es una actividad repetitiva y con independencia del enfoque adoptado, requiere de cierto tiempo, recursos, medidas, y las iteraciones para su aplicación efectiva y exitosa. Es un procedimiento sistémico para mejorar el rendimiento de un sistema de procesos existentes, a partir de desarrollar un conjunto de acciones que se manifiestan en modificaciones en el proceso de desarrollo de software.

Resalta Trujillo et. al. (2014) que en estudios de casos documentados de MPS se indican mejoras más significativas en calidad del producto y productividad, como resultado del esfuerzo de mejora. Otros reportes no son tan alentadores, pues reflejan dificultades que presentan las organizaciones para ejecutar los programas. Los informes del Instituto de Ingeniería de Software (SEI por sus siglas en inglés), de la Universidad Carnegie Mellon, indican que la cantidad de fracasos es muy alta, llegando al 70%. Varios autores concluyen que las causas principales que conllevan a estos fracasos se encuentran asociadas a condiciones que posee la organización para iniciar la mejora de procesos referente a la influencia de personas y la alta gerencia, características de la organización y de la mejora en sí, entre otros.

2.6 Marco Legal

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) según extracto de su misión, es un “organismo técnico nacional y eje principal del Sistema Ecuatoriano de la Calidad en el país...”, cuenta con un catálogo de documentos normativos vigentes; específicamente, en el sector “*Electrónica, Tecnología de la Información y Telecomunicaciones*”, subsector “*Tecnología de la Información. Máquinas de Oficina*” el país cuenta con documentos normativos relacionados con modelo, estándares, métricas y otros aspectos de calidad para el producto software, con base en normas internacionales, convirtiéndose en lineamientos oficiales.

El INEN dispone de la siguiente normativa respecto a calidad de software:

1. NTE INEN ISO/IEC 27000. Tecnologías de la Información - Técnicas de seguridad - Sistema de gestión de seguridad de la información – Descripción general y vocabulario.
2. NTE INEN ISO/IEC 20000-2:2009. Gestión del servicio: Código de buenas prácticas.
3. NTE INEN-ISO ISO/IEC 14598-2. Tecnología de la información. Evaluación del producto software.
4. NTE INEN-ISO/IEC 25001. Ingeniería de software – requerimientos y evaluación de calidad del producto de software (Square) – planificación y gestión.
5. NTE INEN-ISO/IEC 25040. Sistemas e ingeniería de software – requerimientos y evaluación de sistemas y calidad de software (Square) – proceso de evaluación.
6. NTE INEN-ISO/IEC 14764. Procesos del ciclo de vida del software – mantenimiento.
7. NTE INEN-ISO/IEC 25021. Sistemas e ingeniería de software – requerimientos y evaluación de sistemas y calidad de software (Square) – elementos de medida de la calidad.
8. NTE INEN-ISO/IEC 25012. Ingeniería de software — requerimientos y evaluación de calidad del producto de software (Square) – modelo de calidad de la información.
9. NTE INEN-ISO/IEC 14143-2. Tecnología de la información. Medida del software. Medida del tamaño funcional. Parte 2: evaluación de la conformidad de los métodos de medida del tamaño del software.

Capítulo III: Materiales y Métodos

3.1 Descripción del área de estudio

La investigación se llevó a cabo en: Dirección de Gestión de Talento Humano (DGTH), DDTI, Comisión de Evaluación Interna (CEI) y unidades académicas de la Universidad Técnica del Norte, institución de educación superior, ubicada en la parroquia El Sagrario, ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, país Ecuador.

Unidades de Observación.

- Funcionarios DGTH.
- Miembros CEI.
- Administrador MTH – DDTI.

3.2 Tipo de investigación.

El enfoque del proyecto de investigación es **cuantitativo** porque se determinó un valor numérico que representa la Calidad Total del producto software y **cualitativo** porque en base al análisis de resultados se logró definir una propuesta de mejora según el criterio y experiencia en el tratamiento de datos de la investigadora, permitiendo atender necesidades institucionales y de usuario.

Se realizó la interpretación de datos **cuantitativos** que abordó la tabulación de un cuestionario estructurado a través de estadística descriptiva.

3.3 Diseño de la investigación

3.3.1 Modalidad de investigación.

Para llevar a efecto el presente estudio se utilizó dos tipos de investigación: documental y descriptiva.

- **Investigación documental.** - Se investigó todo lo relacionado al entorno del módulo de talento humano, SIIU, directrices del DDTI, funciones DGTH, modelos de calidad y evaluación de software, para lo cual se revisó y analizó: estatuto, normativa de

evaluación, revistas, tesis e internet para de esta manera conocer el contexto de funcionamiento del MTH y modelos de calidad de software, ampliando la visión de factores que involucran las variables que permitieron realizar la investigación y el análisis para lograr el objetivo planteado.

- **Investigación descriptiva:** A través de la descripción exacta de actividades, objetos, procesos y personas, la investigación permite conocer situaciones, métodos y actitudes predominantes. La meta no se limita a recolectar datos, sino al pronóstico e identificación de relaciones que existen entre dos o más variables.

3.4 Población

El grupo de informantes que tienen relación directa con procesos relacionados con el MTH es reducido, optándose por trabajar con toda la población, como se muestra en la tabla 9:

Tabla 9.

Población para la investigación.

Informantes	Cantidad
Funcionarios DGTH	7
Miembros CEI	9
Director DDTI	1
Administrador MTH	1
Personal de unidades académicas	22
Total	40

Fuente: La investigadora, 2017.

Se resolvió aplicar entrevistas a: director DDTI, administrador MTH, directora DGTH y encuestas a: miembros CEI, funcionarios DGTH, director DDTI, administrador MTH, directora DGTH y personal de unidades académicas.

3.5 Métodos teóricos

- **Deductivo:** Este método permitió partir de modelos generales para la selección del modelo de calidad de software que se adecua a necesidades institucionales bajo el cual se diseñó un instrumento de medida cuantitativa de atributos de calidad del MTH.
- **Inductivo:** Permitted analizar datos obtenidos en el diagnóstico para llegar a determinar acciones que intervienen en el proceso de implementación y desarrollo de mejoras del producto software.

3.5.1 Estrategias Técnicas.

Se utilizó las siguientes técnicas:

- **Entrevistas:** definida para obtener criterios, reseñas y datos relevantes sobre el objeto de estudio.
- **Encuestas:** definida para sondear y medir niveles de satisfacción y otros datos similares.

3.5.2 Instrumentos.

Los instrumentos empleados fueron:

- **Cuestionario:** documento organizado que interrelaciona variables implicadas con el objetivo de la entrevista o encuesta.
- **Formularios de Google Drive:** herramienta de diseño y procesamiento automático de cuestionarios.
- **SmartPhone:** como equipo de comunicación, cronómetro y registro visual.
- **Software estadístico IBM SPSS:** software utilizado para tabulación de datos.

3.6 Análisis e interpretación de información

Para el desarrollo de la investigación diagnóstica, se presenta la tabulación de 40 encuestas.

3.6.1 Tabulación Encuesta

1. Género

Tabla 10.

Género.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Femenino	21	52.0	52.0	52.0
	Masculino	19	48.0	48.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: El grupo de informantes relacionados con procesos de información proporcionados por el MTH es mayormente femenino.

2. ¿En qué grado considera usted que la información de talento humano que proporciona el módulo de talento humano (MTH), es consistente y confiable?

Tabla 11.

Grado consistencia y confiabilidad de información proporcionada por MTH.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto	2	5.0	5.0	5.0
	Medio	32	80.0	80.0	85.0
	Bajo	6	15.0	15.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: A nivel general los encuestados ubican en *Medio* el grado de consistencia y confiabilidad de la información proporcionada por el MTH, debiéndose esta tendencia a inconsistencias detectadas durante procesos de evaluación y/o utilización de estadísticas para informes institucionales.

3. Inadecuado cumplimiento de funciones del personal administrativo encargado de ingresar y/o actualizar la información de talento humano en el MTH.

Tabla 12.

Causa cumplimiento inadecuado de funciones por parte de personal DGTH.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Secundaria	6	15.0	15.0	15.0
	Principal	34	85.0	85.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: Según la mayoría de encuestados, es a causa de funcionarios del DGTH que la información de talento humano es poco consistente.

4. Falta de interés del personal académico y administrativo por actualizar y/o reportar la documentación respectiva, en su carpeta personal en la Dirección de Talento Humano.

Tabla 13.

Causa desinterés de personal universitario por entregar y/o actualizar información en DGTH.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Principal	24	60.0	60.0	60.0
	Secundaria	16	40.0	40.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: El 60% de informantes ubican esta causa como de **segundo** orden, reflejando que no es la causa principal para que la información de talento humano sea poco consistente.

5. *Seleccione ubicando la prioridad (siendo 1ra. la de mayor importancia y así sucesivamente): ¿cuáles cree usted que son las causas que originan el inadecuado cumplimiento de funciones por parte del personal administrativo de la Dirección de Talento Humano al registrar la información de talento humano en el MTH?*

Tabla 14.

Desconocimiento de responsabilidades del personal administrativo como usuario del MTH.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Primera	7	17.5	17.5	17.5
	Segunda	23	57.5	57.5	75.0
	Tercera	6	15.0	15.0	90.0
	Cuarta	2	5.0	5.0	95.0
	Quinta	2	5.0	5.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: Se ubica como **segunda** opción respecto a causas relacionadas con cumplimiento inadecuado de funciones del personal de DGTH.

Tabla 15.

Demasiada carga de trabajo para usuarios del MTH.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Primera	9	22.5	22.5	22.5
	Segunda	4	10.0	10.0	32.5
	Tercera	17	42.5	42.5	75.0
	Cuarta	2	5.0	5.0	80.0
	Quinta	2	5.0	5.0	85.0
	Sexta	6	15.0	15.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: Se ubica como **tercera** opción respecto a causas relacionadas con cumplimiento inadecuado de funciones del personal de DGTH.

Tabla 16.

Errores involuntarios de digitación por parte de usuarios del MTH.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Primera	3	7.5	7.5	7.5
	Segunda	17	42.5	42.5	50.0
	Tercera	8	20.0	20.0	70.0
	Cuarta	6	15.0	15.0	85.0

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Quinta	2	5.0	5.0	90.0
Sexta	4	10.0	10.0	100.0
Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: Se ubica como **segunda** opción respecto a causas relacionadas con cumplimiento inadecuado de funciones del personal de DGTH, porcentaje menor al obtenido en tabla 14.

Tabla 17.

Insuficiente estandarización en procesos de registro de información del MTH.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Primera	14	35.0	35.0
	Segunda	8	20.0	55.0
	Tercera	14	35.0	90.0
	Quinta	4	10.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0

Interpretación: Se ubica como **primera** y **tercera** opción respecto a causas relacionadas con cumplimiento inadecuado de funciones del personal de DGTH.

Tabla 18.

Manuales de usuario del MTH requieren ser actualizados y explícitos.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Primera	3	7.5	7.5
	Segunda	5	12.5	20.0
	Tercera	20	50.0	70.0
	Cuarta	8	20.0	90.0
	Quinta	2	5.0	95.0
	Sexta	2	5.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0

Interpretación: Se ubica como **tercera** opción respecto a causas relacionadas con cumplimiento inadecuado de funciones del personal de DGTH.

Tabla 19.

Insuficiente capacitación a usuarios del MTH.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Primera	2	5.0	5.0	5.0
	Segunda	18	45.0	45.0	50.0
	Tercera	14	35.0	35.0	85.0
	Cuarta	6	15.0	15.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: Se ubica como **segunda** opción respecto a causas relacionadas con cumplimiento inadecuado de funciones del personal de DGTH.

Tabla 20.

Insuficientes amonestaciones al personal administrativo al no cumplir funciones con calidad.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Primera	8	20.0	20.0	20.0
	Segunda	12	30.0	30.0	50.0
	Tercera	12	30.0	30.0	80.0
	Cuarta	8	20.0	20.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: Se ubica como **segunda** y **tercera** opción respecto a causas relacionadas con cumplimiento inadecuado de funciones del personal de DGTH.

6. Seleccione ubicando la prioridad (siendo 1ra. la de mayor importancia y así sucesivamente): ¿cuáles cree usted que son las causas que originan que el personal académico y administrativo de la UTN no actualicen y/o reporten la documentación respectiva, en su carpeta personal en la Dirección de Talento Humano?

Tabla 21.

Desconocimiento de obligaciones u orientaciones al personal universitario.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Primera	5	12.5	12.5	12.5
	Segunda	23	57.5	57.5	70.0
	Tercera	6	15.0	15.0	85.0
	Quinta	6	15.0	15.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: Se ubica como **segunda** opción respecto a causas relacionadas con desinterés del personal universitario por entregar o actualizar información en DGTH.

Tabla 22.

Insuficiente comunicación de jefes inmediatos con personal universitario.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Primera	3	7.5	7.5	7.5
	Segunda	11	27.5	27.5	35.0
	Tercera	22	55.0	55.0	90.0
	Cuarta	2	5.0	5.0	95.0
	Quinta	2	5.0	5.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: Se ubica como **tercera** opción respecto a causas relacionadas con desinterés del personal universitario por entregar o actualizar información en DGTH.

Tabla 23.

Insuficientes amonestaciones al personal académico y administrativo al no cumplir con obligaciones con responsabilidad y a tiempo.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Primera	5	12.5	12.5	12.5
	Segunda	15	37.5	37.5	50.0
	Tercera	10	25.0	25.0	75.0
	Cuarta	10	25.0	25.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: Se ubica como **segunda** opción respecto a causas relacionadas con desinterés del personal universitario por entregar o actualizar información en DGTH.

Tabla 24.

Insuficiente inducción a nuevo personal universitario.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Primera	6	15.0	15.0	15.0
	Segunda	16	40.0	40.0	55.0
	Tercera	6	15.0	15.0	70.0
	Cuarta	4	10.0	10.0	80.0
	Quinta	8	20.0	20.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: Se ubica como **segunda** opción respecto a causas relacionadas con desinterés del personal universitario por entregar o actualizar información en DGTH.

7. Aplicación de normativa interna que garantice que docentes y administrativos, entreguen y registren información para el MTH.

Tabla 25.

Aplicación de normativa interna para garantizar entrega y registro de información en MTH.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	34	85.0	85.0	85.0
	No	6	15.0	15.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: El mayor porcentaje de informantes manifiestan que, con la aplicación de normativa interna respectiva, se garantizará la entrega y registro de información de talento humano con calidad, logrando mayor interés por desempeñar correctamente las funciones del respectivo personal.

8. Módulos mayormente utilizados del SIIU.

Tabla 26.

Módulos mayormente utilizados del SIIU.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Módulo Académico	28	70.0	70.0	70.0
	Módulo Talento Humano	12	30.0	30.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: Si bien el módulo académico es más utilizado a nivel institucional o en si tiene mayor número de usuarios, cabe notar que la información del personal académico registrada en MTH es utilizada para asignación de carga horaria y un sinnúmero de actividades que requieren calidad y exactitud de datos para cualquier proceso. Se debe esa tendencia debido a que la mayor parte de encuestados pertenecen a unidades académicas quienes realizan sus actividades a través del módulo académico.

9. Mejoramiento de estándares y validaciones en el ingreso y reporte de información de talento humano en módulos del SIIU utilizados.

Tabla 27.

Mejoramiento de estándares y validaciones de módulos del SIIU.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	38	95.0	95.0	95.0
	No	2	5.0	5.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: Casi la totalidad de encuestados manifiestan que, sí se requiere el mejoramiento de estándares y validaciones en el ingreso y reporte de información de talento humano, lo que es importante realizar y garantizar en futuros módulos.

10. Cantidad de tiempo empleado para procesar reportes de información de talento humanos emitidos por el MTH.

Tabla 28.

Tiempo utilizado en procesar reportes del MTH.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Una hora	10	25.0	25.0	25.0
	Tres horas	10	25.0	25.0	50.0
	Ocho horas	6	15.0	15.0	65.0
	Más de un día	14	35.0	35.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: El porcentaje mayor de encuestados manifiestan que, requieren más de un día para procesar los reportes emitidos por el SIIU sobre información de talento humano. Se debe este resultado a que durante la validación y depuración de datos proporcionados por el MTH se lleva gran cantidad de tiempo al momento de cotejar con otras fuentes internas como es el caso de comparar distributivos manuales de facultades, con reportes del MTH, contratos de talento humano y nómina del área financiera, situaciones que se han podido evidenciar en procesos de evaluación institucional y de carreras.

11. Grado de satisfacción de usuarios, respecto a la eficiencia y eficacia del MTH.

Tabla 29.

Grado de satisfacción de usuarios del MTH.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto	5	12.5	12.5	12.5
	Medio	33	82.5	82.5	95.0
	Bajo	2	5.0	5.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: El mayor porcentaje de encuestados manifiestan un nivel de satisfacción *Medio* respecto a la eficiencia y eficacia del MTH, debiéndose este nivel a que, si bien el MTH constituye una herramienta de apoyo a procesos de DGTH, también es conocido que se espera información consistente, cualidad que puede garantizarse con algunos ajustes de mejora en la estructura del MTH.

12. Definición y aplicación de un modelo de calidad de software, para incrementar la calidad de información de talento humano proporcionada por el MTH.

Tabla 30.

Definición y aplicación de modelo de calidad de software para incrementar calidad en MTH.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	34	85.0	85.0	85.0
	No	6	15.0	15.0	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

Interpretación: Habiendo incluido una descripción sobre modelo de calidad de software en el cuestionario aplicado, un alto porcentaje de encuestados consideran que la definición y aplicación de un modelo de calidad de software, sí potenciará la calidad del MTH.

Capítulo IV: Resultados y Discusión

4.1 Datos Informativos

4.1.1 Ubicación de la organización

Institución: Universidad Técnica del Norte.

4.1.2 Nombre y objeto social:

Objeto Social: Servicio de Educación Superior.

4.1.3 Visión

La Universidad Técnica de Norte, en el año 2020, será un referente regional y nacional en la formación de profesionales, en el desarrollo de pensamiento, ciencia, tecnología, investigación, innovación y vinculación, con estándares de calidad internacional en todos sus procesos; será la respuesta académica a la demanda social y productiva que aporta para la transformación y la sustentabilidad. (Universidad Técnica del Norte, 2017)

4.1.4 Misión

La Universidad Técnica del Norte es una institución de educación superior, pública y acreditada, forma profesionales de excelencia, críticos, humanistas, líderes y emprendedores con responsabilidad social; genera, fomenta y ejecuta procesos de investigación, de transferencia de saberes, de conocimientos científicos, tecnológicos y de innovación; se vincula con la comunidad, con criterios de sustentabilidad para contribuir al desarrollo social, económico, cultural y ecológico de la región y del país. (Universidad Técnica del Norte, 2017)

4.1.5 Políticas

- **Principios:** Compromiso social, democracia, pluralismo, criticidad, eticidad, aprendizaje, cultura, humanismo, ecologismo.

- **Valores:** Honestidad, respeto, justicia, responsabilidad, laboriosidad, creatividad, perseverancia, paz, tolerancia, libertad, lealtad, solidaridad.

4.1.6 Tamaño de la organización

La Universidad Técnica del Norte se encuentra conformada por la siguiente población:

Tabla 31. Comunidad de Universidad Técnica del Norte

Población	Número
Total Personal Docente:	589
Total Estudiantes Grado:	8295
<i>Estudiantes Presenciales:</i>	6869
<i>Estudiantes Semipresenciales:</i>	1426
Total Estudiantes Posgrado:	332
Total Personal Administrativo:	415
<i>Empleados:</i>	262
<i>Trabajadores:</i>	130
<i>Empleados Colegio UTN:</i>	23
Total Población	9631

Fuente: SIIU, periodo académico marzo – julio 2017.

4.1.7 Organigrama

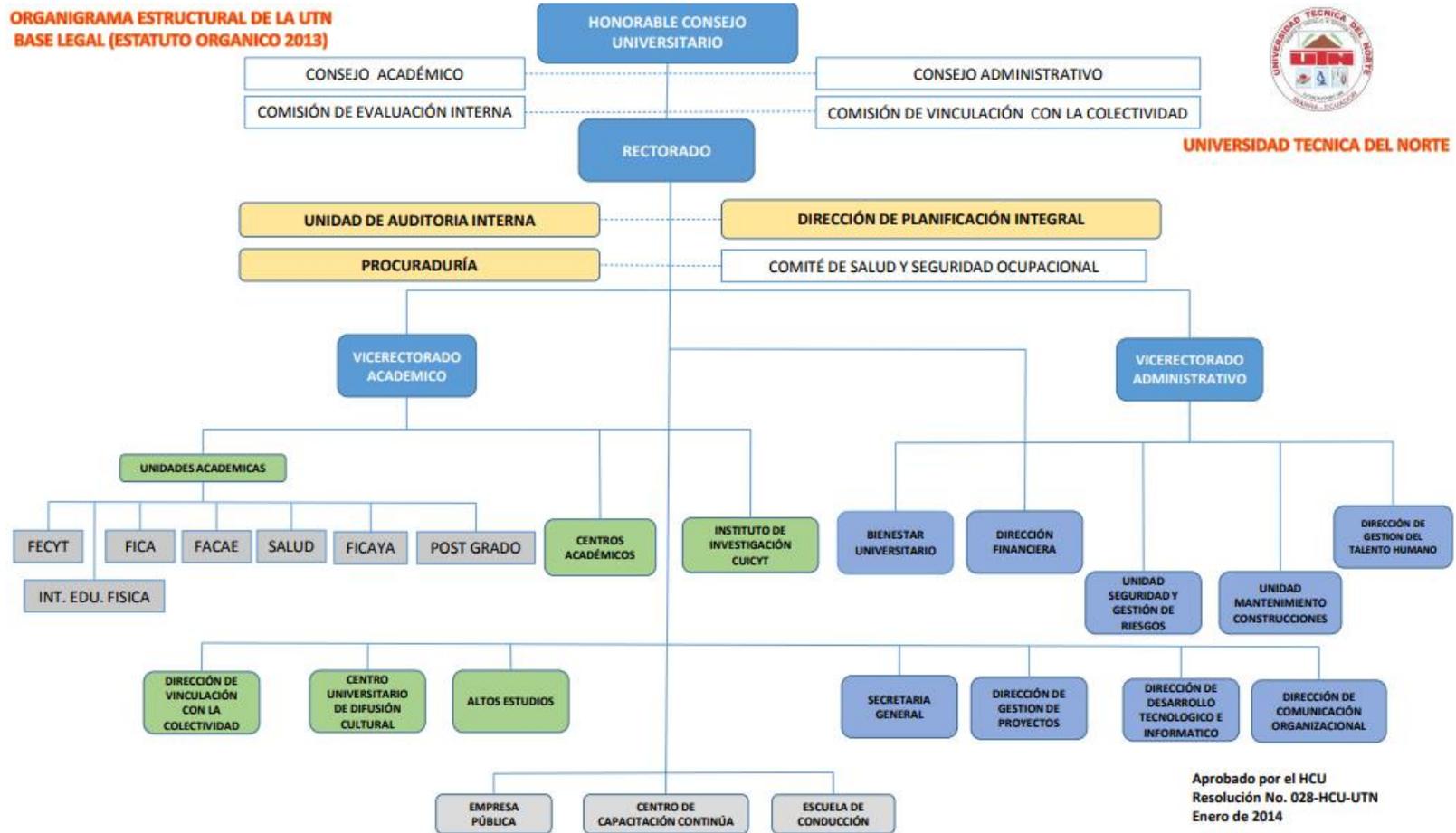


Figura 15. Estructura orgánica UTN.

Fuente: (Universidad Técnica del Norte, 2017)

4.1.8 Ubicación geográfica

La UTN está ubicada en la avenida 17 de Julio 5-21 y General José María Córdova, parroquia El Sagrario, ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, país Ecuador.

4.1.9 Área o departamento

Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informático – DDTI.

4.1.10 Organigrama del departamento



Figura 16. Estructura orgánica vigente DDTI.

Fuente: (García, 2017)

La unidad se encuentra conformada por tres áreas: gestión de proyectos (desarrollo de sistemas de información, gestión web institucional, gestión documental), Gestión de Infraestructura (redes de datos y voz, gestión datacenter) y gestión de atención al usuario (administrativo, académico). (García, 2017)

4.1.11 Factores críticos de éxito

- Plazo de entrega.
- Recurso humano.
- Productividad del proyecto.

- Definición de la solución.
- Análisis costo/beneficio.
- Coordinación con administrador del MTH.
- Coordinación con directora de Talento Humano.

4.2 Antecedentes de la propuesta

4.2.1 Sistema Informático Integrado Universitario – SIIU

4.2.1.1 Reseña.

Relata (García, 2017), que el Sistema Informático Integrado Universitario se empezó a desarrollar en 2007; fungía como director el Ing. Fernando Garrido, quien solicitó la contratación de 6 profesionales en desarrollo de software dirigidos por el Ing. Juan Carlos García como jefe del proyectos. El primer módulo desarrollado fue el Académico que salió a producción en el año 2008, posteriormente se desarrollaron los demás módulos que actualmente se organizan por ejes estratégicos.

4.2.1.2 Herramientas de desarrollo.

En cuanto a las herramientas de desarrollo, reportería y gestor de base de datos (BDD) que actualmente se utiliza en el DDTI, están:

- Oracle Designer 12c
- Oracle Forms 12c
- Oracle Reports 12c
- Oracle Apex 5.1
- Oracle Business Intelligence 12c
- Oracle Server Standard 2 versión 12c

Las aplicaciones tienen un entorno de ejecución Web y se gestionan de forma centralizada en una BDD Oracle. El cual se compone de módulos específicos para automatizar las diferentes actividades institucionales.

4.2.1.3 Estructura SIIU.

El SIIU está integrado por tres componentes: ERP, Portafolios Electrónicos y Business Intelligence.

1. **ERP:** automatización de procesos institucionales de manera integrada y organizados por ejes estratégicos: Académico, Investigación, Vinculación, Apoyo Administrativo-Financiero. Se contabiliza actualmente un total de 40 módulos.
2. **Portafolios Electrónicos:** tecnología orientada a personas y unidades académicas-administrativas para apoyar su gestión; funcionan en cualquier dispositivo a través de internet. A continuación, los portafolios institucionales:
 - Portafolio de Docentes
 - Portafolio de Autoridades
 - Portafolio de Graduados
 - Portafolio de Unidades Académicas
 - Portafolios de Carreras (*por implementar*)
 - Portafolio de Administrativos
3. **Business Intelligence (BI):** En el servidor de Business Intelligence se encuentran alojados varios reportes analíticos anuales e interactivos como: Datos de Bienestar Universitario: atención de empleados, enfermedades, situación socioeconómica; Investigación: publicaciones científicas de los docentes de la Universidad; Talento humano: acción de personal, contratos y nóminas. Se continúa desarrollando reportes de inteligencia de negocios como aporte a las gestiones universitarias y a la toma de decisiones de las autoridades.



Figura 17. Estructura SIIU - UTN.

Fuente: (García, 2017)

4.2.1.4 Metodología de desarrollo

(García, 2017) afirma que para el desarrollo del ERP se ha utilizado dos tipos de metodologías, por cuanto el ERP ha requerido formalidad y generación de varios artefactos de RUP que ha sido la metodología utilizada; en cuanto al desarrollo de portafolios se ha utilizado metodología ágil, aunque no de manera formal. Para las soluciones de BI se está utilizando Metodología de Kimball.

4.2.2 Módulo de talento humano - MTH

El MTH fue desarrollado como parte de un proyecto de tesis de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) de la UTN; entró en producción en julio 2009. En la figura 17 se aprecia la ubicación del módulo dentro de gestión administrativa - eje de apoyo administrativo-financiero.

4.2.2.1 Usuarios del MTH

El MTH fue implementado para gestionar la información del personal docente y administrativo de la UTN; dispone de tres tipos de usuarios: administrador, operativos y de mantenimiento.

Tabla 32.

Usuarios MTH

Tipo usuario	Nombre Funcionario/a	Dependencia	Cargo Funcionario/a
Administrador	Juan Carlos Rodríguez	DDTI	Analista de Sistemas nivel 3
Operativo	Evelyn Zamora	DGTH	Directora
Operativo	Ana Vásquez	DGTH	Secretaria
Operativo	Aníbal Rosero	DGTH	Analista de Personal nivel 3
Operativo	Carla Ibarra	DGTH	Analista de personal nivel 2
Operativo	Patricia Enríquez	DGTH	Oficinista
Operativo	Dannery Andrade	DGTH	Oficinista
Operativo	Jaqueline Orbes	DGTH	Analista personal nivel 2
Mantenimiento	Juan Carlos Rodríguez	DDTI	Analista de Sistemas nivel 3

Fuente: (García, 2017; Zamora, 2017)

4.2.3 Objetivos a cumplir con el MTH

- Analizar características, funciones y aspectos relevantes del MTH.
- Determinar métricas de evaluación para definir la calidad de software del MTH.
- Medir la calidad externa y de uso del MTH.
- Definir una propuesta de mejora en base a resultados de medición de calidad del MTH.

4.2.4 Problemas del MTH

Según (García, 2017) existen debilidades en la integración con otros módulos del SIU.

Manifiesta (Zamora, 2017) que el MTH no tiene suficientes filtros y los existentes son extensos, por esta razón el tiempo que se demora en obtener reportes personalizados, es muy largo.

Afirma (Zamora, 2017) que funcionarios del DGTH no disponen de un manual de usuario del MTH.

De igual manera García (2017) y Zamora (2017) coinciden en que se realiza capacitación a usuarios del MTH, cuando se solicita desde el DGTH.

A continuación, la compilación de respuestas de usuarios operativos (funcionarios DGTH) y usuarios receptores de información (miembros CEI):

- a) Requiere estandarizar y validar la totalidad de campos de ingreso a fin de evitar errores de usuario.
- b) Existe variedad de registros, específicamente “Motivo” en la elaboración de acciones de personal.
- c) Existe variedad de registros, específicamente “Cargos” en la asignación de cargos de personal académico y administrativo.
- d) Inadecuada validación de campos de ingreso como: fecha de nacimiento, títulos, cursos, nivel de estudios y demás datos generalmente solicitados por organismos de regulación de la educación superior.
- e) Se han delimitado causas que se ocasionan inconsistencia en la información, como: carga de trabajo, insuficiente estandarización del SIIU, manual y capacitación de usuarios.
- f) El DDTI dispone de un manual de usuario que fue proporcionado como producto entregable de la tesis “Sistema de Administración y Gestión de Recursos Humanos ERP-SGRH-UTN” en el año 2009, mismo que no ha sido actualizado.

4.2.5 Delimitación o alcance de la propuesta

El análisis y medición de calidad de software será aplicado al MTH del SIIU, se empleará métricas de calidad externa y de uso debido a tratarse de un producto en ejecución y uso. La utilización de métricas definidas en ISO/IEC 25023 e ISO/IEC 25022 se articulará a

subcaracterísticas y características del modelo de calidad de software proporcionado por ISO/IEC 25010, como producto de esta evaluación se elaborará una propuesta de mejora que aporte al incremento de calidad del módulo bajo requerimientos y realidad de la UTN.

El proceso de evaluación de calidad del MTH se realizará con el administrador del módulo. La responsabilidad de implementar la propuesta de mejora estará a cargo del DDTI con la finalidad de garantizar que esta unidad evidencie la factibilidad de aplicar el modelo de calidad de software a otros módulos del SIIU.

4.3 Análisis de Factibilidad

4.3.1 Factibilidad Técnica

Desde el punto de vista técnico para el desarrollo del proyecto “Modelo de calidad de software aplicado al módulo de talento humano del Sistema Informático Integrado Universitario – UTN” se utilizarán recursos tecnológicos existentes en el DDTI.

A continuación, recursos de hardware y software con los que se cuenta en el DDTI:

- Servidor de Aplicaciones Weblogic 12c
- Base de datos Oracle 12c
- Oracle Business Intelligence 12c
- Servidores Blade procesador Zeon de 32 gigas en RAM
- Personal capacitado en estas herramientas
- Licencias Oracle y soporte técnico

Conclusión: Técnicamente SI es factible la implementación de la propuesta de mejora al módulo de talento humano del SIIU dado que tanto el hardware como el software requerido es parte de la infraestructura institucional, además que es un módulo en funcionamiento desde julio 2009 y la implantación se limita a proponer mejoras técnicas con la sustentación correspondiente.

4.3.2 Factibilidad Organizacional

La Institución cuenta con su organigrama claramente definido, aprobado y difundido en la comunidad universitaria, el cual sirve de base para llevar a cabo proyectos que se planteen.

Cada unidad académica y administrativa de la UTN, tiene definida su estructura organizacional, situación que viabiliza el desarrollo de proyectos internos.

4.3.3 Factibilidad Económica

Existen recursos tecnológicos que son propiedad de la institución y no forman parte de la evaluación económica.

- **Costos Generales:** Gastos realizados en accesorios y material de oficina y de uso diario, necesarios para procesos, tales como, papeles, tinta o tóner para impresora, marcadores.
- **Costo de Ambiente:** El DDTI cuenta con equipos informáticos actualizados, infraestructura de red, y el acceso a internet dedicado, así como un dominio propio, elementos apropiados para la implementación de la propuesta de mejora del MTH, no habrá necesidad de invertir recursos económicos relacionado con el ambiente.
- **Costo de Personal:** Gastos generados por el recurso humano que se necesita para la implementación de mejora del módulo únicamente.

Tabla 33.

Presupuesto detallado del proyecto

Presupuesto Detallado	
1. Equipos, Software y Servicios	Valor
Servidor de Aplicaciones Weblogic 12c	
Base de datos Oracle 12c	
Oracle Business Intelligence 12c	
Servidores Blade procesador Zeon de 32 gigas en RAM	0
Personal capacitado en estas herramientas	
Licencias Oracle y soporte técnico	
Computador Core i5	800

Presupuesto Detallado	
1. Equipos, Software y Servicios	Valor
<i>Subtotal 1</i>	<i>800</i>
2. Recursos Humanos, Transporte, Salidas de Campo	Valor
Asesoría Externa	200
<i>Subtotal 2</i>	<i>200</i>
3. Materiales y Suministros	Valor
Papel	100
Empastados	50
Copias	50
<i>Subtotal 3</i>	<i>200</i>
4. Material Bibliográfico	Valor
Acceso a Revistas y Artículos científicos de bases de datos virtuales subsidiadas por la Universidad Técnica del Norte	0
Adquisición de normas ISO	50
<i>Subtotal 4</i>	<i>50</i>

Tabla 34.

Presupuesto Global del Proyecto.

Presupuesto Global		
	Ítem	Total
1	Equipos, Software y Servicios Técnicos	800
2	Recursos Humanos, Transporte y Salidas de Campo	200
3	Materiales y Suministros	200
4	Material Bibliográfico	50
	Subtotal	1250
+	10% Imprevistos	125
=	Valor Total	1375

Conclusión: Económicamente es FACTIBLE desarrollar este proyecto, puesto que la evaluación económica considera recursos que existen actualmente en la institución, por lo tanto, no es necesario realizar importantes gastos.

4.3.4 Factibilidad Operativa

Con la finalidad de garantizar el buen funcionamiento del MTH y que este impactará en forma positiva a sus usuarios, se procurará implementar la mejora al MTH bajo una lógica intuitiva al usuario, convirtiéndose en una herramienta de fácil manejo y comprensión, que no requiere de personal especializado para su uso. Una vez mejorado el MTH, funcionarios del DGTH desarrollarán sus tareas con mayor confianza, permitiendo optimizar tiempo y esfuerzo al contar con una herramienta ágil que apoye la calidad de su trabajo. La necesidad de una mejora en el MTH por parte de la institución, lleva a cubrir necesidades de sus usuarios operativos y receptores de productos del MTH, proporcionando información consistente, oportuna y confiable. Se determina entonces que la evaluación de calidad del módulo mencionado, en base al modelo de calidad de software y su posterior implementación de mejora es FACTIBLE operacionalmente.

La implementación de mejoras en el MTH involucra una serie de restricciones como:

- El módulo es utilizado en el DGTH de la Universidad Técnica del Norte, por ser la unidad responsable de la gestión del talento humano.
- El acceso y transferencia de datos del MTH se realiza mediante intranet institucional.
- El módulo será utilizado por usuarios autorizados del DGTH y solicitados mediante comunicación oficial de la directora DGTH al director DDTI, evitando así mal uso.
- La única persona que podrá hacer modificaciones al código fuente del sistema será el administrador del módulo, funcionario del DDTI.

4.2 Diagrama de procesos del proyecto

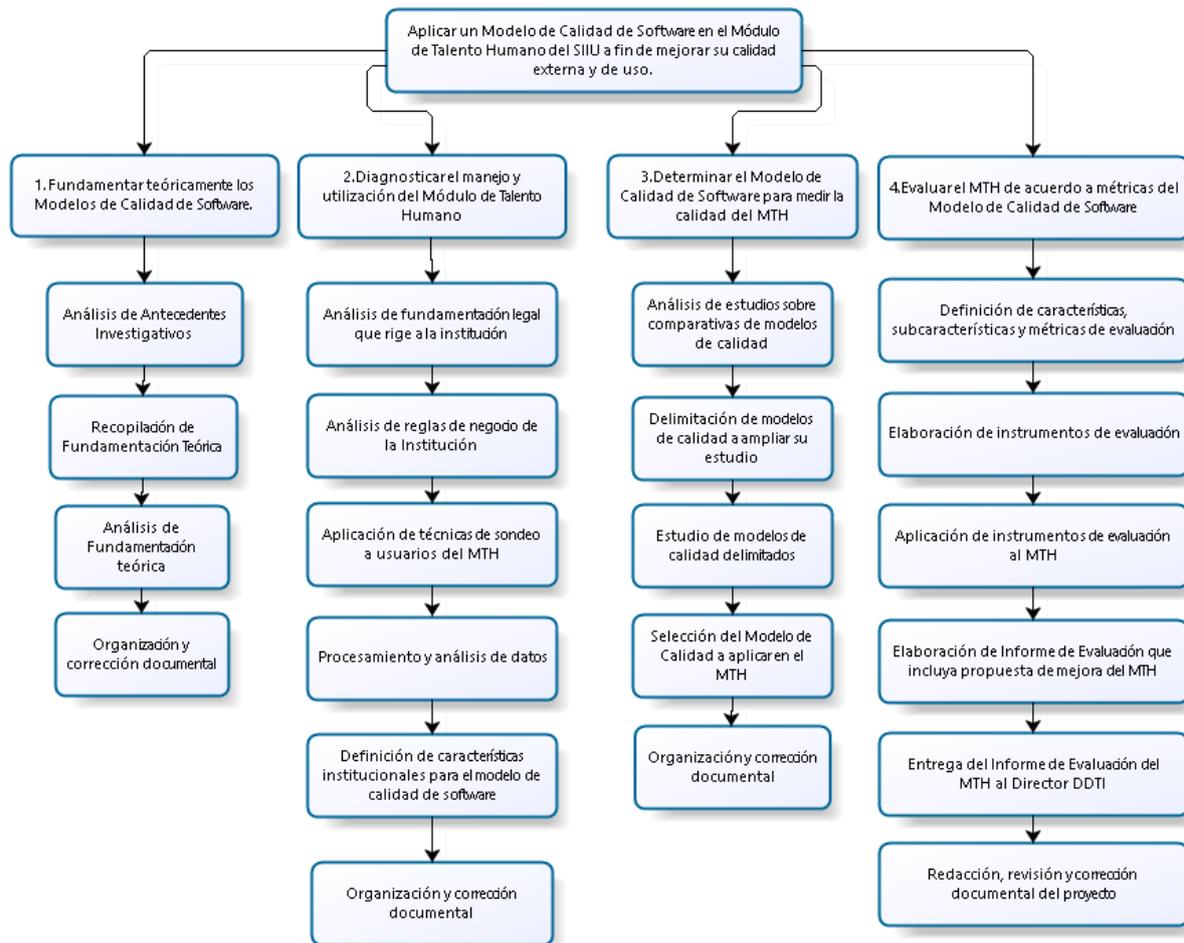


Figura 18. Diagrama de procesos del proyecto.

Fuente: La Investigadora, 2017.

4.4 Metodología

4.4.1 Análisis de modelos y estándares de calidad de software a nivel producto

Estudios como: 1. “Exploración de modelos y estándares de calidad para el producto software” del 2010; el cual examina ocho modelos y estándares y propone elementos esenciales como reflexión de sus autores, 2. “Análisis comparativo de modelos y estándares para evaluar la calidad del producto de software” del 2015; trabajo que analiza modelos y estándares orientados a evaluar la calidad de software a fin de identificar los más utilizados o referenciados, 3. “Cuadro comparativo de los modelos de calidad” del 2015; trabajo que detalla

aspectos relevantes de modelos y estándares de calidad; constituyen fuentes que respaldan y viabilizan la categorización de modelos y estándares que se consideran para esta investigación.

4.4.1.1 Estudio 1: Exploración de modelos y estándares de calidad para el producto software.

En el trabajo realizado por Moreno et. al. (2010) pág. 3, se establecen cinco criterios de calidad relacionados entre sí; para cada criterio se define una escala de 1 a 3 respectivamente, valoración de cada modelo o estándar según el criterio evaluado. Siendo los siguientes:

C1: Disponibilidad: Grado en que es posible acceder a la información existente. Se refiere a la facilidad de obtener información.

C2: Claridad: Grado en que el modelo es presentado y si posee mecanismos explicativos sobre su uso. Se refiere a que tan sencillo puede ser entender el modelo, influyen factores como: estructura, idioma y presentación del modelo.

C3: Adaptabilidad: Grado en el que el modelo posee la capacidad de adaptarse a distintas situaciones dependiendo del producto al que se va aplicar.

C4: Completitud: Grado en el que el modelo describe todas sus partes en su totalidad sin dejar por fuera información importante. Un modelo completo se considera que posee descripción de atributos, métricas y mecanismos de ayuda para llegar a la medición.

C5: Área de aplicación: Aplicabilidad del modelo a las diferentes áreas de calidad del software.

A continuación, el resultado de valorar cinco criterios aplicados a 27 modelos y estándares de este estudio:

Modelo / Estándar	Criterios					Total
	C1	C2	C3	C4	C5	
McCall	2	2	2	2	3	11
Boehm	2	2	2	2	3	11
FURPS	1	2	3	1	3	10
GILB	2	NA	NA	NA	3	5
IEEE 610.12	2	NA	NA	NA	1	3
SATC	2	2	2	3	2	11
Dromey	1	2	2	2	3	10
ISO 14598	1	1	NA	NA	2	4
SQAE	2	2	2	2	3	11
Bansiya	2	2	2	2	3	11
GQM (Goal / Question / Metric)	2	1	3	1	2	9
IEEE 1061	2	NA	NA	NA	1	3
ISO 9126	2	2	2	2	3	11
QUINT2	1	2	2	2	3	10
PQM (Portal Quality Model)	2	1	3	1	2	9
Six sigma	2	NA	NA	NA	1	3
ISO 9000-3 (TickIT)	2	NA	2	NA	1	5
ISO 15504 (SPICE)	2	2	1	NA	1	6
ISO 12207 o IEEE / EIA 12207	2	2	2	NA	1	7
Personal Software Process (PSP)	1	NA	NA	NA	1	2
Practical Software Measurement (PSM)	1	NA	NA	NA	1	2
Bootstrap	1	NA	NA	NA	1	2
Team Software Process (TSP)	1	NA	NA	NA	1	2
CMMI (Capability Maturity Model Integration)	2	3	1	1	1	8
ISO 90003	2	NA	NA	NA	1	3
ISO 25000 (SQUARE)	2	2	2	NA	1	7
ISO 20000	2	NA	NA	NA	1	3

Figura 19. Resultado valoración de criterios - Estudio 1

Fuente: Moreno et. al. (2010), pág. 4.

En base a la figura 19, Moreno et. al. (2010), selecciona y asigna convenciones a ocho modelos y estándares, siendo: M1: McCall, M2: Boehm, M3: FURPS, M4: Dromey, M5: SQAE, M6: Bansiya, M7: ISO 9126, M8: Quint2, los cuales se definen como relevantes y se procede a chequear con atributos de calidad escogidos, por mayor coincidencia de aparición en los modelos de su trabajo.

A continuación, se presenta el resultado de la relación de *modelos y estándares vs. atributos de calidad de software*:

MODELO/ESTANDAR vs ATRIBUTOS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Frecuencia atributo
Mantenibilidad	x	x	x	x	x		x	x	7
Testabilidad	x	x	x				x	x	5
Portabilidad	x	x		x	x		x	x	6
Reusabilidad	x			x		x		x	4
Exactitud	x	x	x				x	x	5
Confiabilidad	x	x	x	x			x	x	6
Eficiencia	x	x	x	x			x	x	6
Usabilidad	x		x	x			x	x	5
Comprensibilidad		x				x	x	x	4
Consistencia	x	x	x	x	x				5
Auto descripción	x	x		x	x				4
Funcionalidad			x	x		x	x	x	5

Figura 20. Modelos y estándares de calidad vs. Atributos de calidad - Estudio 1

Fuente: Moreno et. al. (2010), págs. 11-12.

De la figura 20 se obtiene los siguientes totales de cumplimiento por modelo:

Tabla 35.

Cumplimiento de atributos por modelos / estándares de calidad.

Modelo/Estándar	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cumplimiento del atributo	10	9	8	9	4	3	9	10

Fuente: La Investigadora, 2017.

De la tabla 35 se determina que M1 y M8 contemplan diez de doce atributos de calidad determinados por los autores; M2, M4 y M7 incluyen nueve de doce atributos y M3, M5 y M6 contemplan menor cantidad de atributos. Por lo tanto, los modelos y estándares más relevantes y recomendados son: McCall y Quint2 seguidos de Boehm, Dromey e ISO 9126, no muy lejos FURPS.

4.4.1.2 Estudio 2: Análisis comparativo de modelos y estándares para evaluar la calidad del producto de software.

En el estudio realizado por González et. al. (2015) se identifica nueve criterios para comparación de modelos y estándares de calidad del producto de software, siendo los siguientes:

1. Características y subcaracterísticas de calidad cubiertas.
2. Estructura de los modelos.
3. Propósito del modelo.
4. Separación de elementos internos y externos.
5. Relaciones entre características de calidad.
6. Relación de las métricas con las características de calidad.
7. Clasificación del modelo de calidad (fijo, medida y mixto).
8. Tipo de proyecto al que se aplica.
9. Tipo de calidad que evalúa.

Según aseveraciones de los autores se indica que, dentro de la literatura especializada consultada, logran determinar diez modelos para realizar un análisis comparativo como los más referenciados y utilizados, listándose a continuación:

1. Modelo de McCall
2. Modelo de Boehm
3. Modelo de FURPS
4. Modelo de Dromey
5. norma ISO/IEC 9126
6. norma ISO/IEC 25010
7. Modelo SATC (Software Assurance Technology Center)
8. Modelo C-QM (Comprehensive Quality Model)
9. Metodología SQAE (Software Quality Assessment Exercise)
10. WebQEM (Web Quality Evaluation Method)

De este estudio se obtuvo los siguientes resultados:

- a) Las características de calidad del producto de software más usadas por los modelos y estándares analizados son:

1. Eficiencia
2. Confiabilidad
3. Facilidad de mantenimiento
4. Funcionalidad
5. Usabilidad
6. Portabilidad.

b) Respecto a subcaracterísticas de calidad se identifica:

1. Precisión
2. Tolerancia ante fallos
3. Rendimiento
4. Seguridad
5. Consistencia
6. Completitud funcional
7. Comprensibilidad
8. Documentación interna
9. Documentación externa
10. Utilización de recursos
11. Modularidad
12. Idoneidad
13. Facilidad de recuperación
14. Adaptabilidad
15. Facilidad de operación
16. Atracción
17. Accesibilidad
18. Estabilidad
19. Madurez
20. Flexibilidad
21. Facilidad de diagnóstico y
22. Capacidad de ampliación.

c) Del estudio comparativo se concluye que los estándares más completos son ISO/IEC 9126 y 25010, pues son estándares mixtos, con un propósito general y reutilizable, con aplicabilidad en casi todo tipo de proyecto, capaces de evaluar la calidad interna, externa y en uso. Además, abarcan las características de calidad más utilizadas.

También, contemplan subcaracterísticas más empleadas; de ellas, ISO/IEC 9126 abarca el 64% e ISO/IEC 25010 el 81%.

Características de Calidad/ Modelos o Estándares de Calidad de Software	Boehm	Dromey	McCall	FURPS	SATC	C-QM	WebQEM	ISO/IEC 9126	ISO/IEC 25010	SQAE
1. Funcionalidad o Adecuación funcional		X		X	X	X	X	X	X	
2. Usabilidad o Facilidad de uso		X	X	X	X		X	X	X	
3. Integridad o Seguridad			X						X	
4. Corrección, Precisión o Exactitud			X							
5. Confiabilidad o fiabilidad	X	X	X	X			X	X	X	
6. Eficiencia o Rendimiento	X	X	X	X	X		X	X	X	
7. Facilidad de mantenimiento		X	X		X	X		X	X	X
8. Facilidad de prueba	X		X		X					
9. Flexibilidad, mutabilidad, Facilidad de modificación, Facilidad de cambio	X		X							
10. Facilidad de reutilización		X	X			X				X
11. Interoperabilidad			X							
12. Portabilidad o Facilidad de transportación	X	X	X					X	X	X
13. Ingeniería humana	X									
14. Comprensibilidad, Facilidad de entendimiento, Descripción o Pertinencia del reconocimiento	X									
15. Soporte o Facilidad de soporte				X						
16. Compatibilidad									X	
17. Conformidad						X				
18. Capacidad de evolución o Capacidad de ampliación										X
Total	7	7	11	5	5	4	4	6	8	4

Figura 21. Características de calidad de modelos y estándares de calidad a nivel producto - Estudio 2

Fuente: González et. al. (2015), pág. 4.

4.4.1.3 Estudio 3: Cuadro comparativo de los modelos de calidad.

Lozano (2015) realiza un estudio y comparativa descriptiva de cinco modelos y estándares de calidad de software, resalta aspectos como: nombre, tipo, características, año, en qué se enfoca o centraliza, factores y métricas.

A continuación, se presenta el cuadro comparativo de este estudio:

Tabla 36.

Comparativa de modelos y estándares de calidad de software.

Nombre	Tipo	Características	Año	Se centraliza	Factores	Métricas
McCall	Fijo	(+) Reusable (-) Rígido	1977	<p>Operación: características de operación. Revisión: habilidad para ser cambiado Transición: adaptabilidad al nuevo ambiente.</p>	<p>Corrección Confiabilidad Usabilidad Integridad Seguridad Eficiencia Performance Facilidad Mantenimiento Flexibilidad Facilidad de Prueba Grado Portabilidad Reusabilidad Interoperabilidad</p>	<p>Facilidad de Auditoría Exactitud normalización de las Comunicaciones Completitud Concisión Consistencia Estandarización en los datos Tolerancia de Errores Eficiencia en la Ejecución Facilidad de expansión Generalidad Independencia del Hardware Instrumentación Modularidad Facilidad de Operación Seguridad Auto-Documentación</p>

Nombre	Tipo	Características	Año	Se centraliza	Factores	Métricas
Boehm	Fijo	(+) Reusable (-) Rígido	1987	Sus características operativas. Su capacidad para soportar los cambios. Su adaptabilidad a nuevos entornos. La evaluación del desempeño del hardware	Portabilidad Confiabilidad Eficiencia Usabilidad Chequeabilidad Comprensibilidad Modificabilidad	Independencia Compleitud Consistencia Eficiencia Accesibilidad Comunicatividad Estructuración Concisión Legibilidad Expansividad Exactitud Autodescriptividad
FURPS	Fijo	(+) Reusable (-) Rígido	1978	Requerimientos Funcionales (F) Requerimientos Funcionales (URPS)	No Funcionalidad Usabilidad Confiabilidad Prestación Soporte	Características de sistemas. Capacidades. Seguridad. Factores humanos. Estética. Consistencia. Documentación. Recuperabilidad. Precisión. Predicción. Velocidad. Eficiencia. Consumo. Productividad. Tiempo de respuesta. Adaptabilidad. Extensibilidad. Mantenibilidad.

Nombre	Tipo	Características	Año	Se centraliza	Factores	Métricas
GQM de Basili	A medida	(-) Desechable (+) Flexible	1992	<ul style="list-style-type: none"> • Alinear Métricas con negocios de la organización y metas técnicas. • Mejorar el proceso del software • Gerenciar el riesgo • Mejorar la calidad del producto (QIP) 	Establecer las Metas Generación de Preguntas: Especificación de Medidas: Preparar Recolección de datos Recolectar, Validar y Analizar los datos para la toma de decisiones: Analizar los datos para el logro de los objetivos y el aprendizaje:	Compatibilidad. Configurabilidad. Recopilación de Datos Definición Planificación Interpretación
ISO/IEC 9126	Mixto	(+) Reusable (+) Flexible	2001	Calidad interna, calidad externa, y Calidad en uso.	Funcionalidad Confiabilidad Factibilidad de uso Eficiencia Mantenibilidad Portabilidad	Efectividad Productividad Seguridad física Satisfacción

Fuente: (Lozano, 2015, págs. 4-5)

4.4.2 Selección del modelo de calidad de software para aplicar al MTH

En base al análisis de modelos fundamentado técnicamente en la sección *4.4.1 Análisis de modelos y estándares de calidad de software a nivel producto*, se opta por el modelo de calidad de la serie 2501n de la norma ISO/IEC 25000, por abarcar, jerárquicamente, mayor cantidad de características de calidad: internas, externas y en uso, que otros modelos.

Influye también, en la elección de este modelo: su tipología mixta (reutilización de factores de calidad), el respaldo y complemento que ofrece la familia de normas ISO/IEC 25000, al brindar divisiones que orientan la guía, medición, evaluación e inclusive la oportunidad de certificar el producto software a nivel internacional en *Adecuación Funcional* o *Calidad de Datos*, certificaciones que pueden asegurar que el producto software cumple completa y correctamente con requisitos funcionales descritos para el mismo, mejorando así la confianza y satisfacción de sus usuarios.

Según resultados de la encuesta aplicada a la población de estudio del presente trabajo, las necesidades institucionales se beneficiarían de las ventajas que ofrece este modelo a través de su amplia gama de métricas de calidad que son de aplicabilidad mediante un plan de mejora del producto software.

Capítulo V: Propuesta y Aplicación

5.1 Propuesta: Modelo de calidad - familia ISO/IEC 25000 para MTH

Determinado el modelo de calidad de software, se propone la siguiente secuencia de actividades para evaluar el producto software, en función del modelo de calidad:

- a) Definir tipo de producto software
- b) Definir características, nivel de importancia y ponderación
- c) Definir subcaracterísticas, nivel de importancia y ponderación
- d) Definir atributos de calidad internos/externos y de uso, con descripción detallada de métricas a utilizarse en la evaluación.
- e) Definir niveles de puntuación final para calidad interna, externa y en uso
- f) Aplicar matriz de calidad

5.1.1 Tipos de productos software

De acuerdo a (INEC, 2017), reporte de Clasificación Central de Productos (CPC) versión 2.0, capítulo 8: *Servicios prestados a las empresas y de producción*, sección 8314: *Servicios de diseño y desarrollo de la tecnología de la información (IT)*, se presenta un catálogo de productos relacionado al sector *Software*, sintetizado a continuación:

Tabla 37.

Tipos de productos software

Productos	Tipos de productos
Página Web	Estática
	Animada
	Dinámica
	Portal Web
	Tienda Virtual o Comercio Electrónico
	Página Web con Gestor de Contenido
	Página Web 2.0

Productos	Tipos de productos
Base de Datos	Base de datos jerárquica
	Base de red
	Base de datos transaccional
	Base de datos relacional
	Base de datos multidimensional
	Base de datos orientado a objetos
	Base de datos documental
	Base de datos deductiva
Software de Aplicación	Software de Aplicación de productividad (editores de texto)
	Software de Aplicación de entretenimiento (videojuegos)
	Software de Aplicación de negocios (ERP)
	Software de Aplicación de educación (programas interactivos de aprendizaje)
	Software de Aplicación de tecnología (aplicaciones de control de sistemas, aplicaciones médicas, etc.)

Fuente: (INEC, 2017)

5.1.2 Nivel de Importancia

En la tabla 38 se presenta la definición del nivel de importancia que se aplicará a: características y subcaracterísticas del sistema a evaluarse.

Tabla 38.

Nivel de Importancia

Nivel de Importancia	Nomenclatura	Descripción
Alta	A	El nivel de importancia de la característica y subcaracterística obliga a realizar las mediciones.
Media	M	El nivel de importancia de la característica y subcaracterística indica que se sujeta a criterio del evaluador.
Baja	B	El nivel de importancia de la característica y subcaracterística indica que no es necesaria la medición.
No Aplica	N/A	Significa que no se puede medir o aplicar.

Fuente: (Chávez, 2011)

5.1.3 Ponderación de características y subcaracterísticas de calidad

A fin de puntualizar resultados cuantitativos calculados jerárquicamente en la evaluación del producto software, se asignará una ponderación tanto a características como subcaracterísticas de calidad interna, externa y en uso, dependiendo del nivel de importancia asignado (sección *5.1.2 Nivel de Importancia*). Cabe recalcar que las ponderaciones que se asignarán estarán sujetas a criterio del/a evaluador/a y del tipo de producto a evaluarse; además, las ponderaciones serán asignadas únicamente a aquellas características, subcaracterísticas y atributos de calidad que fueron aplicadas, y la sumatoria deberá ser igual a 100%.

5.1.4 Definición de características de calidad

Las características de calidad que se presenta en la norma son aplicables para todos los sistemas de software; sin embargo, se debe tomar en cuenta el tipo de sistema a evaluar, según se especifica en sección *5.1.1 Tipos de productos software*, así como el nivel de importancia según indica la sección *5.1.2 Nivel de Importancia*; debido a la variación del grado de importancia y aplicabilidad de características, subcaracterísticas y atributos de las partes interesadas en la evaluación.

5.1.5 Definición de subcaracterísticas de calidad

Para definir subcaracterísticas de calidad interna, externa y en uso más importantes para el producto software, de igual manera, se debe determinar el nivel de importancia como describe la sección *5.1.2 Nivel de Importancia*; apoyándose en el análisis realizado en sección *5.1.4 Definición de características de calidad*.

5.1.6 Definición de métricas de calidad interna, externa y en uso

A continuación, el detalle de métricas para evaluar calidad interna, externa y en uso del producto software; se deberá seleccionar aquellas que serán aplicadas, tomando en cuenta las secciones *5.1.4 Definición de características de calidad*, y *5.1.5 Definición de subcaracterísticas de calidad*.

5.1.6.1 Métricas de calidad internas/externas

En las siguientes tablas 39 a 46, se detallan métricas de calidad internas y externas para evaluar productos software.

Tabla 39.

Métricas de Calidad Interna/Externa – Característica: Adecuación Funcional.

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
Compleitud funcional	Compleitud de la implementación funcional	Interna/Externa	¿Cuán completa es la implementación de acuerdo a la especificación de requerimientos?	Contar el número de las funciones indicadas en la especificación de requerimientos y el número de funciones que faltan o están incorrectas	$X = A / B$ A = Número de funciones que están incorrectas o que no fueron implementadas B = Número de las funciones establecidas en la especificación de requisitos Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
Exactitud funcional	Exactitud	Interna/Externa	¿Cuánto del estándar requerido de exactitud se cumple?	Contar el número de elementos de datos implementados con el estándar específico de exactitud y el número total de elementos de datos implementados	$X = A/B$ A = Número de elementos de datos implementados con el estándar específico de exactitud B = Número total de elementos de datos implementados Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
	Precisión computacional	Interna/Externa	¿Con qué frecuencia ocurren los resultados inexactos?	Contar el número de cálculos inexactos encontrados y tomar el tiempo de operación	$X = A/T$ A = Número de cálculos inexactos encontrados T = Tiempo de operación Dónde: $T > 0$	$X = A/T$ El más cercano a 0/t es el mejor. Donde el peor caso es $\geq 10/t$.	X = Contable / Tiempo A = Contable T = Tiempo

Fuente: (ISO/IEC 25023, 2011, págs. 16-17)

Tabla 40.

Métricas de Calidad Interna/Externa – Característica: Fiabilidad

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
Madurez	Eliminación de errores	Interna/Externa	¿Cuántos errores detectados han sido corregidos?	Contar el número de fallas corregidas en la fase de diseño/codificación/pruebas y el número de fallas detectadas en las pruebas	$X = A/B$ A = Número de fallas corregidas en la fase de diseño/codificación/pruebas B = Número de fallas detectadas en las pruebas Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ Cuanto más se acerque a 1 es lo mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Cobertura de pruebas	Interna/Externa	¿Cuántos casos de prueba requeridos han sido ejecutados durante la etapa de pruebas?	Contar el número de casos de pruebas realizados en un escenario de operación durante la prueba y el número de casos de prueba a ser realizados para cubrir los requerimientos	$X = A/B$ A = Número de casos de pruebas realizados en un escenario de operación durante la prueba B = Número de casos de prueba a ser realizados para cubrir los requerimientos Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Tiempo medio entre fallos	Externa	¿Cuál es la frecuencia en que el sistema falla en la operación?	Tomar el tiempo de operación y contar el número total de fallas detectadas actualmente	$X = A/T$ A = Número total de fallas detectadas actualmente T = Tiempo de operación Donde $T > 0$	$X = A/T$ El más cercano a 0/t es el mejor	X = Contable / Tiempo A = Contable T = Tiempo

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
Disponibilidad	Tiempo de servicio	Externa	¿Cuál es el tiempo de servicio del sistema que proporciona realmente?	Tomar el tiempo de servicio del sistema que se proporciona actualmente y tomar el tiempo de servicio del sistema regulado en el cronograma operacional	$X = A/B$ A = Tiempo de servicio del sistema que se proporciona actualmente B = Tiempo de servicio del sistema regulado en el cronograma operacional Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ Cuanto más se acerque a 1 es lo mejor	$X = \text{Tiempo} / \text{Tiempo}$ A = Tiempo B = Tiempo
	Tiempo medio de inactividad	Externa	¿Cuál es el tiempo promedio que el sistema está inactivo después de que ocurre un fallo?	Tomar el tiempo total de inactividad y contar el número de fallos observados	$X = A/T$ A = Número de fallos observados T = Tiempo total de inactividad Dónde: $T > 0$	$X = A/T$ El más cercano a 0/t es el mejor	$X = \text{Contable} / \text{Tiempo}$ A = Contable T = Tiempo
Tolerancia a fallos	Prevención de fallas	Externa	¿Cuántas fallas iniciales estuvieron bajo control para evitar fallas serias y críticas?	Contar el número de ocurrencia de fallas serias y críticas evitadas contra los casos de pruebas de fallas iniciales y el número de casos de pruebas de fallas iniciales ejecutados durante las pruebas	$X = A/B$ A = Número de ocurrencia de fallas evitadas contra los casos de pruebas de fallas iniciales B = Número de casos de pruebas de fallas iniciales ejecutados durante las pruebas Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ Cuanto más se acerque a 1 es lo mejor	$X = \text{Contable} / \text{Contable}$ A = Contable B = Contable

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
	Redundancia	Interna/Externa	¿Cuántos tipos de componentes/sistemas del son instalados de forma redundante para evitar un fallo en el sistema?	Contar el número total de tipos de componentes y el número de tipos de componentes instalados de forma redundante	$X = A / B$ A= Número componentes/sistemas instalados de forma redundante B = Número total de componentes/sistemas instalados Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ Cuanto más se acerque a 1 es lo mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Anulación de operación incorrecta	Interna	¿Cuántas funciones son implementadas con capacidad de anular operaciones incorrectas?	Contar el número de funciones implementadas que evitan fallas críticas y serias causadas por operaciones incorrectas y contar el número operaciones incorrectas presentadas	$X = A/B$ A = Número de operaciones incorrectas presentadas B = Número total de funciones implementadas para anular operaciones incorrectas Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ Cuanto más se acerque a 0 es lo mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
Recuperabilidad	Tiempo medio de recuperación	Interna/Externa	¿Cuál es el tiempo promedio que toma el sistema en recuperarse completamente después un fallo?	Tomar el tiempo que le tomó al sistema en recuperarse y contar el número de casos en los cuales se ha observado que el sistema entró en recuperación	$X = A / T$ A = Número de casos en los cuales se ha observado que el sistema entró en recuperación T = Tiempo que le tomó al sistema en recuperarse Dónde: $T > 0$	$X = A/T$ El más cercano a 0/t es el mejor. Donde el peor caso es $\geq 10/t$.	X = Contable / Tiempo A = Contable T = Tiempo

Fuente: (ISO/IEC 25023, 2011, págs. 24-26)

Tabla 41.

Métricas de Calidad Interna/Externa – Característica: Eficiencia en el desempeño.

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
Comportamiento del tiempo	Tiempo de respuesta	Interna/Externa	¿Cuál es el tiempo estimado para completar una tarea?	Tomar el tiempo desde que se envía la petición hasta obtener la respuesta	$X = B - A$ A= Tiempo de envío de petición B = Tiempo en recibir la primera respuesta	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0 es el mejor. Donde el peor caso es $\geq 15t$.	X = Tiempo - Tiempo A = Tiempo B = Tiempo
	Tiempo de espera	Interna/Externa	¿Cuál es el tiempo desde que se envía una instrucción, para que inicie un trabajo, hasta que lo completa?	Tomar el tiempo cuando se inicia un trabajo y el tiempo en completar el trabajo	$X = B - A$ A= Tiempo cuando se inicia un trabajo B = Tiempo en completar el trabajo	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0 es el mejor. Donde el peor caso es $\geq 15t$.	X = Tiempo - Tiempo A = Tiempo B = Tiempo
	Rendimiento	Interna/Externa	¿Cuántas tareas pueden ser procesadas por unidad de tiempo?	Contar el número de tareas completadas en un intervalo de tiempo	$X = A/T$ A= Número de tareas completadas T = Intervalo de tiempo Dónde: $T > 0$	$X = A/T$ El más lejano a 0/t es el mejor. Donde el mejor caso es $\geq 10/t$	X = Contable / Tiempo A = Contable T = Tiempo
Utilización de recursos	Líneas de código	Interna	¿Cuántas líneas de código existen por cada función implementada?	Contar el número de líneas de código (sin tomar en cuenta espacios ni comentarios) que existen en una determinada función	$X = A$ A = Número de líneas de código	$1 \leq X \leq 50$ El más cercano a 1 es el mejor. Donde el peor caso es ≥ 50 líneas de código	X = Contable A = Contable

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
	Utilización de CPU	Interna/Externa	¿Cuánto tiempo de CPU es usado para realizar una tarea dada?	Tomar el tiempo de operación y la cantidad de tiempo de CPU que se usa para realizar una tarea	$X = B - A$ A = La cantidad de tiempo de CPU que realmente es usado para realizar una tarea B = Tiempo de operación Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ Cuanto más se acerque a 0 es lo mejor. Donde el peor caso es $\geq 15t$.	X = Tiempo - Tiempo A = Tiempo B = Tiempo
	Utilización de la memoria	Interna/Externa	¿Cuánto espacio de memoria es usado para realizar una tarea dada?	Medir la cantidad total de espacios de memoria y la cantidad de espacios de memoria que realmente es usado para realizar una tarea	$X = B - A$ A = Cantidad de espacios de memoria que realmente es usado para realizar una tarea B = Cantidad total de espacios de memoria Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 15$ El más cercano a 0 es el mejor	X = Tamaño - Tamaño A = Tamaño B = Tamaño
	Utilización de los dispositivos de E/S	Interna/Externa	¿Cuánto tiempo los dispositivos de E/S utilizan para realizar una tarea?	Tomar el tiempo de operación y el tiempo que los dispositivos de E/S pasan ocupados para realizar la tarea	$X = B - A$ A = Tiempo que los dispositivos de E/S pasan ocupados para realizar la tarea B = Tiempo de operación Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 15$ El más cercano a 0 es el mejor	X = Tiempo - Tiempo A = Tiempo B = Tiempo

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
Capacidad	Número de peticiones online	Interna/Externa	¿Cuántas peticiones online pueden ser procesadas por unidad de tiempo?	Contar el número máximo de peticiones online procesadas y tomar el tiempo de operación	$X = A/T$ A= Número máximo de peticiones online procesada T = Tiempo de operación Dónde: $T > 0$	$X = A/T$ El más lejano a 0/t es el mejor. Donde el mejor caso es $\geq 10/t$.	X = Contable / Tiempo A = Contable T = Tiempo
	Número de accesos simultáneos	Interna/Externa	¿Cuántos usuarios pueden acceder al sistema simultáneamente en un cierto tiempo?	Contar el número máximo de accesos simultáneos y tomar el tiempo de operación	$X = A/T$ A= Número máximo de accesos simultáneos T = Tiempo de operación Dónde: $T > 0$	$X = A/T$ El más lejano a 0/t es el mejor. Donde el mejor caso es $\geq 10/t$	X = Contable / Tiempo A = Contable T = Tiempo
	Sistema de transmisión de ancho de banda	Externa	¿Cuánto es el valor límite absoluto de transmisión necesaria para cumplir con las funciones?	Contar la cantidad máxima de transmisión de datos y tomar el tiempo de operación	$X = A/T$ A= Cantidad máxima de transmisión de datos T = Tiempo de operación Dónde: $T > 0$	$X = A/T$ El más lejano a 0/t es el mejor. Donde el mejor caso es $\geq 10/t$	X = Tamaño / Tiempo A = Tamaño T = Tiempo

Fuente: (ISO/IEC 25023, 2011, págs. 18-20)

Tabla 42.

Métricas de Calidad Interna/Externa – Característica: Facilidad de Uso.

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
Capacidad de reconocer su adecuación	Integridad de descripción	Interna/Externa	¿Qué cantidad de funciones (o tipos de funciones) son descritas como entendibles en la descripción del producto?	Contar el número de funciones (o tipos de funciones) descritas como entendibles en la descripción del producto y contar el número total de funciones (o tipos de funciones)	$X = A/B$ A = Número de funciones (o tipos de funciones) descritas como entendibles en la descripción del producto B = Número total de funciones (o tipos de funciones) Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Capacidad de demostración	Interna/Externa	¿Qué cantidad de funciones tienen la capacidad de demostración?	Contar el número de funciones implementadas con capacidad de demostración y contar el número total de funciones que requieren capacidad de demostración	$X = A/B$ A = Número de funciones implementadas con capacidad de demostración B = Número total de funciones que requieren capacidad de demostración Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
Capacidad para ser entendido	Funciones evidentes	Interna	¿Qué cantidad de funciones del producto son evidentes al usuario?	Contar el número de funciones que son evidentes al usuario y comparar con el número total de funciones.	$X = A / B$ A= Número de funciones (o tipo de funciones) evidentes al usuario B = Número total de	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
					funciones (o tipo de funciones) Dónde: $B > 0$		B = Contable
	Efectividad de la documentación del usuario o ayuda del sistema	Interna/Externa	¿Qué cantidad de funciones están descritas correctamente en la documentación del usuario o ayuda en línea?	Contar el número de funciones descritas correctamente y contar el número total de funciones implementadas	$X = A / B$ A= Número de funciones descritas correctamente B = Número total de funciones implementadas Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
Operatividad	Recuperabilidad de error operacional	Interna	¿Qué cantidad de funciones pueden tolerar errores de usuario?	Contar el número de funciones implementadas con tolerancia de error de usuarios y el número total de funciones requeridas con capacidad de tolerancia.	$X = A / B$ A= Número de funciones implementadas con tolerancia de error de usuarios B = Número total de funciones requeridas con capacidad de tolerancia. Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Claridad del mensaje	Interna/Externa	¿Qué cantidad de mensajes son auto explicativo?	Contar el número de mensajes implementados con explicaciones claras y el número total de mensajes implementados	$X = A / B$ A= Número de mensajes implementados con explicaciones claras B = Número total de mensajes implementados Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
	Consistencia operacional	Interna/Externa	¿Cuántas operaciones similares pueden llevarse a cabo consecuentemente?	Contar el número de operaciones que se comportan de manera incoherente y el número total de operaciones que se comportan de forma normal	$X = A / B$ A= Número de operaciones que se comportan de manera incoherente B = Número total de operaciones que se comportan de forma normal Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Posibilidad de personalización	Interna/Externa	¿Cuántas funciones y procedimientos operacionales puede un usuario modificar para su conveniencia?	Contar el número de funciones implementadas que pueden ser personalizados durante la operación y el número de funciones que requieran la capacidad de personalización	$X = A / B$ A = Número de funciones implementadas que pueden ser personalizados durante la operación B = Número de funciones que requieran la capacidad de personalización Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Protección contra errores del usuario	Interna/Externa	¿Qué cantidad de ítems de entrada son validados?	Contar el número de ítems de entrada que son validados y el número de ítems que necesitan ser validados	$X = A/B$ A= Número de ítems de entrada que son validados B = Número de ítems que necesitan ser validados Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
	Prevención del uso incorrecto	Interna/Externa	¿Cuántas funciones tienen la capacidad de evitar operaciones incorrectas?	Contar el número de funciones implementadas para evitar fallos de funcionamiento provocados por un uso incorrecto y el número total de operaciones iniciales incorrectas	$X = A/B$ A = Número de operaciones iniciales incorrectas B = Número de funciones implementadas para evitar fallos de funcionamiento provocados por un uso incorrecto Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
Estética de la Interfaz del usuario	Personalización de la apariencia de la interfaz del usuario	Interna/Externa	¿Qué cantidad de los elementos de la interfaz de usuario pueden ser personalizados en apariencia?	Contar el número de tipos de elementos de interfaz que pueden ser personalizados y contar el número total de tipos de elementos de interfaz	$X = A/B$ A = Número de elementos de interfaz que pueden ser personalizados B = Número total de elementos de interfaz Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
Accesibilidad técnica	Accesibilidad física	Interna/Externa	¿A qué cantidad de funciones puede acceder un usuario con discapacidades físicas?	Contar el número de funciones a las que pueden acceder personas con discapacidad y contar el número total de funciones implementadas	$X = A/B$ A = Número de funciones a las que pueden acceder personas con discapacidad B = Número total de elementos de interfaz Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Fuente: (ISO/IEC 25023, 2011, págs. 21-24)

Tabla 43.

Métricas de Calidad Interna/Externa – Característica: Seguridad.

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
Confidencialidad	Capacidad de control de acceso	Interna/Externa	¿Qué tan controlable son los accesos al sistema?	Contar el número de diferentes tipos de operaciones ilegales detectados y el número de tipos de operaciones ilegales en la especificación	$X = A / B$ A = Número de diferentes tipos de operaciones ilegales detectados B = Número de tipos de operaciones ilegales en la especificación Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Encriptación de datos	Interna/Externa	¿Qué tan correctamente es la implementación de encriptación / descriptación de datos de acuerdo a la especificación de requerimientos?	Contar el número de elementos de datos encriptados/ descriptados correctamente y el número de elementos de datos que requiere el encriptación/descriptación	$X = A / B$ A = Número de elementos de datos encriptados/ descriptados correctamente B = Número de elementos de datos que requiere el encriptación/ descriptación Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
Integridad	Prevención de corrupción de datos	Interna/Externa	¿Hasta qué punto se puede prevenir la corrupción de datos?	Contar el número de casos de corrupción de datos ocurridos en la actualidad y el número de accesos donde se espera que ocurran daños de datos	$X = A / B$ A = Número de casos de corrupción de datos ocurridos en la actualidad B = Número de accesos donde se espera que ocurran daños de datos Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
No repudio	Utilización de firma digital	Interna/Externa	¿Qué proporción de eventos que requieran no - repudio se procesan utilizando la firma digital?	Contar el número de eventos procesados usando firma digital y el número de eventos que requieran la propiedad de no - repudio	$X = A / B$ A = Número de eventos procesados usando firma digital B = Número de eventos que requieran la propiedad de no - repudio Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
Responsabilidad	Capacidad de auditoría de acceso	Interna/Externa	¿Qué tan completa es la pista de auditoría en relación al acceso de los usuarios al sistema y a los datos?	Contar el número de accesos al sistema y los datos registrados en el log del sistema y el número de accesos ocurridos en la realidad	$X = A / B$ A = Número de accesos ocurridos en la realidad B = Número de accesos al sistema y los datos registrados en el log del sistema Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
Autenticidad	Métodos de autenticación	Interna/Externa	¿Qué tan bien el sistema autentica la identidad de un sujeto o recurso?	Contar el número de métodos de autenticación previstos	$X = A$ A = Número de métodos de autenticación previstos	$X \geq 0$ Donde X es mayor a 0, siendo X el mejor igual o mayor a 2	X = Contable A = Contable

Fuente: (ISO/IEC 25023, 2011, págs. 26-28)

Tabla 44.

Métricas de Calidad Interna/Externa – Característica: Compatibilidad.

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
Co – existencia	Co – Existencia disponible	Interna/Externa	¿Qué tan adaptable es el sistema en compartir su entorno con otros sistemas sin causar efectos adversos?	Contar el número de entidades con las que el producto puede coexistir y el número de entidades en el entorno de operación que requieren de coexistencia	$X = A/B$ A = Número de entidades con las que el producto puede coexistir B = Número de entidades en el entorno de operación que requieren de coexistencia Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
Interoperatividad	Conectividad con sistemas externos	Interna/Externa	¿Qué tan correctamente se ha implementado los protocolos de interfaz externa?	Contar el número de interfaces implementadas con otros sistemas y el número total de interfaces externas	$X = A/B$ A= Número de interfaces implementadas con otros sistemas B = Número total de interfaces externas Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Capacidad de intercambiar de datos	Interna/Externa	¿Qué tan exacto es el intercambio de datos entre el sistema otros sistemas de enlace?	Contar el número de datos que se han intercambiado sin problemas con otro sistema y el número total de datos que se intercambiarán	$X = A/B$ A= Número de datos que se han intercambiado sin problemas con otro sistema B = Número total de datos que se intercambiarán Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Fuente: (ISO/IEC 25023, 2011, págs. 20-21)

Tabla 45.

Métricas de Calidad Interna/Externa – Característica: Mantenibilidad.

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
Modularidad	Capacidad de condensación	Interna	¿Qué tan fuerte es la relación entre los componentes del sistema?	Contar el número de componentes que no son afectados por cambios de otros componentes y el número total de componentes específicos	$X = A / B$ A = Número de componentes que no son afectados por cambios de otros componentes B = Número total de componentes específicos Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Acoplamiento de clases	Interna	¿Qué tan fuerte es la relación entre una función del sistema con otras clases implementada s?	Contar el número de relaciones que tiene una función con respecto a otras clases	$X = A$ A = Número de relaciones que tiene una función con respecto a otras clases	$1 \leq X \leq 4$ El más cercano a 1, es el mejor	X = Contable A = Contable
Reusabilidad	Ejecución de reusabilidad	Interna	¿Cuántos elementos pueden ser reutilizados?	Contar el número de elementos reutilizados y el número total de elementos de la biblioteca reutilizable	$X = A / B$ A = Número de elementos reutilizados B = Número total de elementos de la biblioteca reutilizable Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
Capacidad de ser analizado	Capacidad de pistas de auditoría	Interna/Externa	¿Los usuarios pueden identificar fácilmente la operación específica que causó el fallo?	Contar el número de datos realmente grabadas durante la operación y el número de datos previstos a grabarse para controlar el estado del sistema durante la operación	$X = A / B$ A = Número de datos realmente grabadas durante la operación B = Número de datos previstos a grabarse para controlar el estado del sistema durante la operación Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Diagnóstico de funciones suficientes	Interna/Externa	¿Hasta qué punto las funciones de diagnóstico están preparadas o hasta qué punto funcionan para el análisis causal?	Contar el número de funciones de diagnóstico implementadas y contar el número de funciones de diagnóstico requeridas en la especificación de requerimientos	$X = A/B$ A = Número de funciones de diagnóstico implementadas B = Número de funciones de diagnóstico requeridas en la especificación de requerimientos Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
Capacidad de ser modificado	Complejidad ciclomática	Interna	¿Cuál es la complejidad estructural de un código fuente?	Contar las instrucciones condicionales, bucles, salidas de métodos y clausulas AND y OR dentro de los condicionales.	$X = A+1$ A = Número de instrucciones condicionales que tiene una función	$1 \leq X < 15$ El más cercano a 1, es el mejor	X = Contable A = Contable

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
	Profundidad de herencia	Interna	¿Qué tan profunda es la jerarquía de la herencia de las clases involucradas en una determinada función?	Contar las jerarquías empleadas en una determinada función o método.	$X = A$ A = Número de jerarquías empleadas para una determinada función.	$0 \leq X \leq 4$ El más cercano a 0 es el mejor	X = Contable A = Contable
	Grado de localización de corrección de impacto	Interna/Externa	¿Hasta qué punto los problemas causados pueden tener como consecuencia un mantenimiento ?	Contar el número de fallas aparecidas después que se ha resuelto un fallo y contar el número de fallas resultas	$X = A/B$ A = Número de fallas aparecidas después que se ha resuelto un fallo B = Número de fallas resueltas Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Complejidad de modificación	Externa	¿Con qué facilidad el desarrollador puede modificar el software para resolver problemas?	Tomar el tiempo de trabajo que le toma al desarrollador modificar y contar el número de modificaciones	$X = A/T$ A = Número de modificaciones T = Tiempo de trabajo que le toma al desarrollador modificar Dónde: $T > 0$	$X = A/T$ El más lejano a 0/t es el mejor	X = Contable / Tiempo A = Contable T = Tiempo

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
	Índice de éxito de modificación	Externa	¿Hasta qué punto puede el sistema ser operado sin fallas después del mantenimiento ?	Contar el número de problemas dentro de un determinado período antes de mantenimiento y contar el número de problemas en el mismo período después del mantenimiento	$X = A/B$ A = Número de problemas dentro de un determinado período antes de mantenimiento B = Número de problemas en el mismo período después del mantenimiento Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
Capacidad de ser probado	Complejidad funcional de funciones de pruebas	Interna	¿Son las funciones de prueba, completas y fáciles de implementar?	Contar el número de funciones de prueba implementadas y contar el número de funciones de prueba requeridas	$X = A/B$ A = Número de funciones de prueba implementadas B = Número de funciones de prueba requeridas Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Capacidad de prueba autónoma	Interna	¿Qué tan independiente es el software al ser probado?	Contar el número de pruebas que están dependiendo de otros sistemas y contar el número total de pruebas dependientes con otros sistemas	$X = A/B$ A = Número de pruebas que están dependiendo de otros sistemas B = Número total de pruebas dependientes con otros sistemas Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
	Capacidad de reinicio de pruebas	Externa	¿Con qué facilidad se puede llevar a cabo las pruebas nuevamente después del mantenimiento ?	Contar el número de casos en los cuales el mantenedor puede pausar y restaurar las pruebas y contar el número de casos de pausa en la ejecución de pruebas	$X = A/B$ A = Número de casos en los cuales el mantenedor puede pausar y restaurar las pruebas B = Número de casos de pausa en la ejecución de pruebas Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Fuente: (ISO/IEC 25023, 2011, págs. 28-30)

Tabla 46.

Métricas de Calidad Interna/Externa – Característica: Portabilidad.

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
Adaptabilidad	Adaptabilidad en entorno hardware	Interna/Externa	¿Es el sistema lo suficientemente capaz de adaptarse al entorno hardware?	Contar el número funciones operativas de las tareas que no se hayan completado durante las pruebas operativas con el entorno hardware y contar el número total de funciones las cuales han sido probadas	$X = A/B$ A = Número funciones operativas de las tareas que no se hayan completado durante las pruebas operativas con el entorno hardware B = Número total de funciones que han sido probadas Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Adaptabilidad en entorno de software	Interna/Externa	¿Es el sistema lo suficientemente capaz de adaptarse al entorno del sistema software?	Contar el número funciones operativas de las tareas que no se hayan completado durante las pruebas operativas con el sistema y contar el número total de funciones las cuales han sido probadas	$X = A/B$ A = Número de funciones operativas de las tareas que no se hayan completado durante las pruebas operativas con el sistema B = Número total de funciones que han sido probadas Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
	Adaptabilidad en entorno empresarial	Interna/Externa	¿Es el sistema lo suficientemente capaz de adaptarse al entorno operacional?	Contar el número funciones operativas de las tareas que no se hayan completado durante las pruebas operativas con usuarios del entorno empresarial y contar el número total de funciones las cuales han sido probadas	$X = A/B$ A = Número de funciones operativas de las tareas que no se hayan completado durante las pruebas operativas con usuarios del entorno empresarial B = Número total de funciones que han sido probadas Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
Capacidad de ser Instalado	Eficiencia en el tiempo de instalación	Externa	¿Cuánto tiempo es requerido para realizar una instalación?	Contar el tiempo total transcurrido al instalar el sistema y contar el número de reintentos al instalar el sistema	$X = A/T$ A = Número de reintentos al instalar el sistema T = Tiempo total transcurrido al instalar el sistema Dónde: $T > 0$	$X = A/T$ El más lejano a 0/t es el mejor	X = Contable / Tiempo A = Contable T = Tiempo

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
	Facilidad de instalación	Externa	¿Puede fácilmente el usuario o el desarrollador instalar el software en un entorno operacional?	Contar el número casos en que los usuarios tuvieron éxito al instalar el sistema cambiando proceso de instalación para su conveniencia y contar el número total de casos en que los usuarios han intentado cambiar el proceso de instalación para su conveniencia	$X = A/B$ A = Número casos en que los usuarios tuvieron éxito al instalar el sistema cambiando proceso de instalación para su conveniencia B = Número total de casos en que los usuarios han intentado cambiar el proceso de instalación para su conveniencia Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
Capacidad de ser Reemplazado	Consistencia en la función de soporte al usuario	Interna/Externa	¿Cuán consistente es el nuevo componente con la interfaz de usuario existente?	Contar el número de nuevas funciones que son consideradas como no consistentes por el usuario y contar el número de nuevas funciones	$X = A/B$ A = Número de nuevas funciones que son consideradas como no consistentes por el usuario B = Número de nuevas funciones Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula / Variables	Valor esperado	Tipo de medida
	Inclusividad funcional	Externa	¿Pueden fácilmente las funciones ser utilizadas después de ser cambiadas a por otras similares?	Contar el número de funciones que producen resultados similares con anterioridad y que no se han exigido cambios y contar el número de funciones probadas que son similares a las funciones proporcionadas por otro software para ser reemplazado	$X = A/B$ A = Número de funciones que producen resultados similares con anterioridad y que no se han exigido cambios B = Número de funciones probadas que son similares a las funciones proporcionadas por otro software para ser reemplazado Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Uso continuo de datos	Externa	¿Pueden los datos fácilmente ser utilizados después de reemplazar el software por otro similar?	Contar el número de datos que son continuamente utilizables por el software a ser reemplazado y contar el número de datos que son continuamente reutilizables por el software a ser reemplazado	$X = A/B$ A = número de datos que son continuamente solo utilizables por el software a ser reemplazado B = Número de datos que son reutilizables por el software a ser reemplazado Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Fuente: (ISO/IEC 25023, 2011, págs. 30-32)

5.1.6.2 Métricas de calidad en uso

En las siguientes tablas 47 a 51, se detallan métricas de calidad en uso para evaluar productos software:

Tabla 47.

Métricas de Calidad en Uso – Característica: Efectividad.

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula	Valor deseado	Tipo de medida
Efectividad	Complejidad de la tarea	Uso	¿Qué cantidad de tareas son completadas correctamente?	Contar el número de tareas completadas y el número total de tareas intentadas	$X = A/B$ A= Número de tareas completadas B = Número total de tareas intentadas Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Efectividad de la tarea	Uso	¿Qué cantidad de los objetivos de la tarea se realiza completamente?	Tomar el valor proporcional de cada componente faltante o incorrecto en la salida de la tarea	$X = A/B$ A=Cantidad de objetivos completados por la tarea. B=Cantidad de objetivos planeados que realice la tarea	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Frecuencia de error	Uso	¿Cuál es la frecuencia de los errores cometidos por el usuario en comparación con lo planeado?	Contar el número de errores cometidos por los usuarios y contar el número de tareas	$X = A/B$ A = Número de errores cometidos por los usuarios B = Número de tareas Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Fuente: (ISO/IEC 25022, 2012, pág. 14)

Tabla 48.

Métricas de Calidad en Uso – Característica: Eficiencia.

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula	Valor deseado	Tipo de medida
Eficiencia	Tiempo de la tarea	Uso	¿Cuánto tiempo se tarda en completar una tarea en comparación con lo planeado?	Tomar el tiempo planeado y el tiempo actual	$X = A/B$ A= Tiempo actual B = Tiempo planeado Dónde: $A > 0$	$0 \leq X \leq 1$ Si $A \leq B$ el más cercano a 0 es lo mejor. Si $A > B$ será considerado como el peor caso	$X = \text{Tiempo} / \text{Tiempo}$ A = Tiempo B = Tiempo
	Tiempo relativo de la tarea	Uso	¿Cuánto tiempo necesita un usuario normal en completar una tarea en comparación con un experto?	Tomar el tiempo que completa una tarea un usuario normal y el tiempo que completa una tarea un usuario experto	$X = A/B$ A = Tiempo que completa una tarea un usuario experto B = Tiempo que completa una tarea un usuario normal Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, el mejor	$X = \text{Tiempo} / \text{Tiempo}$ A = Tiempo B = Tiempo
	Eficiencia de la tarea	Uso	¿Qué tan eficientes son los usuarios?	Contar el número de tareas efectivas y tomar el tiempo de la tarea	$X = A/T$ A = Número de tareas efectivas T = Tiempo de la tarea Dónde: $T > 0$	$X = A/T$ El más lejano a 0/t es el mejor	$X = \text{Contable} / \text{Tiempo}$ A = Contable T = Tiempo
	Eficiencia relativa de la tarea	Uso	¿Qué tan eficiente es un usuario comparado con lo planeado?	Contar el número de tareas eficientes realizadas por un usuario ordinario y contar el número de tareas eficientes planeadas	$X = A/B$ A = Número de tareas eficientes realizadas por un usuario ordinario B = Número de tareas eficientes	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es lo mejor	$X = \text{Contable} / \text{Contable}$ A = Contable B = Contable

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula	Valor deseado	Tipo de medida
					planeadas Dónde: $B > 0$		
	Productividad económica	Uso	¿Qué tan rentable es el usuario?	Contar el número de tareas efectivas y tomar el costo total de las tareas	$X = A/B$ A = Número de tareas efectivas B = Numero de tareas totales Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es lo mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Porcentaje productivo	Uso	¿Cuál es el porcentaje de tiempo que el usuario realiza acciones de productividad?	Tomar el tiempo de productividad y el tiempo de la tarea	$X = A/B$ A = Tiempo de la tarea B = Tiempo de productividad. Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ Si $A \leq B$ el más cercano a 0 es lo mejor. Si $A > B$ será considerado como el peor caso	X = Tiempo / Tiempo A = Tiempo B = Tiempo
	Numero relativo de acciones del usuario	Uso	¿Cuál es el número de acciones mínimas necesarias que realizan los usuarios?	Contar el número de acciones realizadas por los usuarios y contar el número de acciones necesarias actualmente	$X = A/B$ A = Número de acciones realizadas por los usuarios B = Número de acciones necesarias actualmente Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es lo mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Fuente: (ISO/IEC 25022, 2012, págs. 14-15)

Tabla 49.

Métricas de Calidad en Uso – Característica: Satisfacción.

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula	Valor deseado	Tipo de medida
Utilidad	Nivel de satisfacción	Uso	¿Qué tan satisfecho está el usuario?	Realizar un cuestionario sobre el nivel de satisfacción sobre el sistema.	$X = A/B$ A= Numero de preguntas con respuesta satisfactorias B = Número total de preguntas realizadas en el cuestionario. Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es lo mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Uso discrecional de las funciones	Uso	¿Qué porcentaje de los usuarios optan por utilizar las funciones sistema?	Observación de uso	$X = A/B$ A= Número de funciones específicas del software que se utilizan B= Número total de funciones que están destinados a ser usados Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Porcentaje de quejas de los clientes	Uso	¿Cuál es el porcentaje de quejas realizadas por los clientes?	Contar el número de clientes que se quejan y contar el número total de clientes	$X = A/B$ A = Número de clientes que se quejan B = Número total de clientes Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0, mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Fuente: (ISO/IEC 25022, 2012, pág. 16)

Tabla 50.

Métricas de Calidad en Uso – Característica: Libertad de Riesgo.

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula	Valor deseado	Tipo de medida
Libertad del riesgo económico	Retorno de la Inversión (ROI)	Uso	¿Cuál es el retorno de la inversión?	Consultar los beneficios obtenidos y el capital invertido	$X = A / B$ A = Beneficios obtenidos B = Beneficios esperados. Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es lo mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Tiempo para lograr el retorno de la inversión	Uso	¿El retorno de la inversión es logrado en un tiempo aceptable?	Tomar el tiempo para lograr el ROI y tomar el tiempo aceptable para lograr el ROI	$X = A / B$ A = Tiempo real para lograr el ROI B = Tiempo aceptable para lograr el ROI Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ Si $A \leq B$ el más cercano a 0 es lo mejor. Si $A > B$ será considerado como el peor caso	X = Tiempo / Tiempo A = Tiempo B = Tiempo
	Rendimiento relativo de negocios	Uso	¿Qué tan comparable es el rendimiento del negocio con otras empresas de primera clase en la industria o en la misma empresa	Consultar el monto de la inversión de TI o de las ventas de la empresa y el monto de inversión de TI o las ventas planeadas de la empresa para la comparación	$X = B / A$ A = Monto de inversión de TI o las ventas planeadas de la empresa para la comparación B = Monto real de la inversión de TI o de las ventas de la empresa Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ Si $B \leq A$ el más cercano a 1 es lo mejor. Si $B > A$ será considerado como el mejor caso	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula	Valor deseado	Tipo de medida
	Balanced Score Card	Uso	Los beneficios de la inversión en IT evaluados utilizando los Balanced Score Card para cumplir los objetivos	Consultar el resultado del BSC y el BSC planeado	$X = A/B$ A = Resultado del BSC B = BSC planeado Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1, mejor.	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Tiempo de entrega	Uso	¿Cuál es el tiempo de entrega para cumplir los objetivos?	Consultar el tiempo de entrega actual o retrasos en las entregas y el tiempo de entrega planeado o retrasos en las entregas	$X = A/B$ A = Tiempo de entrega planeado o retrasos en las entregas B = Tiempo de entrega actual o retrasos en las entregas Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ Si $A \leq B$ el más cercano a 0 es lo mejor. Si $A > B$ será considerado como el peor caso	X = Tiempo / Tiempo A = Tiempo B = Tiempo
	Ganancias para cada cliente	Uso	Las ganancias de cada cliente al cumplir con sus objetivos	Consultar los ingresos reales de un cliente y los ingresos planeados de un cliente	$X = A/B$ A = Ingresos reales de un cliente B = Ingresos planeados de un cliente Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ Si $A \leq B$ el más cercano a 1 es lo mejor. Si $A > B$ será considerado como el mejor caso	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula	Valor deseado	Tipo de medida
	Errores con consecuencias económicas	Uso	La frecuencia de errores humanos o del sistema con consecuencias económicas	Contar el número de errores con consecuencias económicas y contar número total de situaciones de uso	$X = A/B$ A = Número de errores con consecuencias económicas B = Número total de situaciones de uso Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Corrupción del software	Uso	La frecuencia de corrupción del software resultado de errores humanos o del sistema	Contar el número de ocurrencias de corrupción del software y contar número total de situaciones de uso.	$X = A/B$ A = Número de ocurrencias de corrupción del software B = Número total de situaciones de uso Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
Libertad del riesgo de salud y seguridad	Frecuencia de problemas en la salud y seguridad del usuario	Uso	La frecuencia de problemas de salud entre los usuarios del producto	Contar el número de usuarios que notificaron problemas de salud y contar el número total de usuarios	$X = A/B$ A = Número de usuarios que notificaron problemas de salud B = Número total de usuarios Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0 es el mejor	X = Contable / Contable A = Contable B = Contable
	Impacto en la salud y seguridad del usuario	Uso	El impacto en la salud y la seguridad en los usuarios del producto	Contar el número de personas afectadas, tomar el tiempo y el grado de importancia	$X = A/T$ A = Número de personas afectadas T = Tiempo	$0 \leq X \leq 5$ El más cercano a 0 es el mejor	X = Contable / Tiempo A = Contable T = Tiempo

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula	Valor deseado	Tipo de medida
	Seguridad de las personas afectadas por el uso del sistema	Uso	La incidencia de riesgo para las personas afectadas por el uso del sistema	Contar el número de personas puestas en peligro y contar el número total de personas potencialmente afectadas por el sistema	$X = A/B$ $A =$ Número de personas puestas en peligro $B =$ Número total de personas potencialmente afectadas por el sistema Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0 es el mejor	$X =$ Contable / Contable $A =$ Contable $B =$ Contable
Libertad del riesgo ambiental	Impacto Ambiental	Uso	El impacto ambiental de la elaboración y el uso del sistema	Estimar el impacto ambiental y el impacto ambiental aceptable	$X = A/B$ $A =$ Impacto ambiental aceptable $B =$ Impacto ambiental real Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ Si $A \leq B$ el más cercano a 0 es lo mejor. Si $A > B$ será considerado como el peor caso	$X =$ Contable / Contable $A =$ Contable $B =$ Contable

Fuente: (ISO/IEC 25022, 2012, págs. 17-19)

Tabla 51.

Métricas de Calidad en Uso – Característica: Cobertura de Contexto.

Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fórmula	Valor deseado	Tipo de medida
Complejidad de Contexto	Complejidad de Contexto	Uso	Porcentaje en que el producto puede utilizarse con facilidad en contextos de uso	Contar el número de contextos con la facilidad de uso inaceptable y el número total de distintos contextos de uso	$X = A/B$ A= Número de distintos contextos de uso inaceptables B = Número total de distintos contextos de uso Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 0 es el mejor	$X = \text{Contable} / \text{Contable}$ A = Contable B = Contable
Flexibilidad	Función flexible del diseño.	Uso	Grado en que el producto puede adaptarse para satisfacer las diferentes necesidades de los usuarios	Contar el número de características diseñadas con completa flexibilidad y contar el número total de características de diseño	$X = A/B$ A= Número de características diseñadas con completa flexibilidad B = Número total de características de diseño Dónde: $B > 0$	$0 \leq X \leq 1$ El más cercano a 1 es el mejor	$X = \text{Contable} / \text{Contable}$ A = Contable B = Contable

Fuente: (ISO/IEC 25022, 2012, págs. 19-20)

5.1.7 Definición de niveles de puntuación final para calidad interna, externa y en uso.

La escala de medición que se presenta en la tabla 52 se utilizará para analizar el resultado final de características de calidad interna, externa y en uso, valores que determinarán el nivel obtenido final y que se asignará al producto software después de su análisis.

Tabla 52.

Niveles de puntuación final para calidad interna, externa y en uso.

Escala de medición	Niveles de puntuación	Grado de satisfacción
8,76 – 10,00	Cumple con requisitos	Muy satisfactorio
5,10 - 8,75	Aceptable	Satisfactorio
2,76 – 5,00	Mínimamente aceptable	Insatisfactorio
0,00 - 2,75	Inaceptable	

Fuente: (ISO/IEC 25040, 2011)

5.1.8 Matriz de Calidad

Como parte del proceso evaluativo se consideró necesario diseñar una matriz que permita realizar el análisis de calidad del producto software, la cual permitirá al/a evaluador/a, valorar de manera sistemática, independiente, completa y concisa.

5.1.8.1 Preliminares

Antes de iniciar con la aplicación de métricas, el/a evaluador/a deberá consignar datos preliminares sobre el producto, características y subcaracterísticas, como se ha indicado y fundamentado en secciones *5.1.1 Tipos de productos software*, *5.1.2 Nivel de Importancia*, *5.1.3 Ponderación de características y subcaracterísticas de calidad*.

MATRIZ DE CALIDAD DE SOFTWARE		
1. DATOS INFORMATIVOS:		
Fecha:		
Institución:		
Nombre del Software:		
OBJETIVOS GENERALES DEL SOFTWARE		
OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL SOFTWARE		
PARTICIPANTES		
Cargo	Nombre	Unidad
2. TIPO DE PRODUCTO SOFTWARE		
Producto	Clasificación de producto	Selección
Página Web (PW)	Estática	
	Animada	
	Dinámica	
	Portal Web	
	Tienda Virtual o Comercio Electrónico	
	Página Web con Gestor de Contenido	
	Página Web 2.0	
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> ← Preliminares Calidad Interna Calidad Externa Calidad en Uso Resultado Final </div>		

Figura 22. Ejemplo de consignación de datos preliminares.

Fuente: Matriz de Calidad - La Investigadora, 2017.

5.1.8.2 Componentes: Calidad Interna, Externa, en Uso

La matriz de calidad consta de tres componentes destinados a métricas: calidad interna, calidad externa y calidad en uso, como se presenta en Figura 23, en cada componente se detalla métricas dictadas por la norma correspondiente (sección 5.1.6.1 Métricas de calidad internas/externas y 5.1.6.2 Métricas de calidad en uso).

Los tres componentes trabajan bajo el mismo esquema, con los siguientes campos:

- a. **Característica:** nombre de característica.
- b. **Subcaracterística:** nombre de subcaracterística.
- c. **Métrica:** nombre de métrica.
- d. **Propósito-métrica:** indica el objetivo de medición de la métrica.
- e. **Método de aplicación:** indica la acción que debe realizarse para medir la métrica.
- f. **Fase ciclo de vida de calidad del producto:** indica si la métrica pertenece a fase interna, externa, interna/externa o en uso.
- g. **Fórmula / Variables:** fórmula de la métrica y variables que interactúan en la fórmula.

- h. **Peor caso:** se refiere al valor mínimo luego de aplicar la fórmula.
- i. **Valor deseado:** se refiere al valor máximo luego de aplicar la fórmula.
- j. **Aplica:** campo para indicar si se aplica o no la métrica.
- k. **Variables:** campos para valores de variables A, B o T.
- l. **Valor obtenido:** valor X que se obtiene aplicando la fórmula.
- m. **Valor Métrica / 10:** valor de la métrica sobre 10 luego de aplicar la fórmula.
- n. **Final Subcaracterística:** promedio de valores obtenidos de las métricas que son parte de la subcaracterística multiplicado por el porcentaje asignado a la subcaracterística.
- o. **Total Característica:** sumatoria de valores finales de subcaracterísticas que componen a la característica.
- p. **Final Característica:** producto del campo “Total Característica” por el porcentaje de importancia asignado a cada característica.
- q. **Calidad Interna del Sistema:** sumatoria de valores finales de características de calidad.

EVALUACIÓN DE CALIDAD INTERNA																		
Características	Subcaracterísticas	Métrica	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fase ciclo de vida de calidad del producto	Fórmula / Variables	Peor caso	Valor Deseado	Aplica	Variables			Valor Obtenido	Valor Métrica / 10	Final Subcaracterística	Total Característica	Final Característica	Calidad Interna del Sistema
										A	B	T						
Adecuación Funcional	Complejidad funcional	Complejidad de la implementación funcional	¿Cuán completa es la implementación de acuerdo a la especificación de requerimientos?	Contar el número de las funciones indicadas en la especificación de requerimientos y el número de funciones que faltan o están incorrectas	Interna/Externa	$X = A/B$ A = Número de funciones que están incorrectas o que no fueron implementadas B = Número de las funciones establecidas en la especificación de registros Dónde: $B > 0$	1	0						#DIV/0!				
	Exactitud funcional	Exactitud	¿Cuánto del estándar requerido de exactitud se cumple?	Contar el número de elementos de datos implementados con el estándar específico de exactitud y el número total de elementos de datos implementados	Interna/Externa	$X = A/B$ A = Número de elementos de datos implementados con el estándar específico de exactitud B = Número total de elementos de datos implementados Dónde: $B > 0$	0	1					0	#DIV/0!	#DIV/0!			
		Precisión computacional	¿Con qué frecuencia ocurren los resultados inexactos?	Contar el número de o símbolos inexactos encontrados y tomar el tiempo de operación	Interna/Externa	$X = A/T$ A = Número de cálculos inexactos encontrados T = Tiempo de operación Dónde: $T > 0$	>= 10seg	0seg				0.00						
	Eliminación de errores	¿Cuántos errores detectados han sido corregidos?	Contar el número de fallas corregidas en la fase de diseño/validación/pruebas y el número de fallas detectadas en las pruebas	Interna/Externa	$X = A/B$ A = Número de fallas corregidas en la fase de diseño/validación/pruebas B = Número de fallas detectadas en las pruebas Dónde: $B > 0$	0	1											

Figura 23. Ejemplo de componente: Calidad Interna.

Fuente: Matriz de Calidad - La Investigadora, 2017.

5.1.8.3 Resultado final de calidad

Ejecutado el proceso de evaluación de los tres componentes citados anteriormente, la matriz de calidad proporciona un resultado final, como se presenta en Figura 24, el cual consta de los siguientes campos:

- a) **Componente:** indica el nombre de los 3 tipos de calidad del producto software (interna, externa y en uso)

- b) **Calidad del Componente:** equivale al resultado parcial de calidad del sistema de cada componente sobre 10 puntos.
- c) **Nivel de puntuación:** nivel de puntuación final que tendría el producto software después de su análisis en base a Tabla 52.
- d) **Grado de satisfacción:** grado de satisfacción que tendría el producto software después de su análisis de acuerdo a la Tabla 52.

EVALUACIÓN DE CALIDAD TOTAL DEL PRODUCTO DE SOFTWARE			
Componente	Calidad del Componente	Nivel de Puntuación	Grado de Satisfacción
Interna			
Externa			
Uso			
Total			

Figura 24. Ejemplo de resultado final.

Fuente: Matriz de Calidad - La Investigadora, 2017.

5.1.8.4 Procedimiento para aplicar Matriz de Calidad

El/a evaluador/a debe seguir el siguiente procedimiento para aplicar la matriz de calidad:

1. En **Preliminares:**
 - a. Ingresar datos informativos del producto software.
 - b. Especificar el tipo de producto software a evaluar, según sección 5.1.1 *Tipos de productos software*.
 - c. Asignar el nivel y porcentaje de importancia a características y subcaracterísticas de calidad interna, externa y en uso, según sección 5.1.2 *Nivel de Importancia* y 5.1.3 *Ponderación de características y subcaracterísticas de calidad*.
2. En **Calidad Interna, Calidad Externa y Calidad en Uso:**
 - a. Seleccionar en columna “Aplica” Si o No se medirá determinada métrica.
 - b. Ingresar valores de variables A, B o T (columna *Variables A, B, T*) de las fórmulas correspondientes a cada métrica seleccionada.
 - c. El valor X es el resultado obtenido de la aplicación de la fórmula de acuerdo a las variables ingresadas, su cálculo es automático.

- d. Obtenidos los resultados de las fórmulas, automáticamente se calcularán las siguientes columnas:
- Valor Métrica / 10
 - Final Subcaracterística
 - Total Característica
 - Final Característica
 - Calidad Parcial del Sistema
3. En **Resultado Final**: se presentará el resultado final del análisis de calidad del producto software de acuerdo a sección 5.1.7 *Definición de niveles de puntuación final de calidad interna, externa y en uso*, determinando de esta manera el valor parcial y total de calidad por cada componente del producto software, nivel de puntuación y grado de satisfacción.

5.2 Aplicación: Modelo de evaluación de calidad - familia ISO/IEC 25000 para MTH

En este apartado se realizará el examen del producto software, siguiendo las cinco actividades y tareas, especificados en Capítulo II, *Tabla 8. Detalle proceso de evaluación de calidad según ISO/IEC 25040*; y finaliza con el análisis de resultados obtenidos.

5.2.1 Requisitos de evaluación

A continuación, la descripción de los requisitos de evaluación:

5.2.1.1 Propósito de evaluación.

Asegurar la calidad del módulo de talento humano - MTH.

5.2.1.2 Requisitos de calidad del producto.

- *Partes interesadas*: administrador y usuarios del MTH.
- *Requisitos de calidad del producto utilizando un determinado modelo de calidad*: se detalla en Anexo A-Matriz Calidad.

5.2.1.3 Partes del producto a evaluar.

- *Tipo de producto*: Software de aplicación de negocios (ERP).
- *Especificación de requisitos*:

1. Ficha de Empleados
2. Renuncias
3. Escalafón Administrativo
4. Evaluación de Desempeño
5. Contratos de Planta Docente
6. Contratos de Personal Administrativo
7. Contratos Reformatorios
8. Acciones de Personal individuales
9. Acciones de Personal por Lotes

○ *Diagramas Lógicos:*

1. *Modelo Entidad-Relación*

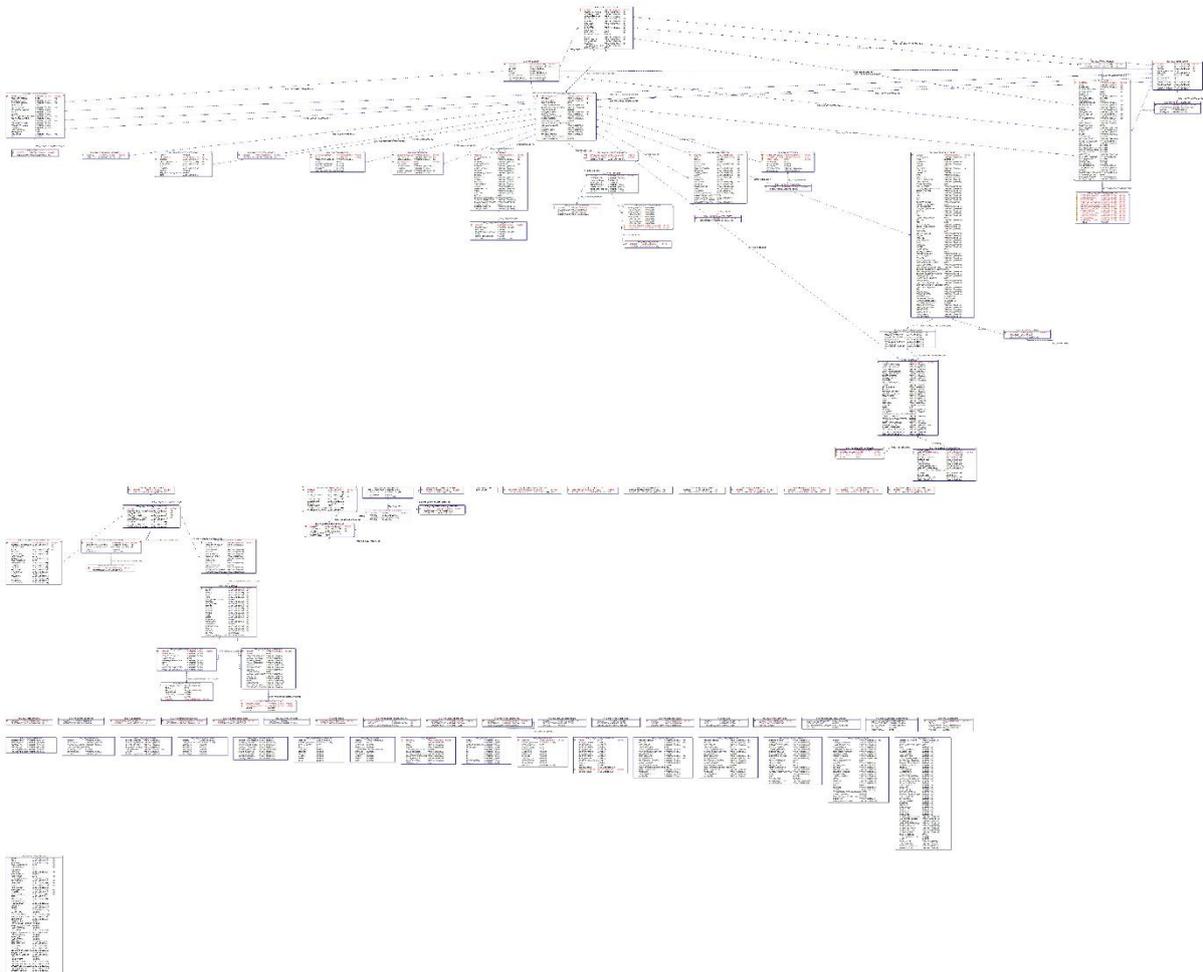


Figura 25. Diagrama entidad-relación del MTH.

Fuente: Base de datos – MTH ejecutado 30 de julio de 2017

Según (Muñoz G. , 2009), Capítulo IV: Vista Lógica, a continuación, los siguientes diagramas:

2. Diagrama global de paquetes

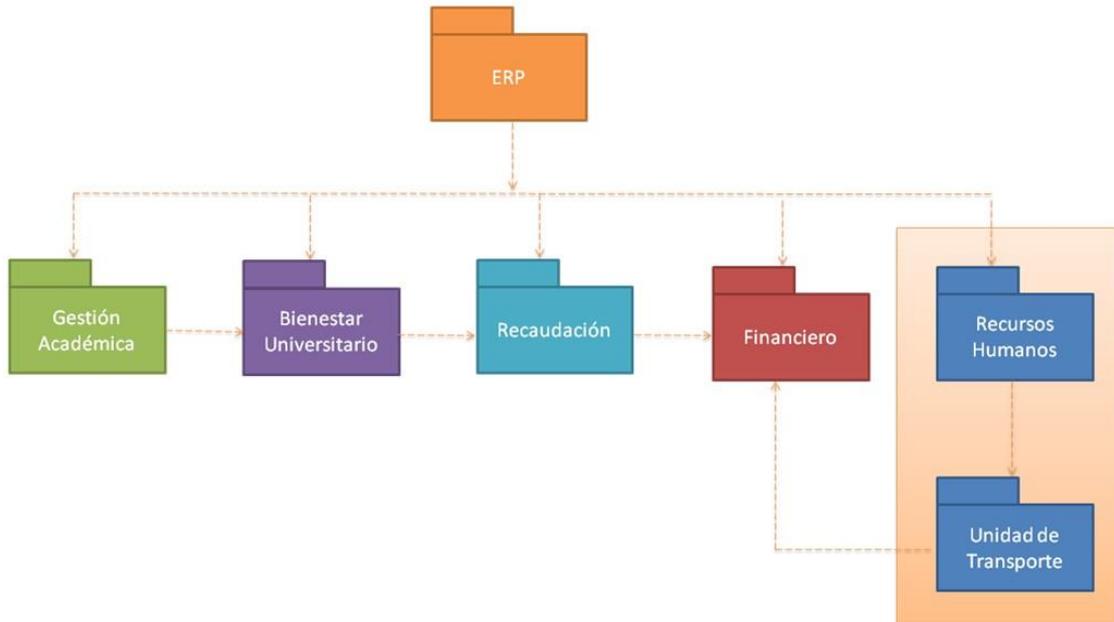


Figura 26. Diagrama Global de Paquetes.

Fuente: (Muñoz G. , 2009, pág. 55)

3. Diagrama de componentes

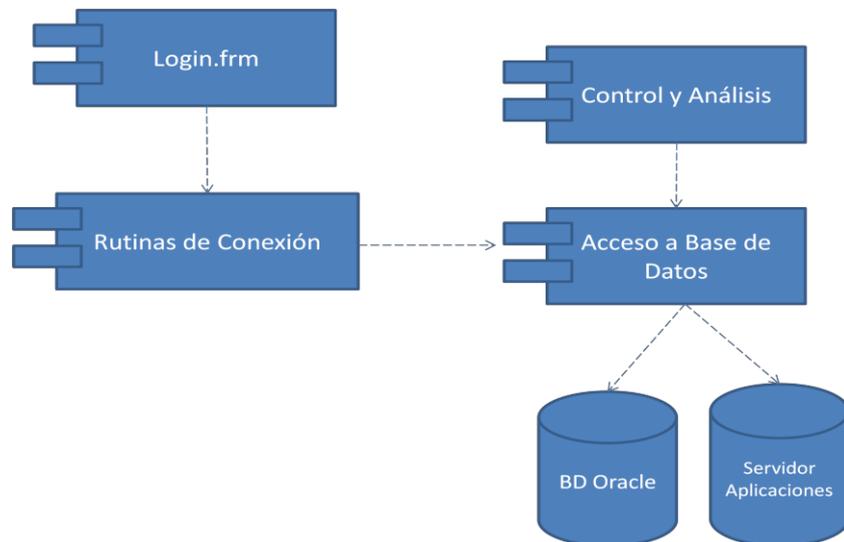


Figura 27. Diagrama de componentes MTH.

Fuente: (Muñoz G. , 2009, pág. 62)

4. Arquitectura del Sistema

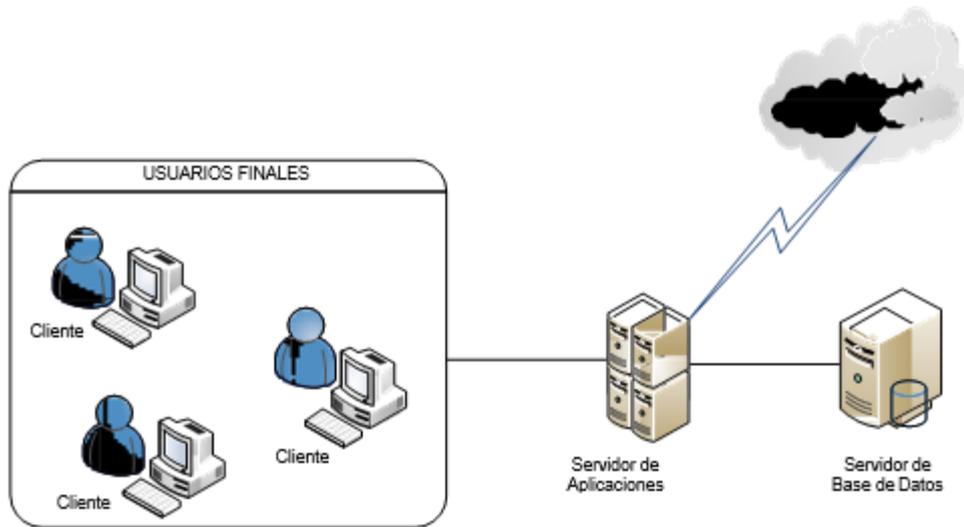


Figura 28. Arquitectura MTH.

Fuente: (Muñoz G. , 2009, pág. 66)

5.2.1.4 Rigor de evaluación.

La presente evaluación se desarrollará con rigor a nivel Medio, en virtud de que es una primera experiencia que se lleva a cabo en el DDTI. Además, se estima obtener resultados que al ser analizados permitirán estructurar un plan de mejoramiento del producto software que estará a disposición y será responsabilidad, en cuanto a su implementación, por parte del DDTI.

Cabe mencionar que las mediciones de calidad serán aplicadas a tareas y funcionalidades del MTH consideradas como las más utilizadas por usuarios operativos y de vital importancia para procesos que incidan en la toma de decisiones internas.

5.2.2 Especificar la evaluación

5.2.2.1 Seleccionar módulos de evaluación.

- *Métricas seleccionadas:*
 - Anexo A-Matriz Calidad.
- *Técnicas:*
 - Entrevista al director DDTI
 - Entrevista al administrador del MTH

- Entrevista a directora de Gestión de Talento Humano.
- *Herramientas:*
 - Módulo de talento humano – SIIU – UTN.
 - Matriz de Calidad, instrumento elaborado en Excel.
 - Administrador de Windows.
 - Apache JMeter.
 - Normas ISO/IEC 25000.

5.2.2.2 Criterios de decisión para métricas.

Los umbrales definidos para la aplicación de métricas pueden ser apreciados en las columnas “Peor Caso” y “Valor deseado” de cada componente en la Matriz de Calidad. Anexo A-Matriz Calidad.

5.2.2.3 Criterios de decisión de evaluación.

El nivel y ponderación de importancia que se asigna a cada característica y subcaracterística se encuentra especificado en las columnas “Nivel de Importancia” y “%” en “Preliminares”, y en “Resultado Final” columnas “Nivel de Puntuación” y “Grado de Satisfacción”, de la Matriz de Calidad, según sección 5.1.7 *Definición de niveles de puntuación final para calidad interna, externa y en uso.* Anexo A-Matriz Calidad.

MATRIZ DE CALIDAD DE SOFTWARE				
7. CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD EN USO				
Nombre	Nivel de Importancia	%		
C1 - Efectividad	Alta	25%		
C2 - Eficiencia	Alta	25%		
C3 - Satisfacción	Alta	30%		
C4 - Libertad de Riesgo	Media	20%		
C5 - Cobertura de contexto	No Aplica	0%		
Total		100%		
8. SUBCARACTERÍSTICAS DE CALIDAD EN USO				
Característica	Subcaracterística	Nivel de Importancia	%	Total Característica
C1 - Efectividad	Efectividad	Alta	100%	100%
C2 - Eficiencia	Eficiencia	Alta	100%	100%
C3 - Satisfacción	Utilidad	Alta	100%	100%
C4 - Libertad de Riesgo	Libertad del riesgo económico	No Aplica	0%	100%
	Libertad del riesgo de salud y seguridad	Media	100%	
	Libertad del riesgo ambiental	No Aplica	0%	
C5 - Cobertura de contexto	Complejidad de Contexto	No Aplica	0%	0%
	Flexibilidad	No Aplica	0%	

Figura 29. Ejemplo de criterios de evaluación – Características y Subcaracterísticas en Uso.

Fuente: Anexo A-Matriz Calidad, hoja Preliminares.

5.2.3 Diseñar la evaluación

5.2.3.1 Planificar actividades de evaluación.

A continuación, el cronograma de actividades del proceso de evaluación:

Actividades / Tareas	Duración (días)	Comienzo	Fin
Elaboración Matriz de Calidad	9	10/07/2017	21/07/2017
Recolección de información del producto software a evaluar	1	10/07/2017	11/07/2017
Elaboración de Preliminares del producto software	1	11/07/2017	12/07/2017
Elaboración de componente Calidad Interna	3	12/07/2017	15/07/2017
Elaboración de componente Calidad Externa	2	16/07/2017	18/07/2017
Elaboración de componente Calidad en Uso	1	19/07/2017	20/07/2017
Elaboración de Resultado Final de evaluación	1	20/07/2017	21/07/2017
Establecer Requisitos de evaluación	3	21/07/2017	24/07/2017
Establecer el propósito de la evaluación	1	21/07/2017	22/07/2017
Obtener los requisitos de calidad del producto	1	22/07/2017	23/07/2017
Identificar las partes del producto que se deben evaluar	1	23/07/2017	24/07/2017
Definir el rigor de la evaluación	0	24/07/2017	24/07/2017
Especificar la evaluación	2	25/07/2017	27/07/2017
Seleccionar los módulos de evaluación	0	25/07/2017	25/07/2017
Definir los criterios de decisión para las métricas	2	25/07/2017	27/07/2017
Definir los criterios de decisión de la evaluación	0	27/07/2017	27/07/2017
Diseñar la evaluación	1	28/07/2017	29/07/2017
Planificar las actividades de la evaluación.	1	28/07/2017	29/07/2017
Ejecutar la evaluación	7	31/07/2017	09/08/2017
Realizar las mediciones	4	31/07/2017	04/08/2017
Aplicar los criterios de decisión para las métricas	2	05/08/2017	07/08/2017
Aplicar los criterios de decisión de la evaluación	1	08/08/2017	09/08/2017
Concluir la evaluación	17	10/08/2017	30/08/2017
Revisar los resultados de la evaluación	4	10/08/2017	14/08/2017
Elaborar el informe de evaluación	6	15/08/2017	21/08/2017
Revisar la calidad de la evaluación y obtener feedback	4	22/08/2017	26/08/2017

Actividades / Tareas	Duración (días)	Comienzo	Fin
Tratar los datos de la evaluación	3	27/08/2017	30/08/2017
6 actividades - 21 tareas	39	10/07/2017	30/08/2017

5.2.4 Ejecutar la evaluación

5.2.4.1 Realizar las mediciones.

La documentación de pruebas y mediciones que fueron posibles de evidenciar se encuentran debidamente sustentadas bajo archivo de la evaluadora y descritas en Anexo B-Informe Ejecutivo.

5.2.4.2 Aplicar criterios de decisión para métricas.

EVALUACIÓN DE CALIDAD EXTERNA																
Característica	Subcaracterística	Métrica	Fase ciclo de vida de calidad del producto	Fórmula / Variable	Peor caso	Valor Deseado	Aplicación	Variables			Valor Obtenido	Valor Métrica / 10	Final Subcaracterística	Total Característica	Final Característica	Calidad Externa del Sistema
Eficiencia en el desempeño	Comportamiento del tiempo	Tiempo de espera	Internal/Externa	$X = B - A$ A= Tiempo cuando se inicia un trabajo B= Tiempo en completar el trabajo	>15min	15min	Si	0.00	17.00		17.00	0.00	0.55	4.47	0.45	6.54
		Rendimiento	Internal/Externa	$X = A/T$ A= Número de tareas completadas T = Intervalo de tiempo Dónde: $T > 0$	0min	>=10min	Si	3.00		31.00	0.10	0.10				
	Utilización de recursos	Utilización de CPU	Internal/Externa	$X = B - A$ A= La cantidad de tiempo de CPU que realmente es usado para realizar una tarea B= Tiempo de operación Dónde: $B > 0$	>=1min	0	Si	7.20	8.00		0.80	9.20	0.92			
		Capacidad	Número de accesos simultáneos	Internal/Externa	$X = A/T$ A= Número máximo de accesos simultáneos T = Tiempo de operación Dónde: $T > 0$	0seg	>=10seg	Si	100.00		5.00	20.00	10.00				3.00
Uso	Capacidad para ser entendido	Efectividad de la documentación del usuario o ayuda del sistema	Internal/Externa	$X = A/B$ A= Número de funciones descritas correctamente B = Número total de funciones implementadas	0	1	Si	4.00	9.00		0.44	4.44	2.22			

Figura 30. Ejemplo de criterios de decisión para métricas de Calidad Externa del MTH.

Fuente: Anexo A-Matriz Calidad, hoja Calidad Externa.

EVALUACIÓN DE CALIDAD EN USO																
Métrica	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fase ciclo de vida de calidad del producto	Fórmula / Variables	Peor caso	Valor Deseado	Aplica	Variables			Valor Obtenido	Valor Métrica / 10	Final Subcaracterística	Total Característica	Final Característica	Calidad c Uso del Sistema
								A	B	T							X
Compleitud de la tarea	¿Qué cantidad de tareas son completadas correctamente?	Contar el número de tareas completadas y el número total de tareas intentadas	Uso	$X = A/B$ A= Número de tareas completadas B = Número total de tareas intentadas Dónde: $B > 0$	0	1	Si	3	3		1.00	10.00	8.75	8.75	2.19	6.47
Efectividad de la tarea	¿Qué cantidad de los objetivos de la tarea se realiza completamente?	Tomar el valor proporcional de cada componente faltante o incorrecto en la salida de la tarea	Uso	$X = A/B$ A=Cantidad de objetivos completados por la tarea. B=Cantidad de objetivos planeados que realice la tarea	0	1	Si	2	2		1.00	10.00				
Frecuencia de error	¿Cuál es la frecuencia de los errores cometidos por el usuario en comparación con lo planeado?	Contar el número de errores cometidos por los usuarios y contar el número de tareas	Uso	$X = A/B$ A = Número de errores cometidos por los usuarios B = Número de tareas Dónde: $B > 0$	1	0	Si	3	8		0.38	6.25				
Tiempo de la tarea	¿Cuánto tiempo se tarda en completar una tarea en comparación con lo planeado?	Tomar el tiempo planeado y el tiempo actual	Uso	$X = A/B$ A= Tiempo actual B = Tiempo planeado Dónde: $A > 0$	A>B	Si $A < B$ el más cercano a 0 es lo mejor.	Si	17	15		1.13	0.00				
	¿Cuánto tiempo necesita un usuario	Tomar el tiempo que completa una tarea		$X = A/B$ A = Tiempo que completa una tarea												

Figura 31. Ejemplo de criterios de decisión para métricas de Calidad en Uso del MTH.

Fuente: Anexo A-Matriz Calidad, hoja Calidad en Uso.

5.2.4.3 Aplicar criterios de decisión de la evaluación.

EVALUACIÓN DE CALIDAD TOTAL DEL PRODUCTO DE SOFTWARE			
Módulo de Talento Humano - SIIU - UTN			
Componente	Calidad del Componente	Nivel de Puntuación	Grado de Satisfacción
Interna	N/A	N/A	N/A
Externa	6.54	Aceptable	Satisfactorio
Uso	6.47	Aceptable	Satisfactorio
Total	6.50	Aceptable	Satisfactorio

Figura 32. Resultado Final de Evaluación de Calidad del MTH.

Fuente: Anexo A-Matriz Calidad, hoja Resultado Final.

El componente Calidad Interna no se evaluó debido a que el producto software se trata de un sistema en ejecución y uso, más al no encontrarse en etapa de desarrollo, la evaluación de calidad interna no se factible de aplicar.

Tabla 53.

Cuadro resumen de calidad externa y en uso del MTH.

	Características	Valor Parcial Total (/10)	Nivel Importancia	Porcentaje Importancia	Valor Final	Calidad Parcial del Sistema (/10)	Calidad Total del Sistema (/10)
CALIDAD EXTERNA	Adecuación Funcional	10.00	Alta	15%	1.50	6.54	6.50
	Fiabilidad	6.80	Alta	25%	1.70		
	Eficiencia en el desempeño	4.47	Media	10%	0.45		
	Facilidad de Uso	3.22	Alta	20%	0.64		
	Seguridad	5.00	Alta	5%	0.25		
	Compatibilidad	10.00	Media	5%	0.50		
	Mantenibilidad	10.00	Alta	15%	1.50		
	Portabilidad	0.00	Baja	5%	0.00		
CALIDAD EN USO	Efectividad	8.75	Alta	25%	2.19	6.47	
	Eficiencia	3.53	Alta	25%	0.88		
	Satisfacción	4.65	Alta	30%	1.40		
	Libertad de Riesgo	10.00	Media	20%	2.00		
	Cobertura de contexto	0.00	No Aplica	0%	0.00		

Fuente: Anexo A-Matriz Calidad, hoja Resultado Final.

5.2.5 Concluir la evaluación

5.2.5.1 Crear el informe de evaluación.

Revisados los resultados, se elaboró el informe de evaluación, con requisitos de evaluación, resultados, limitaciones y restricciones, personal involucrado, etc. Anexo B-Informe Ejecutivo.

5.2.5.2 Revisar resultados de evaluación.

Se coordinó una reunión entre la investigadora, en calidad de evaluadora, y el Director DDTI y Administrador MTH, en calidad de evaluados; actividad que tuvo como objetivo la revisión y aceptación del *Informe Ejecutivo de Evaluación de Calidad de Software del módulo de talento humano del Sistema Informático Integrado de la Universidad Técnica del Norte, aplicando norma ISO/IEC 25000*. Se revisó y analizó conjuntamente los resultados obtenidos, con el objetivo de ampliar datos del proceso evaluativo. Anexo C-Acta de Aceptación.

5.2.5.3 Revisar la calidad de la evaluación y obtener feedback.

Revisados los resultados de evaluación y la validez del proceso aplicado durante la tarea anterior (*5.2.5.2 Revisar resultados de evaluación*) el director DDTI y administrador MTH manifestaron la posibilidad de construir una herramienta informática que realice los cálculos de la Matriz de Calidad orientado a disponer de un plataforma propia para aplicar en otros módulos del SIIU.

Cabe citar los acuerdos y observaciones pertinentes al objetivo de la presente tarea, tomados del Anexo C-Acta de Aceptación:

1. Se encuentra objetividad en la evaluación y propuesta de mejora planteada con sugerencias factibles de implementar a mediano plazo.
2. Los resultados cuantitativos obedecen a un valor esperado de acuerdo a la observación y experiencia con el MTH.
3. El modelo de calidad de software aplicado, resulta pertinente y posible de ser implantado a nivel de todo el SIIU.
4. Se acepta el Informe Ejecutivo, producto de la evaluación del MTH así como su propuesta de mejora.

5.2.5.4 Tratar los datos de la evaluación.

Finalizada la evaluación, se procedió a realizar el adecuado tratamiento con datos y objetos de la evaluación según lo acordado con los evaluados (director DDTI y administrador MTH), archivando y deshabilitando privilegios del usuario EVALDOC que sirvió para acceder al MTH.

Capítulo VI: Análisis de Impactos

6.1 Introducción

Para el análisis de datos de evaluación de calidad del módulo de talento humano del Sistema Informático Integrado de la Universidad Técnica del Norte, se revisó los resultados obtenidos con las partes interesadas, en este caso con el administrador del módulo y el director DDTI.

La revisión del informe ejecutivo de evaluación del módulo de talento humano bajo la norma ISO/IEC 25000, se llevó a cabo con la finalidad de establecer acuerdos para la efectiva ejecución de la propuesta de mejora y la viabilidad de aplicar el modelo de calidad de software ISO/IEC 25010 en otros módulos en producción y en desarrollo del SIU.

Para valorar el impacto de la investigación se aplicó una encuesta a usuarios del MTH (funcionarios de Talento Humano), receptores de información del MTH (miembros Comisión de Evaluación Interna), director DDTI y administrador MTH, para conocer el nivel de concordancia con la implementación de métricas de calidad al MTH y ejecución de mejoras que viabilicen la consecución de objetivos del software según necesidades institucionales.

Tabla 54.

Población

Población	Frecuencia	Porcentaje
Departamento DDTI	2	11.1%
Comisión Evaluación Interna	9	50.0%
Departamento Talento Humano	7	38.9%
Total	18	100%

Fuente: La Investigadora, 2017.

6.2 Procesamiento de resultados

Para el desarrollo de la investigación diagnóstica se integra la tabulación de encuestas realizadas a: Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informático, Comisión de Evaluación Interna y Departamento de Talento Humano.

Tabla 55.

Estadísticos

		Género	Concuerdan
N	Válidos	18	18
	Perdidos	0	0

Fuente: La Investigadora, 2017**Tabla 56.**

Género

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Masculino	8	44.5%	44.5	44.5
	Femenino	10	55.5%	55.5	100,0
	Total	18	100,0	100,0	

Fuente: La Investigadora, 2017

La estructura del instrumento elaborado para recolección de datos tiene preguntas cerradas que permitan conocer el criterio de los encuestados en relación a la propuesta desarrollada.

6.2.1 Análisis y resultados del instrumento

A continuación, los resultados de concordancia de los encuestados:

Tabla 57.

Concordancia con evaluación de métricas e implementación de mejoras al MTH.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Bueno	2	11.1 %	11.1	0.0
	Muy Bueno	7	38.9%	38.9	38.9
	Excelente	9	50.0%	50.0	100.0
	Total	18	100.0%	100.0	

Fuente: La Investigadora, 2017

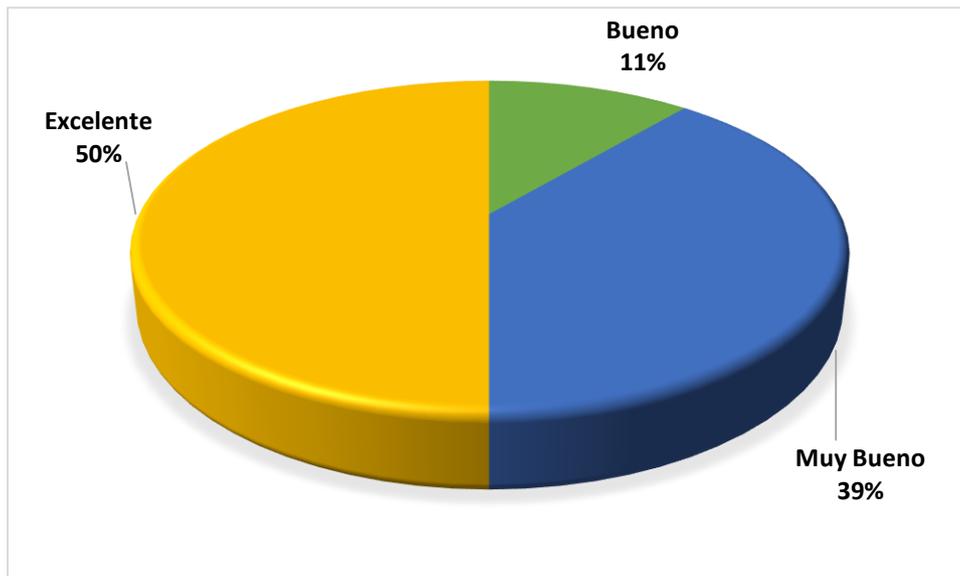


Figura 1. Criterio de concordancia de usuarios con evaluación de métricas e implementación de mejoras al MTH.

Fuente: La Investigadora, 2017.

En su mayoría los encuestados indican un *Excelente* nivel de concordancia con la aplicación de métricas de calidad e implantación de acciones de mejora al MTH.

6.3 Aplicación de la prueba Chi Cuadrado

El análisis de contingencia se realizó en relación al Género: Masculino y Femenino y a la pregunta que indica: si el informe ejecutivo de evaluación de calidad del MTH incidirá en la calidad de información de talento humano de la UTN.

6.3.1 Modelo Lógico.

Formulación de la Hipótesis

H0 = NO existe incidencia

H1 = SI existe incidencia

6.3.2 Prueba de Hipótesis.

Para la prueba de la Hipótesis se utilizó el software estadístico IBM SPSS.

6.3.3 Definición del nivel de significación.

El nivel de significación determinado para la investigación es del 5%, $\alpha = 0,05$

6.3.4 Pregunta de Análisis.

- *¿Considera que los resultados obtenidos y la implementación de la propuesta de mejora, presentados en el Informe Ejecutivo de Evaluación de Calidad de Software según ISO 25000 INCIDIRÁN en el cumplimiento de objetivos del módulo de talento humano?*

H0. Los resultados obtenidos y la implementación de la propuesta de mejora, presentados en el Informe Ejecutivo de Evaluación de Calidad de Software según ISO/IEC 25000 no INCIDIRÁN en el cumplimiento de objetivos del módulo de talento humano.

H1. Los resultados obtenidos y la implementación de la propuesta de mejora, presentados en el Informe Ejecutivo de Evaluación de Calidad de Software según ISO/IEC 25000 INCIDIRÁN en el cumplimiento de objetivos del módulo de talento humano.

Tabla 58.

Resumen de procesamiento de la pregunta de análisis

	N	Porcentaje Valido	Porcentaje Perdido	Porcentaje acumulado
Género: ¿Los resultados obtenidos y la implementación de la propuesta de mejora, presentados en el Informe Ejecutivo de Evaluación de Calidad de Software según ISO/IEC 25000 INCIDIRÁN en el cumplimiento de objetivos del módulo de talento humano?	18	100%	0,0%	100 %

Fuente: La Investigadora, 2017

Género: ¿Los resultados obtenidos y la implementación de la propuesta de mejora, presentados en el Informe Ejecutivo de Evaluación de Calidad de Software según ISO/IEC 25000 INCIDIRÁN en el cumplimiento de objetivos del módulo de talento humano?

Tabla 59.

Tabulación cruzada

		SI	NO	TOTAL
Válidos	Masculino	8	0	8
	Femenino	9	1	10
Total		17	1	18

Fuente: La Investigadora, 2017**Tabla 60.**

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	4.480 ^a	1	.034		
Corrección por continuidad ^b	2.907	1	.088		
Razón de verosimilitudes	5.043	1	.025		
Estadístico exacto de Fisher				.048	.040
Asociación lineal por lineal	4.320	1	.038		
N de casos válidos	11				

a. 1 casillas (25.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 3.57.

b. Calculado sólo para una tabla de 2x2.

Fuente: La Investigadora, 2017

6.3.5 Distribución Muestral.

Grado de libertad (gl) = (Renglon - 1) (Columna - 1), gl = 1

Para $\alpha = 0,05$ y gl=1 se tiene $X^2 = 3,84$

$X^2 c = 4,480$

$X^2 t = 3,84$

Por lo tanto, **$X^2 c > X^2 t$**

6.3.6 Decisión.

Con confiabilidad del 95%, y los cálculos correspondientes se obtiene que **$X^2 c > X^2 t$** , lo que implica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, es decir: “Los resultados obtenidos y la implementación de la propuesta de mejora, presentados en el Informe Ejecutivo de Evaluación de Calidad de Software según ISO/IEC 25000 **SI INCIDIRÁN** en el cumplimiento de objetivos del módulo de talento humano”.

Conclusiones

Es importante aplicar un modelo de calidad de software con el fin de garantizar la calidad de datos del MTH y satisfacer al personal que maneja la información de talento humano de la institución.

Se identificaron varias dificultades en el MTH: desactualización y falta de socialización del manual de usuario, escasa capacitación a usuarios, insuficiente estandarización y validación de campos de entrada en formularios de ingreso e inadecuado registro de datos.

De los modelos analizados, la familia de normas ISO/IEC 25000 proporciona flexibilidad, vigencia y mejor estructura para su aplicación.

La evaluación del MTH proporcionó una valoración de 6,54 sobre 10 puntos para calidad externa; 6,47 sobre 10 puntos para calidad en uso; y 6,50 sobre 10 puntos para calidad total, considerado como nivel de puntuación “*Acceptable*” y grado de satisfacción “*Satisfactorio*”; resultado que evidenció la importancia de tomar en cuenta métricas de calidad internas, externas y en uso según el modelo de calidad de software aplicado.

La comprobación de métricas de calidad, orientaron la elaboración de una propuesta de mejora del MTH, sustentando las condiciones que propiciaron la obtención de resultados cuantitativos, para finalmente brindar un análisis cualitativo de calidad de software.

Recomendaciones

Al Director Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informático:

1. Establezca como política del Departamento la aplicación de encuestas de satisfacción de usuarios operativos para mantener retroalimentación constante que influya en la mejora de productos software del SIIU.
2. Análisis de la propuesta de mejora planteada para calidad externa y calidad en uso, con la finalidad de elaborar un plan que incluya: objetivos, metas, actividades, tareas, plazos, presupuesto (si es el caso), responsable, productos.
3. Aplicación de la norma ISO/IEC 25023 en lo referente a calidad interna para módulos o sistemas que se encuentren o estén por desarrollarse.
4. Se propenda a la evaluación de calidad de datos del MTH para lo cual se deberá aplicar la norma ISO/IEC 25024 según el modelo de calidad de datos ISO/IEC 25012.
5. Durante la implementación de mejoras del MTH se recomienda realizar pruebas necesarias y suficientes con usuarios operativos, a fin de enmendar y mejorar inconvenientes que influyan en la calidad externa y en uso del producto.
6. Se estructure un equipo de testers para la realización de pruebas de software previo a su puesta en producción.
7. Depuración de registros almacenados en la base de datos del MTH con el objetivo de garantizar información con mayor calidad.
8. Se formule un plan para ejecutar, a corto plazo, la reingeniería del MTH.
9. Implementación de una aplicación informática para el registro y cálculo automático de resultados de evaluación de productos software, basada en los modelos de evaluación ISO/IEC 25022 (uso) e ISO/IEC 25023 (interna y externa).

A: Director DDTI y Directora Talento Humano:

10. Se elabore, difunda y aplique una normativa interna que garantice el cumplimiento adecuado de responsabilidades del personal académico y administrativo, respecto a brindar y registrar información confiable al MTH.

Siglas

Abreviatura	Descripción
A	Alta
B	Baja
BDD	Base de Datos
BI	Business Intelligence
BPM	Business Process Management
BSC	Balanced Score Card
CAI	Centro Académico de Idiomas
Ceaaces	Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior
CEI	Comisión de Evaluación Interna
CES	Consejo de Educación Superior
CMMi	Capability Maturity Model Integration
CPC	Clasificación Central de Productos
C-QM	Comprehensive Quality Model
CUICYT	Centro Universitario de Investigación Científica y Tecnológica
DDTI	Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático
DGTH	Dirección de Gestión de Talento Humano
ERP	Enterprise Resource Planning
FACAE	Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas
FCS	Facultad de Ciencias de la Salud
FECYT	Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología
FICA	Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
FICAYA	Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales
FURPS	Functionality, Usability, Reliability, Performance, Supportability
GQM	Goal - Question – Metrics
IBM	International Business Machines Corporation
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IES	Instituciones de Educación Superior
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización

ISO	International Standards Organization
M	Media
MPS	Mejora Procesos de Software
MTH	Módulo de Talento Humano
N/A	No Aplica
PQM	Portal Quality Model
PSM	Practical Software Measurement
PSP	Personal Software Process
QIP	Quality Improvement Process
ROI	Retorno de la Inversión
RTF	Revisiones Técnicas Formales
RUP	Rational Unified Process
SATC	Software Assurance Technology Center
SEI	Software Engineering Institute
Senescyt	Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación
SGRH	Sistema de Gestión de Recursos Humanos
SI	Sistema de Información
SIU	Sistema Informático Integrado Universitario
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SQAE	Software Quality Assessment Exercise
SQuaRE	System and Software Quality Requirements and Evaluation
TI o IT	Tecnologías de la Información
TSP	Team Software Process
UTN	Universidad Técnica del Norte
WebQEM	Web Quality Evaluation Method

Referencias Bibliográficas

- Alfonzo, P., & Mariño, S. (2013). Los estándares internacionales y su importancia para la industria del software. *Ciencia y Técnica Administrativa*. Vol 12, Nro. 2.
- Andreu, R. (1996). *Estrategia y Sistemas de Información*. España: McGraw - Hill.
- Boehm. (1981). Characteristics of Software Quality. *North-Holland Publishing*, 130.
- Bradley, R., Pridmore, J., & Byrd, T. (2006). Information systems success in the context of different corporate cultural types: an empirical investigation. *Journal of Management Information Systems*, 267–294.
- Calero, C., Piattini, M., & Moraga, M. (2010). *Calidad del producto y proceso software*. Madrid: Editorial Ra-Ma.
- Chávez, M. (1 de Marzo de 2011). *Variables y Escalas de Medición*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/SCSF2011/012-variables-medicion>
- Constanzo, M. (2014). Comparación de Modelos de Calidad, factores y metricas en el ámbito de la Ingeniería del Software. *Universidad Nacional de la Patagonia Austral - Unidad Académica Río Gallegos*, 36.
- Domínguez, J., Perera, E., & Verona, S. (2016). INFORMATIZACIÓN DE UN MODELO CUANTITATIVO PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS DE SOFTWARE BASADO EN EL ENFOQUE META – PREGUNTA – MÉTRICA. XVI *Convención y Feria Internacional Informática 2016*. Habana.
- Esparza, P. (2006). *Modelos de Calidad Web, clasificación de métricas*. España: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Estayno, M., Dapozo, G., Liliana., C., & Greiner, C. (2009). MODELOS Y MÉTRICAS PARA EVALUAR CALIDAD DE SOFTWARE. *Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, 6.
- Gable, G., Sedera, D., & Chan, T. (2008). Re-conceptualizing Information System Success: the IS-Impact Measurement Model. *Journal of the Association for Information Systems*, 377-408.
- García, J. C. (25 de julio de 2017). Entrevista Director DDTI - UTN. (T. V. Sierra, Entrevistador)
- González, A., André, M., & Hernández, A. (2015). Análisis comparativo de modelos y estándares para evaluar la calidad del producto de software. *Revista Cubana de Ingeniería*, Vol. 6, Num. 3, 43-52.
- INEC. (2017). *Clasificación Central de Productos v2 «Servicios de diseño y desarrollo de la tecnología de la información (IT)»*. Quito: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- ISO/IEC 25000. (2004). *ISO/IEC 25000, «Software product quality life cycle model,» de Software engineering - Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Guide to SQuaRE*. Suiza: International Organization for Standardization.

- ISO/IEC 25010. (2011). ISO/IEC 25010. *NTE INEN-ISO/IEC 25010*. Suiza: International Organization for Standardization.
- ISO/IEC 25020. (2011). *Measurement reference model and guide*. Suiza: International Organization for Standardization.
- ISO/IEC 25022. (2012). «*Quality in Use Measures,*» de *Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Measurement of quality in use*. Suiza: International Organization for Standardization.
- ISO/IEC 25023. (2011). «*Use of System and software product quality Measures,*» de *Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Measurement of system and software product quality,*. Suiza: International Organization for Standardization.
- ISO/IEC 25040. (2011). Modelo de referencia de evaluación y guía. *Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- Evaluation process*. Suiza: ISO.
- ISO/IEC 9126. (2001). Software Engineering - Product quality. Suiza: International Organization for Standardization.
- Lee, R. (2012). Does the success of information systems really matters to firm performance. *iBusiness*, 98-107.
- Llaneza, M., Dapozo, G., Greiner, C., & Estayno, M. (2013). Análisis comparativo de modelos de calidad orientado al desarrollo de software. *XV Workshop de investigadores en ciencias de la computación*, 5.
- Lozano, E. (2015). *Cuadro comparativo de los modelos de calidad*. Bogotá: Universidad de Santander.
- Mahmood, M., & Soon, S. (1991). A comprehensive model for measuring the potential impact of information technology on organizational strategic variables. *Decision Sciences*, 869–897.
- McCall, J., & Cavano, J. (1978). A Framework for the Measurement of Software Quality. *ACM Software Quality Assurance Workshop*.
- Moreno, J., Bolaños, L., & Navia, M. (2010). Exploración de Modelos y Estándares de calidad para el producto software. *Universidad Industrial de Santander*.
- Moreno, J., Bolaños, L., & Navia, M. (2010). Exploración de Modelos y Estándares de Calidad Para el Producto Software. *UIS Ingenierías, Volumen 9, No. 1*, 39-53.
- Muñoz, Barrios, Hernández, López, & Rivera. (2015). Nuevas capacidades de integración de información docente en Instituciones de Educación Superior en Cuba. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*.
- Muñoz, G. (2009). Sistema de Administración y Gestión de Recursos Humanos ERP-SGRH-UTN. Ibarra, Imbabura, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.

- Olsina, L. (2007). Ingeniería Web; Marco de medición y evaluación de calidad. *Departamento de informática. Universidad Nacional de San Luis - La Rioja – Catamarca.*
- Pérez, & Machado. (2014). Relationship between management information systems and corporate performances. *Revista de Contabilidad – Spanish Accounting Review.*
- Portal ISO 25000. (2017). *Portal ISO 25000.* Obtenido de <http://iso25000.com/>
- Rai, Patnayakuni, & Seth. (2006). Firm performance impacts of digitally enabled supply chain integration capabilities. 205-246.
- Ravichandran, T., & Lertwongsatien, C. (2005). Effect of information systems resources and capabilities on firm performance: A resource based perspective. *Journal of Management Information Systems, 237–276.*
- Ruiz, G., Peña, A., Castro, C., Alaguna, A., Areiza, L., & Rincón, R. (2006). Modelo de Evaluación de Calidad de Software Basado en Lógica Difusa, Aplicada a Métricas. *Revista Avances en Sistemas e Informática.*
- Santibáñez, J. (2017). *José Miguel Santibáñez Allendes.* Obtenido de <http://jms.caos.cl/si/si01.html>
- Scalone, F. (2006). *Estudio Comparativo de los Modelos y Estándares de Calidad del Software.* Buenos Aires, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.
- Sethi, V., & King, W. (1994). Development of measures to assess the extent to which an information technology application provides competitive advantage. *Management Science, 1601–1627.*
- Tallon, P., Kraemer, L., & Gurbaxani, V. (2000). Executives perceptions of the business value of information technology: a process-oriented approach. *Journal of Management Information Systems, 145–173.*
- Treacy, & Bakos. (1986). Information technology and corporate strategy: A research perspective. *MIS Quarterly, 107-119.*
- Trujillo, Y., Febles, A., & León, G. (2014). Modelo para valorar las organizaciones al iniciar la mejora. *Revista Chilena de Ingeniería, vol. 22, núm. 3., 412-420.*
- Universidad Técnica del Norte. (10 de 08 de 2017). *UniPortal Web - UTN.* Obtenido de http://www.utn.edu.ec/web/uniportal/?page_id=2171
- Ynzunza, & Izar. (2011). Efecto de las estrategias competitivas y los recursos y capacidades orientados al mercado sobre el crecimiento de las organizaciones. *Contaduría y administración, 169-197.*
- Zamora, E. (09 de agosto de 2017). Entrevista Directora de Talento Humano - UTN. (T. Vaca, Entrevistador)

Anexos

Anexo A: Matriz de Calidad

EVALUACIÓN DE CALIDAD EXTERNA																		
Característica	Subcaracterística	Métrica	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fase ciclo de vida de calidad del producto	Fórmula / Variable	Peor caso	Valor Deseado	Aplicación	Variables		Valor Obtenido	Valor Métrica / 10	Final Subcaracterística	Total Característica	Final Característica	Calidad Externa del Sistema	
Adecuación Funcional	Complejidad funcional	Complejidad de la implementación funcional	¿Cuán completa es la implementación de acuerdo a la especificación de requerimientos?	Contar el número de las funciones indicadas en la especificación de requerimientos y el número de funciones que faltan o están incorrectas	Interna/Externa	$X = A/B$ A = Número de funciones que están incorrectas o que no fueron implementadas B = Número de las funciones establecidas en la especificación de requisitos Dónde: $B > 0$	1	0	Si	0,00	9,00	0,00	10,00	10	10,00	1,50		
	Madurez	Tiempo medio entre fallos	¿Cuáles es la frecuencia en que el sistema falla en la operación?	Tomar el tiempo de operación y contar el número total de fallas detectadas actualmente	Externa	$X = A/T$ A = Número total de fallas detectadas actualmente T = Tiempo de operación Dónde: $T > 0$	>=15seg	0seg	Si	2,00	10,00	0,20	0,00	0,00				
Fiabilidad	Disponibilidad	Tiempo de servicio	¿Cuál es el tiempo de servicio del sistema que proporciona realmente?	Tomar el tiempo de servicio del sistema que se proporciona actualmente y tomar el tiempo de servicio del sistema regulado en el cronograma operacional	Externa	$X = A/B$ A = Tiempo de servicio del sistema que se proporciona actualmente B = Tiempo de servicio del sistema regulado en el cronograma operacional Dónde: $B > 0$	0	1	Si	38,00	40,00	0,95	9,50	2,85	6,80	1,70		
	Tolerancia a fallos	Redundancia	¿Cuántos tipos de componentes/sistemas son instalados de forma redundante para evitar un fallo en el sistema?	Contar el número total de tipos de componentes y el número de tipos de componentes instalados de forma redundante	Interna/Externa	$X = A/B$ A = Número componentes/sistemas instalados de forma redundante B = Número total de componentes/sistemas instalados Dónde: $B > 0$	0	1	Si	96,00	96,00	1,00	10,00					2
	Recuperabilidad	Tiempo medio de recuperación	¿Cuál es el tiempo promedio que toma el sistema en recuperarse completamente después un fallo?	Tomar el tiempo que le tomó al sistema en recuperarse y contar el número de casos en los cuales se ha observado que el sistema entró en recuperación	Interna/Externa	$X = A/T$ A = Número de casos en los cuales se ha observado que el sistema entró en recuperación T = Tiempo que le tomó al sistema en recuperarse Dónde: $T > 0$	>=10min	0min	Si	2,00	8,00	0,25	9,75					1,95
		Tiempo de respuesta	¿Cuál es el tiempo estimado para completar una tarea?	Tomar el tiempo desde que se envía la petición hasta obtener la respuesta	Interna/Externa	$X = B - A$ A = Tiempo de envío de petición B = Tiempo en recibir la	>15seg	1seg	Si	1,00	7,00	6,00	4,00					

Preliminares

Calidad Interna

Calidad Externa

Calidad en Uso

Resultado Final



Característica	Subcaracterística	Métrica	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fase ciclo de vida de calidad del producto	Fórmula / Variable	Peor caso	Valor Deseado	Apl.	Variables	Valor Obtenido	Valor Métrica 10	Final Subcaracterística	Total Característica	Final Característica	Calidad Externa del Sistema	
Eficiencia en el desempeño	Comportamiento del tiempo	Tiempo de espera	¿Cuál es el tiempo desde que se envía una instrucción, para que inicie un	Tomar el tiempo cuando se inicia un trabajo y el tiempo en completar el trabajo	Internal/Externa	$X = B - A$ A= Tiempo cuando se inicia un trabajo B = Tiempo en completar el trabajo	>15min	15min	Si	0,00	17,00	17,00	0,00	0,54	4,46	0,45	6,54
		Rendimiento	¿Cuántas tareas pueden ser procesadas por unidad de tiempo?	Contar el número de tareas completadas en un intervalo de tiempo	Internal/Externa	$X = A/T$ A= Número de tareas completadas T = Intervalo de tiempo Dónde: $T > 0$	0	>=10min	Si	1,00	15,00	0,07	0,07				
	Utilización de recursos	Utilización de CPU	¿Cuánto tiempo de CPU es usado para realizar una tarea dada?	Tomar el tiempo de operación y la cantidad de tiempo de CPU que se usa para realizar una tarea	Internal/Externa	$X = B - A$ A= La cantidad de tiempo de CPU que realmente es usado para realizar una tarea B = Tiempo de operación Dónde: $B > 0$	>=1min	0	Si	7,20	8,00	0,80	9,20	0,32			
		Capacidad	¿Cuántos usuarios pueden acceder al sistema simultáneamente en un cierto tiempo?	Contar el número máximo de accesos simultáneos y tomar el tiempo de operación	Internal/Externa	$X = A/T$ A= Número máximo de accesos simultáneos T = Tiempo de operación Dónde: $T > 0$	0seg	>=10seg	Si	100,00	5,00	20,00	10,00	3,00			
Facilidad de Uso	Capacidad para ser entendido	Efectividad de la documentación del usuario o ayuda del sistema	¿Qué cantidad de funciones están descritas correctamente en la documentación del usuario o ayuda en línea?	Contar el número de funciones descritas correctamente y contar el número total de funciones implementadas	Internal/Externa	$X = A/B$ A= Número de funciones descritas correctamente B = Número total de funciones implementadas Dónde: $B > 0$	0	1	Si	4,00	9,00	0,44	4,44	2,22	3,22	0,64	
	Protección contra errores del usuario	Verificación de entradas válidas.	¿Qué cantidad de ítems de entrada son validados?	Contar el número de ítems de entrada que son validados y el número de ítems que necesitan ser validados	Internal/Externa	$X = A/B$ A= Número de ítems de entrada que son validados B = Número de ítems que necesitan ser validados Dónde: $B > 0$	0	1	Si	2,00	10,00	0,20	2,00	1			
Seguridad	Autenticidad	Métodos de autenticación	¿Qué tan bien el sistema autentica la identidad de un sujeto o recurso?	Contar el número de métodos de autenticación previstos	Internal/Externa	$X = A$ A = Número de métodos de autenticación previstos	0	>=2	Si	1,00		1,00	5,00	5,00	5,00	0,25	
Compatibilidad	Co-existencia	Co-Existencia disponible	¿Qué tan adaptable es el sistema en compartir su entorno con otros sistemas sin causar efectos adversos?	Contar el número de entidades con las que el producto puede coexistir y el número de entidades en el entorno de operación que requieren de coexistencia	Internal/Externa	$X = A/B$ A = Número de entidades con las que el producto puede coexistir B = Número de entidades en el entorno de operación que requieren de coexistencia Dónde: $B > 0$	0	1	Si	2,00	2,00	1,00	10,00	10,00	10,00	10,00	0,50

Característica	Subcaracterística	Métrica	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fase ciclo de vida de calidad del producto	Fórmula / Variable	Peor caso	Valor Deseado	Aplicación	Variables	Valor Obtenido	Valor Métrica 10	Final Subcaracterística	Total Característica	Final Característica	Calidad Externa del Sistema	
Mantenibilidad	Capacidad de ser modificado	Complejidad de modificación	¿Con qué facilidad el desarrollador puede modificar el software para resolver problemas?	Tomar el tiempo de trabajo que le toma al desarrollador modificar y contar el número de modificaciones	Externa	$X = A/T$ A = Número de modificaciones T = Tiempo de trabajo que le toma al desarrollador modificar Dónde: $T > 0$	0 min	>=1 día	Si	10,00	8,00	1,25	10,00	10,00	10,00	1,50	
	Capacidad de ser Instalado	Eficiencia en el tiempo de instalación	¿Cuánto tiempo es requerido para realizar una instalación?	Contar el tiempo total transcurrido al instalar el sistema y contar el número de reintentos al instalar el sistema	Externa	$X = A/T$ A = Número de reintentos al instalar el sistema T = Tiempo total transcurrido al instalar el sistema Dónde: $T > 0$	>=10min	0min	Si	3,00	15,00	0,20	0,00	0	0,00	0,00	

EVALUACIÓN DE CALIDAD EN USO																	
Características	Subcaracterísticas	Métrica	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fase ciclo de vida de calidad del producto	Fórmula / Variables	Peor caso	Valor Deseado	Aplica	Variables		Valor Obtenido	Valor Métrica / 10	Final Subcaracterística	Total Característica	Final Característica	Calidad de Uso del Sistema
Efectividad	Efectividad	Complejidad de la tarea	¿Qué cantidad de tareas son completadas correctamente?	Contar el número de tareas completadas y el número total de tareas intentadas	Uso	$X = A/B$ A= Número de tareas completadas B = Número total de tareas intentadas Dónde: $B > 0$	0	1	Si	3	3	1,00	10,00	8,75	8,75	2,19	6,47
		Efectividad de la tarea	¿Qué cantidad de los objetivos de la tarea se realiza completamente?	Tomar el valor proporcional de cada componente faltante o incorrecto en la salida de la tarea	Uso	$X = A/B$ A=Cantidad de objetivos completados por la tarea. B=Cantidad de objetivos planeados que realice la tarea	0	1	Si	2	2	1,00	10,00				
		Frecuencia de error	¿Cuál es la frecuencia de los errores cometidos por el usuario en comparación con lo planeado?	Contar el número de errores cometidos por los usuarios y contar el número de tareas	Uso	$X = A/B$ A = Número de errores cometidos por los usuarios B = Número de tareas Dónde: $B > 0$	1	0	Si	3	8	0,38	6,25				
Eficiencia	Eficiencia	Tiempo de la tarea	¿Cuánto tiempo se tarda en completar una tarea en comparación con lo planeado?	Tomar el tiempo planeado y el tiempo actual	Uso	$X = A/B$ A= Tiempo actual B = Tiempo planeado Dónde: $A > 0$	A>B	Si $A \leq B$ el más cercano a 0 es lo mejor.	Si	17	15	1,13	0,00	3,53	3,53	0,88	6,47
		Tiempo relativo de la tarea	¿Cuánto tiempo necesita un usuario normal en completar una tarea en comparación con un experto?	Tomar el tiempo que completa una tarea un usuario normal y el tiempo que completa una tarea un usuario experto	Uso	$X = A/B$ A = Tiempo que completa una tarea un usuario experto B = Tiempo que completa una tarea un usuario normal Dónde: $B > 0$	0	1	Si	12	17	0,71	7,06				
Satisfacción		Nivel de satisfacción	¿Qué tan satisfecho está el usuario?	Realizar un cuestionario sobre el nivel de satisfacción sobre el sistema.	Uso	$X = A/B$ A= Número de preguntas con respuesta satisfactorias B = Número total de preguntas realizadas en el cuestionario. Dónde: $B > 0$	0	1	Si	6	8	0,75	7,50				6,47
							$X = A/B$ A= Número de funciones específicas										

Características	Subcaracterísticas	Métrica	Propósito-métrica	Método de aplicación	Fase crítico de vida de calidad del producto	Fórmula / Variables	Peor caso	Valor Deseado	Aplica	Variables		Valor Obtenido	Valor Métrica / 10	Final Subcaracterística	Total Característica	Final Característica	Calidad de Uso del Sistema
Satisfacción	Utilidad	Uso discrecional de las funciones	¿Qué porcentaje de los usuarios optan por utilizar las funciones sistema?	Observación de uso	Uso	$X = A/B$ A= Número de funciones específicas del software que se utilizan B= Número total de funciones que están destinados a ser usados Dónde: $B > 0$	0	1	Si	5	9	0,56	5,56	4,65	4,65	1,40	
		Porcentaje de quejas de los clientes	¿Cuál es el porcentaje de quejas realizadas por los clientes?	Contar el número de clientes que se quejan y contar el número total de clientes	Uso	$X = A/B$ A = Número de clientes que se quejan B = Número total de clientes Dónde: $B > 0$	1	0	Si	10	11	0,91	0,91				
Libertad de Riesgo	Libertad del riesgo de salud y seguridad	Frecuencia de problemas en la salud y seguridad del usuario	La frecuencia de problemas de salud entre los usuarios del producto	Contar el número de usuarios que notificaron problemas de salud y contar el número total de usuarios	Uso	$X = A/B$ A = Número de usuarios que notificaron problemas de salud B = Número total de usuarios Dónde: $B > 0$	1	0	Si	0	8	0,00	10,00	10,00	10,00	2,00	

Anexo B: Extracto del Informe Ejecutivo de Evaluación de Calidad de Software del módulo de talento humano del Sistema Informático Integrado de la Universidad Técnica del Norte, aplicando norma ISO/IEC 25000.

1. Análisis de Resultados

A continuación, se muestra la representación gráfica y análisis de valores obtenidos de acuerdo a la evaluación realizada.

1.1 Resultado de Calidad Externa del producto MTH según ISO/IEC 25000.

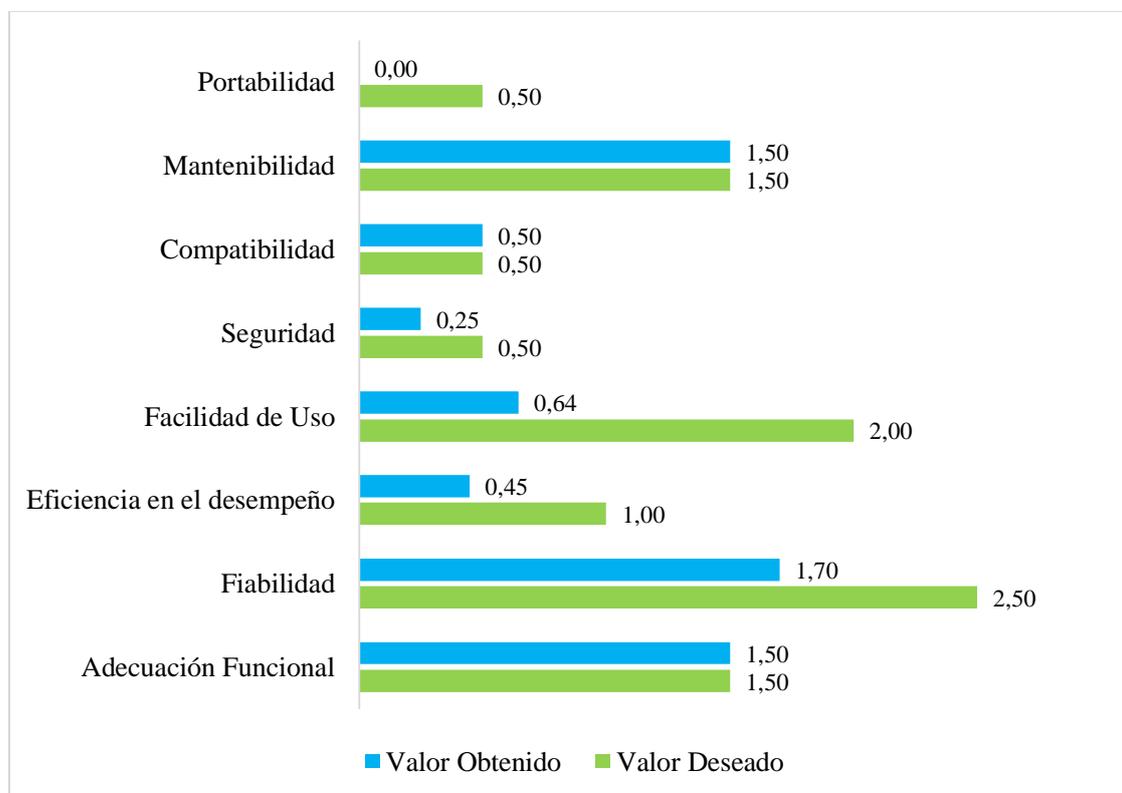


Gráfico 1. Valores obtenidos - Calidad Externa MTH según ISO/IEC 25000, a nivel característica.

Fuente: La Investigadora, 2017.

Análisis: El gráfico 1 presenta valores: deseado y obtenido de características de calidad externa evaluadas, donde dos de cinco características definidas con importancia “Alta”: Adecuación Funcional y Mantenibilidad alcanzaron un cumplimiento del 100%, seguidas de Fiabilidad 68%, Seguridad 50%, Facilidad de Uso 32.22%. Dos características definidas con importancia “Media” donde Compatibilidad alcanzó 100% y Eficiencia en el desempeño 44.66%. Finalmente, la característica Portabilidad definida con importancia “Baja” obtuvo un resultado negativo igual a 0%. Se rescata de la característica “Adecuación Funcional” que las funciones solicitadas por usuarios

han sido implementadas en su totalidad, aunque en Calidad en Uso se aprecia que no todas son utilizadas, es decir, se requiere una revisión de su pertinencia dentro del módulo.

1.2 Resultado de Calidad en Uso del producto MTH según ISO/IEC 25000.

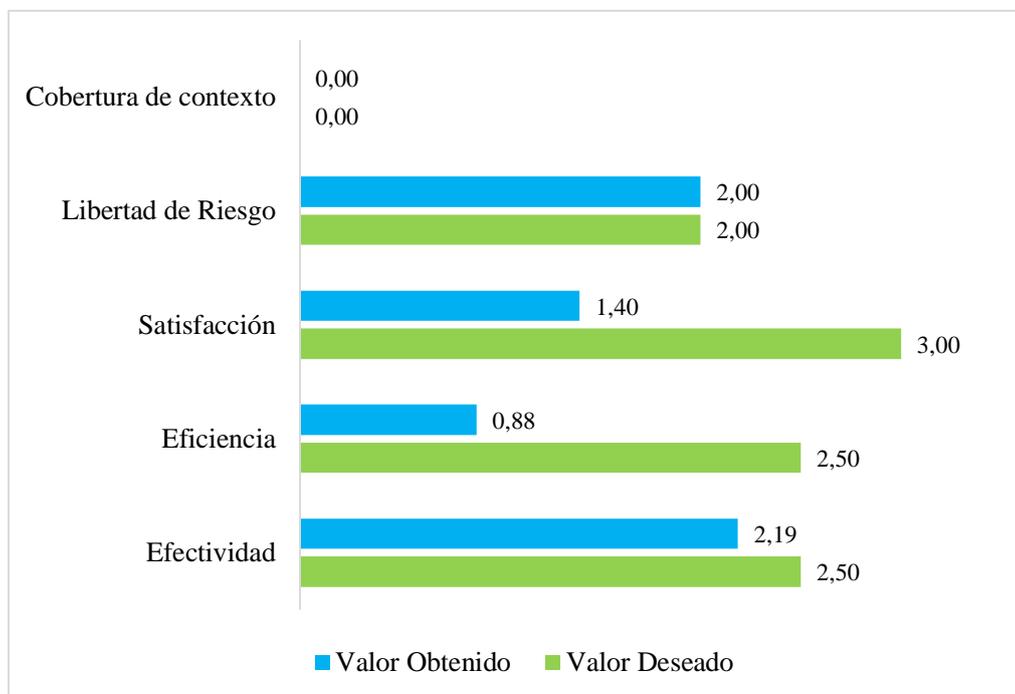


Gráfico 2. Valores obtenidos - Calidad en Uso MTH según ISO/IEC 25000, a nivel característica.

Fuente: La Investigadora, 2017.

Análisis: El gráfico 2 presenta valores: deseado y obtenido de características de calidad en uso evaluadas, donde una de tres características definidas con importancia “Alta”, Efectividad alcanzó un cumplimiento de 87,50%, seguida de Satisfacción 46,55% y Eficiencia 35,29%. Una característica definida con importancia “Media”, Libertad de Riesgo alcanzando el 100% de cumplimiento. Se consideró como no necesaria la evaluación de la característica Cobertura de Contexto, ya que su ámbito de aplicación es a través del SIIU el cual maneja la misma interfaz y acceso a distintos módulos y lo que diferencia son los roles y atributos a usuarios. Se rescata de la gráfica que la característica “Satisfacción” es la más relevante con un peso ponderado de 3 / 10 puntos y de ella se logra un cumplimiento menos al 50%.

1.3 Resultado Final de Evaluación del producto MTH según ISO/IEC 25000.

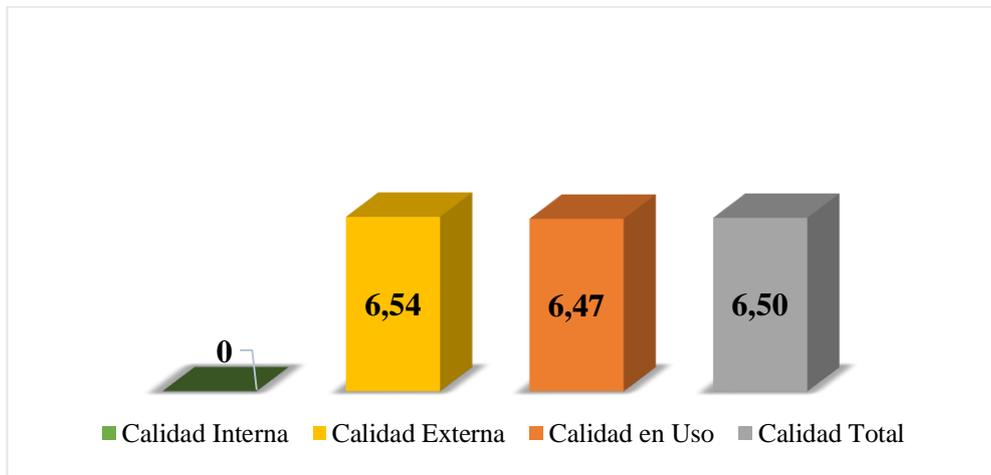


Gráfico 3. Valores obtenidos de calidad total del producto MTH según ISO/IEC 25000.

Fuente: La Investigadora, 2017.

Análisis: El gráfico 3 presenta resultados de calidad externa, en uso y calidad total obtenidos. Al ser el MTH un producto en ejecución y uso, no se evaluó Calidad Interna (CI) otorgándole valor 0/0 puntos, Calidad Externa (CE) alcanzó 6,54/10 puntos y Calidad en Uso (CU) obtuvo 6,47/10 puntos; datos que permitieron calcular la Calidad Total (CT) como promedio entre CE y CU, resultando un valor de **6,50/10** puntos. Indica un nivel de puntuación “*Aceptable*” y un grado de satisfacción “*Satisfactorio*”.

1.4 Calidad total obtenida y faltante para el producto software MTH.

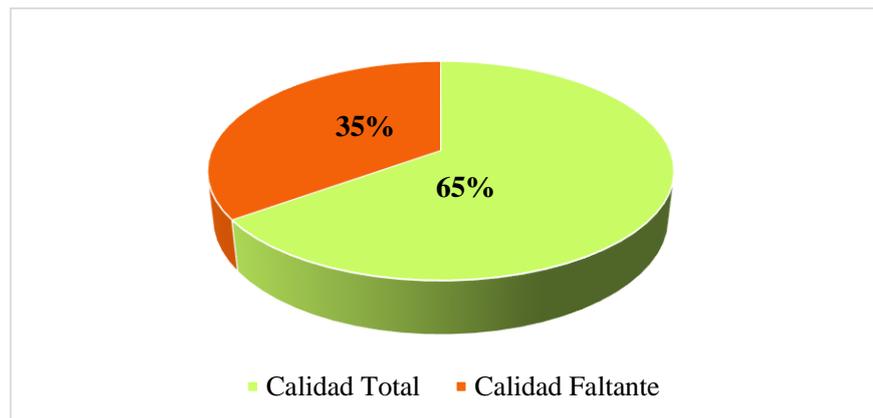


Gráfico 4. Calidad Total y Calidad Faltante del Producto Software MTH

Fuente: La Investigadora, 2017.

Análisis: El gráfico 4 proporciona una visión gráfica del porcentaje alcanzado equivalente al 65% y del faltante 35%, porcentaje que se prevé reducir con la implementación de acciones de mejora que apoyen el incremento de calidad del producto.

2. Propuesta de Mejora para “Módulo de Talento Humano”

De acuerdo a resultados obtenidos de evaluación, se propone las siguientes mejoras a implementar en el producto software MTH, en base a métricas aplicadas en Matriz de Calidad:

2.1 Propuestas para incrementar la Calidad Externa del producto software MTH.

Característica (/ 10)	Subcaracterística (ponderado)	Métrica (/ 10)	Propósito métrica	Explicación	Propuesta de Mejora
Adecuación Funcional (10,00)	Complejidad funcional (10,00)	Complejidad de la implementación funcional (10,00)	¿Cuán completa es la implementación de acuerdo a la especificación de requerimientos?	Cumple con el 100% de funciones implementadas según funciones detalladas mediante diagramas de casos de uso en el documento tesis. Durante 8 años que el MTH se encuentra en producción, se han hecho actualizaciones en código e interfaz del producto.	Obtener documentación de levantamiento y análisis de requerimientos del MTH. Actualizar documentación acorde a necesidades vigentes de usuarios.
	Fiabilidad (6,80)	Madurez (0,00)	Tiempo medio entre fallos (0,00)	¿Cuál es la frecuencia en que el sistema falla en la operación?	Durante 10 minutos de operación se detectó 2 fallas producidas en la misma tarea.	Dialogar con usuarios MTH a fin de disponer de un listado de tareas que producen falla durante la operación cotidiana de funciones. Comprobar fallas (personalmente o a través de capturas de pantalla de usuarios), establecer motivos de fallo, definir e implementar acción correctiva.
Disponibilidad (2,85)		Tiempo de servicio (9,50)	¿Cuál es el tiempo de servicio del sistema que proporciona realmente?	De acuerdo a respuesta del administrador MTH se promedia 2 horas como fuera de servicio durante una jornada de 40 horas semanales.	A pesar de ser un promedio bajo como fuera de servicio del producto, se recomienda evitar actividades que interfieran durante horario laboral de usuarios operativos del MTH.

Característica (/ 10)	Subcaracterística (ponderado)	Métrica (/ 10)	Propósito métrica	Explicación	Propuesta de Mejora
	Tolerancia a fallos (2,00)	Redundancia (10,00)	¿Cuántos tipos de componentes/sistemas son instalados de forma redundante para evitar un fallo en el sistema?	Se verificó que el DDTI dispone de un servidor donde se respalda todos los componentes que conforman el SIIU (formas, menús, etc.). Particularmente el MTH dispone de 96 componentes tanto en servidor de producción como servidor backup.	Continuar con política de respaldo que asegure la recuperación de versiones, datos y demás componentes que forman parte del MTH y su entorno en general. Elaborar Manual Técnico del producto especificando cada componente, su función, versión, procedimiento y demás detalles que contribuyan a una pronta detección de acciones a realizar para evitar fallos en el módulo.
	Recuperabilidad (1,95)	Tiempo medio de recuperación (9,75)	¿Cuál es el tiempo promedio que toma el sistema en recuperarse completamente después un fallo?	Se realizó una prueba respecto a recuperación luego del fallo de una acción específica mas no a falla completa del sistema. Durante la ejecución de la prueba, se produjo fallo por dos ocasiones en la misma tarea, (bloqueo de sesión de usuario), se tomó el tiempo medio que tarda la acción hasta que vuelva a funcionar correctamente en 4min.	Mantener un registro de fallos completos del MTH o SIIU (inicio, fin, causa, solución, riesgo). Analizar registro de fallos y elaborar planes de contingencia.
Eficiencia en el desempeño (4,47)	Comportamiento del tiempo (0,55)	Tiempo de respuesta (4,00)	¿Cuál es el tiempo estimado para completar una tarea? (Envío de petición y recepción de primera respuesta)	Para las pruebas ejecutadas (reportes) se modificó el valor deseado para la métrica, según modelo de evaluación, de 15 a 1 segundo ya que la complejidad de consultas de bdd es sencilla y no requiere un tiempo mayor; sin embargo, se comprobó que al enviar la petición de un mismo reporte y obtener la primera respuesta, superó los 7 segundos. Se presume que el retardo de respuesta se debe en	Detectar la causa que origina, durante la ejecución de tareas, el tiempo inactivo del cursor para continuar al siguiente campo ya que se ha verificado que requiere un par de segundos para continuar (generalmente en pantallas de ingreso de datos); esta detección y solución mejoraría al SIIU en general. Regular el ingreso indiscriminado de registros a campos importantes de los formularios de entrada razón por la que

Característica (/ 10)	Subcaracterística (ponderado)	Métrica (/ 10)	Propósito métrica	Explicación	Propuesta de Mejora
				<p>ocasiones a la saturación de la red interna.</p> <p>Se estima que otro inconveniente con el tiempo de respuesta se debe a que existe variedad de registros creados sin cuidado de repitencia, por citar: “Motivo” en la elaboración de acciones de personal y “Cargos” en la asignación de cargos de personal académico y administrativo.</p>	<p>se tarda el sistema en responder a peticiones durante tareas de entrada.</p>
		<p>Tiempo de espera (0,00)</p>	<p>¿Cuál es el tiempo desde que se envía una instrucción, para que inicie un trabajo, hasta que lo completa?</p>	<p>Según explicación y propuesta de mejora de la métrica anterior, el tiempo que tardan las instrucciones de una tarea (elaboración de contratos) incrementa el tiempo de espera. Particularmente en la elaboración de contratos si el MTH no se retardara con la inactividad del cursor, la tarea pudiera concluirse en menos un 20% del tiempo.</p> <p>Otra prueba realizada fue la ejecución de: ingreso de ficha de empleado (19 min 30 seg), elaboración de contrato (13min) e impresión contrato (30seg), obteniendo 3 tareas en 31 minutos. Considerando que la última tarea no requiere un tiempo relevante, se promedia entre las dos primeras tareas un valor sobre los 16min, superando el estándar óptimo de 15min.</p>	<p>Detectar la causa que origina, durante la ejecución de tareas, el tiempo inactivo del cursor para continuar al siguiente campo ya que se ha verificado que requiere un par de segundos para continuar (generalmente en pantallas de ingreso de datos); esta detección y solución mejoraría al SIIU en general.</p>

Característica (/ 10)	Subcaracterística (ponderado)	Métrica (/ 10)	Propósito métrica	Explicación	Propuesta de Mejora
		Rendimiento (0,10)	¿Cuántas tareas pueden ser procesadas por unidad de tiempo?	Se verificó que el MTH no permite ejecutar más de una tarea por usuario específico durante el mismo tiempo y en el mismo equipo.	Habilitar la opción de multitarea en los formularios del MTH.
	Utilización de recursos (0,92)	Utilización de CPU (9,20)	¿Cuánto tiempo de CPU es usado para realizar una tarea dada?	Durante la prueba realizada se ejecutó el reporte de todos los empleados administrativos, tarea medida con el Administrador de Tareas de Windows reportando el 7,2% de uso del CPU con tiempo de 7,2seg de uso frente a 8seg de operación.	Optimizar las consultas, procedimientos y demás transacciones internas del MTH con la finalidad de evitar consumo innecesario de recursos: CPU, memoria, ancho de banda, etc.
	Capacidad (3,00)	Número de accesos simultáneos (10,00)	¿Cuántos usuarios pueden acceder al sistema simultáneamente en un cierto tiempo?	Para ejecutar esta prueba se utilizó la herramienta JMeter, La primera prueba fue realizada el día 01/08/2017 a las 11:07 hs, Se configuraron 50 threads, cada "10 seg". Por lo tanto, el tiempo de respuesta promedio es de 0,23 y 0,304 segundos para 50 usuarios simultáneos realizando 10 solicitudes.	Optimizar la cobertura del ancho de banda institucional.
Facilidad de Uso (3,22)	Capacidad para ser entendido (2,22)	Efectividad de la documentación del usuario o ayuda del sistema (4,44)	¿Qué cantidad de funciones están descritas correctamente en la documentación del usuario o ayuda en línea?	De 9 funciones del MTH 4 se encuentran debidamente documentadas en el manual de usuario 2009, las 5 restantes han sido actualizadas y no se ha modificado el manual de usuario.	<p>Actualizar Manual de Usuario y documentar adecuadamente las siguientes funciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ficha de Empleados (modificada) 2. Evaluación de Desempeño (no existe en manual) 3. Contratos de Planta Docente (modificada) 4. Contratos de Personal Administrativo (modificada)

Característica (/ 10)	Subcaracterística (ponderado)	Métrica (/ 10)	Propósito métrica	Explicación	Propuesta de Mejora
					<p>5. Acciones de Personal por Lotes (nueva).</p> <p>Garantizar un documento lo suficientemente claro, completo y descriptivo para usuarios.</p> <p>Socializar el manual de usuario con funcionarios de Talento Humano.</p> <p>Manejar control de versiones del manual de usuario.</p> <p>Planificar actividades de capacitación del MTH con usuarios.</p>
	Protección contra errores del usuario (1,00)	Verificación de entradas válidas. (2,00)	¿Qué cantidad de ítems de entrada son validados?	<p>De acuerdo a la función evaluada "Ficha Empleado", pestaña "Datos" se comprobó que de 10 campos que requieren validación a penas 2 están validados (cédula y fecha nacimiento). Sin embargo, el campo fecha nacimiento, necesita otra validación a fin de evitar equivocaciones por parte de usuarios y registrar fechas incoherentes.</p> <p>A nivel general existe una inadecuada validación de campos de ingreso, por citar algunas: fecha de nacimiento, títulos, cursos, nivel de estudios y otros datos que han sido, son y seguirán siendo solicitados por organismos de regulación de la educación superior.</p>	<p>Implementar validaciones a los siguientes ítems de entrada en Ficha de Empleado:</p> <ol style="list-style-type: none"> Solo letras en: <ul style="list-style-type: none"> Primer Apellido Primer Nombre Segundo Apellido Segundo Nombre Solo números en: <ul style="list-style-type: none"> Libreta militar Teléfono Celular Formato correo electrónico: <ul style="list-style-type: none"> E-mail Prevenir fecha incoherente de nacimiento <ul style="list-style-type: none"> Fecha nacimiento <p>Las personas registradas en el SIIU (estudiante, profesor o empleado), debe tener por lo mínimo entre 16 y 18 años de edad, por lo que este</p>

Característica (/ 10)	Subcaracterística (ponderado)	Métrica (/ 10)	Propósito métrica	Explicación	Propuesta de Mejora
					<p>campo de ingreso debe validar que de la fecha actual del sistema se retroceda al menos 16 años para evitar que error de digitación (año calendario actual que es el error que generalmente sucede). Con ello garantizamos que la fecha de nacimiento tenga menos probabilidades de ser mal ingresada.</p> <p>Estandarizar y validar la totalidad de campos de ingreso a fin de evitar errores de usuario.</p> <p>Implementar la conexión al sistema del Registro Civil para manejo único de datos personales.</p>
Seguridad (5,00)	Autenticidad (5,00)	Métodos de autenticación (5,00)	¿Qué tan bien el sistema autentica la identidad de un sujeto o recurso?	<p>Todos los módulos del SIIU entre ellos MTH, cuentan con un único método de autenticación que maneja identificador y contraseña con certificado digital. Según el estándar se debe contar con más de dos métodos de autenticación.</p>	<p>Seleccionar otro/s método/s de autenticación que pueda/n ser implementado/s en el DDTI para acceso al SIIU.</p> <p>Implementar método de autenticación seleccionado adicional al método actual, en base a necesidades y recursos institucionales.</p>
Compatibilidad (10,00)	Co – existencia (10,00)	Co – Existencia disponible (10,00)	¿Qué tan adaptable es el sistema en compartir su entorno con otros sistemas sin causar efectos adversos?	<p>Se comprobó que el MTH comparte o se relaciona específicamente con módulo Financiero y módulo Académico, sin haberse registrado inconvenientes al compartir su entorno o alguna otra afectación. Ello no significa que los datos que comparte, garanticen calidad.</p>	<p>Aplicar Modelo de Calidad de Datos norma ISO/IEC 25012.</p> <p>Impulsar la evaluación de calidad de datos utilizando la norma ISO/IEC 25024.</p>

Característica (/ 10)	Subcaracterística (ponderado)	Métrica (/ 10)	Propósito métrica	Explicación	Propuesta de Mejora
Mantenibilidad (10,00)	Capacidad de ser modificado (10,00)	Complejidad de modificación (10,00)	¿Con qué facilidad el desarrollador puede modificar el software para resolver problemas?	Según respuesta del administrador MTH durante un año calendario recibe alrededor de 10 peticiones importantes autorizadas para modificación de funcionalidades del módulo, en las cuales estima un tiempo de 8 días laborables.	Continuar con la debida atención a solicitudes autorizadas para realizar modificaciones en el producto software. Registrar los cambios a manera de archivo personal a fin de contar con una bitácora que permita conocer sobre el MTH a otro personal técnico e inclusive a usuarios operativos.
Portabilidad (0,00)	Capacidad de ser Instalado (0,00)	Eficiencia en el tiempo de instalación (0,00)	¿Cuánto tiempo es requerido para realizar una instalación?	El SIIU, en general, requiere la Máquina Virtual Java (JVM, por sus siglas en inglés) versión 7.0.170; su instalación resulta tediosa por la molestia y demora en desinstalación de versiones o actualizaciones automáticas de java. A partir del 6 de septiembre de 2017, el DDTI inició, la actualización de JVM versión 8.0.1440.1 en las distintas dependencias de la UTN. El tiempo que, funcionarios del DDTI encargados de instalar la JVM en los equipos institucionales reportan como el tiempo transcurrido en esta prueba específica, se promedió en 15min con 3 intentos. Otra limitante respecto a Portabilidad es que el SIIU únicamente funciona bajo el navegador de Internet Explorer y no en otros navegadores que por hoy gozan de mayor aceptación.	Con la reciente migración a una versión más actual de JVM se espera una mayor optimización del tiempo en instalación para un adecuado uso del producto MTH y SIIU en general.
6,54 / 10 Total	14 Subcaracterísticas	16 Métricas	Totales		

2.2 Propuestas para incrementar la Calidad en Uso del producto software MTH.

Característica (/ 10)	Subcaracterística (ponderado)	Métrica (/ 10)	Propósito métrica	Explicación	Propuesta de Mejora
Efectividad (2,19)	Efectividad (8,75)	Compleitud de la tarea (10,00)	¿Qué cantidad de tareas son completadas correctamente?	Tres pruebas realizadas se completaron con éxito.	Optimizar secuencia de pasos durante la ejecución de tareas buscando su simplificación sin perder de vista el objetivo esperado.
		Efectividad de la tarea (10,00)	¿Qué cantidad de los objetivos de la tarea se realiza completamente?	Dos tareas comprobadas que cumplieron sus objetivos completamente.	Optimizar secuencia de pasos durante la ejecución de tareas buscando su simplificación sin perder de vista el objetivo esperado.
		Frecuencia de error (6,25)	¿Cuál es la frecuencia de los errores cometidos por el usuario en comparación con lo planeado?	En la creación de una Ficha de Empleado se cometió los siguientes errores por el usuario: se digitó 2017 en fecha de nacimiento, la dirección de correo electrónico no cumplía con el formato y el número de celular tenía estaba incompleto.	Planificar jornadas de capacitación periódica con usuarios del MTH. Socializar manual de usuario actualizado a usuarios MTH. Concientizar a usuarios sobre importancia de ejecutar funcionalidades del MTH de manera correcta.
Eficiencia (0,88)	Eficiencia (3,53)	Tiempo de la tarea (0,00)	¿Cuánto tiempo se tarda en completar una tarea en comparación con lo planeado?	Según tiempo promedio que se tarda un usuario en completar la creación de Ficha de Empleado es 15 min, sin embargo, durante la evaluación se tomó el tiempo de culminación en 17 min.	Planificar jornadas de capacitación periódica con usuarios del MTH. Socializar manual de usuario actualizado a usuarios MTH. Concientizar a usuarios sobre importancia de ejecutar funcionalidades del MTH de manera correcta.
		Tiempo relativo de la tarea (7,06)	¿Cuánto tiempo necesita un usuario normal en completar	Dentro de los usuarios del MTH del Departamento de Talento Humano se cuenta con usuarios más	Planificar jornadas de capacitación periódica con usuarios del MTH.

Característica (/ 10)	Subcaracterística (ponderado)	Métrica (/ 10)	Propósito métrica	Explicación	Propuesta de Mejora
			una tarea en comparación con un experto?	experimentados en el uso del módulo, quien durante la evaluación llegó a completar una tarea (Contrato Personal Docente) en 12 min y un usuario menos experimentado lo hizo en 17 min.	Socializar manual de usuario actualizado a usuarios MTH. Concientizar a usuarios sobre importancia de ejecutar funcionalidades del MTH de manera correcta. Recomendar asignación de tareas dentro de la DGTH según nivel de responsabilidad y experiencia.
Satisfacción (1,40)	Utilidad (4,65)	Nivel de satisfacción (7,50)	¿Qué tan satisfecho está el usuario?	El 75% de usuarios (operativos e indirectos de la información proporcionada por MTH) están Satisfechos con el producto.	Implementar acciones de mejora propuestas en el presente documento.
		Uso discrecional de las funciones (5,56)	¿Qué porcentaje de los usuarios optan por utilizar las funciones sistema?	De 9 funciones implementadas para ser usadas a penas 5 son utilizadas por los usuarios. Funciones no utilizadas: 1. Renuncias 2. Escalafón Administrativo 3. Evaluación de Desempeño 4. Contratos Reformatorios	Analizar requerimientos actuales de usuarios del MTH sobre las 4 funciones no utilizadas a fin de desactivarlas o modificar según el caso.
		Porcentaje de quejas de los clientes (0,91)	¿Cuál es el porcentaje de quejas realizadas por los clientes?	Ni en el Departamento de Talento Humano ni en DDTI, existe un registro formal de quejas sobre productos obtenidos del MTH, sin embargo, se contabilizó a nivel macro las unidades que han manifestado inconformidad con información, reportes u otro tipo de resultado del MTH estableciéndose las siguientes: Rectorado, Vicerrectorados, 6 Unidades Académicas, Comisión de Evaluación Interna.	Implementar acciones de mejora propuestas en el presente documento.

Característica (/ 10)	Subcaracterística (ponderado)	Métrica (/ 10)	Propósito métrica	Explicación	Propuesta de Mejora
Libertad de Riesgo (2,00)	Libertad del riesgo de salud y seguridad (10,00)	Frecuencia de problemas en la salud y seguridad del usuario (10,00)	La frecuencia de problemas de salud entre los usuarios del producto	En 8 usuarios operativos del MTH no se registra problemas de salud por causa de trabajo directo con el módulo.	Mantener un plan de actualización de equipos del datacenter a la par de necesidades y recursos institucionales.
6,47 / 10 Total	4 Subcaracterísticas	9 Métricas	Totales		

3. Conclusiones

La evaluación del MTH proporcionó una valoración de 6,54 sobre 10 puntos para Calidad Externa; 6,47 sobre 10 puntos para Calidad en Uso; y **6,50** sobre 10 puntos para Calidad Total, considerado como Nivel de Puntuación “*Acceptable*” y Grado de Satisfacción “*Satisfactorio*”, resultado que evidenció la importancia de tomar en cuenta métricas de calidad internas, externas y en uso según el modelo de calidad de software aplicado.

4. Recomendaciones

- a) Se analice la propuesta de mejora planteada para Calidad Externa y Calidad en Uso, con la finalidad de elaborar un plan que incluya: objetivos, metas, actividades, tareas, plazos, presupuesto (si es el caso), responsable, productos.
- b) Durante la implementación de mejoras del MTH se recomienda realizar pruebas necesarias y suficientes con usuarios operativos, a fin de enmendar y mejorar inconvenientes que influyan en la calidad externa y en uso del producto.
- c) Se depure registros almacenados en la base de datos del MTH a fin de garantizar que la información proporcionada sea de calidad.
- d) Se elabore, difunda y aplique, normativa interna que garantice el cumplimiento adecuado de responsabilidades del personal académico y administrativo con respecto a brindar y registrar información confiable al MTH.
- e) Se formule un plan para ejecutar, a corto plazo, la reingeniería del MTH.

Anexo C: Acta de Aceptación



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

ACTA DE ACEPTACIÓN

En Ibarra, a los diecinueve días de septiembre de 2017, en la Dirección del Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informático (DDTI) de la Universidad Técnica del Norte (UTN), ubicada en la ciudadela universitaria, avenida 17 de Julio y José María Córdova, se reúnen: Ing. Juan Carlos García, director DDTI, Ing. Juan Carlos Rodríguez, administrador del módulo de talento humano (MTH) e Ing. Tulia Vaca – estudiante del programa de Maestría de Ingeniería del Software (MIS) del Instituto de Posgrado - UTN.

Se inicia la reunión siendo las 10h30 para proceder con la revisión y aceptación del *Informe Ejecutivo de Evaluación de Calidad de Software del Módulo de Talento Humano del Sistema Informático Integrado de la Universidad Técnica del Norte, aplicando Norma ISO/IEC 25000.*

Acuerdos / Observaciones:

Se llega a los siguientes acuerdos en aceptación de los presentes:

1. Se encuentra objetividad en la evaluación y propuesta de mejora planteada con sugerencias factibles de implementar a mediano plazo.
2. Se entrega, por parte de Tulia Vaca, la Matriz de Calidad (Excel) y el Informe Ejecutivo en formato impreso y digital, a Juan Carlos García, Director DDTI.
3. Los resultados cuantitativos obedecen a un valor esperado de acuerdo a la observación y experiencia con el MTH.
4. El modelo de calidad de software aplicado, resulta pertinente y posible de ser implantado a nivel de todo el SIU.
5. Se acepta el Informe Ejecutivo, producto de la evaluación del MTH así como su propuesta de mejora.

Siendo las 11h55 se concluye la reunión.

En constancia de lo actuado firman:

 Ing. Juan Carlos García Director DDTI	 Ing. Juan Carlos Rodríguez Administrador MTH	 Ing. Tulia Vaca Estudiante MIS
--	--	---