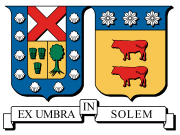
UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
VALPARAÍSO, CHILE



MODELO DE CALIDAD PARA EVALUAR CONTINUIDAD DE DESARROLLO

Memoria presentada
para optar al título profesional de
INGENIERO CIVIL EN INFORMÁTICA
por

Pablo Alejandro Acuña Rozas

Comisión Evaluadora:
Dr. Hernán Astudillo
Dr. Raúl Monge

DICIEMBRE 2013

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
VALPARAÍSO, CHILE

TÍTULO DE LA MEMORIA:
MODELO DE CALIDAD PARA EVALUAR CONTINUIDAD DE DESARROLLO

AUTOR:
PABLO ALEJANDRO ACUÑA ROZAS

Memoria presentada para optar al título profesional de **Ingeniero Civil en Informática** de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Profesor Guía
Dr. Hernán Astudillo

Profesor Correferente
Dr. Raúl Monge

Diciembre 2013.
Valparaíso, Chile.

Índice general

Índice de figuras

Capítulo 1

Contexto

1.1. Calidad de Software

Calidad de Software es un tema tremendamente importante en el proceso de desarrollo. Hoy en día sabemos que un producto de software que no cuenta con los estándares de calidad adecuados, no goza de propiedades como mantenibilidad, seguridad, usabilidad, etc. Si bien la calidad en general es un concepto subjetivo, se han desarrollado un gran número de intentos por definir una base común con la cual se pueda evaluar un producto de software o que sirva para definir un desarrollo apropiado con el fin de terminar con un producto confiable. Estos intentos generalmente apuntan a definir un modelo de calidad que agrupe las principales características que un producto debe tener.

La ISO, IEC y IEEE definen calidad a través de 6 distintas alternativas [4]:

1. El grado en el cual un sistema, componente o proceso cumple con los requerimientos especificados.

2. La calidad de un producto, servicio, sistema o proceso para cumplir con las necesidades, expectativas o requerimientos del usuario o cliente.

3. El conjunto de características de una entidad que le confieren su habilidad de satisfacer los requerimientos declarados y además los implícitos.

4. Conformidad en las expectativas del usuario, conformidad en los requerimientos del usuario, satisfacción del cliente, confiabilidad y el nivel presente de defectos.

5. El grado en el cual un conjunto inherente de características cumple con los requerimientos.

6. El grado en el cual un sistema, componente o proceso cumple con las necesidades o expectativas de un ciente o usuario.

Como se puede observar en las definiciones, calidad no tiene una definición universal e incluso se podría argumentar que es un tema de carácter filosófico [1].

Un modelo clásico de calidad de producto, que puede ser aplicado en productos de software es el de Garvin [8]. Garvin presenta los siguientes enfoques que se pueden utilizar dentro de calidad:

- Enfoque trascendente
- Enfoque basado en el producto
- Enfoque basado en el usuario
- Enfoque de fabricación
- Enfoque basado en valor

El enfoque trascendente es el más difuso. Se refiere a la propiedad inherente e indefinible de un producto, con la cual cumple con una alta calidad. Podría decirse que es casi una característica intuitiva con la cual se sabe si un producto es de calidad.

El enfoque basado en producto describe diferencias en la cantidad de algunos atributos deseados en el producto. Por lo tanto a diferencia del enfoque trascendente, este enfoque puede ser medido. Asumimos que se conoce y se puede describir lo que se desea. Este enfoque es complicado en productos de software puesto que algunas métricas pueden no existir o ser muy difíciles de medir. Un ejemplo es la

[1] `http://en.wikipedia.org/wiki/Quality_(philosophy)`

mantenibilidad. Si se asocia mantenibilidad al esfuerzo requerido para completar un cambio, este esfuerzo es difícil de medir a través de diversos desarrolladores ya que no están constantemente midiendo el tiempo en sus respectivas tareas. Además depende de otros factores como la complejidad del cambio.

En el enfoque basado en usuario, se asume que el producto que satisface las necesidades del usuario de mejor manera, tiene la mejor calidad. El énfasis no está en los requerimientos, sino en la impresión subjetiva de los usuarios.

Una visión más interna se observa en el enfoque de fabricación. En este enfoque calidad se define como la conformidad con respecto a los requerimientos especificados. Se debe asumir que siempre será posible definir un requerimiento así como la desviación del producto real con respecto a este requerimiento. En este enfoque las métricas concretas, por ejemplo defectos por linea de código son más útiles mientras puedan relacionarse con algún requerimiento especificado.

Finalmente en el enfoque basado en valor se asignan costos a la conformidad y no conformidad con respecto a requerimientos, se comparan con los beneficios del producto y con estos datos se calcula su valor.

Garvin sugiere que estos distintos enfoques puede ser útiles durante distintas etapas del ciclo de vida del producto. Por ejemplo, al inicio del ciclo de vida, durante la incepción del producto, debemos enfocarnos más en el usuario y en el valor, con el fin de entender que es lo que tiene más valor para los clientes y usuarios. O por ejemplo, cuando se está construyendo el producto, debemos concentrarnos más en la fabricación, con el fin de asegurar que se está construyendo un producto adecuado con respecto a la especificación.

1.1.1. Calidad de procesos

Otra parte importante de calidad que es fuertemente estudiada es la calidad de procesos. La principal idea detrás de este enfoque, es que mientras de más calidad sean los procesos, de más calidad serán los productos.

Un estándar altamente utilizado en la calidad de procesos es la ISO 9000. La idea consiste en establecer un sistema de gestión de calidad en una compañía de manera que la calidad resultante del producto también sea alta. No tiene que ver

directamente con la calidad del producto, sino con los requerimientos de calidad de la compañía que produce el producto. La introducción de este tipo de estándares dentro de una compañía de software puede beneficiarla al hacer que los procesos de aseguramiento de calidad sean más explícitos y claros [17].

Otras iniciativas similares, que se enfocan específicamente en mejorar los procesos de desarrollo de software son CMMI y SPICE. Estos estándares se basan en la premisa de que existe un proceso ideal, el cual es descrito en los estándares y que cada compañía debe alcanzar. Existen niveles de madurez y de capacidad partiendo desde procesos caóticos, hasta procesos altamente estandarizados y optimizados.

La utilización de este enfoque para evaluar continuidad de desarrollo sufre de ciertas carencias. Para empezar se parte con la premia de que mientras mejores sean los procesos, mejor será la calidad del producto. Esto quizás es claro en fabricación de productos, pero no tan claro en desarrollo de software. Por ejemplo en [9] se presenta una investigación que buscaba la relación entre el nivel CMM (predecesor de CMMI) de una compañía, y el número de defectos por punto de función entregado en sus productos. Como resultado se encontró que mientras el nivel aumentaba, los errores disminuían, lo cual confirmaría la premisa. Sin embargo en los extremos, las mejores compañías que estaban en nivel CMM 1 (el peor), producían software con menos defectos que las peores compañías con CMM 5 (el mejor). Por lo tanto existe otros factores que estaban influyendo en la tasa de defectos.

Es importante analizar la calidad de procesos para lograr entregar un producto de software de alta calidad, sin embargo como muchos otros factores influyen en la industria del software, este trabajo está más enfocado en estudiar la calidad del producto, y a través de esta calidad encontrar un modelo que permita evaluar también la continuidad de desarrollo.

1.2. Mantenibilidad

La mantenibilidad también es un tema recurrente en ingeniería de software. Al igual que calidad, se compone de elementos subjetivos y que están sujetos al contexto del problema. Para medir la mantenibilidad de un producto de software, se

suelen utilizar métricas cuantitativas y cualitativas. Estas métricas usualmente indican que tan mantenible es el producto. Esto puede implicar diversos hechos, por ejemplo, que tan fácil es modificar el código fuente del software, que tan seguro es la modificación del código fuente sin dañar el funcionamiento correcto del sistema, que tan fácil es entender el código fuente del software con el fin de modificarlo o extenderlo, etc. Esta característica de calidad afecta generalmente a los desarrolladores, puesto que el usuario final no es afectado directamente por la buena calidad del código fuente, mientras el software cumpla con los requerimientos de usuario. Sin embargo es frecuente escuchar sobre proyectos que han debido ser paralizados producto de falta de calidad en su código, lo cual no permite seguir manteniéndolo.

Capítulo 2

Problema

Uno de los principales asuntos dentro de la industria del software es la mantenibilidad [7]. Esta característica se presenta en la mayoría los modelos de calidad originados en la literatura de alguna u otra manera. La mantenibilidad afecta principalmente a los desarrolladores y mantenedores del código del producto de software. Un punto crítico se produce en el momento en que el mantenimiento y extensión del producto es tomado por terceros. Si este producto no es mantenible, puede generar grandes problemas para aquellos que deban continuar con el desarrollo.

El problema principal aparece al momento de evaluar un producto de software para obtener un nivel de calidad y específicamente de mantenibilidad. Existen muchos modelos y cientos de métricas que pueden ser utilizadas, las cuales luego de ser aplicadas, deben ser interpretadas de manera correcta y deben ser acordes al contexto del producto. Así, el problema consiste en la generación de un modelo de calidad para evaluar la mantenibilidad del producto de software con el fin de estudiar su continuidad de desarrollo. Este modelo será obtenido utilizando un subconjunto de características de un modelo establecido y que estén enfocadas en la mantenibilidad del software. Además debe ser enriquecido tomando en cuenta diversas métricas que puedan apoyar la evaluación de ciertas características.

Capítulo 3

Estado del arte

La continuidad de desarrollo está ligada directamente con la mantenibilidad de un producto de software. Cuando el desarrollo del producto es tomado por terceros, esta característica se torna más crítica.

El estudio acerca de como medir la mantenibilidad y de como crear sistemas más mantenibles, ya sea para agregar nuevas características o arreglar errores, tiene varios años de estudio en la literatura de ingeniería de Software. A continuación se presentan los principales estudios acerca de mantenibilidad de software y de los distintos acercamientos para abordar el problema de evaluar la mantenibilidad de un producto.

3.1. Estudios acerca de Mantenibilidad de Software

Ya en la década de los años noventa, se consideraba que la mantenibilidad de software era un tema fundamental y que podía generar un impacto notorio en el costo de mantenimiento de un producto de software. En [11] se definen ciertas métricas para realizar mediciones de mantenibilidad y se presenta un índice de mantenibilidad que permite unificar estas métricas en una sola.

Uno de los estudios conocidos de esta época se puede encontrar en [**?**]. En este trabajo altamente citado se presentan guías para automatizar el análisis de mantenibilidad con el fin de apoyar la toma de decisiones relacionadas con el software en cuestión. Se evaluaron 5 métodos utilizando datos reales y luego se menciona

como estos métodos pueden ser utilizados en un ambiente industrial. Los modelos aplicados fueron: modelos jerárquicos multidimensionales, modelos de regresión polinomial, medidas de complejidad basadas en entropía, análisis de componentes principales y análisis de factores.

Otro trabajo importante llevado a cabo en esta década es presentado en [18]. Se presentan algunas definiciones relativas a mantenibilidad de software así como la importancia que tiene este atributo en cualquier sistema. Además se presenta un método básico para evaluar mantenibilidad utilizando dos indicadores principales: la medida de mantenibilidad (MM) y el índice de mantenibilidad (MI). Este último es utilizado hasta hoy en día para tener una referencia rápida del comportamiento estático de un sistema.

Ya para los siguientes años, el tema de mantenibilidad de software es considerado de alta importancia y se puede encontrar diversos estudios que resumen y presentan el estado del arte del área. A continuación se nombran los más relevantes para esta memoria.

En [10] se presentan los principales factores que afectan a la mantenibilidad de software. Estos factores son extraídos de diferentes autores los cuales proponen diferentes modelos de mantenibilidad de software. En el desarrollo del reporte se presentan factores tales como analizabilidad, modificabilidad, estabilidad, capacidad de pruebas, modularidad, descriptividad, consistencia, simplicidad, etc. Estos son tomados de modelos conocidos tales como el modelo de calidad de la ISO 9126, el modelo de calidad de Boehm, modelo de McCall, el modelo Fuzzy, modelo ME-MOOD, etc.

En [15] se describen guías para estudiar la mantenibilidad de software utilizando métricas basadas en orientación a objetos. Para este estudio se generó un catálogo de investigaciones importantes relevantes utilizando ciertas heurísticas. Se encontraron 606 métricas de las cuales 570 eran métricas orientadas a objectos y 71 métricas orientadas a aspectos. Otro resultado interesante que surgió del estudio fueron los tópicos encontrados al buscar investigaciones relacionadas con mantenibilidad.

Estos fueron limitaciones de arquitectura de software, herencia, cohesión, acoplamiento, complejidad y tamaño. De estos conceptos se encontró que cohesión y acoplamiento eran los tópicos mayormente investigados en la literatura con respecto a mantenibilidad.

Otro estudio relacionado con mantenibilidad enfocada en orientación a objectos se puede encontrar en [12]. En este trabajo se revisan estudios de métricas de mantenibilidad de software orientado a objectos correspondientes a la década pasada (2003-2012). Del estudio se concluyó que los métodos basados en análisis de regresión (RA) fueron los mayormente empleados para evaluación durante la década. Otros modelos de calidad existentes tales como ISO 9126 o el modelo de McCall son escasamente utilizados en el desarrollo de modelos de mantenibilidad. La mayoría de los estudios obtenidos en la investigación hacen uso de las métricas orientadas a objetos existentes sin una revisión y adaptación crítica antes de ser utilizadas para desarrollar modelos.

Otro estudio de métricas existentes para software orientado a objectos se puede encontrar en [16]. En este trabajo se discuten un rango de opciones para categorizar métricas. Lo que se buscar es solucionar el problema de la falta de información útil acerca de métricas para mantenibilidad de software orientado a objetos que apoye la toma de decisiones acerca de cuales de estas métricas debiesen ser adoptadas en estudios académicos o incluso en actividades del día a día en la industria del software. Este trabajo es una continuación de [15], en el cual se encontraron 570 métricas para software OO. El objetivo es categorizar este conjunto de métricas para facilitar la implementación de un modelo para mantenibilidad. Se generaron un total de 15 categorías que van desde métricas de evaluación hasta métricas de herramientas de ayuda.

En [5] se presentan los resultados luego de realizar una revisión de la literatura para identificar métricas contemporáneas asociadas con mantenibilidad de software y propuestas para tecnologías orientadas a aspectos y orientadas a características. En este trabajo se puede encontrar la lista de métricas y propiedades medibles para programación orientada a aspectos y orientada a características. Con estas métricas se elaboró un catálogo unificado de métricas aplicables a ambas tecnologías y

además se presenta sus principales referencias.

Otro tipo de tecnología relevante es la orientada a servicios. En [19] se analizan factores que afectan en la mantenibilidad de software y presenta un método de evaluación para mantenibilidad de software orientado a servicios. Se divide la mantenibilidad de software en analizabilidad, cambiabilidad, estabilidad y capacidad de prueba como índice de evaluación. Para cada uno de estos atributos de calidad se presentan métricas que pueden ayudar a mejorar el diseño de software y seleccionar mejores estrategias de mantenimiento.

Otra tópico importante corresponde a los modelos de predicción de mantenibilidad. Estos modelos son herramientas matemáticas que de acuerdo a ciertas métricas estudiadas en el software, pueden entregar predicciones del comportamiento futuro del software en lo que respecta a su mantenimiento. En [13] se presenta una revisión sistemática de predicción de mantenibilidad de software y de métricas utilizando distintas pregunta para conducir su investigación. Algunas de estas preguntas fueron: ¿Qué medidas han sido utilizadas para medir la precisión de las predicciones de mantenibilidad de aplicaciones de software?, ¿Qué factores y métricas han sido investigados como predictores de mantenibilidad para aplicaciones de software?. Este estudio está más focalizado en estudiar predictores de mantenibilidad y al igual que la mayoría de este tipo de investigaciones, se realizaron consultas adecuadas a un repositorio de investigaciones para analizar los resultados que se repiten con mayor frecuencia y que pudiesen responder a las preguntas planteadas. Uno de los resultados de la revisión es que no existe un modelo de predicción obvio para mantenibilidad. Se encontraron distintos tipos de modelos para predecir mantenibilidad, la mayoría basados en algoritmos de regresión y de validación cruzada. También se observó que los predictores más utilizados fueron aquellos basados en tamaño, complejidad y acoplamiento.

Una aplicación más directa de modelo de calidad establecido se puede encontrar en [6]. En este trabajo se entrega una descripción del método utilizado por el *Software Improvement Group* para analizar calidad de código enfocándose en mantenibilidad. Este método utiliza un modelo de medición basado en la conocida ISO/IEC 9126,

específicamente en la definición de mantenibilidad y métricas de código fuente. Utilizando las métricas adaptadas para este modelo se genera un repositorio que luego es utilizado como *benchmark* en el cual se acumulan distintos resultados de evaluaciones los que cuales permiten ir calibrando el modelo de medición.

Se han realizado numerosos estudios en el campo de sistemas OO. El tema de mantenibilidad también ha sido crucial en estos estudios. En [14] se realiza una revisión de diversos modelos de mantenibilidad encontrados en la literatura. En este estudio sólo se han considerado aquellos trabajos en los cuales es utiliza OO. Para el análisis se tomaron investigaciones de diversas fuentes. En el trabajo se detallan las principales técnicas encontradas en los artículos.

Capítulo 4

Propuesta

La serie de estándares ISO/IEC 25000 se denomina SQuaRE (Software product Quality Requirements and Evaluation) y se compone de la siguientes divisiones [1]:

- ISO/IEC 2500n - División de Gestión de Calidad
- ISO/IEC 2501n - División de Modelo de Calidad
- ISO/IEC 2502n - División de Medición de Calidad
- ISO/IEC 2503n - División de Requerimientos de Calidad
- ISO/IEC 2504n - División de Evaluación de Calidad

Cada una de estas divisiones entrega estándares y guías para realizar el análisis de calidad correspondiente.

En SQuaRE se entregan:

- Términos y definiciones
- Modelos de referencia
- Guía general
- Guías individuales para cada división
- Estándares para propósitos como especificación de requerimientos, planeación y gestión, medición y evaluación.

SQuaRE reemplaza a las series ISO/IEC 9126 y 14598. Para esta propuesta se utilizaron la división de Modelo de Calidad, de la cual se obtuvo un conjunto de características enfocadas en la mantenibilidad del producto, y la división de Evaluación de Calidad, de la cual se obtuvieron guías para aplicar el modelo obtenido y hacer una evaluación de calidad sobre un producto de software real.

Se propone la generación de un modelo de calidad basado en el modelo ISO/IEC 25010, el cual estará enfocado en la mantenibilidad del producto de software. Esta característica está directamente relacionada con la continuidad de desarrollo del producto. El modelo ISO/IEC 25010 presenta además la mantenibilidad como una de sus principales características y además entrega un conjunto de sub-características que sirven para guiar la búsqueda de las métricas apropiadas. Estas métricas no están contenidas en el modelo y deben ser escogidas por los evaluadores, encontrándose muchas de ellas en la literatura. Se presentarán las sub-características escogidas así como las métricas para realizar las mediciones sobre un producto de software real, con el fin de evaluar su mantenibilidad y así, entregar información acerca como afectaría su calidad en la continuidad de desarrollo por parte de terceros.

4.1. ISO/IEC 25010

Este estándar define [3]:

1. Un modelo de **calidad en uso** compuesto de cinco características relacionadas con el resultado de la interacción cuando un producto es utilizado en un contexto de uso particular. Este modelo es aplicable al sistema humano-computador completo, incluyendo los sistemas computaciones en uso y los productos de software en uso.

2. Un modelo de calidad de producto compuesto de 8 características relacionadas con las propiedades estáticas de un software y propiedades dinámicas de un sistema computacional. El modelo es aplicable a los sistemas computacionales y productos de software.

Como en este caso se desea evaluar un producto de software, específicamente su mantenibilidad, no se utilizarán características del modelo para calidad en uso. Sólo se utilizará un conjunto del modelo para calidad de producto. El interés se enfocará en las propiedades estáticas del sistema, las cuales a través de su correctitud y adherencia a estándares y buenas prácticas, nos entregarán información acerca de la mantenibilidad del producto.

A través de otros estándares contenidos en la serie ISO/IEC 25000, se generará un modelo de calidad y se implementará una evaluación real con la cual se pueda certificar la continuidad de desarrollo.

Se trabajará en conjunto con la empresa creadora del producto de software. Luego de la primera evaluación, se entregará la retroalimentación necesaria para lograr un nivel más alto de calidad en una evaluación final que permitirá certificar la mantenibilidad en base al modelo generado.

4.1.1. Modelo de Calidad de Producto

Este modelo se compone de las siguientes características y sub-características:

- Adecuación Funcional
  - Completitud funcional
  - Correctitud funcional
  - Adecuidad funcional
- Eficiencia de desempeño
  - Comportamiento en el tiempo
  - Utilización de recursos
  - Capacidad
- Compatibilidad
  - Co-existencia

    - Interoperabilidad
- Usabilidad
    - Reconocimiento de su adecuación
    - Capacidad de ser aprendido
    - Protección de error para el usuario
    - Estética de interfaz de usuario
    - Accesibilidad
- Confiabilidad
    - Madurez
    - Disponibilidad
    - Tolerancia a fallos
    - Capacidad de recuperación
- Seguridad
    - Confidencialidad
    - Integridad
    - No-repudio
    - Responsabilidad
    - Autenticidad
- Mantenibilidad
    - Modularidad
    - Reusabilidad
    - Analizabilidad
    - Modificabilidad
    - Capacidad de pruebas

- Portabilidad
    - Adaptabilidad
    - Instalabilidad
    - Capacidad de ser reemplazado

Este modelo es útil para especificar requerimientos, establecer mediciones y realizar evaluación de calidad. Las características definidas pueden ser utilizadas como una lista de verificación para asegurar un tratamiento exhaustivo de los requerimientos de calidad.

En la práctica es muy complicado medir todas las subcaracterísticas para un sistema o producto de software de gran tamaño. De esta manera, la importancia de las características dependeran de los objetivos y metas del proyecto. El modelo debe ser adaptado antes de su uso como parte de la descomposición de requerimientos para identificar aquellas características y sub-características que son más importantes.

Este trabajo se enfocará solamente en la continuidad de desarrollo del producto de software, por lo que la mayor cantidad de esfuerzo en las mediciones, se realizará en la características Mantenibilidad. Esta característica tiene una fuerte influencia en la calidad de uso para las personas que realizarán tareas de mantención en el software. Estas tareas no sólo serán de mantenimiento, sino también extender el software, arreglar defectos, realizar inspecciones de código, etc.

En la siguiente sección se mostrará la implementación de la propuesta utilizando el modelo.

Capítulo 5

Implementación

Para evaluar un producto de software utilizando el modelo ISO/IEC 25010, se debe escoger un conjunto de características de las principales que lo componen. Estas características deben ser escogidas de acuerdo al motivo de la evaluación y deben ser acordes al contexto del producto.

Como se mencionó previamente, la continuidad de desarrollo de un producto de software está directamente ligada con la mantenibilidad de este producto, puesto que la calidad de su código fuente va a incidir en el trabajo posterior de los desarrolladores, más aún si estos no tienen conocimiento previo del sistema (terceros).

Para realizar esta elección, la ISO/IEC provee guías con una serie de consejos para definir correctamente un plan de calidad, partiendo por la elección de características y finalizando con la análisis de la evaluación propiamente tal. Estas guías se pueden encontrar el división ISO/IEC 25040 [2], la cual corresponde a la división de evaluación de calidad. En esta división provee requerimientos, recomendaciones y guías para la evaluación de un producto de software ya sean realizadas por evaluadores independientes, adquirientes o desarrolladores. También se presenta un apoyo para documentar una medición como un módulo de evaluación.

Los principales hitos dentro de este proceso se pueden resumir en:

1. Establecer los requerimientos de la evaluación
2. Especificar la evaluación
3. Diseñar la evaluación

4. Ejecutar la evaluación

5. Concluir la evaluación

La ejecución de estas tareas se describe a continuación.

5.1. Requerimientos de la evaluación

5.1.1. Propósito de la evaluación

Se desea evaluar el producto de software SAE de la empresa MOSAQ con el fin de elaborar un plan de calidad que permita cerrar brechas en torno a temas de mantenibilidad de su producto. A través de esta evaluación se acreditará que la empresa utilizó un conjunto de buenas prácticas para construir el software y que éste puede ser mantenido y modificado por terceros en el caso que fuese necesario.

5.1.2. Requerimientos de calidad del producto de software

En conjunto con MOSAQ, se analizaron las características y subcaracterísticas que ofrece el modelo ISO 25010 con el fin de encontrar las que mejor se adecuen a los requerimientos de calidad. El principal requerimiento es mantenibilidad y además se optó por evaluar algunos aspectos de la portabilidad del producto. Para estas dos características, se escogieron subcaracterísticas del modelo ISO 25010 y ciertas métricas para implementar la evaluación.

5.1.3. Partes del producto sometidas a evaluación

Se sometieron a evaluación dos módulos del producto de software. Estos son SAE Framework Servidor y SAE Framework Cliente. La evaluación difiere en algunos aspectos para cada módulo puesto que tienen diferencias en la arquitectura de la implementación.

5.1.4. Rigor de la evaluación

Se decidió que la mayor cantidad de esfuerzo y rigor debe estar enfocado en estudiar y analizar la mantenibilidad del producto.

Se estudiaron a fondo métricas relacionadas con la mantenibilidad del producto y se utilizaron criterios que permiten asegurar prácticas profesionales en la construcción del producto de software.

También se realizaron descripciones cualitativas acerca de la portabilidad del producto. Esta característica junto con la manteniblidad, es importante para los clientes de MOSAQ ya que ambas influyen en los procesos que se deben llevar a cabo en el caso de que se tuviese que trabajar con terceros en un futuro.

5.2. Especificación de la evaluación para SAEFramework Servidor

A continuación se presentan las métricas definidas para realizar la evaluación. Estas métricas han sido seleccionadas tomando en cuenta las principales recomendaciones que la ISO entrega en la serie 25000, las cuales sirven para implementar un modelo y plan de evaluación de calidad utilizando el modelo presentado en la división 25010.

5.2.1. Selección de métricas para mantenibilidad

Las subcaracterísticas elegidas para mantenibilidad son **modularidad**, **reusabilidad**, **modificabilidad** y **capacidad de pruebas**.

A continuación se presentan las métricas para evaluar estas subcaracterísticas.

Cohesión Relacional (Modularidad)

Es el número promedio de relaciones internas por tipo. Se mide utilizando:

$$H = \frac{R + 1}{N}$$

Donde R es el número de relaciones internas entre tipos y el paquete, N el número de tipos en el paquete.

Las clases dentro de un *assembly*[1] deben estar fuertemente relacionadas, de esta manera la cohesión tendrá tener un valor alto. Por otro lado, valores demasiado altos podrían indicar sobre-acoplamiento. Un buen rango es $1{,}5 \leq H \leq 4{,}0$.

LCOM (Falta de cohesión en métodos) (Modularidad)

El principio de responsabilidad única consiste en que una clase no debe tener más de una razón para cambiar. Una clase con esta característica es cohesiva.

$$LCOM = 1 - \frac{\sum_{f \in F} |M_f|}{|M| \times |F|}$$

Donde M son los métodos estáticos e instancias en la clase, F campos instanciados en la clase y M_f los métodos que acceden el campo f_i.

En una clase que es completamente cohesionada, cada método debe acceder a cada campo instanciado:

$$\sum_{f} |M_f| = |M| \times |F|$$

de manera que el $LCOM = 0$.

Un valor alto de $LCOM$ generalmente quiere decir que una clase tiene una baja cohesión. Tipos en los cuales $LCOM \geq 0{,}8$ y $|F| \geq 10$ y $|M| \geq 10$ podrían ser problemáticos. Sin embargo, es muy difícil evitar estos casos con poca cohesión.

LCOM HS (Falta de cohesión de métodos Henderson-Sellers) (Modularidad)

Esta métrica es similar a la anterior, pero toma su valor en un rango $[0 - 2]$. Un valor LCOM HS mayor a 1 debería ser considerado peligroso.

$$LCOMHS = M - \frac{\sum_{f \in F} |M_f|}{F} \times (M - 1)$$

Tipos en los cuales $LCOMHS \geq 1{,}0$ y $|F| \geq 10$ y $|M| \geq 10$ deberían ser evitados. Esta restricción es más fuerte (por lo tanto más fácil de satisfacer) que la descrita para $LCOM$.

[1] biblioteca de código compilado

Acoplamiento eferente (Modularidad)

Número de tipos en el paquete correspondiente, que dependen de tipos que están fuera del paquete.

Un valor muy alto de esta métrica podría implicar problemas de diseño. Tipos que tengan este valor muy alto están entrelazados con muchas otras implementaciones. Mientras más alto sea el valor, mayor es el número de responsabilidades que el tipo tiene.

Acoplamiento aferente (Modularidad)

Número de tipos fuera del paquete, que dependen de tipos que están en el paquete en evaluación.

Un valor alto de esta métrica no es necesariamente peligroso, sin embargo es interesante saber que partes del código son altamente utilizadas.

Esta métrica es útil especialmente cuando es igual a 0, lo cual podría indicar un elemento de código sin uso. Estos casos deben ser manejados con cuidado para puntos de entrada, constructores de clases o finalizadores ya que estos métodos siempre tendrán un valor 0 para acoplamiento aferente y no corresponden a código sin uso.

Instabilidad (Modificabilidad)

Es la razón entre el acoplamiento eferente y el acoplamiento total. Esta métrica indica la resiliencia al cambio del paquete.

$$I = C_e / (C_e + C_a)$$

Donde C_e es el acoplamiento eferente y C_a el acoplamiento aferente.

Un valor de $I = 0$ indica un paquete completamente estable, fácil de modificar. Un valor de $I = 1$ indica un paquete completamente inestable.

Complejidad Ciclomática (Modificabilidad)

Número de decisiones que pueden ser tomadas en un procedimiento. Procedimientos con un valor mayor a 15 son difíciles de entender, mientras que con un valor mayor a 30 son extremadamente complejos y deberían ser divididos en métodos más pequeños (a menos que sea código auto-generado).

índice de mantenibilidad (Modificabilidad)

Corresponde a un índice entre 0 y 100 que representa la facilitad relativa de mantener el código. Un valor más alto indica una mejor mantenibilidad. Un valor entre 20 y 100 indica que el código tiene una buena mantenibilidad. Un valor entre 10 y 19 indica que el código es moderadamente mantenible y un código entre 0 y 9 indica una baja mantenibilidad.

Código duplicado (Reusabilidad)

Se utiliza alguna heurística para detectar código potencialmente duplicado. El hecho de encontrar un porcentaje alto de duplicación, podría indicar que no se está haciendo un reuso adecuado en el software.

5.2.2. Selección de métricas para portabilidad

Prácticas de instalación (Instalabilidad)

Descripciones cualitativas acerca de cómo se implementa una instalación estándar para el producto. Se estudian estos procesos y se recomiendan mejoras para alinear las prácticas a estándares profesionales.

5.3. Especificación de la evaluación para SAE Framework Cliente

5.3.1. Selección de métricas para mantenibilidad

Complejidad Ciclomática (Modificabilidad)

Número de decisiones que pueden ser tomadas en un procedimiento. Procedimientos con un valor mayor a 15 son difíciles de entender, mientras que con un valor mayor a 30 son extremadamente complejos y deberían ser divididos en métodos más pequeños (a menos que sea código auto-generado).

Profundidad (Modificabilidad, Analizabilidad)

Estudia el nivel de anidamiento que puede existir entre funciones o expresiones dentro del código. Se debe definir un límite crítico de profundidad y verificar que no se esté sobrepasando.

Número de parámetros (Analizabilidad)

Estudia el número de parámetros en una función. Al reducir este valor, se puede mejorar la analizabilidad y modularidad del código de manera sustancial. Al igual que la métrica anterior, se debe definir un valor límite para estudiar el código y verificar que no se esté sobrepasando.

Código duplicado (Reusabilidad)

Se utiliza alguna heurística para detectar código potencialmente duplicado. El hecho de encontrar un porcentaje alto de duplicación, podría indicar que no se está haciendo un reuso adecuado en el software.

5.4. Diseño de la evaluación

Para llevar a cabo las mediciones, MOSAQ hizo entrega de las fuentes principales de su software, los cuales bajo un acuerdo de confidencialidad, fueron analizados por parte del equipo Toeska.

5.4.1. Para SAEFramework Servidor

Para este módulo se utilizaron las siguientes herramientas para realizar las mediciones.

- NDepend v5.0.0.8085[2]
- Visual Studio 2013 Code Metrics[3]
- Visual Studio 2012 Code Clone Analysis[4]

5.4.2. Para SAEFramework Cliente

- SonarQube[5]
- JsHint v2.1.11[6]
- WebStorm v7 Inspection tools[7]

  La configuración elegida para JsHint es la siguiente:

```
{
    "globals": {
        "console": false,
        "jQuery": false,
        "_": false
```

[2]http://www.ndepend.com
[3]http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb385914.aspx
[4]http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh205279.aspx
[5]http://www.sonarqube.org/
[6]http://www.jshint.com/
[7]http://www.jetbrains.com/webstorm/

```
    },
    "maxparams": 5,
    "maxdepth": 5,
    "maxstatements": 25,
    "maxcomplexity": 10,
    "es5": true,
    "browser": true,
    "boss": false,
    "curly": false,
    "debug": false,
    "devel": false,
    "eqeqeq": true,
    "evil": true,
    "forin": false,
    "immed": true,
    "laxbreak": false,
    "newcap": true,
    "noarg": true,
    "noempty": false,
    "nonew": false,
    "nomen": false,
    "onevar": true,
    "plusplus": false,
    "regexp": false,
    "undef": true,
    "sub": true,
    "strict": false,
    "white": true,
    "unused": true
}
```

En esta configuración podemos ver los parámetros *maxparams*, *maxdepth* y *maxcomplexity* los cuales nos permiten definir los límites para el número de parámetros, profundidad y complejidad ciclomática respectivamente. Estos parámetros fueron seleccionados de manera informada de acuerdo a buenas prácticas investigadas previamente y acordes a un software con las características de SAE Framework.

5.4.3. Plan de actividades de evaluación

A través de reuniones con MOSAQ, se acordaron los siguientes puntos dentro del plan de trabajo en lo que respecta a planificación y evaluación de calidad.

- El equipo Toeska realizará las mediciones pertinentes sobre el código fuente y sobre algunas prácticas de desarrollo del equipo de MOSAQ. Con estas mediciones se evaluarán los requerimientos de calidad establecidos en el modelo que se definió.
- El equipo Toeska entregará los resultados de la primera evaluación, los puntos donde se encontraron brechas que deben ser consideradas, además guías para realizar los ajustes necesarios para que el producto obtenga mejores resultados durante la próxima evaluación.
- Finalmente se realizará otra evaluación utilizando los mismo criterios utilizados para la primera evaluación, en la cual se espera haber cerrado las brechas encontradas anteriormente y así certificar que el producto cumple con las características escogidas de la norma ISO 25010.

5.5. Resultados de la primera evaluación SAEFramework Servidor

5.5.1. Realización de mediciones de mantenibilidad

Cohesión Relacional

Los resultados para esta métrica se pueden observar en el cuadro número 5.1.

Assemblies	Cohesión Relacional	Nombre
SaeFramework2013	1.4	SaeFramework2013

Cuadro 5.1: Cohesión relacional

LCOM

Los resultados de esta métrica se pueden ver en el cuadro 5.2.

Nombre	LCOM
Mosaq.SaeFramework.v2013.Vistas.ListadoAuditoriaTicket	0.97
Mosaq.SaeFramework.v2013.Negocio.CreacionOSTicket	0.82
Mosaq.SaeFramework.v2013.Negocio.EdicionTicket	0.78
Mosaq.SaeFramework.v2013.Datos.Conector	0.68
Mosaq.SaeFramework.v2013.Negocio.ManutencionCentroCosto	0.5
Mosaq.SaeFramework.v2013.Negocio.ManutencionCoberturaSitios	0.42
Mosaq.SaeFramework.v2013.Negocio.ManutencionZonas	0.42

Cuadro 5.2: Principales tipos y su LCOM

LCOM HS

Los datos del análisis para LCOM HS se observar en el cuadro 5.3

Acoplamiento eferente

Las mediciones para los 10 tipos con mayor valor de acoplamiento eferente se pueden observar en el cuadro 5.4.

Acoplamiento aferente

Las mediciones para los 10 tipos con mayor valor de acoplamiento aferente se pueden observar en el cuadro 5.5.

Código muerto

Total: **581 métodos**.

La lista de métodos que no son llamados se encuentran en una hoja de cálculo adjunta.

Instabilidad

Para el cálculo de esta medida se utilizó el promedio del Top 10 de tipos con mayor acoplamiento eferente y el promedio del Top 10 de los tipos con mayor acoplamiento aferente. Estos valores se pueden obtener utilizando los datos de las tablas anteriores. A continuación se presenta el resultado.

$$I = 30{,}2/(30{,}2 + 102{,}3)$$

$$I = 0{,}23$$

Complejidad ciclomática

En el cuadro 5.6 se pueden observar los 10 métodos con mayor complejidad ciclomática.

índice de mantenibilidad

En el cuadro 5.7 se muestra el valor del índice de manteniblidad para el código de software.

Código duplicado

En el cuadro 5.8 se pueden observar los clones de código encontrados en el software. En la primera columna se presenta el grupo y la intensidad de la duplicación encontrada, mientras que en la segunda columna el nombre de los archivos y las líneas donde se encontró el código duplicado.

5.5.2. Realización de mediciones de portabilidad

Observaciones

- Se debe obtener documentación necesaria por parte de MOSAQ para analizar las prácticas habituales con respecto a temas de instalabilidad y así proponer recomendaciones.

5.6. Resultados de la primera evaluación SAEFramework Cliente

Para el estudio de este módulo se evaluaron los siguientes directorios y archivos:

- Js/app.js
- Js/BasePrincipal.js
- Js/controllers
- Js/app/connection/wcf.js
- Js/app/services/services.js

5.6.1. Realización de mediciones para mantenibilidad

Complejidad Ciclomática

En el cuadro 5.9 se pueden observar los archivos y directorios seleccionados para la evaluación, así como su respectiva complejidad por método.

Profundidad

En el cuadro 5.10 se pueden observar los archivos y directorios seleccionados para la evaluación y su análisis respectivo de profundidad. Se debe recordar que se eligió utilizar un valor de 5 como mínimo para que el elemento comience a ser crítico.

Número de parámetros

En el cuadro 5.11 se pueden observar los archivos y directorios seleccionados para la evaluación y su análisis respectivo del número de parámetros en sus funciones. Para esta métrica se decidió utilizar un mínimo de 5 parámetros para considerar un elemento como peligroso.

Código duplicado

No se han encontrado registros de código duplicado relevante. El análisis sólo entregó duplicación con respecto a la versión minificada del software, lo cual no corresponde a duplicación que afecte la mantenibilidad.

5.7. Conclusiones SAEFramework Servidor

5.7.1. Mantenibilidad

El primer valor analizado es el de Cohesión relacional. El valor para este análisis es de 1.4. Este resultado se encuentra dentro del rango considerado como correcto para una aplicación. Valores más altos podrían indicar sobre-acoplamiento ya que la cohesión relacional nos entrega un promedio de relaciones internas por tipo dentro de un paquete. Un paquete debe tener sus clases fuertemente relacionadas y estas no deberían estar relacionadas de manera considerable con clases fuera de este paquete.

Las siguientes métricas corresponden a LCOM y LCOM HS. Para estas medidas existen rangos definidos que son considerados como correctos para un conjunto de tipos.

Con respecto a LCOM, se deben analizar los tipos que tengan un valor mayor a 0.8. En este caso existen 2 tipos que sobrepasan ese valor. Estos tipos son:

- CreacionOSTicket (Clase)
- ListadoAuditoriaTicket (Clase)

Se han analizado estas clases y se concluyó que no es necesario realizar cambios sobre ellas ya que sólo están compuestas por *getters* y *setters*. Las clases de este estilo no son correctamente evaluadas por esta métrica ya que no tienen un comportamiento definido por relaciones entre sus métodos.

Para los valores de LCOM HS se recomienda analizar los tipos cuyos resultados sean estrictamente mayores que 1. En las mediciones no se encontraron tipo que sobrepasen este umbral. Solo la clase **ListadoAuditoriaTicket** arrojó un valor igual a 1, sin embargo por las razones explicadas en el análisis de LCOM, esta clase no está mal implementada de acuerdo a esta métrica.

El valor de **acoplamiento eferente** podría revelar tipos que tienen muchas responsabilidades. Mientras mayor sea este valor, más entrelazado está el tipo con otras implementaciones. Si bien los valores obtenidos no son altos, se recomienda analizar los primeros tipos y verificar si pueden ser más modularizados.

Para la métrica de **acoplamiento aferente** se pueden observar el top 10 de los tipos con mayores llamadas dentro del sistema. Estos valores no indican problemas de diseño y sirven para estudiar cuales son los tipos más utilizados. Esta información se entrega con el fín de obtener un estudio más detallado acerca del software.

Con respecto al **código muerto**, se entrega una planilla con los métodos para los cuales se encontraron 0 llamadas. Se recomienda analizar estos métodos y verificar que realmente podrían ser necesarios en el sistema o de lo contrario eliminarlos ya que pueden degradar la analizabilidad del software.

El valor de **instabilidad** es de 0.23. Este valor puede variar entre y 1, donde 0 indica un paquete completamente estable y 1 un paquete completamente inestable. El valor obtenido en este caso es bastante aceptable e indica que el software se encuentra en un estado estable y tiene una buena modificabilidad. Cabe mencionar que este valor se obtiene analizando las métricas de acoplamiento descritas anteriormente, de esta manera este valor esta relacionado con el nivel de acoplamiento en el sistema.

Para estudiar la **complejidad ciclomática** se muestra una tabla con el top 10 de los métodos con la mayor complejidad. Los estándares para los métodos indican que un método con una complejidad ciclomática mayor a 30 puede ser demasiado complejos y se debe estudiar la posibilidad de dividirlo en métodos más pequeños a menos que corresponda a código generado. En este caso el análisis arrojó solo un método con un valor superior a 30, el cual es **Listar()** dentro de **Mosaq.SaeFramework.v2013.Vistas.ConsultaVistas**. Se analizó este método y se puede observar de que contiene un *switch* con un gran número de *cases*. Este *switch* es el que genera un aumento en la complejidad ciclomática. Por lo tanto se recomienda estudiar este método y buscar alguna manera de refactorizarlo y así obtener un código más mantenible. Algunas opciones para refactorizar un *switch* se basan en utilizar diccionarios, mapas o simplemente separar las enumeraciones en sus propias clases.

El valor obtenido para el **índice de mantenibilidad** es de 93. Este valor puede estar entre 0 y 100 y mientras más alto indica una mejor mantenibilidad. En este caso el valor sugiere que el software es altamente mantenible bajo los estándares de esta métrica.

Finalmente, el análisis de código duplicado entrega una tabla en la cual se pueden observar archivos que contienen posibles fuentes de código duplicado. Si bien este análisis muestra que el código duplicado es mínimo, se recomienda estudiar estos archivos y ver si se puede refactorizar código para así disminuir aún más la cantidad de duplicación.

5.8. Conclusiones SAEFramework Cliente

5.8.1. Mantenibilidad

Para este módulo no se encontraron deficiencias relevantes con respecto a la mantenibilidad del código.

Para realizar el análisis se debe tener en cuenta que la arquitectura para esta parte del framework difiere profundamente con la arquitectura servidor. Esto es debido al uso de herramientas nuevas que utilizan javascript a través de patrones de diseño que clásicamente no se aplicaban en ingeniería de *front-end*.

Para el estudio de complejidad ciclomática se debe estudiar la complejidad por método y no por archivo, puesto que en esta arquitectura un archivo no necesariamente representa a una clase y usualmente define una serie de funciones asíncronas definidas para su framework. Es por esto que la complejidad ciclomática de un archivo puede resultar alta, sin embargo por método es baja. Luego de estudiar los archivos y directorio elegidos, no se encontraron métodos con complejidad alta por lo cual esta parte del código tiene buena mantenibilidad con respecto a sus complejidad.

Al encontrar funciones con un valor de profundidad muy alto, se generan problemas de analizabilidad y por ende de mantenibilidad. Para este caso, como es un framework de mediana magnitud, se decidió utilizar un valor de 5 anidaciones para no ser demasiado restrictivo, ni demasiado permisivo. Al realizar el análisis no se encontró ningún elemento que sobrepase este umbral, por lo cual esta característica no está afectando la analizabilidad del sistema.

EL número de parámetros que un método recibe también es una métrica que se debe tener en cuenta para estudiar la analizabilidad de un sistema. Mientras más parámetros recibe una función, más compleja se vuelve su analizabilidad y mantenibilidad. En este caso utilizando los mismo argumentos que en la métrica anterior, se escogió un número de 5 parámetros como mínimo para considerar a una función

como crítica. Luego de realizar el análisis, no se encontraron funciones que sobrepasen este umbral, por lo cual esta es otra característica bien implementada en el sistema y que mejora su mantenibilidad.

Finalmente como se mencionó en la sección anterior, el software que se utilizó para realizar las mediciones de duplicación, sólo entregó duplicaciones de varios archivos con respecto a la versión minificada del framework, por ende no son consideradas.

5.9. Recomendaciones

Para ambos módulos se recomienda el uso de alguna herramienta de análisis de código estático. Estas herramientas permiten estudiar algunas de las métricas presentadas en este informe así cómo buenas prácticas correspondientes al lenguaje de la aplicación.

Los valores adecuados para cada métrica se pueden encontrar en la sección **??**.

Para el código de SAE Servidor se pueden utilizar las métricas de código ofrecidas por Visual Studio. A través de estas métricas se puede analizar el índice de mantenibilidad con el fin de que no se escape de los márgenes apropiados. Este análisis debe ser complementado con alguna otra herramienta de análisis estático. Se estudiaron 2 herramientas las cuales tienen ciertas ventajas y desventajas.

La primera herramienta es NDepend, la cual se utilizó para obtener la mayoría de las métricas que se presentaron en la sección de análisis de SAE Servidor. Esta herramienta es altamente profesional, se integra de manera perfecta con Visual Studio y entrega reportes muy detallados. Este software es propietario y tiene un costo asociado.

Por otro lado se analizó la herramienta SonarQube, la cual se utilizó para obtener la mayoría de medidas para SAE Cliente. Este software también tiene una extensión para .NET lo cual permitió realizar pruebas sobre el código fuente del lado servidor. SonarQube presenta buenos resultados, los cuales pueden ser útiles para perpetuar la mantenibilidad del código. Además, esta herramienta es de código abierto lo cual

la ubica como la mejor opción puesto que no se desea hace un análisis demasiado exhaustivo sino más bien encontrar puntos críticos dentro del producto que puedan afecta su mantenibilidad. El uso de Sonarqube también se recomienda para analizar el código del lado cliente.

5.10. Evaluación final para SAEFramework Servidor

La evaluación final se realizó utilizando la versión más reciente del producto SAE Framework Servidor. Para esta evauación se incluyen además observaciones con respecto a otras características no incluidas en la primera evaluación y que corresponden a Instalabilidad y la sub-característica capacidad de pruebas. Esta última comenzó a ser implementada durante el transcurso de la evaluación por lo que inicialmente no se contaba con pruebas de software. A continuación se presenta una síntesis de las métricas más relevantes para este punto de la evaluación.

5.10.1. Mediciones de mantenibilidad

Cohesión relacional

Se obtuvo un valor similar al de la primera evaluación.

LCOM

Se obtuvieron valores similares a los de la primera evaluación para el Top 10 de métodos con mayor valor para esta métrica.

LCOM HS

Se obtuvieron valores similares a los de la primera evaluación para el Top 10 de métodos con mayor valor para esta métrica.

Acoplamiento Eferente

Se obtuvieron similares a la evaluación anterior, sin embargo esta vez no aparece en primer lugar el método ConsultaVistas(), el cual sobrepasaba el umbral de acoplamiento recomendable.

Acoplamiento Aferente

Se obtuvieron similares a la evaluación anterior.

Instabilidad

Nuevo valor obtenido: 0.18. Este valor descendió debido a que el acoplamiento eferente ya no aumenta demasiado su valor, gracias a la refactorización del método con mayor valor obtenido en la primera evaluación. Cabe recordar que mientras más bajo sea este valor, más mantenible es el producto de software.

Complejidad Ciclomática

Al igual que en acoplamiento eferente, el método ConsultarVista() ya no lidera el top 10 de métodos con mayor complejidad. Este método agregaba un valor de complejidad ciclomática de 77 en la primera evaluación, el cual ya no aparece en el ranking. De esta manera el método con mayor complejidad tiene un valor de 10 y corresponde al segundo en la lista de la primera evaluación. El resto de la lista es similar.

índice de Mantenibilidad

El índice de mantenibilidad entregado por la herramienta *Code metrics* de Visual Studio 2012 aún entrega un excelente valor de 93.

Código Duplicado

El análisis de *Code Clones* provisto por Visual Studio 2012 entregó matches para los mismos archivos descritos en la primera evaluación.

5.10.2. Capacidad de Pruebas

La capacidad para realizar pruebas en el software es fundamental para un producto mantenible y es por eso que MOSAQ ha decidido implementar esta propuesta.

Inicialmente se tenía un 0 % de cobertura de pruebas y durante el desarrollo de la evaluación, el equipo Toeska entregó un plan para comenzar a implementar módulos de pruebas y un ambiente de testing para el equipo de desarrollo.

Basado en este plan, se desglosaron las siguientes partes:

Estrategia de prueba implementada

Se seleccionaron pruebas de integración a nivel de librerías Javascript que integran tanto a nivel de lógica de negocio, como acceso a la base de datos. Dado que los servicios enmascaran varias capas, en el desarrollo de las pruebas se utilizaron técnicas de caja negra para evaluar el correcto funcionamiento de los servicios.

Además para asegurar mantenibilidad era necesario que las pruebas fueran reproducibles y automatizables, por lo cual se escribieron casos de pruebas en Javascript utilizando el framework Qunit.

Se definió un ambiente de pruebas para poder ejecutar las pruebas, tanto a nivel de aplicación como de base de datos. Se estableció una base de datos con los datos básicos necesarios para ejecutar las pruebas, la cual se puede modificar tanto por las pruebas en si como algún prerrequisito de las pruebas.

Además de la capa de datos de pruebas, la aplicación quedó parametrizable para poder ejecutarse en alguna base de datos en particular o la base de datos de pruebas descrita anteriormente.

Elementos necesarios para las pruebas

- Base de datos de pruebas
- Aplicación servidor de SAE en IIS (Internet Information Services)
- Aplicación cliente de SAE

- Usuario *admin* autenticado

Criterios de aprobación y Resultados

Se clasificaron diferentes servicios y sus respectivas pruebas de acuerdo a su criticidad. En el cuadro 5.12 se puede observar el total de pruebas para cada categoría, mientras que en el cuadro 5.13 se presenta el cumplimiento para estas mismas de acuerdo a los rangos recomendados por el equipo Toeska.

Con esta información podemos concluir que esta característica se cumple correctamente.

5.10.3. Portabilidad (Instalabilidad)

Para esta etapa de la evaluación se decidió evaluar la Instalabilidad del software, la cual pertenece a la característica Portabilidad del modelo ISO/IEC 25010. Esta característica toma fuerte relevancia en el caso de que terceros deban mantener el software a futuro.

Para realizar un análisis de esta característica se estudió un documento provisto por MOSAQ, el cual muestra la información relevante con los procesos involucrados en la instalación del software. En este documento se especifica entre otras cosas:

- Los pre-requisitos de Hardware y Software que el cliente debe tener para poder llevar a cabo la instalación correcta del programa.
- Descripción de los componentes a ser instalados.
- Consideraciones de arquitectura en el caso de elegir un servicio simple o distribuido.
- Descripción detallada de los pasos a seguir durante el Setup del programa.
- Configuraciones adicionales que requiere el servicio.
- Descripción de los pasos a seguir durante la instalación del componente web de la aplicación.

La descripción detallada de los procesos necesarios para la instalación se encuentran con un buen nivel de completitud, por lo cual se cumple con un buen estándar para esta sub-característica.

5.11. Evaluación final para SAEFramework Cliente

5.11.1. Evaluación final de mantenibilidad

Complejidad Ciclomática

El análisis arrojó resultados similares a los de la primera evaluación. Algunos archivos aumentaron de forma mínima su complejidad. Por ejemplo app.js aumentó de 4.1 a 4.3. Los valores en general de los archivos siguen siendo muy buenos. Se realizó un barrido buscando cualquier archivo que mostrara una complejidad por función mayor a 5 y sólo se encontró el archivo util/sae-message.js con una complejidad de 5.1 lo cual aún es un valor aceptable. Se puede concluir que el nivel de complejidad del sistema en general se encuentra dentro de los rangos requeridos para un software mantenible.

Profundidad

Al igual que en la primera evaluación, ningún archivo sobrepasa la profundidad de anidamiento recomendada.

Número de parámetros

No se encontró ningún archivo que sobrepase el número de parámetros recomendado para esta evaluación.

Código duplicado

No existe duplicación relevante para los archivos puestos en evaluación. Sin embargo se ejecutó un análisis sobre el proyecto completo y se encontró un porcentaje de duplicación de un 7.7 %. Si bien este porcentaje es bajo, se recalca el uso de alguna

herramienta de análisis estático para refactorizar estas duplicaciones y para realizar un estudio general de la calidad del código en el futuro.

Capacidad de pruebas

Esta sub-característica se estudió en conjunto con la parte SAE Framework Servidor. La información relevante se puede encontrar la sección 5.10.2.

5.11.2. Evaluación final de Portabilidad (Instalabilidad)

Para esta subcaracterística se indicó el contenido principal de la documentación de instalación del software SAE en la sección de SAEFramework servidor. Como se mencionó en ese punto, existe documentación detallada para llevar a cabo la instalación de la parte servidor como para la parte cliente además de otras consideraciones a tener en cuenta durante ese proceso. Se concluye que el producto cuenta con un buen respaldo y se adhiere a estándares acordes con respecto a esta característica. Mas información se puede encontrar en la sección 5.10.3

5.12. Conclusiones finales de la evaluación

Durante el proceso de certificación se adaptó un subconjunto de elementos del modelo ISO/IEC 25010 con el fin de evaluar continuidad de desarrollo del producto SAE para la empresa MOSAQ. Esta continuidad se encuentra fuertemente ligada a conceptos tales como mantenibilidad, calidad de documentación y calidad en la gestión de configuración.

El modelo generado se utilizó para realizar dos evaluaciones y elaborar un plan de acción para mejorar el nivel de calidad del producto objetivo.

Los resultados de la evaluación final muestran que el estado de calidad del software alcanza un alto nivel y cumple con los estándares necesarios para certificar el producto de acuerdo al modelo. Esta certificación incluye características pertenecientes al modelo ISO/IEC 25010 así como el plan de acción para mejorar la capacidad de pruebas, el control de versiones y la documentación.

5.13. Conclusiones de la evaluación

Nombre	LCOMHS
Mosaq.SaeFramework.v2013.Vistas.ListadoAuditoriaTicket	1
Mosaq.SaeFramework.v2013.Negocio.CreacionOSTicket	0.9
Mosaq.SaeFramework.v2013.Negocio.EdicionTicket	0.88
Mosaq.SaeFramework.v2013.Datos.Conector	0.71
Mosaq.SaeFramework.v2013.Negocio.ManutencionCentroCosto	0.67
Mosaq.SaeFramework.v2013.Negocio.ManutencionCoberturaSitios	0.56
Mosaq.SaeFramework.v2013.Negocio.ManutencionZonas	0.56
Mosaq.SaeFramework.v2013.Utilidades.StringEnum	0.5

Cuadro 5.3: Principales tipos y su LCOM HS

Nombre	Tipos que utiliza
Mosaq.SaeFramework.v2013.Vistas.ConsultaVistas	89
Mosaq.SaeFramework.v2013.Negocio.TicketAcciones	34
Mosaq.SaeFramework.v2013.Negocio.ReglasNegocio	28
Mosaq.SaeFramework.v2013.Negocio.CreacionOSTicket	22
Mosaq.SaeFramework.Utilidades.TypeMap	26
Mosaq.SaeFramework.v2013.Datos.Conector	24
Mosaq.SaeFramework.v2013.Utilidades.Utilidades	21
Mosaq.SaeFramework.v2013.Standard.CmdbComponentes	20
Mosaq.SaeFramework.v2013.Standard.GruposResolutoresEmpresas	19
Mosaq.SaeFramework.v2013.Standard.ZonasEmpresas	19

Cuadro 5.4: Top 10 de tipos y su acoplamiento eferente

Nombre del método	Métodos que lo uti
Mosaq.SaeFramework.v2013.Datos.Conector.fabricar()	425
Mosaq.SaeFramework.v2013.Datos.IConector.ejecutarProcedimiento	237
Mosaq.SaeFramework.v2013.Datos.IConector.extraerProcedimientoI	161
Mosaq.SaeFramework.v2013.Datos.IConector.ejecutarProcedimientoInt	130
Mosaq.SaeFramework.v2013.Datos.IConector.retornaListaI	14
Mosaq.SaeFramework.v2013.Datos.IConector.IniciaTransaccion()	12
Mosaq.SaeFramework.v2013.Datos.IConector.EjecutaTransaccion()	12
Mosaq.SaeFramework.v2013.Datos.IConector.CancelaTransaccion()	12

Cuadro 5.5: Top 10 de métodos y su acoplamiento aferente

Nombre	Complejidad ciclomática
Vistas.ConsultaVistas.Lista	77
Negocio.TicketAcciones.Transferir	10
Negocio.TicketAcciones.ReabrirTicket	8
Negocio.TicketAcciones.Recatalogar	5
Negocio.TicketAcciones.ProgramarFechaAtencion	4
Negocio.CreacionOSTicket .grabarYcalcularFechasTickets	4
Utilidades.Validadores.digitoVerificador	5
Utilidades.StringEnum.Parse	5
Utilidades.Utilidades.IEnumerableToDataTable	5
Datos.Conector.ejecutarProcedimientoCadenaAnidada	4

Cuadro 5.6: Top 10 de métodos y su complejidad ciclomática

Nombre	índice de mantenibilidad
SaeFramework2013	93

Cuadro 5.7: índice de mantenibilidad

Grupo de Clones	Nombre
Match Fuerte (1 archivo)	Negocio\TicketAcciones.cs líneas 75-94
	Negocio\TicketAcciones.cs líneas 360-380
Match Medio (2 archivos)	Negocio\ManutencionCoberturaSitios.cs líneas 69-94
	Negocio\ManutencionZonas.cs líneas 69-94
Match Débil (1 archivo)	Negocio\TicketAcciones.cs líneas 119-143
	Negocio\TicketAcciones.cs líneas 304-329
	Negocio\TicketAcciones.cs líneas 207-231
	Negocio\TicketAcciones.cs líneas 43-65
Match Débil (2 archivos)	Negocio\ManutencionCoberturaSitios.cs líneas 103-127
	Negocio\ManutencionZonas.cs líneas 104-128

Cuadro 5.8: Clones de código

Archivo/Directorio	Complejidad por método
app.js	4.1
BasePrincipal.js	3.0
app/controllers/debug	1.2
app/controllers/admin	1.7
app/controllers/laboratorio	1.0
app/controllers/main	1.9
app/controllers/ordenservicio	1.7
app/controllers/tickets	2.2
app/connection/wcf.js	4.1
app/services/services.js	1.8

Cuadro 5.9: Elementos elegidos y su complejidad por método

Archivo/Directorio	**Profundidad**
app.js	Sin profundidad mayor que 5
BasePrincipal.js	Sin profundidad mayor que 5
app/controllers/debug	Sin profundidad mayor que 5
app/controllers/admin	Sin profundidad mayor que 5
app/controllers/laboratorio	Sin profundidad mayor que 5
app/controllers/main	Sin profundidad mayor que 5
app/controllers/ordenservicio	Sin profundidad mayor que 5
app/controllers/tickets	Sin profundidad mayor que 5
app/connection/wcf.js	Sin profundidad mayor que 5
app/services/services.js	Sin profundidad mayor que 5

Cuadro 5.10: Elementos elegidos y el match para profundidad seleccionado

Archivo/Directorio	Número de parámetros
app.js	No sobrepasa
BasePrincipal.js	No sobrepasa
app/controllers/debug	No sobrepasa
app/controllers/admin	No sobrepasa
app/controllers/laboratorio	No sobrepasa
app/controllers/main	No sobrepasa
app/controllers/ordenservicio	No sobrepasa
app/controllers/tickets	No sobrepasa
app/connection/wcf.js	No sobrepasa
app/services/services.js	No sobrepasa

Cuadro 5.11: Elementos elegidos y el match para número de parámetros seleccionado

	Total	%
Críticas:	12	8.51
Importantes:	28	19.86
Deseables:	101	71.63
Todas	141	100.00

Cuadro 5.12: Cobertura de pruebas - porcentaje por criticidad

	Total	Faltan	% Real	% Meta	Cumple?
Críticas:	12	0	100.00	100.00	SI
Importantes:	28	0	100.00	80.00	SI
Deseables:	101	0	100.00	40.00	SI
Todas	141				

Cuadro 5.13: Cobertura de pruebas - Cumplimiento

Bibliografía

[1] Software engineering - software product quality requirements and evaluation (square) – guide to square. *ISO/IEC 25000*.

[2] Systems and software engineering – systems and software quality requirements and evaluation (square) – evaluation process. *ISO/IEC 25040:2011*.

[3] Systems and software engineering – systems and software quality requirements and evaluation (square) – system and software quality models. *ISO/IEC 25040:2011*.

[4] Iso/iec/ieee systems and software engineering - vocabulary. *IEEE Unapproved Draft Std P24765-2009, Sept 2009*, pages–, 2009.

[5] R. Abilio, P. Teles, H. Costa, and E. Figueiredo. A systematic review of contemporary metrics for software maintainability. In *Software Components Architectures and Reuse (SBCARS), 2012 Sixth Brazilian Symposium on*, pages 130–139, 2012.

[6] Robert Baggen, José Pedro Correia, Katrin Schill, and Joost Visser. Standardized code quality benchmarking for improving software maintainability. *Software Quality Control*, 20(2):287–307, June 2012.

[7] Don Coleman, Dan Ash, Bruce Lowther, and Paul Oman. Using metrics to evaluate software system maintainability. *Computer*, 27(8):44–49, 1994.

[8] David A Garvin. What does 'product quality' really mean? *MIT Sloan Management Review*, 26(1), 1984.

[9] Capers Jones. *Software Assessments, Benchmarks, and Best Practices*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA, 2000.

[10] B. Kumar. A survey of key factors affecting software maintainability. In *Computing Sciences (ICCS), 2012 International Conference on*, pages 261–266, 2012.

[11] P. Oman and J. Hagemeister. Metrics for assessing a software system's maintainability. In *Software Maintenance, 1992. Proceerdings., Conference on*, pages 337–344, 1992.

[12] B.A. Orenyi, S. Basri, and Low Tan Jung. Object-oriented software maintainability measurement in the past decade. In *Advanced Computer Science Applications and Technologies (ACSAT), 2012 International Conference on*, pages 257–262, 2012.

[13] Mehwish Riaz, Emilia Mendes, and Ewan Tempero. A systematic review of software maintainability prediction and metrics. In *Proceedings of the 2009 3rd International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, ESEM '09, pages 367–377, Washington, DC, USA, 2009. IEEE Computer Society.

[14] Prof. (Dr.) Ajay Rana Sanjay Kumar Dubey, Amit Sharma. Analysis of maintainability models for object oriented system. *International Journal On Computer Sciente And Engineering*, 3(12):3837–3844, 2011.

[15] J. Saraiva. A roadmap for software maintainability measurement. In *Software Engineering (ICSE), 2013 35th International Conference on*, pages 1453–1455, 2013.

[16] J. Saraiva, S. Soares, and F. Castor. Towards a catalog of object-oriented software maintainability metrics. In *Emerging Trends in Software Metrics (WETSoM), 2013 4th International Workshop on*, pages 84–87, 2013.

[17] Stefan Wagner. *Software Product Quality Control*. Springer, 2013.

[18] Richard West. Improving the maint ainability of software. *Journal of Software: Evolution and Process*, 8, 1996.

[19] Ma Zhe and Ben Kerong. Research on maintainability evaluation of service-oriented software. In *Computer Science and Information Technology (ICCSIT), 2010 3rd IEEE International Conference on*, volume 4, pages 510–512, 2010.