

Cómputo heurístico para la medición de calidad de software según el modelo McCall de los productos de software en la empresa CDS, S.C.

Heuristic computation for measuring software quality according to the McCall model of software products in the company CDS, S.C.

Abraham-Jorge Jiménez-Alfaro ^a, Griselda Cortés-Barrera ^a, Edgar Corona-Organiche ^a, Norma-Karen Valencia-Vázquez ^b

^aIngeniería en Sistemas Computacionales, TECNM/Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Valle de Anáhuac, 55210 Ecatepec de Morelos, Estado de México.

^bIngeniería en Sistemas Computacionales, TECNM/Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán, Calle primavera S/N, 56330, Chimalhuacán, Estado de México.

Resumen

La complejidad del concepto de calidad del software incentiva la búsqueda de modelos de medición de calidad que pretenden aportar un medio, para definir este concepto en varias características sencillas y accesibles de medir. El primer paso de la evaluación del software es seleccionar los factores de calidad relevantes, para ello es necesario ajustarse a un modelo de calidad que desglose todos los factores, características y subcaracterísticas clasificadas en una estructura de árbol jerárquico, donde en el nivel más alto se encuentran los factores y en el nivel más bajo, las características o atributos de calidad de software. Para Mc Call la relación de factores y características se corresponde con la expresión matemática multicriterio $Fq = c1 m1 + c2 m2 + + cm mn$; Donde Fq es un factor de calidad del software, cn son coeficientes de regresión y mn son las métricas que afectan al factor de calidad. Para abordar la complejidad del concepto de medición de la calidad del software de McCall se desarrolla un modelo de medición de la calidad de software empleando computó heurístico basado en el método AHP (AHP, Analytic Hierarchy Process), Proceso de Análisis Jerárquico para determinar los coeficientes de regresión, así como, el escalamiento de las métricas para el grado de calidad de un producto de software categorizado por sus factores de calidad. El resultado final es una expresión del alcance donde se indica hasta qué punto el software cumple con los requerimientos de calidad establecidos y permita a la empresa CDS, S.C. Tomar acciones y decisiones.

Palabras clave: Cómputo heurístico, Factores McCall, Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), Modelo de Medición.

Abstract

The complexity of the concept of software quality encourages the search for quality measurement models that aim to provide a means to define this concept in several simple and accessible characteristics to measure. The first step of software evaluation is to select the relevant quality factors. To do this, it is necessary to adjust to a quality model that breaks down all the factors, characteristics and subcharacteristics classified in a hierarchical tree structure, where at the highest level They find the factors and at the lowest level, the characteristics or attributes of software quality. For Mc Call, the relationship of factors and characteristics corresponds to the multi-criteria mathematical expression $Fq = c1 m1 + c2 m2 + + cm mn$; Where Fq is a software quality factor, cn are regression coefficients and mn are the metrics that affect the quality factor. To address the complexity of McCall's software quality measurement concept, a software quality measurement model is developed using heuristic computing based on the Analytic Hierarchy Process (AHP) method, Hierarchical Analysis Process to determine the coefficients. regression, as well as the scaling of metrics for the degree of quality of a software product categorized by its quality factors. The final result is an expression of the scope which indicates to what extent the software meets the established quality requirements and allows the company CDS, S.C. Take actions and decisions.

Keywords: Heuristic Computation, McCall Factors, Analysis Hierarchical Process (AHP), Measurement Model.

1. Introducción

El interés por conocer y mejorar la calidad del

software es un tema de investigación que tiene varias décadas. McCall et al. (1977) propuso un modelo de factores que influyen en la calidad del software. Estos factores se agrupan según los objetivos que se

*Autor para la correspondencia: ajimenez@tese.edu.mx

Correo electrónico: ajimenez@tese.edu.mx (Abraham-Jorge Jiménez-Alfaro), ecorona@tese.edu.mx (Edgar Corona-Organiche), gcortes@tese.edu.mx (Griselda Cortés-Barrera), karenvalencia@teschi.edu.mx (Norma-Karen Valencia-Vázquez)

Historial del manuscrito: recibido el 31/01/2025, última versión-revisada recibida el 18/03/2025, aceptado el 20/03/2025, publicado el 08/04/2025. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15149052>



planteen para la operación y mantenimiento del producto. En el desarrollo de nuevos productos de software se toman en cuenta los factores asociados a la operación del producto (por ejemplo, corrección, confiabilidad, eficiencia, integridad, facilidad de uso). Cuando se introduce un cambio en el software, entonces se consideran los factores de la revisión del producto. Finalmente, si el desarrollo es hacer portable la aplicación a otras plataformas de hardware (o software) se deberían considerar los factores de transición del producto, entre otros. El modelo de McCall ha influido fuertemente la investigación en modelos de calidad del producto, elementos estructurales del modelo, así como la identificación de los factores de calidad se han usado en otras propuestas de modelos de calidad. Actualmente, los modelos más empleados para la investigación y la práctica de la calidad del producto de software son el modelo ISO/IEC 9126 y el ISO/IEC 25010. Desde 2011, el ISO/IEC 25010 sustituye al ISO/IEC 9126. Un modelo de calidad de producto está conformado por un conjunto de características que agrupan propiedades que podrían medirse en el software. El modelo de calidad en uso describe las características deseables que el usuario de un producto espera cuando lo está operando. Por ejemplo, es de interés en este modelo la eficiencia, la eficacia y satisfacción del usuario cuando éste último logra sus metas de uso del software en escenarios previamente establecidos. El modelo de calidad de producto describe características principales del software que pueden ser medidos estática y dinámicamente. Cada característica se compone de subcaracterísticas. Las características se utilizan durante el ciclo de vida del desarrollo del software con el propósito de definir con claridad los requisitos de calidad relevantes que el sistema bajo desarrollo debe satisfacer. Además, dicha definición permite medir la calidad durante las distintas etapas del ciclo de vida de desarrollo del software y evaluar la calidad del software cuando el producto está listo para entregarse al cliente. Es evidente, que, a partir de estas definiciones, la organización que desarrolla software debería considerar los distintos tipos de usuarios a los que está dirigido el software, conocer sus metas y las tareas que realizan para que el software contribuya a satisfacer sus necesidades con eficiencia, efectividad y satisfacción.

2. Materiales y Método

2.1.- Cómputo heurístico

El cómputo heurístico es un enfoque de resolución de problemas en computación que se basa en técnicas aproximadas para encontrar soluciones en un tiempo razonable, especialmente cuando los métodos exactos son inviables debido a la complejidad computacional. Las heurísticas permiten abordar problemas de

optimización, toma de decisiones y análisis de datos en diversas áreas de la informática.

2.2.- Fundamentos del Cómputo Heurístico

El cómputo heurístico se basa en el uso de reglas empíricas y estrategias de aproximación para guiar la búsqueda de soluciones en problemas complejos. Sus fundamentos teóricos se sustentan en:

1. Principios de la heurística:

- Utilización de reglas prácticas para encontrar soluciones eficientes.
- Compromiso entre exactitud y tiempo de ejecución.
- Exploración de soluciones factibles sin garantizar optimalidad.

2. Teoría de la complejidad computacional:

- Muchos problemas pertenecen a la clase NP-difícil, lo que hace que los algoritmos exactos sean impracticables.
- Las heurísticas permiten encontrar soluciones aceptables en tiempo polinómico.

3. Exploración y explotación:

- La exploración se refiere a la búsqueda de nuevas áreas de soluciones.
- La explotación optimiza soluciones dentro de una región identificada.
- Un equilibrio adecuado entre ambos procesos mejora la eficacia de la heurística.

2.3.- AHP (Proceso de Análisis Jerárquico) y algoritmo heurístico

Para Sánchez (2022) el Método de Jerarquización Analítica (AHP) fue desarrollado durante los años setenta en la Universidad de Pennsylvania por el Dr. Thomas L. Saaty, al buscar elaborar un instrumento formal para la evaluación y selección de alternativas, que tuviera las características de ser sólido en sus fundamentos matemáticos, útil en la toma de decisiones y sencillo en su aplicación. Saaty (1980) considera que para la solución de un problema el decisor transita por tres etapas: inicia con la formulación del problema, luego realiza una evaluación y finalmente selecciona el mejor curso de acción que más contribuya al logro del objetivo. Este método puede ser realizado en grupo o de manera individual, aplicándose preferentemente a problemas complejos. Las técnicas de clasificación asumen que hay un conjunto de objetos que pertenecen a diferentes clases. La etiqueta de clase es un valor (simbólico) discreto y es conocido para cada objeto. Para Ballester (1998) el objetivo es construir modelos de clasificación (a veces llamados clasificadores), que intentarán asignar la etiqueta de clase correcta a nuevos objetos. Considerando los aspectos citados anteriormente, y dada la complejidad del problema es necesario desarrollar un modelo que permita conjuntar el AHP con la técnica de

minería de árboles de decisión. El Proceso AHP multicriterio permite determinar los pesos w_i que se asocian a las alternativas, los estados de la naturaleza e indicadores; y con el árbol de decisión determinar la decisión final a tomar considerando las condiciones que se cumplen desde la raíz del árbol hasta cada una de sus hojas (Gallagher,1982). El método de Jerarquización analítica AHP (Proceso de Análisis Jerárquico) para Sánchez (2022) se integra de cuatro etapas: 1) la representación del problema, 2) evaluación de criterios, 3) evaluación de alternativas y 4) jerarquización de alternativas; véase figura 1.

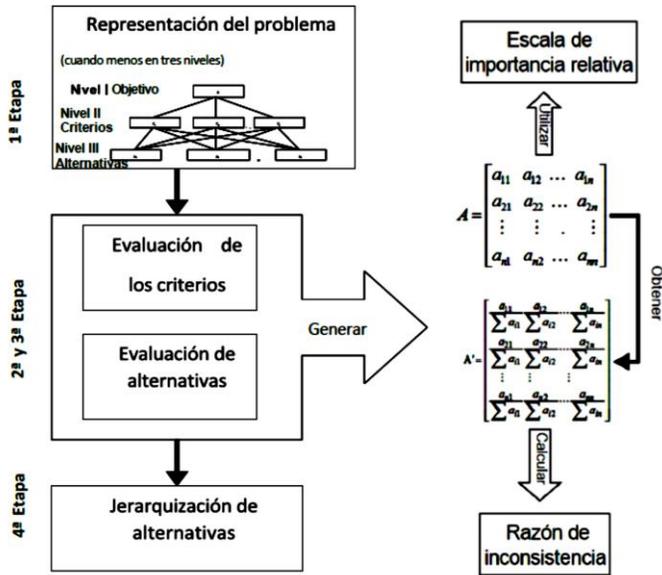


Figura 1.- Jerarquización analítica (Sánchez, 2022).

El algoritmo heurístico toma las etapas del AHP y confluye en la toma de decisiones donde se aborda el modelo de medición considerando que el número de alternativas es finito y se conoce su evaluación sobre distintas características (denominadas atributos), de carácter cuantitativo o cualitativo. El algoritmo toma los preceptos de Saaty (2001) para la toma de decisiones multicriterio que trabaja con un número finito, generalmente pequeño, de alternativas predeterminadas, $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ del cual se conoce además su evaluación sobre cada uno de los atributos, X_1, X_2, \dots, X_n , que no tiene que ser necesariamente cuantificable y que se representa a través de la denominada matriz de decisión, véase Tabla 1:

Tabla 1.- Matriz de Decisión (Saaty, 2001).

	X_1	X_2	..	X_j	..	X_n
			.		.	
A_1	x_{11}	x_{12}	..	x_{1j}	..	x_{1n}
			.		.	
A_2	x_{21}	x_{22}	..	x_{2j}	..	x_{2n}
			.		.	
...
			.		.	
A_i	x_{i1}	x_{i2}	..	x_{ij}	..	x_{in}
			.		.	
...
			.		.	
A_m	x_{m1}	x_{m2}	..	x_{mj}	..	x_{mn}
			.		.	

Nota: Items de la Matriz de Decisión.

La toma de decisiones multicriterio es un problema crítico, cualquier decisión involucra de una u otra manera, la evaluación de un conjunto de alternativas en términos de un conjunto de criterios de decisión, donde muy frecuentemente estos criterios están en medición. La figura 1, ilustra la situación compleja a la que se ve enfrentado el responsable de tomar una decisión. Es claro, que éste se encuentra influenciado por sus patrones o modelos mentales, por la influencia de quienes se encuentran en una posición jerárquica superior o inferior, incluyéndose también el estado de ánimo y sus relaciones familiares y sociales, lo cual determina las prioridades al momento de abordar el problema, y añaden desde luego, mayores elementos de complejidad. Dentro de este marco, es vital contar con la información adecuada para tomar la mejor decisión, la cual se determinará dentro de un conjunto de posibles alternativas, las cuales deben ser evaluadas frente a múltiples criterios que se definan para este propósito. Se denota esta matriz por $D = (x_{ij}) \in M_{m \times n}$ donde x_{ij} es el resultado alcanzado por la alternativa A_i , $j = 1, \dots, n$. Además, en general, se conoce la condición de cambio deseable para cada atributo. Así, a partir de los valores más preferidos por el decisor sobre cada uno de los atributos, x_j^* , se puede formar la alternativa ideal $A^* = (x_1^*, \dots, x_n^*)$. La decisión final consistirá en la elección de una o más alternativas de A como la “mejor” o “mejores”, basándonos en la información aportada por el decisor acerca de las preferencias sobre los atributos y/o las alternativas. El AHP utiliza una matriz formada con la información del decisor y cuyos elementos son comparaciones de criterios por pares tipo razón. La información que se demanda del decisor es una matriz $n \times n$ $W = (w_{ij})$, donde w_{ij} la medida subjetiva de la importancia relativa del criterio i frente al j , según una escala normalizada (Saaty,2001) de 1 (la misma importancia) a 9 (absolutamente más importante).

Y entonces, la matriz **W** de juicios relativos sobre los atributos tendría la siguiente forma; véase figura 2:

$$W = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \dots & w_{nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_{1/w_1} & w_{1/w_2} & \dots & w_{1/w_n} \\ w_{2/w_1} & w_{2/w_2} & \dots & w_{2/w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_{n/w_1} & w_{n/w_2} & \dots & w_{n/w_n} \end{pmatrix}$$

Figura 2.- Matriz W de jerarquización analítica (Sánchez, 2022).

Para Zeleny (1982) en esta matriz **W** todos los elementos son positivos y verifican las siguientes propiedades:

1. Reciprocidad: $w_{ij} = 1/w_{ji}$ Para todas $i, j = 1, \dots, n$.
2. Consistencia: $w_{ij} = w_{ik}/w_{jk}$ Para todas $i, j, k = 1, \dots, n$.

Y se puede asumir sin perder generalidad que $\sum_{j=1}^n w_j = 1$. Siendo todos los elementos de **W** positivos, existe siempre un autovalor $\lambda > 0$ dominante, tal que su autovector asociado $v = (v_1, \dots, v_n)$ que cumple $\sum_{j=1}^n v_j = 1$ tiene todos sus componentes positivos.

3. Resultados

3.1.- Factores de calidad de McCall

Los factores que afectan a la calidad del software se clasifican en dos grandes grupos: aquellos que se pueden medir directamente (p.ej.: defectos por punto de función) y los que se pueden medir solo indirectamente (p.ej.: facilidad de uso o mantenimiento). McCall et al. (1977) y colegas propusieron otra clasificación de factores que afectan a la calidad del software, éstos se concentran en tres aspectos importantes de un producto de software, las características operativas durante la ejecución, la capacidad de cambios o la transición del producto y su adaptabilidad o revisión, véase figura 3. Para McCall la relación de factores y características se corresponde con la expresión $Fq = c_1 m_1 + c_2 m_2 + \dots + c_m m_n$; Donde **Fq** es un factor de calidad del software, **cn** son coeficientes de regresión y **mn** son las métricas que afectan al factor de calidad, finalmente el modelo matemático de McCall se expresa interactivamente integrando el cómputo heurístico, como la sumatoria del producto de los pesos calculados por el grado de importancia, véase figura 3.

$$F(c) = \sum_{i=1}^n (a_i C_i) = a_1 C_1 + a_2 C_2 + a_3 C_3 + \dots + a_n C_n$$

En donde:
F(c) → Representa el valor final del grado de importancia de un factor de calidad.
ai → Representa un cociente de importancia (ponderación de la característica) por cada factor.
ci → Representa el valor del grado de importancia de una característica del entorno de la aplicación
n → Representa el número de características del entorno de la aplicación ser tomadas en cuenta.

Figura 3.- Factores de Calidad de Software según McCall.

Para Piattini (2015) la relación (X) entre los factores de calidad del software y las métricas se muestran en la figura 4, Cabe mencionar que el peso que se asigna a cada métrica depende de los productos de software.

Métrica de la calidad del software	Corrección	Confabilidad	Eficiencia	Integridad	Mantenimiento	Flexibilidad	Capacidad de pruebas	Portabilidad	Reusabilidad	Interoperabilidad	Usabilidad
Factor de calidad											
Facilidad de auditoria				x			x				
Exactitud		x									
Estandarización de comunicaciones										x	
Compleción	x										
Complejidad		x				x	x				
Concisión			x		x	x					
Consistencia	x	x			x	x					
Estandarización de datos										x	
Tolerancia a errores		x									
Eficiencia de ejecución			x								
Capacidad de expansión						x					
Generalidad						x		x	x	x	
Independencia de hardware								x	x		
Instrumentación				x	x		x				
Modularidad		x		x	x	x	x		x	x	
Operatividad			x								x
Seguridad				x							
Autodocumentación					x	x	x	x	x		
Simplicidad		x			x	x	x				
Independencia del sistema								x	x		
Trazabilidad	x										
Facilidad de formación											x

Figura 4.- Tabla de factores y métricas de calidad McCall

El proceso del algoritmo heurístico comienza con el Método de AHP y con la matriz de las alternativas integrando cada uno de los factores relacionados a la teoría de McCall, el algoritmo se implementa en una serie de funciones heurísticas, destacando la función en Visual Basic para Aplicaciones (VBA) para el AHP cuyo fin es obtener los pesos asociados a la fórmula de McCall:

Function AHP(ByRef matrix As Variant) As Variant
 1 Dim n As Integer
 2 n = UBound(matrix, 1) ' Tamaño de la matriz

```

3 Dim sumCol() As Double
4 ReDim sumCol(1 To n)
5 Dim i As Integer, j As Integer

' Calcular la suma de cada columna
6 For j = 1 To n
7   For i = 1 To n
8     sumCol(j) = sumCol(j) + matrix(i, j)
9   Next i
10 Next j

' Normalizar la matriz
11 Dim normMatrix() As Double
12 ReDim normMatrix(1 To n, 1 To n)
13 For i = 1 To n
14   For j = 1 To n
15     normMatrix(i, j) = matrix(i, j) / sumCol(j)
16   Next j
17 Next i

' Calcular los pesos
18 Dim weights() As Double
19 ReDim weights(1 To n)
20 For i = 1 To n
21   Dim sumRow As Double
22   sumRow = 0
23   For j = 1 To n
24     sumRow = sumRow + normMatrix(i, j)
25   Next j
26   weights(i) = sumRow / n
27 Next i

' Calcular el índice de consistencia
28 Dim lambdaMax As Double
29 lambdaMax = 0
30 For i = 1 To n
31   Dim sumProduct As Double
32   sumProduct = 0
33   For j = 1 To n
34     sumProduct = sumProduct + matrix(i, j) *
weights(j)
35   Next j
36   lambdaMax = lambdaMax + sumProduct /
weights(i)
37 Next i
38 lambdaMax = lambdaMax / n

39 Dim CI As Double, CR As Double
40 CI = (lambdaMax - n) / (n - 1)

' Valores de RI para diferentes tamaños de matriz
41 Dim RI() As Double
42 RI = Array(0, 0, 0.58, 0.9, 1.12, 1.24, 1.32, 1.41, 1.45,
1.49)
43 If n > 10 Then
44   CR = CI / 1.49 ' Aproximación para matrices grandes
45 Else
46   CR = CI / RI(n)
47 End If

' Verificación de consistencia
48 If CR < 0.1 Then
49   AHP = weights
50 Else

```

```

51 MsgBox "La matriz de comparación no es
consistente. CR = " & Round(CR, 3), vbExclamation,
"Inconsistencia Detectada"
52 AHP = Null
53 End If
54 End Function

```

de la aplicación del algoritmo se obtiene la matriz de las alternativas integrando cada uno de los factores relacionados a la teoría de McCall, la cual se muestra en la figura 5.

Figura 5. Matriz correlación.

Una vez que se crearon las matrices de alternativas y la de criterios, véase figura 6, bajo los mecanismos detallados, se crea la matriz final de criterios y alternativas, en la cual se deben generar las ponderaciones de cada una de las alternativas de forma vertical y horizontalmente, con la finalidad de poder realizar una suma de productos entre las dos ponderaciones de cada una de las alternativas y las ponderaciones de los criterios.

Figura 6.- Matriz de criterios.

Finalmente se obtiene la ponderación a cada uno de los criterios de McCall asociado al producto de software, mediante un mapa de calor, véase figura 7.

CRITERIO / ALTERNATIVAS	PONDERACIÓN FINAL
APLICACIÓN	0,054
AMBIENTE DE USO	0,054
RIESGO	0,058
COMPUTADORA ANFITRIONA	0,063
MADUREZ DEL DESARROLLADOR	0,062
EXPERIENCIA DEL USUARIO	0,067
APOYO DE LOS DESARROLLADORES	0,066
EXPERIENCIA DE LOS DESARROLLADORES	0,071
INTERACCIÓN CON EL USUARIO	0,073
RESTRICCIONES COMERCIALES	0,079
METODOLOGÍA DE DESARROLLO	0,090
LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	0,082
COMPLEJIDAD DE SOFTWARE	0,094
SALUD DE DESARROLLADORES	0,087
	1,000

Figura 7.- Matriz de criterios.

Con la ponderación obtenida se genera el dictamen de calidad de los productos de software, como se muestra en la figura 8.

POR ESTE MEDIO SE HACE CONSTAR QUE SE REALIZÓ EN SU EMPRESA UN ANÁLISIS DE CALIDAD DE SOFTWARE BAJO EL MODELO DE MCCALL REVISANDO LOS SIGUIENTES CRITERIOS Y ALTERNATIVAS:

CRITERIOS	ALTERNATIVAS	ALTERNATIVAS
COMPLETUDAD	APLICACIÓN	EXPERIENCIA DE PROGRAMACIÓN
EFICIENCIA	AMBIENTE DE USO	COMPLEJIDAD DE SOFTWARE
INTERFAZ	RIESGO	SAUO DE DESARROLLADORES
INTEROPERABILIDAD	COMPUTADORA ANFITRIONA	
	MANEJO DE DESARROLLADOR	
	EXPERIENCIA DEL USUARIO	
	APoyo de los desarrolladores	
	EXPERIENCIA DE LOS DESARROLLADORES	
	INTERACCIÓN CON EL USUARIO	
	RESTRICCIONES COMERCIALES	
	METODOLOGÍA DE DESARROLLO	

ESTA EVALUACIÓN SE REALIZÓ MEDIANTE LA HERRAMIENTA DE PROCESO ANÁLISIS JERÁRQUICO CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS

EXISTIERON ALGUNOS RUBROS SOBRE LOS CUALES SE DETECTÓ MENOS PUNTAJACIÓN Y SE EXTIENDE LA RECOMENDACIÓN DE ATENDERLOS A LA BREVEDAD.

APLICACIÓN, AMBIENTE DE USO, RIESGO, COMPUTADORA ANFITRIONA, MANEJO DEL DESARROLLADOR, EXPERIENCIA DEL USUARIO, APOYO DE LOS DESARROLLADORES, EXPERIENCIA DE LOS DESARROLLADORES

ASIMISMO TAMBIÉN SE LE INFORMA QUE TIENE FORTALEZA EN LOS SIGUIENTES CRITERIOS:

INTERACCIÓN CON EL USUARIO, RESTRICCIONES COMERCIALES, METODOLOGÍA DE DESARROLLO, LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN, COMPLEJIDAD DE SOFTWARE, SAUO DE DESARROLLADORES

POR CONSIGUIENTE SE LE INFORMA QUE SU EVALUACIÓN FINAL CON RESPECTO AL DESARROLLO DE SOFTWARE ES DE:

REGULAR

Figura 8.-Carátula de dictamen final de evaluación.

4. Discusión

El modelo de McCall es de suma importancia, ya que intenta contemplar el panorama completo de la producción de software, desde los usuarios hasta los desarrolladores, el tomar una decisión de que es lo que realmente es importante, pues en muchas ocasiones depende de la línea que tenga la empresa desarrolladora o también de lo que esté solicitando un determinado cliente, las prioridades o ponderaciones en este caso serán muy variables, el tener herramientas como la aplicada en este caso con el Proceso Analítico Jerárquico permite evaluar todas las alternativas que se pueden dar en el modelo de McCall por cada uno de los criterios, dando los resultados mediante ponderaciones que al final se utilizan para poder tomar una mejor decisión.

5. Conclusiones

La calidad de un producto de software es un cálculo complejo, compuesto de otros atributos, incluso diferentes según el observador. La calidad por ser un concepto multidimensional posee diferentes definiciones dependiendo del contexto desde donde se examine. El modelo empleado de medición para la calidad del software propone la descomposición de atributos en otros más simples y medibles, al tiempo que establecen los requisitos de calidad. Con el algoritmo heurístico empleando AHP no sólo se enfrenta a la medida de la calidad de forma más simple y coherente, también ayuda a conocer del producto de software, sus características de calidad y el dictamen de calidad. El modelo de McCall se basa en tres perspectivas fundamentales:

1. **Operación del Producto:** Evalúa la funcionalidad y eficiencia del software en su uso.

2. **Revisión del Producto:** Considera aspectos relacionados con la capacidad de mantenimiento y evolución del software.
3. **Transición del Producto:** Se enfoca en la adaptabilidad del software a nuevos entornos y tecnologías.

El modelo de McCall sigue siendo una referencia en la evaluación de calidad del software, proporcionando una base sólida para garantizar productos confiables, eficientes y adaptables. Su estructura clara permite a los desarrolladores y gestores de proyectos mejorar continuamente la calidad del software en todas sus dimensiones, en particular en la empresa CDS, S.C.

6. Agradecimientos

A la empresa CDS, S.C., por el apoyo técnico y documental, así como, al área de Desarrollo de Software por el acceso a las instalaciones y al grupo desarrollador para efectuar el análisis de los productos de software para dictaminar con base en el modelo de McCall la calidad del producto que liberan a los clientes de la empresa, así como, a cada uno de los integrantes de artículo por el aporte computacional y matemático para realizar los aplicativos.

7. Referencias

1. Ballester, E. (1998). Metodología multicriterio en las decisiones empresariales. México: McGraw Hill.
2. Gallagher, C., & Watson, H. (1982). Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en. México: McGraw Hill.
3. McCall, J.A., Richards, P.K., Walters, G.F. (1977) Factors in Software Quality, Springfield, Va., vol. 1.
4. Piattini, M. (2015). Approaches to promote product quality within software process improvement initiatives: a mapping study. Journal of Systems and Software, 103, 150-166.
5. Saaty, T.L (1980). The Analytic Hierarchy Process. México: McGraw Hill.
6. Saaty, T.L (2001). The seven pillars of the analytic hierarchy process. New York: McGraw Hill.
7. Sanchez Gerrero, G. (2022). Tecnicas Heurísticas para la Planeación. México: Fundación ICA.
8. Zeleny, M. (1982). Multiple criteria decision making. New York: McGraw Hill.