



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Matemáticas

Escuela Académico Profesional de Investigación Operativa

**Aplicación del proceso de análisis jerárquico (AHP)
para la selección de software en una institución del
Estado**

MONOGRAFÍA

Para optar el Título Profesional de Licenciada en Investigación
Operativa

AUTOR

Esther Angélica SALINAS MEDINA

ASESOR

Jaime Enrique ALCALDE CHIGNE

Lima, Perú

2008



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Salinas, J. (2008). *Aplicación del proceso de análisis jerárquico (AHP) para la selección de software en una institución del Estado*. Monografía para optar el título profesional de Licenciada en Investigación Operativa. Escuela Académico Profesional de Investigación Operativa, Facultad de Ciencias Matemáticas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

**APLICACIÓN DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁQUICO (AHP)
PARA LA SELECCIÓN DE SOFTWARE EN UNA INSTITUCIÓN
DEL ESTADO**

ESTHER ANGÉLICA SALINAS MEDINA

Monografía presentada a consideración del Cuerpo Docente de la Facultad de Ciencias Matemáticas, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, como parte de los requisitos para obtener el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa

Aprobada por:

Mg. Inés Gambini López
Presidente del Jurado

Lic. Jaime Alcalde Chigne
Miembro Asesor

Lima - Perú
Mayo - 2008

FICHA CATALOGRÁFICA

SALINAS MEDINA, ESTHER ANGÉLICA

Aplicación del Proceso de Análisis Jeráquico (AHP) para la
Selección de Software en una Institución del Estado.

xi, 97 p., 29.7 cm. (UNMSM, Licenciada, Investigación Operativa,
2008.)

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Facultad de Ciencias Matemáticas

Investigación Operativa.

UNMSM / FdeCM

A Dios Todo poderoso por haberme permitido terminar una de las metas más importante en mi vida y por dotarme de paciencia, salud y perseverancia.

A mis padres, Angélica y Jesús. Y a mis hermanas Raquel, Silvia y Mery que ocupan un lugar especial en mi corazón, quienes me brindaron la oportunidad de estudiar lo que quería y me apoyaron dando todo su amor, esfuerzo y confianza a lo largo de mi carrera.

A la Escuela Académico Profesional de Investigación Operativa por acogerme en su seno, un reconocimiento de manera especial al Lic. Jaime Alcalde Chigne por la orientación brindada para la elaboración del presente trabajo.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| Índice..... | vi |
| Introducción..... | x |
| CAPITULO I. ANTECEDENTES | |
| 1.1 SEDAPAL EN LA HISTORIA DE LIMA | 1 |
| 1.2 DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO | |
| 1.2.1 MARCO ACTUAL | 2 |
| 1.2.2 ANÁLISIS FODA..... | 5 |
| 1.2.3 PLAN ESTRATÉGICO..... | 6 |
| 1.2.4 ESTATUTO DE SEDAPAL..... | 9 |
| 1.3 DIAGNÓSTICO FUNCIONAL | 10 |
| 1.3.1EL EQUIPO CONTROL DE GESTIÓN Y PROCESOS DE SELECCIÓN..... | 12 |
| CAPITULO II. MARCO TEÓRICO | |
| 2.1 ANTECEDENTES | |
| 2.1.1 ANÁLISIS DE DECISIONES..... | 14 |
| 2.1.2 ANÁLISIS DE DECISIÓN MULTICRITERIO..... | 17 |
| 2.2 PRINCIPALES MÉTODOS DE DECISIÓN MULTICRITERIO | |
| 2.2.1 EL MÉTODO DE PONDERACIÓN LINEAL (SCORING) | 17 |
| 2.2.2 UTILIDAD MULTIATRIBUTO (MAUT) | 18 |
| 2.2.3 RELACIONES DE SOBRECASIFICACIÓN..... | 18 |
| 2.2.4 PROCESOS DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) | 19 |
| 2.2.4.1 ETAPAS DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO..... | 19 |
| 2.3.PREPARACIÓN PARA LA APLICACIÓN DEL A.H.P | |
| 2.3.1 DEFINICIÓN DE PARTICIPANTES..... | 29 |
| 2.3.2 INFORMACIÓN REQUERIDA..... | 29 |
| 2.3.3 RECURSOS ASOCIADOS CON EL PROCESO..... | 29 |
| 2.4 METODOLOGÍA DEL A.H.P..... | 30 |
| 2.4.1 ESTRUCTURA DEL MODELO JERÁRQUICO..... | 30 |

| | |
|--|----|
| 2.4.2 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA..... | 30 |
| 2.4.3 DEFINICIÓN DEL OBJETIVO..... | 30 |
| 2.4.4 IDENTIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS..... | 31 |
| 2.4.5 IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS..... | 31 |
| 2.4.6 ÁRBOL DE JERAQUÍAS..... | 31 |
| | |
| 2.5 EVALUACIÓN DEL MODELO..... | 32 |
| 2.5.1 ESTABLECIMIENTO DE LAS PRIORIDADES..... | 32 |
| 2.5.2 EMISIÓN DE JUICIOS Y EVALUACIONES..... | 32 |
| 2.5.3 RESULTADO FINAL..... | 33 |
| 2.5.4 SÍNTESIS..... | 34 |
| 2.5.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD..... | 34 |
| | |
| CAPITULO III. APLICACIÓN DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) PARA LA SELECCIÓN DE SOFTWARE EN UNA INSTITUCIÓN DEL ESTADO | |
| | |
| 3.1 SITUACIÓN ACTUAL..... | 35 |
| 3.2 PROCESO DE SELECCIÓN Y/O EVALUACIÓN DE SOFTWARE..... | 36 |
| 3.3 PREPARACIÓN Y ORGANIZACIÓN PARA APLICAR A.H.P. EN LA SELECCIÓN DE SOFTWARE EN SEDAPAL..... | 37 |
| 3.4 ESTRUCTURACIÓN DEL MODELO JERÁRQUICO | |
| 3.4.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA..... | 38 |
| 3.4.2 DEFINICIÓN DEL OBJETIVO..... | 39 |
| 3.4.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS..... | 40 |
| 3.4.4 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS..... | 42 |
| 3.4.5 ÁRBOL DE JERARQUÍAS..... | 44 |
| | |
| 3.5 EVALUACIÓN DEL MODELO | |
| 3.5.1 EMISIÓN DE JUICIOS Y EVALUACIONES..... | 46 |
| | |
| 3.6 RESULTADO FINAL..... | 73 |
| 3.6.1 SÍNTESIS..... | 76 |
| 3.6.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD..... | 79 |

| | |
|---|----|
| 3.6.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS..... | 82 |
| CONCLUSIONES..... | 83 |
| RECOMENDACIONES..... | 85 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 86 |
| ANEXOS | |

RESUMEN

APLICACIÓN DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) PARA LA SELECCIÓN DE SOFTWARE EN UNA INSTITUCIÓN DEL ESTADO

ESTHER ANGÉLICA SALINAS MEDINA

Mayo - 2008

Asesor : Jaime Alcalde Chigne
Titulo obtenido : Licenciada en Investigación Operativa

EL Proceso de Análisis Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process - AHP*) es un método que permite analizar una mejor toma de decisiones multicriterio para ayudar a la toma de decisiones complejas, formulando el problema de decisión de un modo lógico y racional, incluyendo juicios y evaluaciones subjetivas, pudiendo ser aplicado a diferentes organizaciones.

Este método, basado en el análisis de decisiones multicriterio, permite establecer los criterios de decisión, ponderarlos y valorar las alternativas en función de las prioridades que el decisor establezca para cada criterio.

Este trabajo presenta una aplicación de la metodología AHP al problema de selección de software en una institución pública.

Como apoyo en todo el proceso de decisión se ha considerado la opinión de juicios y evaluaciones subjetivas de diferentes expertos. El software utilizado ha sido el Expert Choice.

PALABRAS CLAVE:

Palabras clave: Decisión multicriterio, Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), Matriz pareada.

ABSTRACT

APPLICATION OF THE PROCESS OF HIERARCHIC ANALYSIS (AHP) FOR THE SELECTION OF SOFTWARE IN AN INSTITUTION OF THE STATE

ESTHER ANGÉLICA SALINAS MEDINA

May - 2008

Adviser : Jaime Alcalde Chigne

Title Obtained : Licensed in Operative Research

Process of Hierarchic Analysis (*Analytic Hierarchy Process - AHP*) is a method that allows to analyze a better capture of decisions multicriterion for help to take of complex decisions, formulating the decision problem of a logical and rational way, including judgments and subjective evaluations being able to be applied to different organizations.

This method based on the analysis of decisions multicriterion, allows to establish the decision functions, them to consider and to value the alternatives depending on the priorities that the decisor establishes for every criterion.

This work presents an application of the methodology AHP to the problem of selection of software in a public institution.

As help on the whole process of decision it has been considered the opinion of judgments and subjective evaluations of different experts. The computer program used has been the Expert Choice.

KEYWORDS:

Keywords: Decision multicriterion, Process of Hierarchic Analysis (AHP), Matching Matrix.

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de la eficiencia, la productividad y la competitividad por parte de las empresas del sector público está contribuyendo a la búsqueda de metodologías de apoyo a la toma de decisiones complejas en escenarios de múltiples criterios de selección.

La selección de un software para cualquier empresa constituye una de las decisiones estratégicas que van a condicionar en gran parte su futuro. De ahí surge que la resolución de esta cuestión deba efectuarse con las máximas garantías.

El proceso elegido para analizar y proponer una solución a la evaluación y/o selección de software es el *Proceso de Análisis Jerárquico (AHP)*, ya que ofrece ciertas ventajas respecto a otros procedimientos, como son: su simplicidad y claridad, el AHP es un método sencillo, lógico y tiene una estructurada metodología de trabajo, basada en la descomposición del problema en una estructura jerárquica; este proceso permite adicionalmente realizar el análisis de sensibilidad, para observar y estudiar otras posibles soluciones al hacer cambios en la importancia de los elementos que definen el problema de decisión; y la existencia de distintos software de apoyo para su aplicación. El Software utilizado en este trabajo es el Expert Choice. Este software comercial trabaja en ambiente Windows y DOS, es de fácil uso y sirve como mecanismo de derivación de consensos participativos.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1.1 SEDAPAL EN LA HISTORIA DE LIMA

El 8 de junio de 1962, Don Manuel Prado Ugarteche, formó la Corporación de Saneamiento de Lima (COSAL), y las relaciones de la Corporación con el Supremo Gobierno se canalizaron mediante el Ministerio de Fomento y Obras Públicas y el Ministerio de Hacienda y Comercio.

Siete años después, el 21 de marzo de 1969, el gobierno del Gral. Juan Velasco Alvarado, reestructuró COSAL y se formó la Empresa de Saneamiento de Lima (ESAL) como un organismo público descentralizado del Ministerio de Vivienda.

Con el restablecimiento de la democracia, el presidente Fernando Belaúnde Terry creó el 12 de junio de 1981, el Servicio Nacional de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado (SENAPA) modificando la estructura y función de ESAL, constituyéndose el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) como empresa filial del SENAPA.

En 1992, durante el primer período del Ing. Alberto Fujimori, SEDAPAL pasó a depender del Ministerio de la Presidencia como una empresa de

propiedad del Estado, de Derecho Privado con autonomía técnica, administrativa, económica y financiera.

Aunque la fundación de SEDAPAL se produjo el 12 de junio de 1981, SEDAPAL celebra su aniversario el día en que se fundó COSAL, es decir, el 8 de junio de 1962, al formarse la primera empresa pública de saneamiento con autonomía y administración financiera.

1.2 DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO

1.2.1 MARCO ACTUAL

SEDAPAL - Servicio de Agua potable y Alcantarillado de Lima, es una empresa estatal de derecho privado, íntegramente de propiedad del Estado, constituida como Sociedad Anónima, a cargo del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, con autonomía técnica, administrativa, económica y financiera. Fue creada mediante Decreto Legislativo N° 150, inscrita en la ficha N° 38644 de los Registros Públicos de Lima en 1981. Sus actividades, son reguladas por el Fondo Nacional De Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado (FONAFE) y por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). SUNASS fue creada mediante Decreto Ley Numero 25965 del año 1992, y es quien autoriza las tarifas de agua potable y alcantarillado sobre la base de propuestas hechas por SEDAPAL.

Sus servicios son de necesidad y utilidad pública y de preferente interés social, los cuales están constituidos por:

- i. Servicio de agua potable que se brinda a través de conexiones y piletas
- ii. Servicio de alcantarillado sanitario y pluvial; el de alcantarillado a través de conexiones domiciliarias, no existiendo el servicio pluvial por las característica climáticas (ausencias de lluvias)
- iii. Acciones de protección del medio ambiente, vinculadas a los proyectos que ejecuta para el cumplimiento de su actividad principal.

Misión

La misión de la empresa es la de “contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población, administrando eficientemente el recurso agua y la recolección y disposición final de aguas servidas, controlando la preservación del medio ambiente.”

Visión

La visión es la de “Ser Líderes, en Latinoamérica, en servicios de agua y alcantarillado”

Clientes

- ❖ La jurisdicción del servicio de agua potable y alcantarillado son la provincia metropolitana de Lima y la provincia Constitucional del Callao. A enero de 2008 Lima tiene una población que bordea los 8 millones de habitantes. Sedapal atiende mediante conexiones domiciliarias y piletas a 7.1 millones de habitantes, lo que significa una cobertura de servicio de 90.8%
- ❖ Existen clientes con insuficiente educación sanitaria que incide en el uso irracional del agua.
- ❖ Existe indiferencia por parte de los clientes a cumplir sus obligaciones, además que hay clientes organizados que ejercen presión política.

Proveedores .-

Entre los más importantes:

- CONCYSSA S.A : servicios de mantenimiento de redes de agua y desagüe
- CONSORCIO AGUA AZUL S.A: concesionario de la producción de agua potable del Río Chillón.
- CONSORCIO UNI-SERVIUNI S.A.C.: lectura de medidores
- QUIMPAC S.A. : cloro sólido y gaseoso
- TRANSPORTES LEYVA E.I.R.L. : transporte de personal y equipo
- EMASER S.R.L. Servicio de Seguridad

- MM SERVICIOS Y PROMOCIONES S.A.:mantenimiento y limpieza
 - COSAPI DATA S.A.: servicios informáticos
 - IBM DEL PERU S.A.C.: servicios informáticos
 - XEROX DEL PERU S.A.: servicios de fotocopiado
 - NEXTEL DEL PERU S.A.: Servicio de telecomunicaciones
- ❖ Sello Sedapal es la certificación de control de calidad para proveedores industriales de productos vitales de obras de saneamiento.
 - ❖ SEDAPAL solo adquiere insumos de proveedores nacionales, tales como: Insumos químicos, tuberías de diámetro grande, energía eléctrica, etc..

Competidores

- ❖ Ausencia de competidores en tratamiento, producción y distribución de agua potable.
- ❖ Posicionamiento total del mercado
- ❖ La concesión de ciertas áreas de la empresa como la comercial mejoraría los procesos internos de la empresa

Factores Claves del Sector

- ❖ Fuentes de agua en cantidad suficiente para cubrir la demanda de la población:
 - a . Superficial
 - b . Subterráneas
- ❖ Aspectos climatológicos y desastres naturales
- ❖ Educación Sanitaria por parte de la población en cuanto al aprovechamiento adecuado del agua potable.
- ❖ Marco Legal Restrictivo que limita el la toma idónea y oportuna de decisiones por parte de la alta dirección.
- ❖ Fuentes de financiamiento internas y externas para la realización de estudios, proyectos y obras que garanticen el cumplimiento de los objetivos.

- ❖ Tarifas reguladas por SUNASS que conllevan a problemas financieros
- ❖ Los clientes constituyen el objetivo principal de la misión de la empresa en cuanto a calidad del servicio, no tanto así el lucro de la empresa

1.2.2 ANÁLISIS FODA

Oportunidades

- ❖ Acceso a nuevas formas de financiamiento para incrementar la cobertura.
- ❖ Reactivación de la Demanda Industrial y Comercial y del Sector Construcción
- ❖ Participación del Sector Privado en actividades de tratamiento de desagües.
- ❖ Participación del Sector Privado en actividades comerciales

Amenazas

- ❖ Restricciones en el financiamiento externo.
- ❖ Rechazo de la población a sistemas no convencionales e instalación de medidores.
- ❖ Oposición de la población al incremento de tarifas
- ❖ Demoras en los procesos de licitación de obras y servicios
- ❖ Contaminación de la cuenca del río Rímac y Lurín
- ❖ Deterioro de la imagen de SEDAPAL por denuncias públicas

Fortalezas

- ❖ Es la empresa líder en el sector Saneamiento a nivel nacional.
- ❖ Posee una adecuada capacidad instalada de producción, se cuenta con equipos modernos de tratamiento y control de calidad de primer nivel
- ❖ Califica como una empresa con una sólida estructura económica financiera, sujeto a crédito para el acceso de mejores condiciones de fuentes de financiamiento tanto interno como externo.

- ❖ Certificaciones ISO 9001 en gestión de la calidad en producción de agua potable y Gerencia Proyectos y Obras; certificación ISO 14001 de la gestión ambiental en el centro operativo La Atarjea, ubicada en el distrito del Agustino.

Debilidades

- ❖ El servicio acusa deficiencias en algunos sectores de la ciudad por la antigüedad de las redes de tuberías, que por lo general son de cemento.
- ❖ El nivel de micro medición es bajo y determina un alto porcentaje de agua no contabilizada, mal uso del servicio y cierta inequidad en la facturación emitida a los clientes.
- ❖ Carece de un programa de mantenimiento preventivo de instalaciones
- ❖ Conserva una elevada cartera morosa, con recuperación lenta de cobranza.

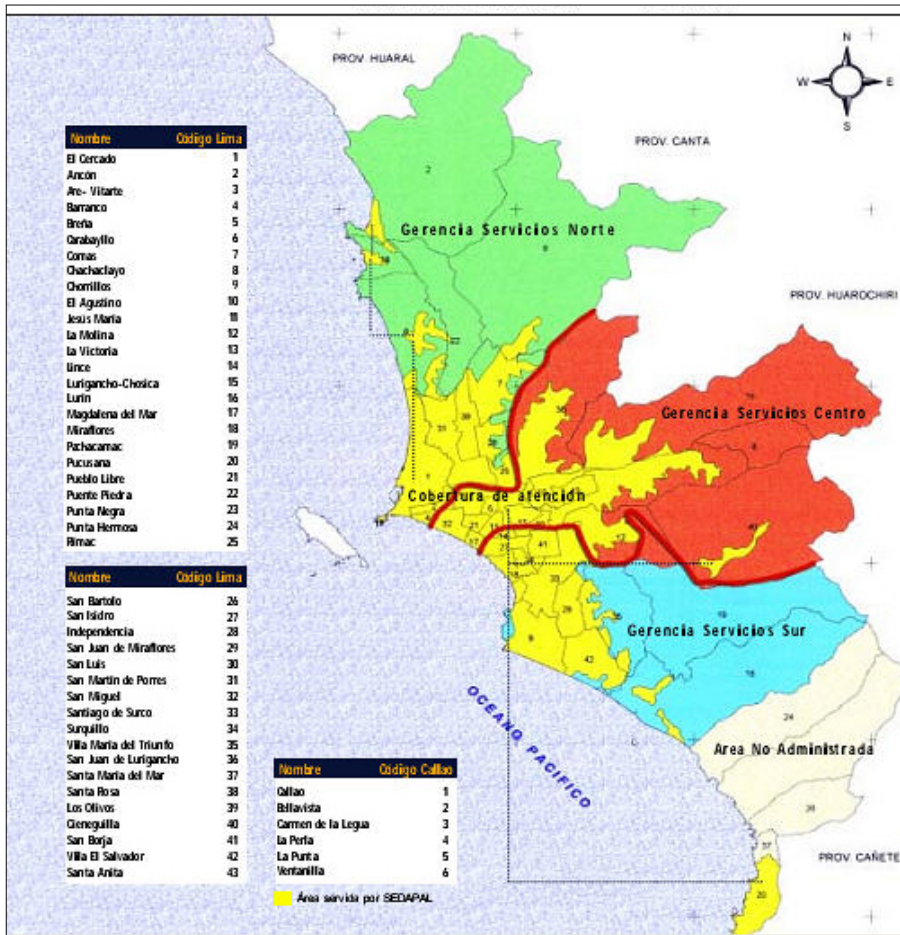
1.2.3 PLAN ESTRATÉGICO

Para la elaboración el plan estratégico 2004-2008, se han tomado como referencias el plan Maestro 1996-2020, el estatuto de la empresa y las políticas de la empresa, además de un diagnóstico situacional.

A enero del 2008 se presenta el siguiente diagnóstico:

- A. Alta vulnerabilidad de las fuentes de agua.
- B. Cobertura de servicio de 90.8% de la población administrada por SEDAPAL

FIGURA I.1



El ámbito de responsabilidad de SEDAPAL comprende a los 49 distritos de Lima Metropolitana, 43 de los cuales se encuentran bajo administración directa, mientras que los seis restantes, 2 están bajo administración de parcial de SEDAPAL y 4 bajo administración municipal. Ver figura I.1

Distritos por Administrar

- ✎ Chaclacayo (**)
- ✎ Lurigancho (**)
- ✎ San Bartolo (*)
- ✎ Punta Hermosa (*)
- ✎ Punta Negra (*)
- ✎ Santa María del Mar (*)

(*)Distritos bajo administración municipal. (**) Distritos bajo administración parcial por SEDAPAL

C. Alto volumen de agua no facturada 39%.

El servicio de agua potable está constituido por los siguientes sistemas:

- A. Sistema de producción.
- B. Sistema de distribución.

El servicio de alcantarillado esta constituido por los siguientes sub – sistemas que a la vez son sistemas:

- A. Sistema de recolección de desagües sanitarios
- B. Sistema de disposición final y tratamiento de aguas servidas

C. Sistemas de recolección y disposición de aguas de lluvias

Se han establecido 10 grandes objetivos para el plan estratégico Institucional 2004-2008:

1. Ampliar y mejorar el servicio de agua potable, incrementando la confiabilidad del servicio.
2. Ampliar y mejorar el servicio de alcantarillado, reduciendo los efectos ambientales del Servicio.
3. Incrementar la continuidad del servicio.
4. Reducir las incidencias de fallas en redes de agua.
5. Incrementar la micromedición (número de conexiones con medidor / número de conexiones totales)
6. Reducir la incidencia de fallas en redes de alcantarillado.
7. Disminuir el agua no facturada.
8. Reducir el índice de morosidad.
9. Reducir la extracción de agua subterránea.
10. Optimizar la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua residual.

1.2.4 ESTATUTO DE SEDAPAL

El objetivo de SEDAPAL, es la prestación de los servicios de saneamiento, los cuales están constituidos por los siguientes servicios, sistemas y procesos:

- A. Servicio de Agua Potable.
 - a. Sistema de Producción.
 - i. Almacenamiento y Conducción de agua cruda.
 - ii. Tratamiento y Conducción de agua cruda.
 - iii. Captación.
 - iv. Tratamiento y Conducción de agua tratada.
 - v. Explotación de la napa freática.
 - b. Distribución.

- i. Redes de distribución.
 - ii. Almacenamiento.
 - iii. Conexiones Domiciliarias.
 - iv. Emisión.
 - v. Distribución.
 - vi. Cobranza.
 - vii. Atención al cliente.
 - viii. Cierres y Reaperturas.
 - ix. Pileta pública.
- B. Alcantarillado Sanitario y Pluvial.
 - a. Recolección.
 - i. Redes de recolección.
 - ii. Conexiones domiciliarias.
 - iii. Emisión.
 - iv. Distribución.
 - v. Cobranza.
 - vi. Atención al cliente.
 - vii. Cierres y reaperturas.
 - b. Tratamiento y Distribución de Aguas Servidas.
- C. Distribución Sanitaria de Excretas.
 - a. Letrinas.
 - b. Fosas Sépticas.
- D. Acciones de Protección del Medio Ambiente.

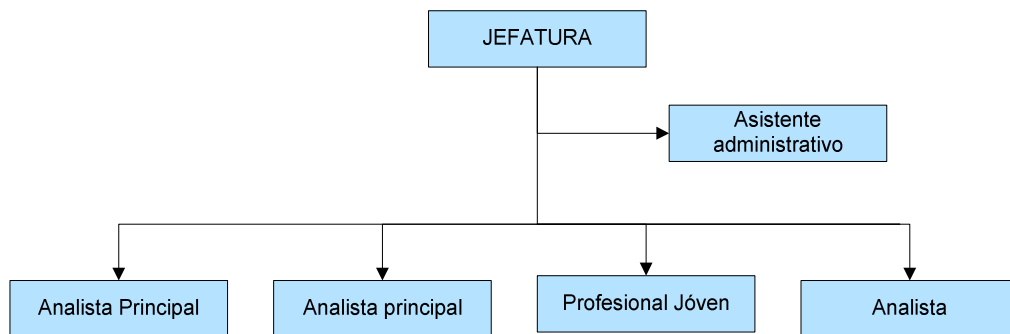
1.2.5 Organigrama de SEDAPAL.

1.3 DIAGNÓSTICO FUNCIONAL

1.3.1 EL EQUIPO CONTROL DE GESTIÓN Y PROCESOS DE SELECCIÓN (ECGPS)

Organigrama
Equipo Control de Gestión y Procesos de Selección (ECGPS)

FIGURA I.3



Funciones del Equipo Control de Gestión y Procesos de Selección

El Equipo Control de Gestión y Procesos de Selección (ECGPS) perteneciente a la Gerencia General, hace seguimiento al cumplimiento de los objetivos de SEDAPAL. Sus funciones son las siguientes:

- ❖ Formular, proponer, aplicar, controlar y actualizar los lineamientos y estrategias de control y evaluación integral de la gestión de la Empresa.
- ❖ Coordinar con las Gerencias, Equipos y Proyectos la formulación y envío de la información de su competencia, en aspectos de control de gestión.
- ❖ Desarrollar acciones de consolidación, análisis y evaluación de la información institucional de control de gestión. Como proponer las acciones correctivas para mejorar los niveles de eficiencia y productividad.

- ❖ Presentar a la Gerencia General la información cuantitativa y cualitativa de control de gestión, efectuar su distribución y mantenimiento, así como proponer las acciones correctivas para mejorar sus niveles de eficiencia y productividad.
- ❖ Efectuar el control y evaluación de los compromisos y contratos internos de gestión.
- ❖ Mantener actualizada la información de la Página WEB de SEDAPAL.
- ❖ Desarrollar acciones de control concurrente sobre los procesos de selección, comprendiendo:
 - Identificar los procesos de selección más importantes a ser revisados.
 - Solicitar la documentación sustentatoria de los procesos de selección de obras entre los mejores proyectos elegidos por el Equipo Control de Gestión y Procesos de Selección.
 - Efectuar la revisión de los procesos de selección en los siguientes aspectos:
 - Estudios del mercado realizados por las Unidades usuarias.
 - Analizar la determinación del valor referencial y la estructura de costos del proceso de selección.
 - Presentar informes a la Gerencia General de los procesos de selección revisados, así como proponer, en su caso, las recomendaciones que considere pertinentes.
 - Mantener permanente coordinación con las jefaturas de los Equipos Planeamiento y Adquisición de Bienes, Servicios Generales y Licitaciones y Contratos y Gestión de Proyectos, con respecto a los procesos de selección revisados.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 ANÁLISIS DE DECISIONES

¿Qué es la toma de decisiones?

Herbert Simon, el teórico más reconocido en el tema, define el proceso de toma de decisiones empresariales como un proceso grupal:

"un esfuerzo planeado y cooperativo, en el cual cada participante tiene un papel reconocido que cumplir y unas obligaciones o tareas por ejecutar. Se le asignan a estas obligaciones para lograr el objetivo de la organización más que para satisfacer preferencias individuales, aunque frecuentemente coinciden ambos efectos".

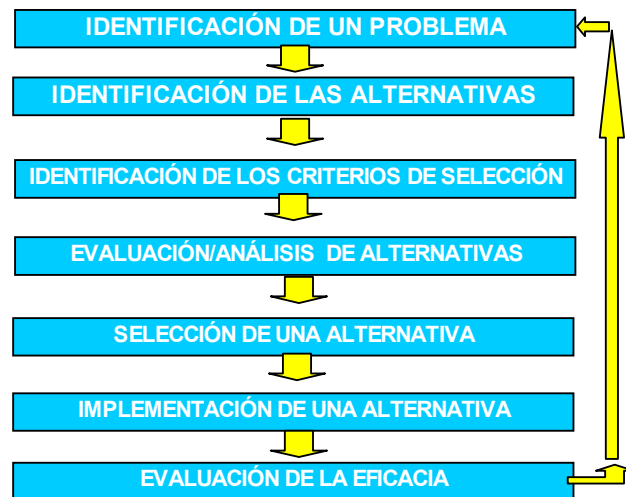
Según **Omar Aktouf**:

{...} la decisión. es el proceso por el cual se llega a una opción, pero una opción supuestamente aclarada, informada y motivada. Se trata de elegir entre varias formas posibles de actuar con miras a lograr una meta, en condiciones y circunstancias dadas. Este proceso implica una serie de actos parciales y secuenciales que conducirán al decisor desde la toma de conciencia de la necesidad de elegir, hasta seleccionar una solución entre las más adecuadas, tomando en cuenta la situación, y pasando por la recolección y el procesamiento de toda la información necesaria.

Así la toma de decisiones se inicia al identificar y definir el problema y termina con la elección de una alternativa, que es el acto de tomar una decisión.

PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

FIGURA II.1



La fase de análisis del proceso de toma de decisiones puede asumir dos formas básicas: **Cualitativa y cuantitativa**. El análisis cualitativo se basa primordialmente en el razonamiento y la experiencia del decisor, incluye la impresión intuitiva que el decisor tiene del problema. Cuando se utiliza el enfoque Cuantitativo, el analista se concentra en los hechos o datos asociados al problema y desarrolla expresiones matemáticas que describen los objetivos, las restricciones y las relaciones existentes en el problema. Después, utilizando uno o más métodos cuantitativos, el analista ofrece una recomendación con base en los aspectos cuantitativos del problema.

Los criterios que no implican más de un criterio de decisión se les denomina *problemas de decisión único*, caso contrario se les denomina *Problemas de criterios múltiples o problemas de decisión multicriterio*.

MODELOS DE TOMA DE DECISIONES

La teoría de decisiones proporciona una manera útil de clasificar modelos para la toma de decisiones. entre ellos tenemos las siguientes categorías:

TABLA II.1

| Categorías | Consecuencias |
|-------------------|----------------------|
| Certidumbre | Deterministas |
| Riesgo | Probabilísticas |
| Incertidumbre | Desconocidas |

- **TOMA DE DECISIONES BAJO CERTIDUMBRE**

Si se pueden predecir con certeza las consecuencias de cada alternativa de acción, entonces se tiene una tarea de toma de decisiones bajo certidumbre.

Se conocen los datos de forma determinista. Una buena parte de las decisiones que se toman a diario cae dentro de esta categoría.

- **TOMA DE DECISIONES BAJO INCERTIDUMBRE**

En los procesos de decisión bajo incertidumbre, el decisor conoce cuáles son los posibles estados de la naturaleza, aunque no dispone de información alguna sobre cuál de ellos ocurrirá. No sólo es incapaz de predecir el estado real que se presentará, sino que además no puede cuantificar de ninguna forma esta incertidumbre. En particular, esto excluye el conocimiento de información de tipo probabilístico sobre las posibilidades de ocurrencia de cada estado.

- **TOMA DE DECISIONES BAJO RIESGO**

Esta categoría incluye aquellas decisiones para las que las consecuencias de una acción dada dependen de algún evento probabilista.

2.1.2 ANÁLISIS DE DECISIÓN MULTICRITERIO

El análisis de decisiones multicriterio constituye una forma de modelar los procesos de decisión, en los que entran en juego: una decisión a ser tomada, los eventos desconocidos que pueden afectar el o los resultados, los posibles cursos de acción, y el o los resultados mismos. Mediante los modelos multicriterio el decisor podrá estimar las posibles implicaciones que puede tomar cada curso de acción, de modo a obtener una mejor comprensión de las vinculaciones entre sus acciones y sus objetivos.

Este tipo de análisis presenta la siguiente terminología:

- **Alternativas** : opciones que tiene el decisor para la toma de decisión.
- **Criterios**: características estándar que describen a las alternativas de manera objetiva (cuantitativa) y subjetiva (cualitativa).
- **Objetivo** : es el motivo por el cual se está procediendo a tomar una decisión, que está en función a los requerimientos del decisor.
- **Meta** : aspiraciones que expresan el nivel deseado de los atributos.

Aquellos problemas en los que las alternativas de decisión son finitas se denominan problemas de **decisión multicriterio discretos**. Por otro lado, cuando el problema toma un número infinito de valores y conduce a un número infinito de alternativas posibles, se llama **decisión multiobjetivo**.

2.2 PRINCIPALES MÉTODOS DE DECISIÓN MULTICRITERIO

2.2.1 EL MÉTODO DE PONDERACIÓN LINEAL (SCORING)

Es probablemente el más conocido y el más comúnmente utilizado de los métodos de decisión multicriterio. Con este se obtiene una puntuación global por la simple suma de las contribuciones obtenidas de cada atributo. Si se tienen varios criterios con diferentes escalas (dado que ellos

no se pueden sumar directamente), se requiere un proceso previo de normalización para que pueda efectuarse la suma de las contribuciones de cada uno de los atributos. Debe tomarse en cuenta que, sin embargo, el orden obtenido con este método no es independiente del procedimiento de normalización aplicado.

2.2.2 TEORIA DE UTILIDAD MULTIATRIBUTO (THEORY OF UTILITY MULTIATTRIBUTE - MAUT).

Se basa en estimar una función parcial para cada atributo, de acuerdo con las preferencias de las personas responsables de tomar las decisiones, que luego se agregan en una función MAUT en forma aditiva o multiplicativa. Al determinarse la utilidad de cada una de las alternativas, se consigue una ordenación del conjunto de las alternativas que intervienen en el proceso.

La teoría MAUT busca expresar las preferencias del tomador de decisiones sobre un conjunto de atributos o criterios. Está basada fundamentalmente en el siguiente principio: todo tomador de decisiones intenta implícitamente maximizar una función que agrega todos los puntos de vista relevantes del problema. Es decir, si se interrogara previamente al tomador de decisiones sobre sus preferencias, sería muy probable que sus respuestas coincidieran con una cierta función de utilidad.

2.2.3 RELACIONES DE SOBRECLASIFICACIÓN.

Los métodos basados en relaciones de sobreclasificación originalmente los desarrolló, a finales de la década de los sesenta y en la de los setenta, Roy, si bien posteriormente otros autores los han continuado, como Bertier y Bouroche (1981), De Vicente (1999), entre otros. Las propuestas de Roy y sus seguidores generaron una teoría basada en relaciones binarias, denominadas de sobreclasificación, y en los conceptos de concordancia y discordancia.

Desde estos criterios fueron creados diversos procedimientos Complementarios, entre los que caben destacar, fundamentalmente, los procedimientos *elimination et choix traduisant la réalité* (Electre).

(Elimination and Choice Expressing Reality – Elección y Eliminación de una Expresión Real)

Las distintas versiones de Electre(I, II, III, IV, IS y TRI), en realidad, se tratan de una familia de métodos cuyo interés es proponer procedimientos para la solución de diferentes tipos de problemas suscitados en el tratamiento de la teoría de decisión. Estos métodos emplean relaciones de sobreclasificación (outranking) para decidir sobre una solución que, sin ser óptima, pueda ser considerada satisfactoria y, de ese modo, obtener una jerarquización de las alternativas.

2.2.4 PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP).

El Proceso Jerárquico de Análisis, conocido como AHP, fue desarrollado en la década de los 70 por el matemático Thomas L. Saaty para resolver el tratado de reducción de armamento estratégico entre los Estados Unidos y la antigua Unión Revolucionaria Social Soviética - URSS. Este proceso es un método que permite analizar una mejor toma de decisión multicriterio (número finito de alternativas u opciones de elección).

El AHP, mediante la construcción de un modelo jerárquico, permite de una manera eficiente y gráfica organizar la información respecto de un problema de decisión, descomponerla y analizarla por partes, visualizar los efectos de cambios en los niveles y sintetizar. En palabras de su propio autor: “Trata de desmenuzar un problema y luego unir todas las soluciones de los subproblemas en una conclusión.

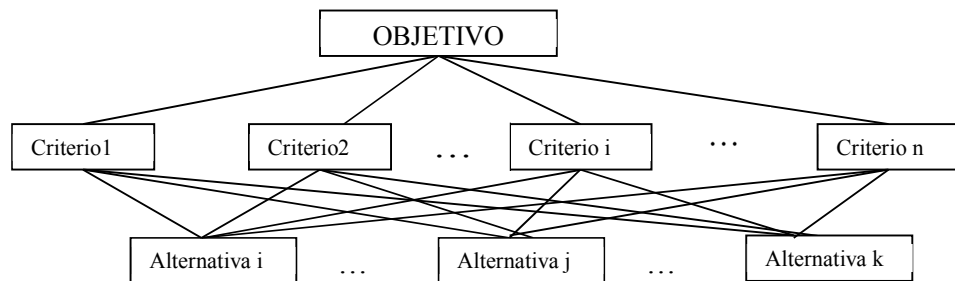
Este proceso se fundamenta en varias etapas.

2.2.4.1 ETAPAS DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERARQUÍCO (AHP)

Primera Etapa : La formulación del problema de decisión en una estructura jerárquica. Es la primera y principal etapa. En esta etapa es en la que el decisor involucrado debe lograr desglosar el problema en sus componentes relevantes. La jerárquica básica está conformada por: **Meta U Objetivo General, Criterios y Alternativas**. La jerarquía se construye de modo que los elementos de un mismo nivel sean del mismo orden de magnitud y puedan relacionarse con algunos o todos los elementos del

siguiente nivel. En una jerarquía típica el nivel más alto localiza el problema de decisión (objetivo). Los elementos que afectan a la decisión son representados en los inmediatos niveles, de forma que los criterios ocupan los niveles intermedios, y el nivel más bajo comprende a las opciones de decisión o alternativas. Este tipo de jerarquía ilustra de un modo claro y simple todos los factores afectados por la decisión y sus relaciones. La figura II.2 muestra un esquema del modelo jerárquico.

FIGURA II.2
Modelo Jerárquico para la toma de decisiones con el AHP



Una vez construída la estructura jerárquica del problema se da paso a la segunda etapa.

Segunda Etapa: La valoración de los elementos. El decisor debe emitir sus juicios de valor o preferencias en cada uno de los niveles jerárquicos establecidos. Esta tarea consiste en una comparación de valores subjetivos “por pares” (comparaciones binarias); es decir, el decisor tiene que emitir juicios de valor sobre la importancia relativa de los criterios y de las alternativas, de forma que quede reflejado la dominación relativa, en términos de importancia, preferencia o probabilidad, de un elemento frente a otro, respecto de un atributo, o bien, si estamos en el último nivel de la jerarquía, de una propiedad o cualidad común.

EL AHP permite realizar las comparaciones binarias basándose tanto en factores cuantitativos (aspectos tangibles) como cualitativos (aspectos no tangibles), ya que presenta su propia escala de medida: la escala 1-9 propuesta por Saaty y mostrada en la tabla II.2. El decisor puede expresar sus preferencias entre dos elementos verbalmente y representar estas

preferencias descriptivas mediante valores numéricos. De esta forma cuando ***dos elementos sean igualmente preferidos o importantes el decisor asignará al par de elementos un “1”; moderadamente preferido se representa por “3”; fuertemente preferido por “5”; Mucho más fuertemente preferido por “7” y extremadamente preferido por “9”***. Los números pares se utilizan para expresar situaciones intermedias.

La escala verbal utilizada en el AHP permite al decisor incorporar subjetividad, experiencia y conocimiento en un camino intuitivo y natural. Esta escala está justificada teóricamente y su efectividad ha sido validada empíricamente aplicándola a diferentes situaciones reales con aspectos tangibles para los que se ha comportado adecuadamente.

TABLA II.2

ESCALA DE MEDIDA

| Escala numérica | Escala verbal | Explicación |
|------------------------|--|---|
| 1 | Igual importancia | Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio |
| 3 | Moderadamente más importante un elemento que el otro | El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro. |
| 5 | Fuertemente más importante un elemento que el otro | El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente a otro |
| 7 | Mucho más fuerte la importancia de un elemento que la del otro | Un elemento domina fuertemente. Su dominación está probada en práctica |
| 9 | Importancia extrema de un elemento frente al otro. | Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible |

El resultado de estas comparaciones es una matriz cuadrada, recíproca y positiva, denominada “Matriz de comparaciones pareadas”, de forma que cada uno de sus componentes reflejen la intensidad de preferencia de un elemento frente a otro respecto del atributo considerado.

Es interesante observar que para aplicar el método AHP no hace falta información cuantitativa sobre los resultados que alcanza cada alternativa

según cada uno de los criterios considerados, sino tan solo los juicios de valor del decisor, que posea conocimiento sobre esta materia.

Una vez formadas las matrices de comparación, el proceso deriva hacia la tercera etapa.

Tercera Etapa: Fase de priorización y síntesis. El objetivo de esta etapa es calcular la prioridad de cada elemento, entendida esta prioridad tal y como la define Saaty¹: “Las prioridades son rangos numéricos medidos en una escala de razón. Una escala de razón es un conjunto de números positivos cuyas relaciones se mantienen igual si se multiplican todos los números por un número arbitrario positivo. El objeto de la evaluación es emitir juicios concernientes a la importancia relativa de los elementos de la jerarquía para crear escalas de prioridad de influencia”.

El proceso matemático de calcular las prioridades es llamada síntesis, dicho proceso implica el cálculo de valores y vectores característicos.

La manera de sintetizar juicios es la siguiente:

- Primero sumamos todos los valores en cada columna de la matriz de comparación por pares.
- Luego dividimos cada valor de la matriz entre la sumatoria resultante obtenida en cada columna correspondiente a dicho valor. El resultado de esta división produce la llamada matriz de comparación por pares normalizada.
- Por último, calculamos el promedio aritmético con los valores presentes de cada fila de la matriz normalizada.

De esa manera se obtiene una matriz con las prioridades de cada criterio y/o alternativa.

¹ SAATY, T. L., *Método Analítico Jerárquico (AHP): Principios Básicos. En Evaluación y Decisión Multicriterio. Reflexiones y Experiencias*, Editorial Universidad de Santiago 1998, pp. 17-46.

A continuación se da a conocer la matriz de prioridades.

MATRIZ DE PRIORIDADES

Es una matriz que expresa las prioridades de cada criterio en función a la meta global.

$$\begin{array}{c}
 \text{Meta Global} \\
 \text{Criterio 1} \\
 \text{Criterio 2} \\
 \dots \\
 \text{Criterio m}
 \end{array}
 \begin{pmatrix}
 P'_1 \\
 P'_2 \\
 \dots \\
 P'_m
 \end{pmatrix}$$

Donde:

m : Número de criterios.

P'_i : Prioridad del criterio i con respecto a la meta global

($\forall i = 1, 2, 3 \dots m$ criterios)

La matriz de prioridades también expresa las prioridades de cada alternativa, en función a cada criterio.

$$\begin{array}{c}
 \text{Criterio 1} \quad \text{Criterio 2} \quad \dots \quad \text{Criterio m} \\
 \text{Alternativa 1} \\
 \text{Alternativa 2} \\
 \dots \\
 \text{Alternativa n}
 \end{array}
 \begin{pmatrix}
 P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\
 P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm}
 \end{pmatrix}$$

Donde:

P_{ij} : Prioridad de la alternativa i con respecto al criterio j
 $(\forall i = 1, 2, \dots, n \text{ alternativas } y \quad \forall j = 1, 2, \dots, m \text{ criterios})$

Ya obtenidas las matrices de prioridad de los criterios respecto a la meta global y de las alternativas respecto a los criterios, se procede a calcular la matriz de prioridad global:

$$\begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P'_1 \\ P'_2 \\ \dots \\ P'_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Pg_1 \\ Pg_2 \\ \dots \\ Pg_n \end{pmatrix}$$

Donde:

P_{gi} : Prioridad global respecto a la meta global de la alternativa i .
 $(\forall i = 1, 2, \dots, n \text{ alternativas})$

Para darle confiabilidad a los resultados brindados por la síntesis, se procede a verificar la consistencia de las matrices de comparación por pares.

CONSISTENCIA DE UNA MATRIZ

La consistencia de una matriz de comparación por pares expresa el correcto juicio del decisor al momento de construir la matriz, ya que en el caso de que la matriz resulte inconsistente, el decisor deberá de replantear sus juicios.

Matemáticamente, una matriz $A_{n \times n}$ es consistente si:

$$a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}, \quad \text{para } i, j, k = 1, 2, \dots, n$$

Esta propiedad requiere que todas las columnas (y renglones) de A sean linealmente dependientes.

En el caso general, se conoce que si la matriz $A_{n \times n}$ es consistente,

entonces genera una matriz $N_{n \times n}$ la cual está normalizada (conmuta con su traspuesta)² de elementos W_j ($\forall i = 1, 2, \dots, n$) de modo tal que todas las columnas son idénticas.

$$N = \begin{pmatrix} W_1 & W_1 & \dots & W_1 \\ W_2 & W_2 & \dots & W_2 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ W_n & W_n & & W_n \end{pmatrix}$$

Ahora, se puede determinar la matriz A en función de N, de la siguiente manera:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & W_1/W_2 & \dots & W_1/W_n \\ W_2/W_1 & 1 & \dots & W_2/W_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Dividiendo los elementos de la columna i entre W_j

En base a la definición se A, se desglosa:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & W_1/W_2 & \dots & W_1/W_n \\ W_2/W_1 & 1 & \dots & W_2/W_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \dots & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} nW_1 \\ nW_2 \\ \vdots \\ nW_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{pmatrix}$$

² Sea B una matriz normal, entonces se cumple que $B \cdot B^T = B^T \cdot B$
Las matrices simétricas, antisimétricas y ortogonales son normales.

Es decir:

$$AW = nW$$

Donde W es el vector columna de pesos relativos W_j que se aproxima con los n elementos de las filas en la matriz normalizada N .

Haciendo \bar{W} el estimado calculado, se puede notar que:

$$A\bar{W} = n_{\max}\bar{W}$$

Donde $n_{\max} \geq n$, es decir, mientras más próximo este n_{\max} a n , la matriz la de comparación por pares A , será más consistente.

Como resultado, el A.H.P calcula la razón de consistencia (RC), que se expresa como el cociente entre índice de consistencia de la matriz A y el índice de consistencia aleatorio (IA).

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Donde IC es el índice de consistencia de la matriz A , calculándose de la siguiente manera:

$$IC = \frac{n_{\max} - 1}{n - 1}$$

El valor de n_{\max} se calcula de, $A\bar{W} = n_{\max}\bar{W}$ notando que la i -ésima ecuación

es:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}\bar{W}_j = n_{\max}\bar{W}_i$$

Dado que $\sum_{i=1}^n \bar{W}_i = 1$ se obtiene:

$$\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n a_{ij}\bar{W}_j \right) = n_{\max} \sum_{i=1}^n \bar{W}_i$$

Es decir, el valor de n_{\max} se determina al calcular primero el vector columna de la matriz A y luego sumando sus elementos.

El índice de consistencia aleatoria (IA) es el índice de consistencia de una matriz de comparación por pares, generada de forma aleatoria.

La tabla de índice de consistencia aleatoria es la siguiente:

TABLA II.3

| Nº elementos que se comparan | Índice de consistencia Aleatorio (IA) |
|------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 0 |
| 2 | 0 |
| 3 | 0.58 |
| 4 | 0.89 |
| 5 | 1.11 |
| 6 | 1.24 |
| 7 | 1.32 |
| 8 | 1.40 |
| 9 | 1.45 |
| 10 | 1.49 |

Algunos autores sugieren el uso de la siguiente fórmula para la estimación del IA:

$$IA = \frac{1.98 (n - 2)}{n}$$

Una vez obtenidos el índice de consistencia y el índice de consistencia aleatorio, ya se puede determinar la consistencia de una matriz, mediante el cálculo de la razón de consistencia (RC).

Si la razón de consistencia resulta menor o igual a 0.10, entonces la matriz de comparación por pares es consistente.

Si la razón de consistencia resulta estrictamente mayor que 0.10, entonces la matriz de comparación por pares es inconsistente, lo que llama a la reflexión del decisor, para que replantee sus juicios en base a las comparaciones de los criterios y/o alternativas que había hecho.

Un caso excepcional se da cuando la matriz de comparación por pares es de 2x2, ya que al momento de calcular la razón de consistencia, resulta un valor indeterminado (en la mayoría de textos relacionados con este tema, indican que cuando el N° de elementos comparados es igual a 2, el IA=0, por consiguiente la RC resulta indeterminada).

Entonces para solucionar este problema, sólo en este caso, la consistencia de la matriz se basa en la dependencia lineal, por lo que resulta que toda matriz de comparación por pares de 2x2 es consistente.

Cuarta Etapa :análisis de sensibilidad. La última etapa de este proceso es el denominado análisis de sensibilidad. El resultado al que se llega en la etapa anterior es altamente dependiente de la jerarquía establecida por el decisor y por los juicios de valor que realiza sobre los diversos elementos del problema. Cambios en la jerarquía sobre estos juicios pueden conducir a cambios en los resultados. La utilización de un software de apoyo (Expert Choice) permite analizar de forma rápida y sencilla la sensibilidad de los resultados (decisión) a los diferentes cambios posibles, permitiendo analizar el problema en escenarios distintos.

2.3 PREPARACIÓN PARA LA APLICACIÓN DEL A.H.P

Para llevar a cabo la aplicación del A.H.P., en cualquier tipo de problema de decisión multicriterio discreto, se debe de tener en cuenta lo siguiente:

2.3.1 DEFINICIÓN DE PARTICIPANTES

Los participantes para la aplicación del A.H.P. son todos los personajes que están directamente involucrados con el proceso de toma de decisión.

Para detectar de manera rápida a los participantes, deben de hacerse preguntas tales como: *¿quiénes participan en el proceso?*, *¿quién supervisa el Proceso?*, *¿qué tanto conocen acerca del proceso?*, a manera que justifican el porque están siendo considerados como parte del grupo decisor.

2.3.2 INFORMACIÓN REQUERIDA

La información es un elemento fundamental para el proceso de toma de decisión, para ello se requiere disponer de la información mas necesaria para poder definir de manera correcta los criterios de decisión. Ésta información puede ser de tipo científica, práctica y experimental.

2.3.3 RECURSOS ASOCIADOS CON EL PROCESO

Los principales recursos asociados al Proceso de Análisis Jerárquico son tiempo, espacio, humano y económico.

- **TIEMPO:** Se debe de disponer de una cantidad prudente de horas para poder realizar las sesiones de grupo, en las cuales con la información obtenida y el debate de los participantes, se dará por consenso cuales serán los criterios más relevantes, el objetivo de decisión y las alternativas de decisión.
- **ESPACIO:** se debe de contar con un ambiente propicio para poder llevar a cabo las sesiones de trabajo.
- **RECURSO HUMANO:** Se debe de contar con un grupo de participantes, que viene a ser el grupo decisor, además de un coordinador del grupo que también es llamado el facilitador, cuya labor es la de guiar al grupo en todo el proceso de decisión y por consiguiente en la aplicación del método A.H.P.

Cumplir el rol de facilitador no es tarea fácil, debido a que tiene que enfrentarse a situaciones de confrontación de ideas entre los miembros del grupo decisor, al momento de expresar sus opiniones sobre uno u otro aspecto relacionado con el proceso.

- **RECURSO ECONÓMICO,** la Empresa debe de costear la adquisición del software Expert Choice, así como el asesoramiento del facilitador al grupo decisor y otros costos que deben de incluirse en el presupuesto del proyecto de implementación del proceso de Análisis Jerárquico a la toma de decisiones.

2. 4 METODOLOGÍA DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (A.H.P)

Se detalla a continuación los pasos a seguir para el desarrollo del Proceso de Análisis Jerárquico.

2.4.1 ESTRUCTURACIÓN DEL MODELO JERÁRQUICO

El A.H.P. parte de la estructuración jerárquica de un problema de decisión, es la identificar el problema de decisión, así como de tres aspectos fundamentales: **meta u objetivo general, criterios y alternativas**.

Estos aspectos tienen que ser claramente identificados por el grupo decisor.

2.4.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Es la detección del motivo principal por el cual se quiere tomar una decisión, que va a ser solucionada con el A.H.P. y que por consiguiente mejorará el proceso que este relacionado con ello.

2.4.3 DEFINICIÓN DEL OBJETIVO

Es la acción primordial que va a tomar el decisor en base al problema presentado, para que mejore el funcionamiento de un proceso y/o situación presentada.

Para cumplir el objetivo del decisor, el A.H.P. trabaja con criterios que le van a permitir evaluar las alternativas existentes.

2.4.4 IDENTIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS

Es la detección de las características genéricas más relevantes de las alternativas existentes.

Los criterios influyen de manera directa sobre el objetivo, por ende el decisor o grupo decisor tiene que concertar bien que criterios son los mas importantes, exceptuando aquellos que sean importantes pero a la vez son complejos por su definición y medición.

Existen criterios de tipos cualitativos y cuantitativos; los criterios

cualitativos están relacionados con las preferencias, experiencias y demás características genéricas de las alternativas, mientras que los criterios cuantitativos están relacionados con los datos históricos, puntuaciones y demás información numérica que posean en común las alternativas.

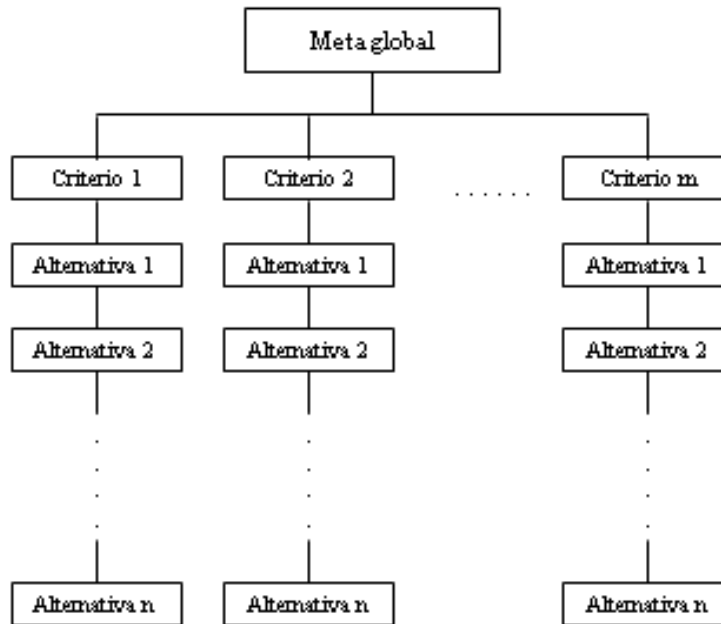
2.4.5 IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Es la detección de las opciones que tiene el decisor para cumplir su objetivo, las cuales deben de pertenecer a un mismo rubro, para poder considerar características en común.

2.4.6 ÁRBOL DE JERARQUÍAS

Es un tipo de grafo, que permite tener una visión panorámica del modelo jerárquico, es decir, poder apreciar la meta global u objetivo, criterios, sub-criterios en caso existan, y alternativas.

FIGURA II.3



2.5 EVALUACIÓN DEL MODELO

Es la fase del A.H.P. en que se hace uso de la información obtenida, que ha sido proporcionada al grupo decisor para que emitan la opinión más consistente posible y así establecer las prioridades entre los criterios y/o alternativas.

Ya establecidas las prioridades se hacen los juicios y evaluaciones, lo que en detalle se ve a continuación:

2.5.1 ESTABLECIMIENTO DE LAS PRIORIDADES

Para establecer prioridades entre los criterios y/o alternativas de decisión, el A.H.P. hace uso de las comparaciones por pares, es decir se construye una matriz (dependiendo del número de criterios y/o alternativas, se establecerá la dimensión de la matriz) para luego hacer la comparación de un criterio y/o alternativa de la fila, con otro de la columna.

2.5.2 EMISIÓN DE JUICIOS Y EVALUACIONES

La emisión de los juicios depende fundamentalmente del grupo decisor, empleando como soporte sus experiencias, conocimientos y demás información de su utilidad.

Todo ese conjunto de opiniones son resumidas en un juicio, el cual expresa un valor entre la comparación por pares de criterios y/o alternativas.

Dicho valor es hallado de la tabla de preferencias que el propio Saaty creo (ver tabla II. 1).

Una vez completada la matriz de comparación por pares con los juicios del grupo decisor, se procede a calcular el vector propio, asociado al mayor valor de la matriz mencionada.

En el caso que se tengan más de diez alternativas hasta cientos y miles de ellas se aplica la medida absoluta, es decir, el modelo debe tener su objetivo, sus criterios y sub-criterios; en lugar de tener alternativas visibles en el modelo, se crean escalas debajo de los criterios y sub-criterios, contra las cuales las alternativas serán evaluadas.

Igual que en la medida relativa, los elementos del modelo se comparan de a pares y se mide su preferencia; la diferencia radica en que en la medida absoluta, éste procedimiento se hace solo para los criterios y subcriterios. Las alternativas no se comparan porque no aparecen en el modelo; en su lugar, se comparan y se miden las preferencias de las escalas creadas que desprenden de los criterios y los subcriterios.

2.5.3 RESULTADO FINAL

El resultado final se deduce una vez que se hallan producido todas las comparaciones por pares con sus respectivos juicios existentes, para luego hacer la síntesis del modelo jerárquico y en caso de existencia de variaciones en los juicios del decisor el análisis de sensibilidad.

2.5.4 SÍNTESIS

Es la combinación de todos los juicios emitidos por el grupo decisor, llegando a obtener como resultado un ranking de las alternativas que ellos mismos presentaron.

El A.H.P. a través del software Expert Choice, presenta dos modos de síntesis:

SÍNTESIS DE MODO DISTRIBUTIVO

Es recomendable cuando el proceso de toma de decisiones está orientado al planeamiento, asignación de recursos y cuando se tengan alternativas con valores únicos para la mayoría de los criterios.

SÍNTESIS DE MODO IDEAL

Es recomendable cuando el proceso de toma de decisiones tenga alternativas con valores iguales en la mayoría de los criterios.

Cabe mencionar que en el 90% de los casos, los resultados de éstas dos síntesis, son muy similares.

2.5.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad se utiliza para investigar la sensibilidad de la prioridad de las alternativas a cambios en la importancia de los criterios, lo que convierte al A.H.P. en un modelo dinámico, reflejando en la actualidad, un sistema en constante cambio y que es por cierto de mucha utilidad.

CAPITULO III

APLICACIÓN DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERAQUICO (AHP) PARA LA SELECCION DE SOFTWARE EN UNA INSTITUCIÓN DEL ESTADO

3.1 SITUACIÓN ACTUAL

En el equipo Control de Gestión y Procesos de Selección las herramientas tecnológicas, tales como las hojas de cálculo, no han sido ajenas para facilitar las labores del equipo; sin embargo se puede hacer uso de las técnicas y/o métodos de Investigación Operativa para optimizar el proceso de selección de software.

Actualmente la selección del software se realiza sin la elaboración de juicios respecto a la importancia relativa o preferencia de cada uno de los criterios que se comparan. (ver anexo I).

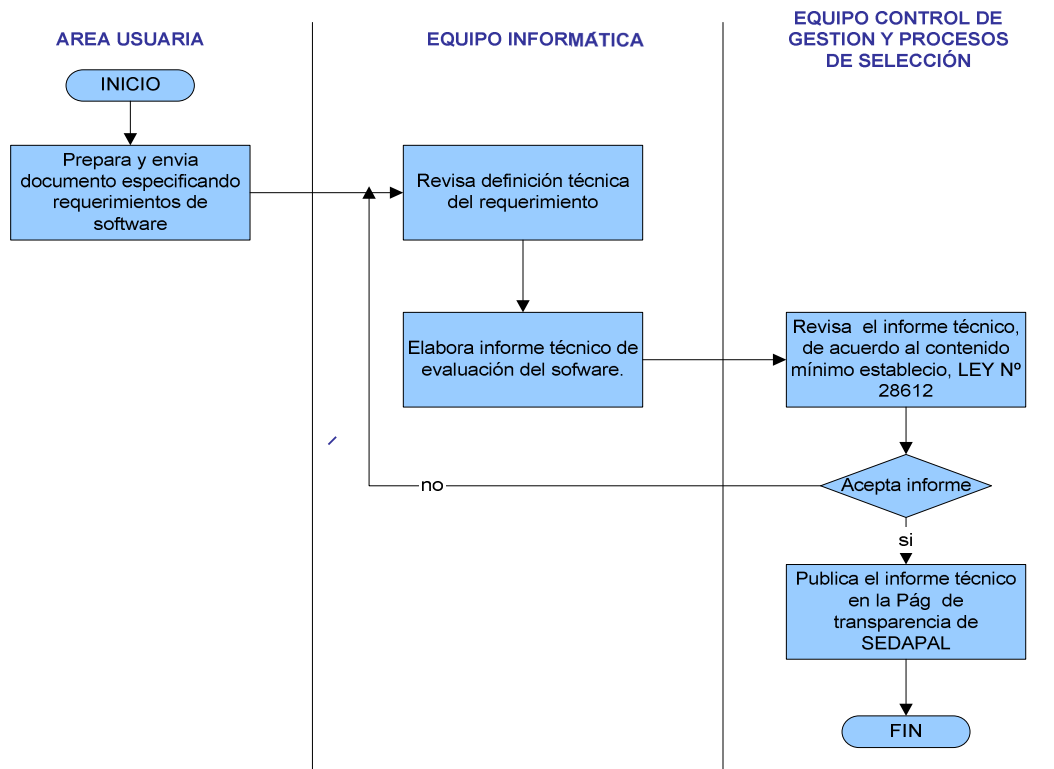
Para la adquisición de un software en la administración pública, el Congreso de la República aprobó la Ley N° 28612 de fecha 18.10.2005 (ver anexoll) que norma el uso, adquisición y adecuación del software en la administración pública, se deberá tomar en cuenta la Resolución Ministerial N° 139-2004-PCM de fecha 28.05.2004 (ver anexo III) la cual aprueba el documento “Guía técnica sobre evaluación de software para la administración publica“, la Guía en mención establece una metodología y un conjunto de criterios de selección para el análisis comparativo técnico de selección y/o evaluación de software.

3.2 PROCESO DE SELECCIÓN Y/O EVALUCIÓN DE SOFTWARE

El proceso de selección de software en SEDAPAL se inicia con la solicitud de pedido de las áreas usuarias al equipo de informática, el equipo de informática procede a la revisión y elaboración del informe técnico cumpliendo con las normativas vigentes, Ley N° 28612 de fecha 18.10.2005 y Resolución Ministerial N° 139-2004-PCM de fecha 28.05.2004, anexo II y III, respectivamente. El equipo Control de Gestión y Procesos de Selección revisa y da conformidad al informe técnico para su publicación en la página de transparencia de SEDAPAL. *Gráficamente el proceso es visto de la siguiente manera:*

FIGURA III. 1
PROCESO

ELABORACIÓN DE INFORME TECNICO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE



La elección del mejor software, adquiere mayor complejidad al considerar que son varios los criterios de evaluación (ver anexo III pág 12-19)

existiendo entre ellos cuantitativos y cualitativos.

Por sus características, la elección del mejor software, puede ajustarse a un modelo de decisión multicriterio discreto, específicamente es aplicable al modelo de análisis Jerárquico (AHP).

APLICACIÓN DEL AHP

3.3 PREPARACIÓN Y ORGANIZACIÓN PARA APLICAR A.H.P. EN LA SELECCIÓN DE SOFTWARE EN SEDAPAL

La aplicación del AHP, brindará a SEDAPAL la ayuda necesaria para poder tomar la mejor decisión en la selección de un software. Para lograr nuestro objetivo, Se propone a los jefes de las áreas involucradas designen un grupo decisor especializado, el cual evaluará las alternativas respecto a los criterios normados según ley vigente.

La aplicación del método se ciñe a los pasos explicados en el capítulo anterior, se utilizará como software el Expert Choice 11.5

Se programaron reuniones de trabajo, en los que participaron los responsables directos de las actividades relacionadas con el caso.

Las reuniones de trabajo permitieron identificar claramente el objetivo, los criterios de evaluación y las alternativas de decisión, cabe indicar que los criterios de evaluación de software están regidos por leyes vigentes (ver anexo III pág 12-19). Lo más importante es que las personas idóneas brindaron una emisión de juicios consistentes, que es requisito indispensable para la correcta aplicación del AHP.

3.4 ESTRUCTURACIÓN DEL MODELO JERÁRQUICO

EL modelo jerárquico se estructura de la siguiente manera:

3.4.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente los diferentes equipos de SEDAPAL, entre ellos el Equipo Productividad con Calidad, Equipo Obras, Equipo Informática, etc., requieren de diferentes softwares para la correcta administración de sus funciones como se indica en el siguiente cuadro:

TABLA III.1

| Equipo | Justificación de compra | Softwares alternativos | Fabricante / distribuidor |
|---|---|---|--|
| 1.Equipo Productividad con Calidad | <p>Actualmente el Equipo se encuentra inmerso en un esfuerzo por la mejora continua y la competitividad, para ello llevan a cabo proyectos de mejora y optimización, buscando de esta forma eficacia, eficiencia en sus operaciones. Para esto se requiere un software cumpla como mínimo lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que automatice la realización de todas las etapas existentes en el proceso de auditorias a partir de la planificación y aprobación. • Que ofrezca diversos tipos de consultas y reportes de las auditorias, no-conformidades y acciones correctivas/preventivas, así como gráficos, indicadores de desempeño mostrando las puntuaciones obtenidas por las unidades auditadas. • Que notifique automáticamente los responsables por acciones pendientes, | <ul style="list-style-type: none"> • ISOSYSTEM AUDIT. • ESTALO AUDITORIA. | <ul style="list-style-type: none"> • ISOSYSTEM PERU • E-INVESTMENT |
| 2.Equipo Obras | <p>Contar con un software de Gestión de proyectos que involucre toda la Gerencia de Proyectos en sus etapas Inicio, Planificación, Ejecución, Control y Cierre.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permitiendo la Centralización de la Data de los proyecto desde oficinas remotas hasta un central. <p>Se Requiere administrar los proyectos de forma integral, planificar, ejecutar, controlar y llevarlo hasta su conclusión; rastreando el desempeño de los recursos que participan en tiempo, obteniendo estadísticas y resúmenes de costos, con información de pedidos y recursos</p> | <ul style="list-style-type: none"> • S10 • K&BCOP | <ul style="list-style-type: none"> • MICROSOFT • BLACKSA |
| 3.Equipo Informática | <p>Existen dificultades para realizar el mantenimiento de la cartografía de ejes viales de SEDAPAL, razón por la cual muchas calles no so visualizadas en los planos temáticos que se generan, a esto se suma la incorporación de nuevas habilitaciones urbanas al catastro de SEDAPAL, contribuyendo a la</p> | <ul style="list-style-type: none"> • AUTODESK MAP 3D • PITÁGORAS • VIAS- GIS | <ul style="list-style-type: none"> • PROFILE CONSULTING • EKODES • MARKO ROMANI |

| Equipo | Justificación de compra | Softwares alternativos | Fabricante / distribuidor |
|--------|--|------------------------|---------------------------|
| | desactualización constante de los datos, para se requiere un software que: <ul style="list-style-type: none"> • Permita realizar el mantenimiento e incorporación de ejes viales • Actualice el directorio de calles • Mantenimiento e incorporación de los 43 distritos administrados por SEDAPAL. | | |

Para la aplicación de AHP, se toma como ejemplo al Equipo Informática visto en el punto 3 de la tabla III.1.

Debido a la compleja selección del mejor software que cumpla con los requerimientos de mantenimiento de la cartografía de los ejes viales de SEDAPAL, el equipo usuario no ha podido determinar cuál seleccionar.

La selección de un software para cualquier empresa constituye una de las decisiones estratégicas que van a condicionar en gran parte su futuro. Los criterios de selección de software son: funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia, capacidad de mantenimiento, portabilidad, eficacia, productividad, satisfacción y seguridad (ver figura III.2 y III.3), estos criterios van a determinar su correcta selección y/o evaluación.

Debido a que los criterios antes mencionados varían de proveedor a proveedor, la interrogante que define el problema de selección es: ¿Cuál es el software que permita realizar los requerimientos identificados por las áreas usuarias y que mejor aporte al cumplimiento de las leyes vigentes?

3.4.2 DEFINICIÓN DEL OBJETIVO

El objetivo general se define como: “seleccionar al mejor software”.

Específicamente para la aplicación antes mencionada, el objetivo se define como: “Seleccionar el mejor software para el mantenimiento de la cartografía de ejes viales de SEDAPAL “

3.4.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS

La definición de cada uno de los criterio de selección y/o evaluación de software para la administración pública fueron aprobados mediante Resolución Ministerial N° 139-2004-PCM de fecha 28.05.2004 (ver anexo II páginas 12 -19). A Continuación se hace mención a los criterios y sub criterios establecidos.

PARA LA CALIDAD EXTERNA E INTERNA

1. FUNCIONALIDAD

Adecuación.
Exactitud.
Interoperatividad.
Seguridad.
Conformidad de funcionalidad.

2. FIABILIDAD

Madurez.
Tolerancia a errores.
Recuperabilidad.
Conformidad de Fiabilidad.

3. USABILIDAD

Entendimiento.
Aprendizaje.
Operatividad.
Atracción. (Amigable)
Conformidad de uso.

4. EFICIENCIA

Comportamiento de tiempos.
Utilización de recursos.
Conformidad de eficiencia.

5. CAPACIDAD DE MANTENIMIENTO

Capacidad de ser analizado.
Cambiabilidad.

- Estabilidad.
- Facilidad de prueba.
- Conformidad de facilidad de mantenimiento.

6. PORTABILIDAD

- Adaptabilidad.
- Facilidad de instalación.
- Coexistencia.
- Reemplazabilidad.
- Conformidad de portabilidad.

PARA LA CALIDAD DE USO

7. EFICIENCIA

8. PRODUCTIVIDAD

9. SATISFACCION

10. SEGURIDAD

Cabe mencionar que en esta aplicación, los criterios de: FIABILIDAD, USABILIDAD Y SEGURIDAD, no fueron tomados en cuenta por el especialista del grupo de trabajo debido a que, para esta aplicación, los resultados de los criterios antes mencionados están relacionados con el criterio de funcionalidad.

FIGURA III.2

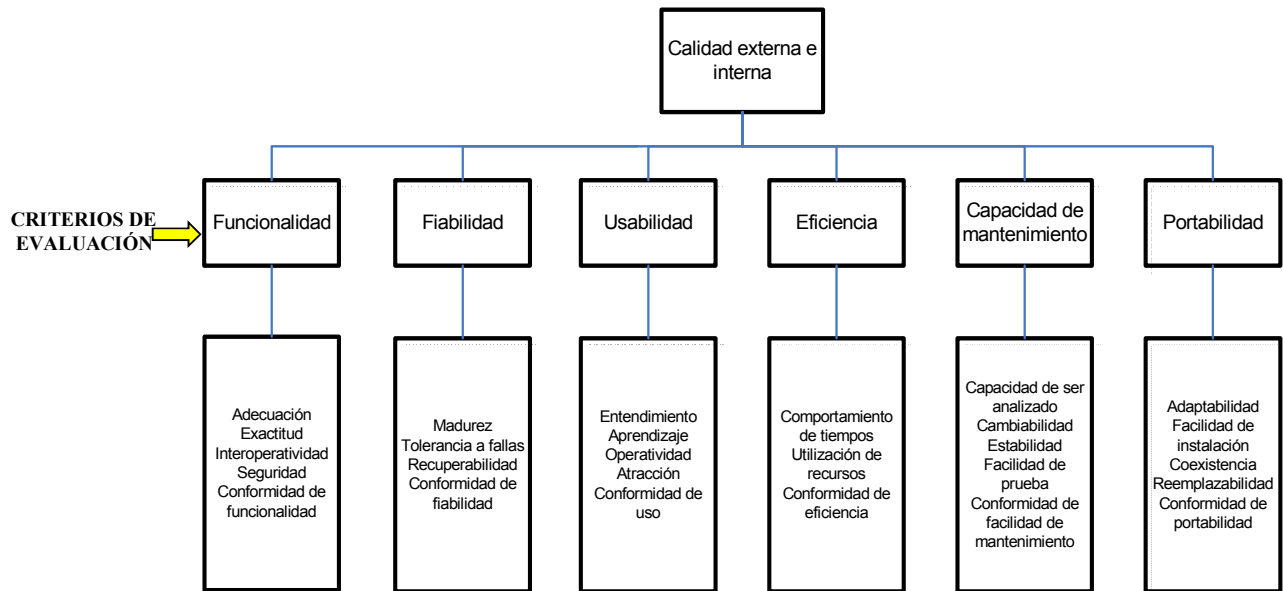
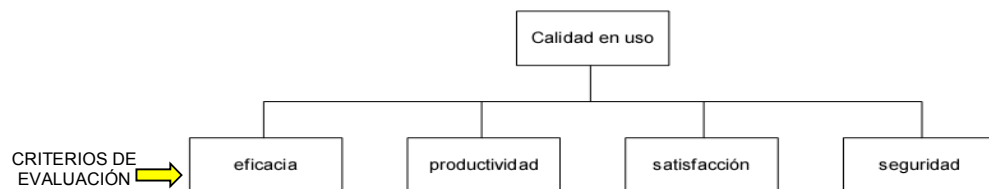


FIGURA III.3



3.4.4 ENTIFICACION DE ALTERNATIVAS

Actualmente existen dificultades para realizar el mantenimiento de la cartografía de ejes viales de SEDAPAL, razón por la cual muchas calles no son visualizadas en los planos temáticos que se generan, a esto se suma la incorporación de nuevas habilitaciones urbanas al catastro de SEDAPAL, contribuyendo a la desactualización constante de los datos, para lo cual se requiere un software que permita realizar el mantenimiento e incorporación de los ejes viales así como actualizar el directorio de calles.

Se analizaron los siguientes productos de software disponibles en el mercado.

Alternativa 1: Autodesk Map 3D

Es un sistemas de software de información geográfica (GIS) para crear y gestionar datos espaciales, proporcionando acceso directo a los datos. También permite usar herramientas de AutoCAD® para mantener una gran variedad de información de diseño y geoespacial. Dentro de sus principales características tenemos:

- Asociación de imágenes con el propósito de realizar digitalizaciones
- Procedimientos de limpieza a las coberturas del dibujo.
- Exportación hacia y desde formatos ajenos DWG de Autodesk Map.

Alternativa 2: Pythagoras

Es un sistema de software Cartográfico, que realiza labores de calculo ,

diseño, edición y dibujo, en topografía (ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar la posición de un punto sobre la superficie de la Tierra) Ingeniería Civil, entre otros, dentro de sus principales características tenemos:

- Permite Georreferenciar la cantidad de imágenes satelitales y/o fotográficas aéreas.
- Soporta cualquier plataforma: Windows 98/2000/XP/NT y también en los sistemas Macintosh, de Apple Computer.
- Importa y exporta archivos DXF,DWF, SHP, MicroStation, cualquier tipo de ASCII, imágenes TIFF, GIF,.... y en general todos los formatos de la industria estándar.

Alternativa 3: Vías – GIS

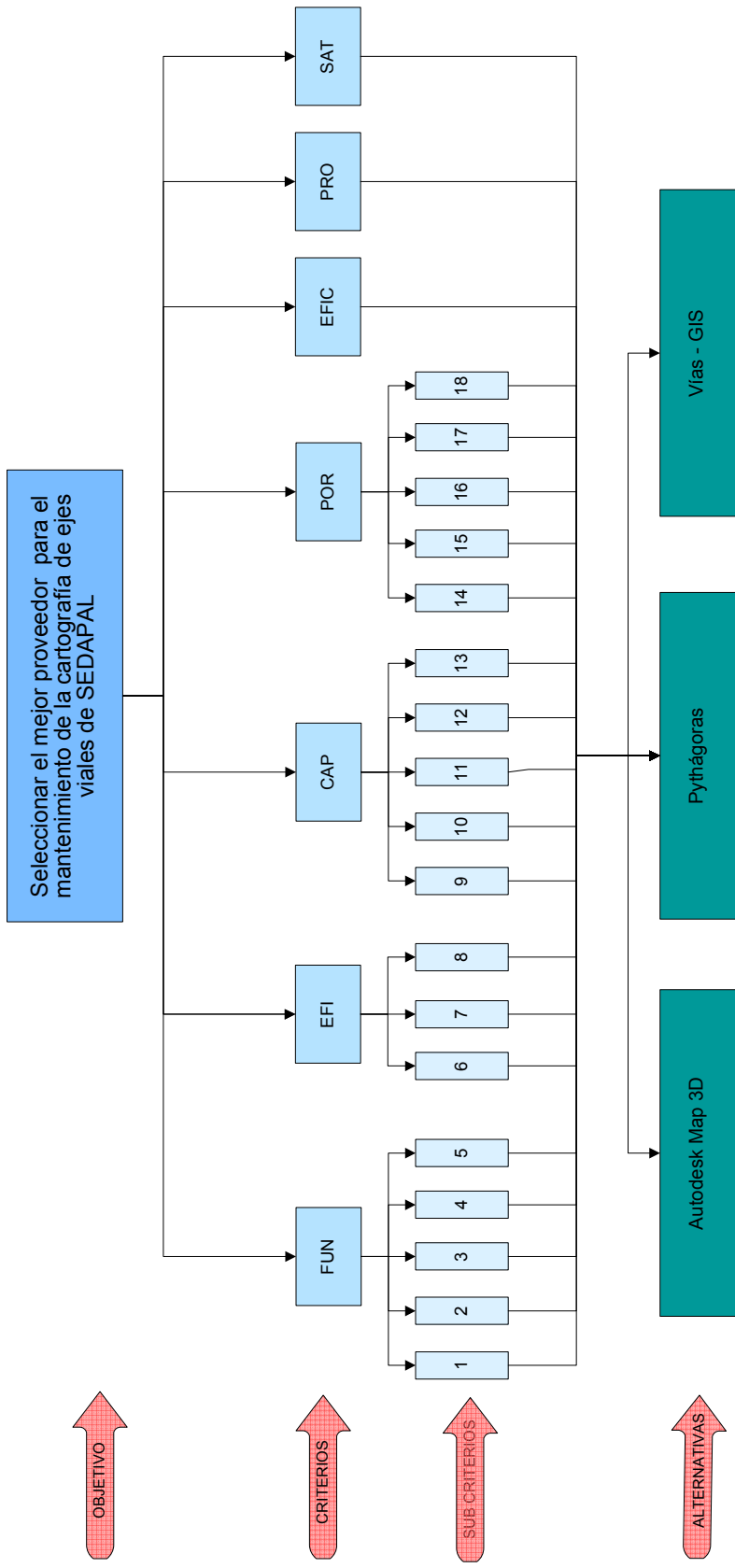
Es un sistema de software Cartográfico, el cual realiza la generación y mantenimiento de los ejes de viales, Este software gestiona la actividad de actualización catastral y mantenimiento de la información digital en un ambiente GIS (Sistemas de Información Geográfica), donde la información de las bases de datos del sistema se encuentra asociada mediante el CUP (Código Único De Predio). Dentro de sus principales características tenemos las siguientes:

- Permite realizar consultas de vías por manzanas a la base de datos de desarrollo del OPEN (Software de información catastral, adquirido por SEDAPAL)
- Ubica el nombre y código a las vías de una determinada manzana, a su vez permite la generación de códigos de vía, en la tabla calles, la cual contiene un código único de calle por distrito.
- Actualiza las capas de información cartográfica, producto del proceso de migración de datos, donde se valida la correcta topología de arcos de vía y el enlace correspondiente con los códigos del sistema OPEN, manteniendo los estándares del

modelo original.

3.4.5 ÁRBOL DE JERARQUÍAS

Una vez determinado el objetivo, los criterios y las alternativas, se pueden graficar en la estructura del árbol de jerarquías. Figura III.4



FUN: Funcionalidad

EFI: Eficiencia

CAP: Capacidad de mantenimiento

POR: Portabilidad

EFIC: Eficacia

PRO: Productividad

SAT: Satisfacción

1. Adecuación

2. Exactitud

3. Interoperatividad

4. Seguridad

5. Conformidad de funcionalidad

6. Comportamiento de tiempos

7. Utilización de recursos

8. Conformidad de eficiencia

9. Capacidad de ser analizado

10. Cambiabilidad

11. Estabilidad

12. Facilidad de prueba

13. Conformidad de facilidad de mantenimiento

14. Adaptabilidad

15. Facilidad de instalación

16. Coexistencia

17. Reemplazabilidad

18. Conformidad de portabilidad

3.5 EVALUACIÓN DEL MODELO

3.5.1 EMISIÓN DE JUICIOS Y EVALUACIONES

En las continuas reuniones de trabajo con los especialistas se establecieron las siguientes comparaciones pareadas de los criterios y alternativas mediante juicios verbales, que luego se cuantificaron según lo indicado en la escala de la TABLA II.1. Estos juicios fueron plasmados en las matrices de comparaciones pareadas correspondientes.

PRIORIDAD RESPECTO A LA META GLOBAL

Para la asignación de prioridades se ha considerado el árbol jerárquico de la figura III.4 , la figura muestra siete criterios (**Funcionalidad, Eficiencia, Capacidad de mantenimiento, Portabilidad, Eficiencia, Productividad y Satisfacción**) que influyen directamente con la meta global: “Seleccionar el mejor software para el mantenimiento de la cartografía de ejes viales de SEDAPAL”

La siguiente notación será usada para mayor facilidad.

FUN: Funcionalidad

EFI: Eficiencia

CAP: Capacidad de mantenimiento

POR: Portabilidad

EFIC: Eficacia

PRO: Productividad

SAT: Satisfacción

A continuación se detallan las comparaciones pareadas

Funcionalidad Vs. Fiabilidad (FUN Vs. FIA)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos criterios, los especialistas del grupo de trabajo consideran que la Funcionalidad es entre moderadamente más importante que la Fiabilidad.

Funcionalidad Vs. Capacidad de mantenimiento (FUN Vs. CAP)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos criterios, los especialistas del grupo de trabajo consideran que la funcionalidad esta entre igualmente importante y moderadamente importante a la de Capacidad de mantenimiento.

Funcionalidad Vs. Portabilidad (FUN Vs. POR)

Los especialistas del grupo de trabajo han determinado que para cumplir con las funciones específicas de mantenimiento de la cartografía de ejes viales de SEDAPAL, la Funcionalidad es moderadamente más importante que la portabilidad.

Funcionalidad Vs Eficacia (FUN Vs. EFIC)

Teniendo en cuenta la comparación de estos criterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Funcionalidad esta entre moderadamente mas importe y fuertemente más importante que la eficacia, ya que se requiere un software con funcionalidad para administrar claves, permisos y niveles de acceso según zonas geográficas.

Funcionalidad Vs Productividad (FUN Vs. PRO)

Los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la funcionalidad esta entre igual y moderadamente más importante que la productividad, esto debido a que se requiere un software con lenguaje de programación simple que permita la incorporación de nuevas macros.

Funcionalidad Vs Satisfacción (FUN Vs. SAT)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos criterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Funcionalidad

es mucho más importante que la satisfacción del usuario, debido a que el software será utilizado por un Ing. especializado en Cartografía vial.

Eficiencia Vs Capacidad de Mantenimiento (EFI Vs. CAP)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos criterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Eficiencia esta entre igual y moderadamente mas importante que la capacidad de mantenimiento, debido a que el software debe proveer un desempeño adecuado, de acuerdo a la cantidad de recursos utilizados.

Eficiencia Vs Portabilidad (EFI Vs. POR)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos criterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Eficiencia esta entre igual y moderadamente más importante que la Portabilidad

Eficiencia Vs Eficacia (EFI Vs. EFIC)

Los especialistas del grupo de trabajo han determinado que tanto la Eficiencia como la eficacia tienen igual importancia.

Eficiencia Vs Productividad (EFI Vs. EFIC)

Los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Eficiencia es moderadamente más importante que la productividad, debido a que los recursos utilizados por el software deben ser mínimos.

Eficiencia Vs Satisfacción (EFI Vs. EFIC)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos criterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Eficiencia esta entre igual y moderadamente mas importante que la satisfacción del usuario.

Capacidad de mantenimiento Vs. Portabilidad (CAP Vs. POR)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos criterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Capacidad de mantenimiento es igual y moderadamente más importante que la

Portabilidad, debido a que se requiere mejoras y adaptación del software a cambios en el entorno.

Capacidad de mantenimiento Vs. Eficacia (CAP Vs. EFIC)

Debido a que el soporte de mantenimiento deberá ser dado en el país los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Capacidad de mantenimiento es igual y moderadamente más importante que la Eficacia.

Capacidad de mantenimiento Vs. Productividad (CAP Vs. PRO)

Los especialistas del grupo de trabajo han determinado que el soporte de las nuevas herramientas o comandos serán realizados por el proveedor. En tal sentido se ha determinado que la capacidad de mantenimiento es moderadamente más importante que la Productividad.

Capacidad de mantenimiento Vs. Satisfacción (CAP Vs. SAT)

Los especialistas del grupo de trabajo han determinado que el software debe adaptarse a especificaciones de requerimientos funcionales. En tal sentido se ha determinado que la Capacidad de mantenimiento es moderadamente mas importante que la satisfacción.

Portabilidad Vs. Eficacia (POR VS. EFIC)

Los especialistas del grupo de trabajo han determinado que tanto la portabilidad como la Eficacia tienen igual importancia.

Portabilidad Vs. Productividad (POR VS. PRO)

Debido a que el software puede ser trasladado de un entorno a otro (software, hardware) los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Portabilidad esta entre igual y moderadamente mas importante que la productividad.

Portabilidad Vs. Satisfacción (POR VS. SAT)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos criterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Portabilidad es igual y moderadamente más importante que la Satisfacción, debido a que la instalación del software deberá ser simple.

Eficacia Vs. Productividad (EFI Vs. PRO)

Debido a que el software debe permitir a los usuarios lograr las metas especificadas con exactitud e integridad, los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Eficacia esta entre igual y moderadamente más importante que la productividad.

Eficacia Vs. Satisfacción (EFI Vs. SAT)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos criterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Eficacia esta entre igual y moderadamente más importante que la Satisfacción.

Productividad Vs. Satisfacción (PRO Vs. SAT)

Debido a que el software no deberá consumir muchos recursos de memoria procesados en los equipos usuarios, los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Productividad es fuertemente más importante que la Satisfacción.

Asignando valores numéricos a estos juicios, tenemos la siguiente matriz de comparaciones pareadas respecto a la meta global:

| | FUN | EFI | CAP | POR | EFIC | PRO | SAT |
|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|
| FUN | 1.00 | 3.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 2.00 | 7.00 |
| EFI | 0.33 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 | 3.00 | 2.00 |
| CAP | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 3.00 | 3.00 |
| POR | 0.33 | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 2.00 |
| EFIC | 0.25 | 1.00 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 2.00 |
| PRO | 0.50 | 0.33 | 0.33 | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 5.00 |
| SAT | 0.14 | 0.50 | 0.33 | 0.50 | 0.50 | 0.20 | 1.00 |

Donde las celdas sombreadas corresponden a las comparaciones realizadas

PRIORIDAD RESPECTO A LOS CRITERIOS

Ya establecidas las ponderaciones y la matriz de comparación por pareada de los criterios respecto a la meta global, de la misma manera se procede a la evaluación de los subcriterios que forman parte de

cada criterio, con excepción de los criterios Eficacia (EFIC), Productividad (PRO) y Satisfacción (SAT) que no cuenta con subcriterios, a los cuales se les evaluará directamente con las alternativas.

A continuación se detallan las evaluaciones realizadas a los subcriterios que integran cada uno de los criterios.

FUNCIONALIDAD (FUN)

Para este criterio se identificaron 5 subcriterios que asisten directamente a su cumplimiento, estos subcriterios son: Adecuación, Exactitud, Interoperatividad, Seguridad y Conformidad de funcionalidad

Se utilizará la siguiente notación:

ADE: Adecuación

EXA: Exactitud

INT: Interoperatividad

SEG: Seguridad

CON: Conformidad de funcionalidad

Adecuación Vs. Exactitud (ADE Vs. EXA)

Debido a que es necesario que el software provea un adecuado conjunto de funciones para la adecuación cartográfica de los ejes viales, los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Adecuación está entre igual y moderadamente más importante que la Exactitud.

Adecuación Vs. Interoperatividad (ADE Vs. INT)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Adecuación está entre igual y moderadamente más importante que la Interoperatividad.

Adecuación Vs. Seguridad (ADE Vs. SEG)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los

especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Adecuación esta entre igual y moderadamente más importante que la Seguridad, debido a que se requiere una adecuada composición de funciones bajo la estructura de datos gráficos definidos.

Adecuación Vs. Conformidad de Funcionalidad (ADE Vs. CON)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Adecuación es fuertemente más importante que la Conformidad de funcionalidad.

Exactitud Vs. Interoperatividad (EXA Vs. INT)

Los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la actualización de los ejes viales de SEDAPAL así como el directorio de calles deben de proveer resultados con un grado necesario de precisión. En tal sentido se ha determinado que la Exactitud es moderadamente más importante que la Interoperatividad.

Exactitud Vs. Seguridad (EXA Vs. SEG)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Exactitud es moderadamente más importante que la seguridad.

Exactitud Vs. Conformidad de funcionalidad (EXA Vs. CON)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Exactitud esta entre fuertemente más importante y mucho más fuerte la importancia que la Conformidad de funcionalidad, ya que la incorporación de ejes viales en 43 distritos administrados por SEDAPAL debe realizarse con precisión y exactitud.

Interoperatividad Vs. Seguridad (INT Vs. SEG)

Los especialistas del grupo de trabajo han determinado que tanto la Interoperatividad como la Seguridad tienen igual importancia.

Interoperatividad Vs. Conformidad de Funcionalidad (INT Vs. CON)

Los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Interoperatividad esta entre igual y moderadamente más importante que la conformidad de funcionalidad, debido a que es necesario que el software interactúe con uno o más sistemas especificados.

Seguridad Vs. Conformidad de Funcionalidad (SEG Vs. CON)

Debido a que es necesario que el Software proteja la información y los datos de tal modo que las personas o sistemas no autorizados no puedan leerlos o modificarlos, Los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la seguridad es moderadamente más importante que la Conformidad de Funcionalidad.

Respecto al criterio **FUNCIONALIDAD**, se tiene la siguiente matriz de comparación por pares:

| | ADE | EXA | INT | SEG | CON |
|-----|------|------|------|------|------|
| ADE | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 5.00 |
| EXA | 0.50 | 1.00 | 3.00 | 3.00 | 6.00 |
| INT | 0.50 | 0.33 | 1.00 | 1.00 | 2.00 |
| SEG | 0.50 | 0.33 | 1.00 | 1.00 | 3.00 |
| CON | 0.20 | 0.17 | 0.50 | 0.33 | 1.00 |

EFICIENCIA (EFI)

Para este criterio se identificaron 3 subcriterios que asisten directamente a su cumplimiento, estos subcriterios son:

COM: Comportamiento de tiempos,

UTI: Utilización de recursos

CONF: Conformidad de eficiencia

Comportamiento de Tiempos Vs. Utilización de Recursos (COM Vs.

UTI)

Los especialistas del grupo de trabajo han determinado que el compartimiento de tiempos es igualmente importante que la Utilización de Recursos.

Comportamiento de Tiempos Vs. Conformidad de eficiencia (COM Vs. CONF)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que el Comportamiento de Tiempos es moderadamente más importante que la Conformidad de eficiencia, debido a que el software debe proveer tiempos adecuados de respuestas y procesamiento.

Utilización de Recursos Vs. Conformidad de Eficiencia (UTI Vs. CONF)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Utilización de Recursos es mucho más fuerte la importancia que la Conformidad de Eficiencia, debido a que el software no debe consumir muchos recursos de memoria.

Respecto al Criterio Eficiencia se tiene la siguiente matriz de comparación por pares

| | COM | UTI | CONF |
|-------------|------------|------------|-------------|
| COM | 1.00 | 1.00 | 3.00 |
| UTI | 1.00 | 1.00 | 7.00 |
| CONF | 0.33 | 0.14 | 1.00 |

CAPACIDAD DE MANTENIMIENTO (CAP)

Para este criterio se identificaron 5 subcriterios que asisten directamente a su cumplimiento, estos subcriterios son:

CAPA: Capacidad de ser analizado

CAM: Cambiabilidad

EST: Estabilidad

FAC: Facilidad de prueba

CON: Conformidad de facilidad de mantenimiento

Capacidad de ser Analizado Vs. Cambiabilidad (CAPA Vs. CAM)

Debido a que el Software debe atenderse a diagnósticos de deficiencias o causas de fallas, los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Capacidad de ser analizado esta entre igual y moderadamente más importante que la Cambiabilidad.

Capacidad de ser Analizado Vs. Estabilidad (CAPA Vs. EST)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la capacidad de ser Analizado esta entre igual y moderadamente más importante que la estabilidad.

Capacidad de ser Analizado Vs. Facilidad de Prueba (CAPA Vs. FAC)

Los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Capacidad de ser Analizado es moderadamente más importante que la facilidad de prueba, debido a que se deben identificar las partes de software a ser modificadas.

Capacidad de ser Analizado Vs. Conformidad de facilidad de mantenimiento (CAPA Vs. CON)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la capacidad de ser Analizado esta entre igual y moderadamente más importante Conformidad de facilidad de mantenimiento.

Cambiabilidad Vs. Estabilidad (CAM Vs. EST)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la cambiabilidad es fuertemente más importante que la estabilidad, debido a que el software debe permitir implementar alguna modificación.

Cambiabilidad Vs. Facilidad de Prueba (CAM Vs. FAC)

Debido a que el software debe de implementar algún tipo de codificación o diseño los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la cambiabilidad esta entre moderadamente más importante y fuertemente más importante que la Facilidad de Prueba.

Cambiabilidad Vs. Conformidad de facilidad de mantenimiento (CAM Vs. CON)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la cambiabilidad e s moderadamente más importante que la conformidad de facilidad de mantenimiento.

Estabilidad Vs. Facilidad de Prueba (EST Vs. FAC)

Debido a que es necesario que el software evite efectos inesperados debido a alguna modificación los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Estabilidad esta entre igual y moderadamente más importante que la facilidad de prueba.

Estabilidad Vs. Facilidad de Prueba (EST Vs. FAC)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la estabilidad esta entre igual y moderadamente más importante que la facilidad de prueba.

Estabilidad Vs Conformidad de facilidad de mantenimiento (EST Vs. CON)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la estabilidad es igualmente importante que la conformidad de facilidad de mantenimiento.

Facilidad de prueba Vs. Conformidad de facilidad de mantenimiento

(FAC Vs. CON).

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la facilidad de prueba es igualmente importante que la conformidad de facilidad de mantenimiento.

Respecto al Criterio Capacidad de mantenimiento se tiene la siguiente matriz de comparación por pares

| | CAPA | CAM | EST | FAC | CON |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| CAPA | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 3.00 | 2.00 |
| CAM | 0.50 | 1.00 | 5.00 | 4.00 | 3.00 |
| EST | 0.50 | 0.20 | 1.00 | 2.00 | 1.00 |
| FAC | 0.33 | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 1.00 |
| CON | 0.50 | 0.33 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

PORTABILIDAD (POR)

Para este criterio se identificaron 5 subcriterios que asisten directamente a su cumplimiento, estos subcriterios son:

ADA: Adaptabilidad

FAC: Facilidad de instalación

COE: Coexistencia

REE: Reemplazabilidad

CON: Conformidad de portabilidad

Adaptabilidad Vs. Facilidad de instalación (ADA Vs. FAC)

Debido a que el software debe generar los ejes viales bajo la estructura de datos gráficos definidos, por tal motivo los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Adaptabilidad es moderadamente más importante que la facilidad de instalación.

Adaptabilidad Vs. Coexistencia (ADA Vs. COE)

Debido a que es necesario compartir recursos con otros productos de software con diferentes entornos, especialistas del grupo de trabajo han determinado que tanto la adaptabilidad como la Coexistencia tienen igual

importancia.

Adaptabilidad Vs. Reemplazabilidad (ADA Vs. REE)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Adaptabilidad esta entre moderadamente más importante y fuertemente más importante que la Reemplazabilidad.

Adaptabilidad Vs. Conformidad de portabilidad (ADA Vs. CON)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Adaptabilidad es moderadamente más importante que la Conformidad de Portabilidad.

Facilidad de instalación Vs. Coexistencia (FAC Vs. COX)

Debido a que el proceso de instalación debe ser simple a través de Wizards y a la vez el software debe compartir recursos con otros productos comunes, los especialistas del grupo de trabajo han determinado que tanto la Facilidad de Instalación como la Coexistencia tiene igual importancia.

Facilidad de instalación Vs. Reemplazabilidad (FAC Vs. REE)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Facilidad de instalación es moderadamente más importante que la Reemplazabilidad.

Facilidad de instalación Vs Conformidad de Portabilidad (FAC Vs. CON)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Facilidad de instalación es moderadamente más importante que la Conformidad de Portabilidad.

Coexistencia Vs. Reemplazabilidad (COE Vs. REE)

Debido a que es necesario que el Software comparta recursos con otros

productos de software comunes, los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Coexistencia esta entre igual y moderadamente más importante que la Reemplazabilidad.

Coexistencia Vs. Conformidad de portabilidad (COE Vs. CON)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Coexistencia es moderadamente más importante que la conformidad de portabilidad.

Reemplazabilidad Vs Conformidad de portabilidad (REE Vs. CON)

Teniendo en cuenta la comparación de estos dos subcriterios los especialistas del grupo de trabajo han determinado que la Reemplazabilidad es moderadamente más importante que la conformidad de portabilidad.

Respecto al Criterio Capacidad de Portabilidad se tiene la siguiente matriz de comparación por pares

| | ADA | FAC | COE | REE | CON |
|-----|------|------|------|------|------|
| ADA | 1.00 | 3.00 | 1.00 | 4.00 | 3.00 |
| FAC | 0.33 | 1.00 | 1.00 | 3.00 | 3.00 |
| COE | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 3.00 |
| REE | 0.25 | 0.33 | 0.50 | 1.00 | 3.00 |
| CON | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 1.00 |

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Según el árbol de jerarquías (ver Figura III.4), las alternativas que se tienen son:

AUT: Autodesk Map 3D

PYT: Pythagoras

VIA: Vías - GIS

En función a cada una de estas alternativas se procede a la comparación por pares para cada criterio que no tiene subcriterios y para cada

subcriterio.

Del análisis realizado por el grupo de trabajo se desglosan las siguientes matrices pareadas:

Respecto al criterio FUNCIONALIDAD

Adecuación (ADE)

Vias Gis Vs. Pythagoras (VIA Vs. PYT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis esta entre igual y moderadamente más importante que Pythagoras

Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis es moderadamente mas importante que Autodesk Map 3D

Pythagoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Pythagoras esta entre igual y moderadamente mas importante que Autodesk Map 3D

| | VIA | PYT | AUT |
|------------|------------|------------|------------|
| VIA | 1.00 | 2.00 | 3.00 |
| PYT | 0.50 | 1.00 | 2.00 |
| AUT | 0.33 | 0.50 | 1.00 |

Exactitud (EXA)

Vias Gis Vs. Pythagoras (VIA Vs. PYT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis esta entre moderadamente más importante y fuertemente más importante que

Pythágoras

Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis es fuertemente mas importante que Autodesk Map 3D

Pythágoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Pythágoras esta entre igual y moderadamente mas importante que Autodesk Map 3D

| | VIA | PYT | AUT |
|-----|------|------|------|
| VIA | 1.00 | 4.00 | 5.00 |
| PYT | 0.25 | 1.00 | 2.00 |
| AUT | 0.20 | 0.50 | 1.00 |

Interoperatividad (INT)

Vias Gis Vs. Pythágoras (VIA Vs. PYT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis esta entre igual y moderadamente más importante Pythágoras

Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis es moderadamente más importante que Autodesk Map 3D

Pythágoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Pythágoras esta entre igual y moderadamente mas importante

| | VIA | PYT | AUT |
|-----|------|------|------|
| VIA | 1.00 | 2.00 | 3.00 |
| PYT | 0.50 | 1.00 | 2.00 |
| AUT | 0.33 | 0.50 | 1.00 |

que Autodesk Map 3D

Seguridad (SEG)

Vias Gis Vs. Pythágoras (VIA Vs. PYT), Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT) y Pythágoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de cada una de las alternativas, con respecto a seguridad, los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis, Pitágoras y Autodesk son igualmente importantes.

| | VIA | PYT | AUT |
|------------|------------|-------------|-------------|
| VIA | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| PYT | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| AUT | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Conformidad de funcionalidad (CON)

Vias Gis Vs. Pythágoras (VIA Vs. PYT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis es igualmente importante que Pythágoras

Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis es moderadamente más importante que Autodesk Map 3D

Pythágoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los

especialistas del grupo de trabajo han determinado que Pythágoras esta entre moderadamente más importante y fuertemente más importante que Autodesk Map 3D

| | VIA | PYT | AUT |
|-----|------|------|------|
| VIA | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| PYT | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| AUT | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Respecto al criterio **EFICIENCIA**, tenemos los siguientes subcriterios

Comportamiento de tiempos (COM)

Vias Gis Vs. Pythágoras (VIA Vs. PYT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis esta entre moderadamente más importante y fuertemente más importante que Pythágoras

Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis es fuertemente más importante que Autodesk Map 3D

Pythágoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Pythágoras y Autodesk Map 3D tienen igual importancia.

| | VIA | PYT | AUT |
|-----|------|------|------|
| VIA | 1.00 | 4.00 | 5.00 |
| PYT | 0.25 | 1.00 | 1.00 |
| AUT | 0.20 | 1.00 | 1.00 |

Utilización de recurso (UTI)

Vias Gis Vs. Pythágoras (VIA Vs. PYT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis fuertemente más importante que Pythágoras

Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis esta entre fuertemente más importante y mucho mas la importancia que Autodesk Map 3D

Pythágoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Pitágoras es moderadamente mas importante que Autodesk Map 3D.

| | VIA | PYT | AUT |
|-----|------|------|------|
| VIA | 1.00 | 5.00 | 6.00 |
| PYT | 0.20 | 1.00 | 3.00 |
| AUT | 0.17 | 0.33 | 1.00 |

Conformidad de Eficiencia (CON)

Vias Gis Vs. Pythágoras (VIA Vs. PYT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis es mucho más fuerte la importancia que Pythágoras

Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis esta entre fuertemente más importante y mucho mas fuerte la importancia que Autodesk Map 3D

Pythágoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Pitágoras esta entre igual importancia y moderadamente más importante que Autodesk Map 3D.

| | VIA | PYT | AUT |
|-----|------|------|------|
| VIA | 1.00 | 7.00 | 6.00 |
| PYT | 0.14 | 1.00 | 2.00 |
| AUT | 0.17 | 0.50 | 1.00 |

Respecto al criterio **CAPACIDAD DE MANTENIMIENTO**, tenemos los siguientes subcriterios

Capacidad de ser analizado (CAPA)

Vias Gis Vs. Pythagoras (VIA Vs. PYT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis es mucho más fuerte la importancia que Pythagoras

Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis esta entre Moderadamente más importante y fuertemente más importante que Autodesk Map3D

Pythagoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Pitágoras es moderadamente más importante que Autodesk Map 3D.

| | VIA | PYT | AUT |
|-----|------|------|------|
| VIA | 1.00 | 2.00 | 4.00 |
| PYT | 0.50 | 1.00 | 3.00 |
| AUT | 0.25 | 0.33 | 1.00 |

Cambiabilidad (CAM)

Vias Gis Vs. Pythágoras (VIA Vs. PYT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis es mucho más fuerte la importancia que Pythágoras

Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis es mucho más fuerte la importancia Autodesk Map3D

Pythágoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Pitágoras esta entre igualmente importante y moderadamente más importante que Autodesk Map 3D.

| | VIA | PYT | AUT |
|------------|------------|-------------|-------------|
| VIA | 1.00 | 7.00 | 7.00 |
| PYT | 0.14 | 1.00 | 2.00 |
| AUT | 0.14 | 0.50 | 1.00 |

Estabilidad (EST)

Vias Gis Vs. Pythágoras (VIA Vs. PYT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis esta entre igualmente importante y moderadamente más importante que Pythágoras

Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis es moderadamente más importante que Autodesk Map3D

Pythágoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Pitágoras esta entre igualmente importante y moderadamente más importante que Autodesk Map 3D.

| | VIA | PYT | AUT |
|------------|------------|-------------|-------------|
| VIA | 1.00 | 2.00 | 3.00 |
| PYT | 0.50 | 1.00 | 2.00 |
| AUT | 0.33 | 0.50 | 1.00 |

Facilidad de prueba (FAC)

Vias Gis Vs. Pythágoras (VIA Vs. PYT), Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT) Y Pythágoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de cada una de las alternativas, con respecto a la facilidad de prueba, los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis, Pitágoras y Autodesk son igualmente importantes.

| | VIA | PYT | AUT |
|------------|------------|-------------|-------------|
| VIA | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| PYT | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| AUT | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Conformidad de facilidad de mantenimiento (CON)

Vias Gis Vs. Pythágoras (VIA Vs. PYT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis esta entre igualmente importante y moderadamente más importante que Pythagoras

Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis es moderadamente más importante que Autodesk Map3D

Pythagoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Pitágoras y Autodesk Map 3D, tienen igual importancia.

| | VIA | PYT | AUT |
|-----|------|------|------|
| VIA | 1.00 | 2.00 | 3.00 |
| PYT | 0.50 | 1.00 | 1.00 |
| AUT | 0.33 | 1.00 | 1.00 |

Respecto al criterio **PORTABILIDAD**, tenemos los siguientes subcriterios

Adaptabilidad (ADA)

Vias Gis Vs. Pythagoras (VIA Vs. PYT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis esta entre moderadamente más importante y fuertemente más importante que Pitágoras.

Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los

especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis es fuertemente más importante que Autodesk Map3D

Pythágoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Pitágoras esta entre igualmente importante y moderadamente mas importante que Autodesk Map 3D

| | VIA | PYT | AUT |
|-----|------|------|------|
| VIA | 1.00 | 4.00 | 5.00 |
| PYT | 0.25 | 1.00 | 2.00 |
| AUT | 0.20 | 0.50 | 1.00 |

Facilidad de instalación (FAC)

Vias Gis Vs. Pythágoras (VIA Vs. PYT), Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT) y Pythágoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de cada una de las alternativas, con respecto a la facilidad de prueba, los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis, esta entre igualmente importante y moderadamente importante que Pitágoras y Autodesk Map 3D. Pitágoras esta entre igualmente importante y moderadamente importante que Autodesk Map 3D.

| | VIA | PYT | AUT |
|-----|------|------|------|
| VIA | 1.00 | 2.00 | 2.00 |
| PYT | 0.50 | 1.00 | 2.00 |
| AUT | 0.50 | 0.50 | 1.00 |

Coexistencia (COE)

Vias Gis Vs. Pythágoras (VIA Vs. PYT), Vias Gis Vs. Autodesk Map

3D (VIA Vs. AUT) Y Pythagoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de cada una de las alternativas, con respecto a la facilidad de prueba, los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis, Pitágoras y Autodesk son igualmente importantes.

| | VIA | PYT | AUT |
|------------|------------|-------------|-------------|
| VIA | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| PYT | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| AUT | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Reemplazabilidad (REE)

Vias Gis Vs. Pythagoras (VIA Vs. PYT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis es igualmente importante que Pitágoras.

Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis es moderadamente más importante que Autodesk Map3D

Pythagoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Pitágoras esta entre moderadamente más importante y fuertemente más importante que Autodesk Map 3D

| | VIA | PYT | AUT |
|------------|------------|-------------|-------------|
| VIA | 1.00 | 1.00 | 3.00 |
| PYT | 1.00 | 1.00 | 4.00 |
| AUT | 0.33 | 0.25 | 1.00 |

Conformidad de portabilidad (CON)

Vias Gis Vs. Pythagoras (VIA Vs. PYT), Vias Gis Vs. Autodesk Map

3D (VIA Vs. AUT) Y Pythagoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de cada una de las alternativas, con respecto a la conformidad de portabilidad, los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis, Pitágoras y Autodesk son igualmente importantes.

| | VIA | PYT | AUT |
|-----|------|------|------|
| VIA | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| PYT | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| AUT | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Respecto al criterio **EFICACIA**, tenemos:

Vias Gis Vs. Pythagoras (VIA Vs. PYT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Pitágoras es igual y moderadamente más importante que Vias Gis.

Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis moderadamente más importante que Autodesk Map3D

Pythagoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Pythagoras moderadamente más importante que Autodesk Map 3D

| | VIA | PYT | AUT |
|-----|------|------|------|
| VIA | 1.00 | 0.50 | 3.00 |
| PYT | 2.00 | 1.00 | 2.00 |
| AUT | 0.33 | 0.50 | 1.00 |

Respecto al criterio **PRODUCTIVIDAD**, tenemos:

Vias Gis Vs. Pythagoras (VIA Vs. PYT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis es fuertemente más importante que Pitágoras.

Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis esta entre fuertemente más importante y mucho más fuerte la importancia que Autodesk Map3D

Pythágoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de estas dos alternativas los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Pitágoras es moderadamente más importante que Autodesk Map 3D

| | VIA | PYT | AUT |
|-----|------|------|------|
| VIA | 1.00 | 5.00 | 6.00 |
| PYT | 0.20 | 1.00 | 3.00 |
| AUT | 0.17 | 0.33 | 1.00 |

Respecto al criterio **SATISFACCIÓN**, tenemos:

Vias Gis Vs. Pythágoras (VIA Vs. PYT), Vias Gis Vs. Autodesk Map 3D (VIA Vs. AUT) Y Pythágoras Vs. Autodesk Map 3D (PYT Vs. AUT)

Teniendo en cuenta la comparación de cada una de las alternativas, con respecto a la Satisfacción, los especialistas del grupo de trabajo han determinado que Vias Gis, Pitágoras y Autodesk son igualmente importantes.

| | VIA | PYT | AUT |
|-----|------|------|------|
| VIA | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| PYT | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| AUT | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

RESPECTO AL COSTO

| ALTERNATIVAS | VIAS GIS | PYTHAGORAS | AUTODESK MAP |
|--------------|----------|------------|--------------|
| COSTO S/ | 12 500 | 16 942 | 14 711 |

Los costos de la tabla anterior fueron dados por cada proveedor de software, mostrando que VIAS GIS actualmente tiene el menor costo en el mercado seguido de PYTHAGORAS Y AUTODESK MAP.

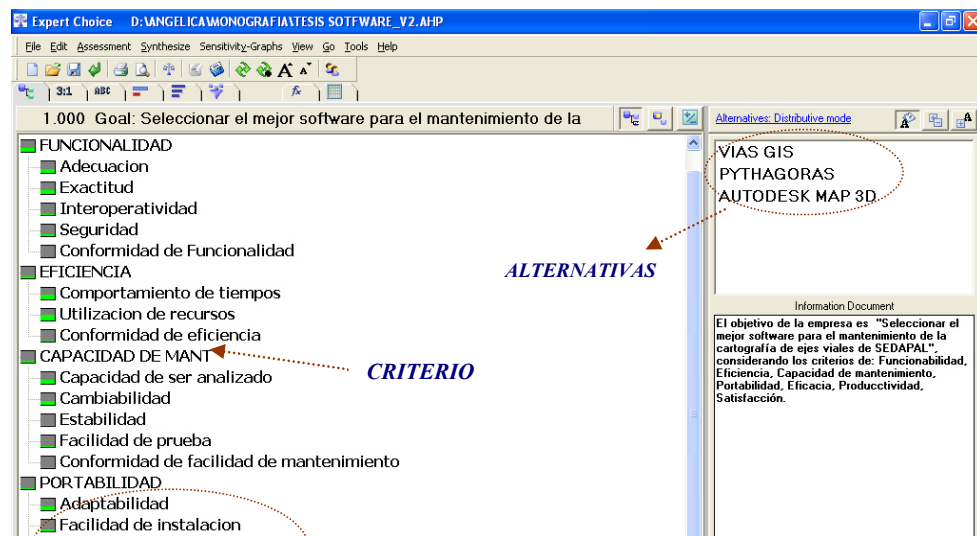
Cabe indicar que para nuestro análisis de selección de software, el grupo decisor no tomo en cuenta el costo como un criterio de decisión.

3.6 RESULTADO FINAL

Una vez obtenidas todas las matrices de comparación por pares de cada criterio y subcriterio, se procede a modelar el caso en el software Expert Choice 11.5, que nos facilitará la síntesis y el análisis de sensibilidad para nuestro caso.

INGRESO DE DATOS EN EL EXPERT CHOICE

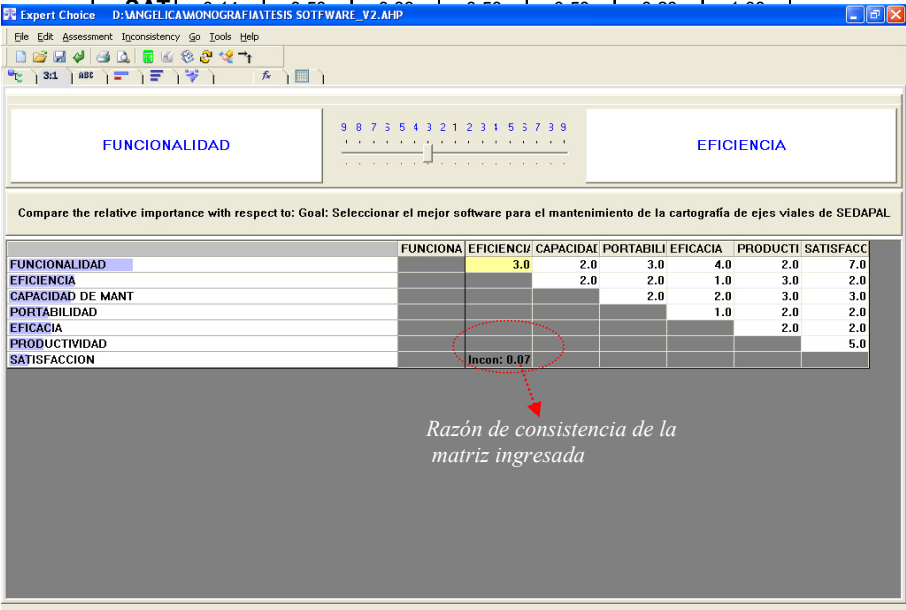
El ingreso de datos en el Expert Choice se realiza primeramente ingresando la Meta Global, en nuestro caso “Seleccionar el mejor software para el mantenimiento de la cartografía de ejes viales de SEDAPAL” una vez ingresada la meta Global se procede a ingresar los criterios, subcriterios y alternativa según el árbol de jerárquico de la figura N° III.4



Una vez lista la estructura jerárquica, ingresamos los juicios plasmados en las matrices de comparaciones pareadas. Se ingresan los datos siguiendo el orden de la estructura jerárquica .

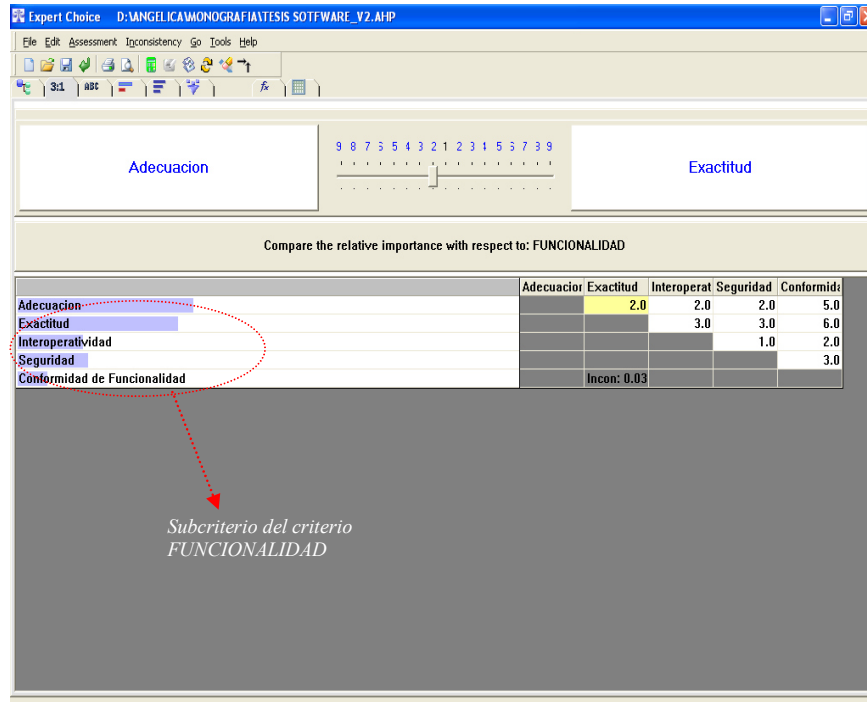
Primero se ingresa las comparaciones pareadas respecto a la meta global, en nuestro caso la matriz es:

| | FUN | EFI | CAP | POR | EFIC | PRO | SAT |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| FUN | 1.00 | 3.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 2.00 | 7.00 |
| EFI | 0.33 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 | 3.00 | 2.00 |
| CAP | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 3.00 | 3.00 |
| POR | 0.33 | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 2.00 |
| EFIC | 0.25 | 1.00 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 2.00 |
| PRO | 0.50 | 0.33 | 0.33 | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 5.00 |
| SAT | 0.14 | 0.50 | 0.33 | 0.50 | 0.50 | 0.33 | 1.00 |

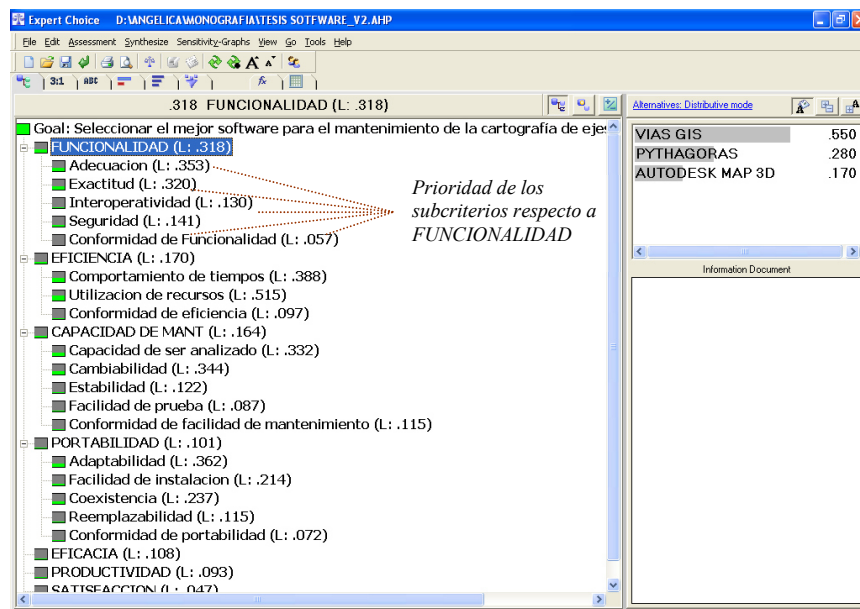


De la misma manera, se ingresa los criterios y subcriterios de las matrices

pareadas obtenidas anteriormente.

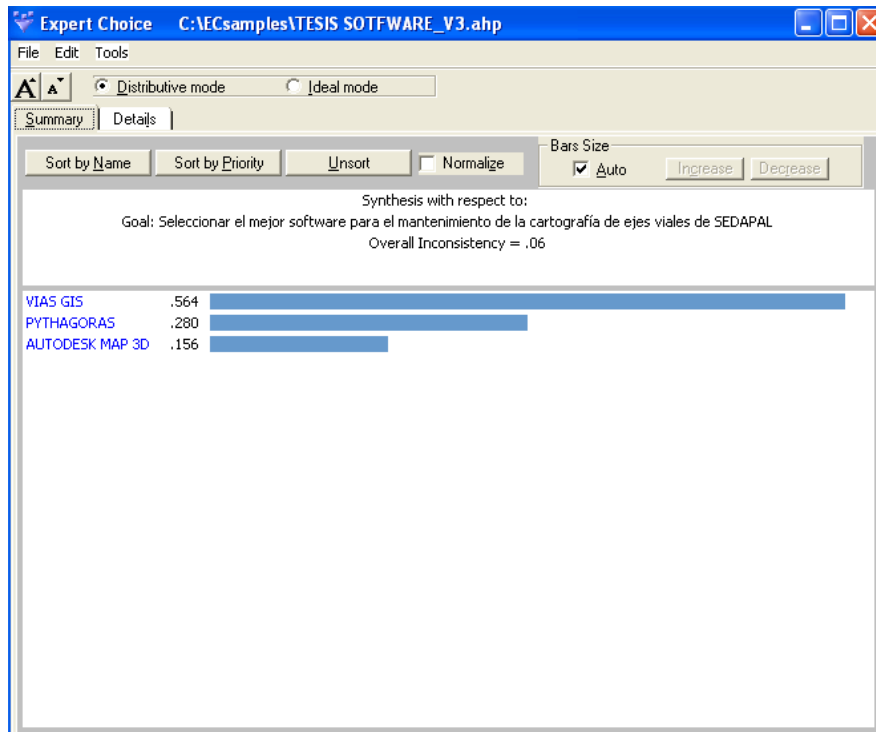
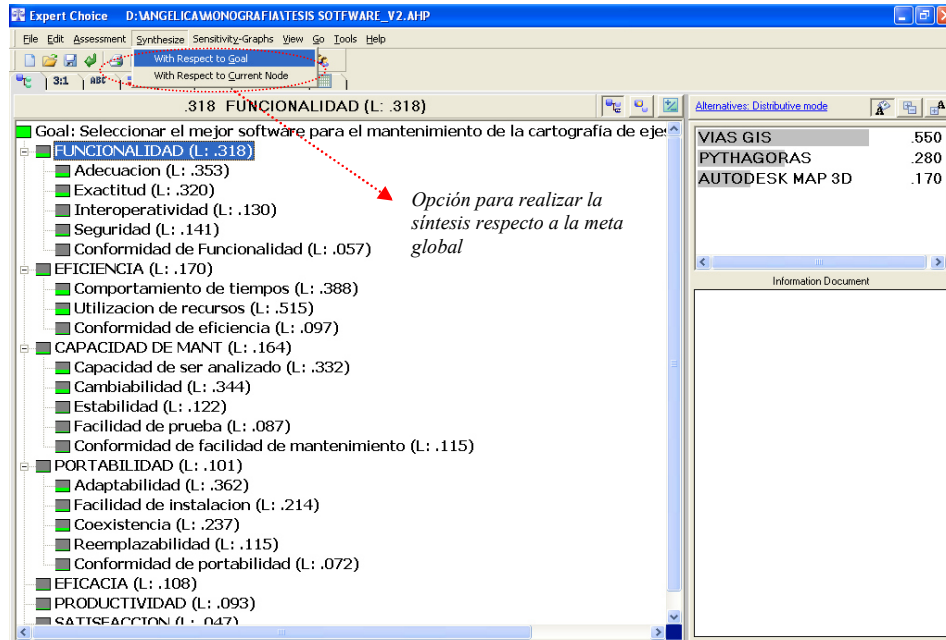


Una vez ingresados todos los valores de las matrices, el Expert Choice calcula automáticamente las prioridades resultantes de los criterios y además la Razón de consistencia de los juicios expresados.



3.6.1 SÍNTESIS

Una vez ingresada la estructura jerárquica y las matrices de comparaciones pareadas, el Expert Choice realiza el proceso de síntesis, es decir, calcula las prioridades de las alternativas respecto a la meta global



Al apreciar la síntesis para este problema, vemos que VIAS GIS ocupa el primer lugar con un 56.4% de aceptación, seguidamente Pythágoras con un 28% y por último Autodesk map 3D con un 15.6% de aceptación.

- FUNCIONALIDAD (L: .318)
 - Adecuacion (L: .353)
 - Exactitud (L: .320)
 - Interoperatividad (L: .130)
 - Seguridad (L: .141)
 - Conformidad de Funcionalidad (L: .057)
- EFICIENCIA (L: .170)
 - Comportamiento de tiempos (L: .388)
 - Utilizacion de recursos (L: .515)
 - Conformidad de eficiencia (L: .097)
- CAPACIDAD DE MANT (L: .164)
 - Capacidad de ser analizado (L: .332)
 - Cambiabilidad (L: .344)
 - Estabilidad (L: .122)
 - Facilidad de prueba (L: .087)
 - Conformidad de facilidad de mantenimiento (L: .115)
- PORTABILIDAD (L: .101)
 - Adaptabilidad (L: .362)
 - Facilidad de instalacion (L: .214)
 - Coexistencia (L: .237)
 - Reemplazabilidad (L: .115)
 - Conformidad de portabilidad (L: .072)
- EFICACIA (L: .108)
- PRODUCTIVIDAD (L: .093)
- SATISFACCION (L: .047)

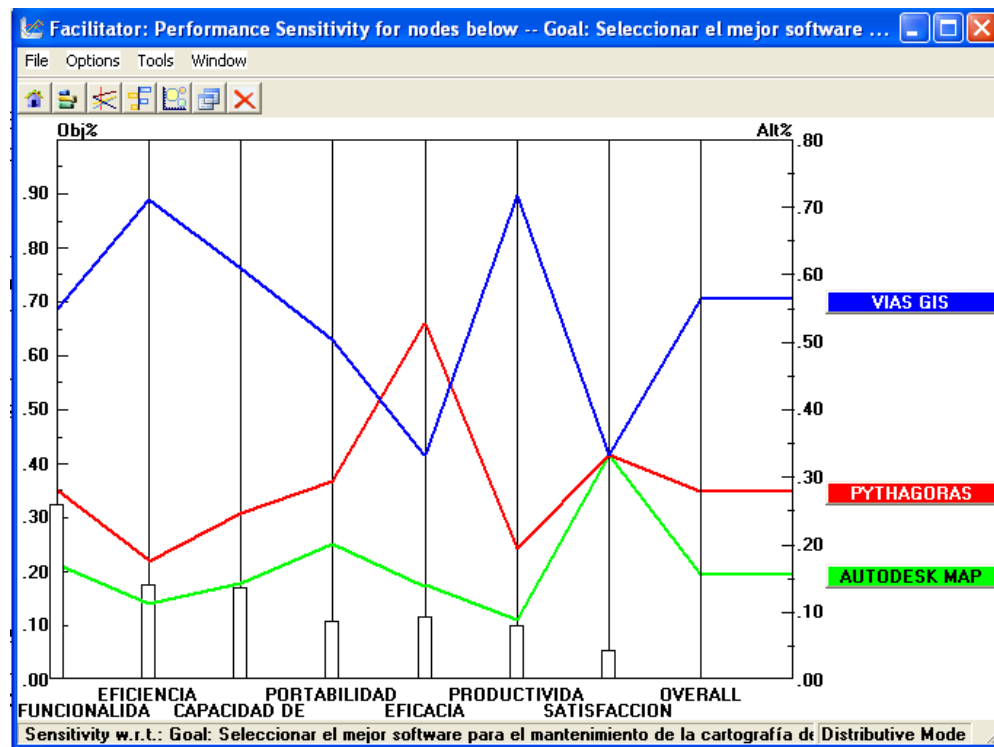
Se puede observar que respecto a la meta global, la *funcionalidad* tiene mayor prioridad con un 31.8% de aporte al cumplimiento de la meta global, esto se debe a que el modelo esta alineado a un optimo funcionamiento para realizar el mantenimiento e incorporación de los ejes viales así como la actualización del directorio de calles. De igual manera la *adecuación* de software aporta al cumplimiento de la *Funcionalidad* con un 35.3%.

La *eficiencia* del software aporta un 17% al cumplimiento de la meta global. Así mismo, la utilización de recursos, aportan de manera importante al cumplimiento de la *eficiencia*

3.6.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Éste análisis se realiza en base al resultado obtenido mediante el Proceso de Análisis Jerárquico, respondiendo a la interrogante ¿qué sucede si ocurre algún cambio en la toma de decisiones por parte del decisor?. El Expert Choice nos permite analizar la sensibilidad del modelo, mediante la opción “Sensitivity – Graphs”. Analizaremos la sensibilidad con los gráficos tipo “Performance” y “Dynamic”.

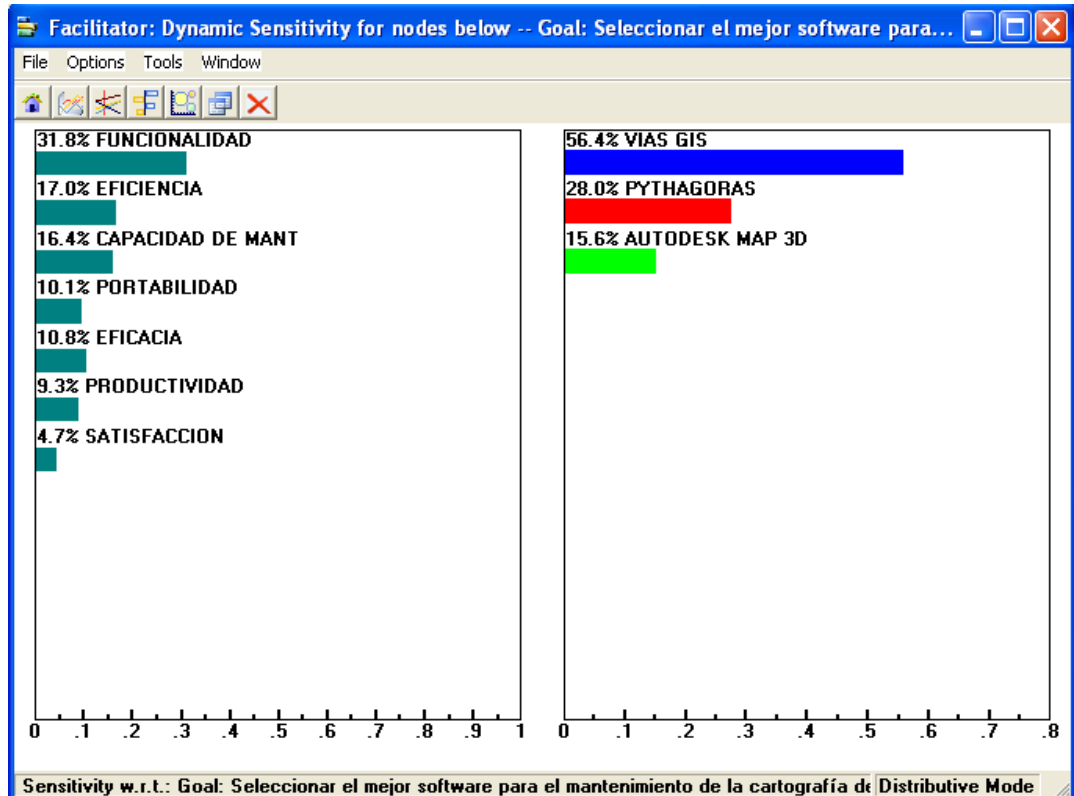
Gráfico de análisis de sensibilidad de tipo Performance



El gráfico muestra que el criterio más importante para los decisores es la funcionalidad con 31.8% respecto a la meta global, notamos también que la línea azul (VIAS GIS), está sobre la línea verde (AUTODESK MAP), en su recorrido. Esto quiere decir que AUTODESK MAP nunca podrán superar a VIAS GIS. Sin embargo la línea roja (PYTHAGORAS) supera a la línea azul y a la línea verde cuando se acerca al criterio de Eficacia,

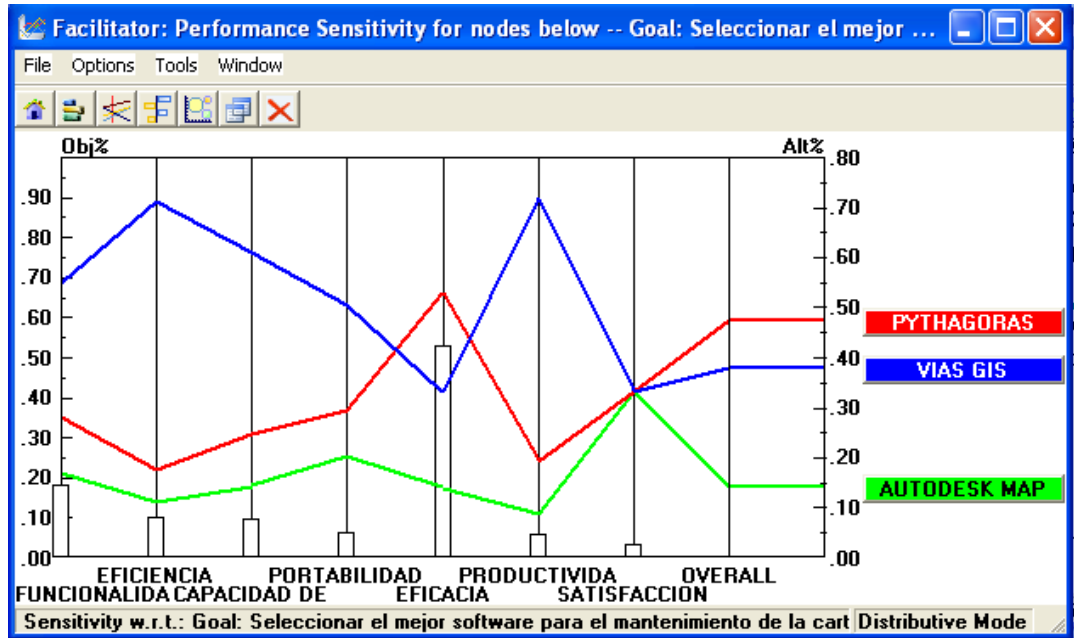
esto hace notar que respecto a la eficacia PYTHAGORAS es la mejor alternativa.

Gráfico de análisis de sensibilidad de tipo Dynamic:

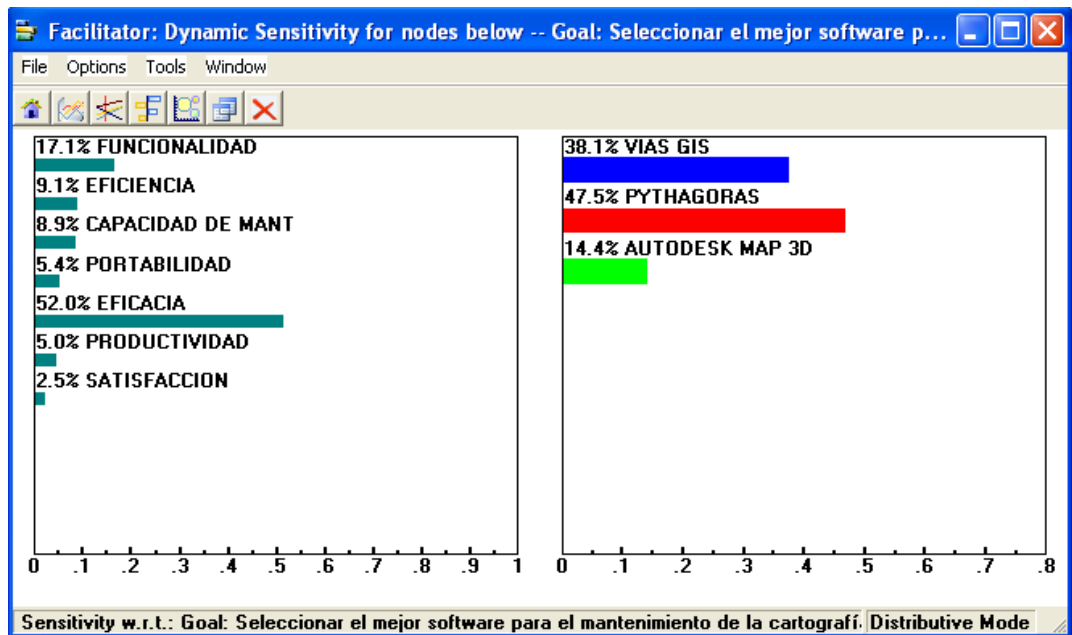


El gráfico muestra de manera resumida que el criterio mas importante para la empresa es la funcionalidad del software seguido de la eficiencia, capacidad de mantenimiento, portabilidad, eficacia, productividad y satisfacción, teniendo en cuenta estos lineamientos la alternativa que mejor se ajusta a los requerimientos del decisor es VIAS GIS.

¿Qué pasaría si el decisor cambia de opinión y considera darle mas prioridad a al criterio de eficacia?.



Sujeto a estos cambios el gráfico de análisis de sensibilidad nos muestra que PYTHAGORAS sería el software indicado para el mantenimiento de la cartografía de ejes viales de SEDAPAL



Según el gráfico, los decisores consideran ahora más importante la eficacia con un 52.% respecto a la meta global, seguido de: funcionalidad,

eficiencia, capacidad mantenimiento, portabilidad, productividad y satisfacción.

3.6.3 INTERPRETACION DE RESULTADOS

Las prioridades obtenidas en el análisis del modelo, sugiere que el mejor software para el mantenimiento de la cartografía de ejes viales de SEDAPAL es VIAS GIS, debido a que es el software que mejor cumple con los requerimientos del grupo decisor obteniendo una prioridad de 56.4% respecto a la meta global. Cabe indicar que VIAS GIS tiene el costo mas bajo (S/ 12 500) con respecto a PYTHAGORAS (S/16 942) y AUTODESK MAP (S/14 711).

Como segunda alternativa, para la cartografía de los ejes viales, se sugiere PYTHAGORAS, que obtiene una prioridad 28% respecto a la meta global.

Cabe mencionar que en el caso que la empresa realice una posible modificación en sus requerimientos de selección de software, considerando más importante la eficacia luego de la funcionalidad, se sugiere que el mejor software para la cartografía de los ejes viales de SEDAPAL sería PYTHAGORAS, obteniendo una prioridad de 47.5%

CONCLUSIONES

1. Mediante la resolución de un sencillo caso de decisión multicriterio aplicando la metodología AHP y utilizando uno de los software asociados a este procedimiento, el Expert Choice, hemos ido descubriendo numerosas ventajas. El método es simple y flexible lo cual facilita entender el problema planteado y llevar a cabo un adecuado proceso de toma de decisión.
2. Los resultados obtenidos en este trabajo permiten mostrar cómo el método analítico jerárquico (AHP) contribuye a mejorar el proceso de decisión, por la gran información que aporta y por la ayuda que brinda en el conocimiento del problema. En particular, permitió la selección de un software que realice el mantenimiento de la cartografía de ejes viales de SEDAPAL, según los criterios definidos por leyes vigentes y con la colaboración de un grupo decidor en el tema.
- 3 Durante el trabajo con el grupo decidor o expertos, se evidenció que el diseño de las jerarquías requiere experiencia y conocimiento del problema que se plantea, para lo cual es indispensable disponer de toda la información necesaria.
3. EL AHP, Permitted analizar por separado la contribución de cada criterio y subcriterio a la meta global; No necesitando información cuantitativa acerca del resultado que alcanza cada alternativa en cada uno de los criterios considerados, sino tan solo los juicios de valor del grupo decisor.
4. E análisis de sensibilidad realizado mediante AHP permitió comprobar la estabilidad de la solución ante cambios en los parámetros y su grado de

equilibrio interno.

5. Conviene destacar que, afortunadamente, este método no sustituyen el buen o mal juicio del decidor, no reducen la subjetividad inherente a cualquier proceso de toma de decisiones. Sin embargo ayudan a gestionar la complejidad y que el decisor tenga la sensación de que al concluir el proceso sabe más que antes de empezar. Esta situación suele tranquilizar a muchos que, en un momento determinado, valoran más cómo se adoptan las decisiones que la solución final adoptada.

RECOMENDACIONES

1. Para enfrentar un problema de decisión multicriterio con AHP, se debe tomar en cuenta grupos de decidores, con conocimiento del tema, que sean capaces de brindar juicios objetivos para cada criterio de evolución.
2. Este método se puede usar para apoyar procesos complejos de toma de decisión propios de la comunidad universitaria. Se pueden citar los siguientes casos: evaluación de méritos de profesores, planificación estratégica universitaria, evaluación de artículos de investigación, selección de docentes, evaluación de la efectividad de las diferentes técnicas de enseñanza en el logro de los objetivos de formación, asignación de recursos universitarios, entre otras aplicaciones.

BIBLIOGRAFIA

- 1 ANDERSON, Sweeney, Williams; *“Introducción a los Modelos Cuantitativos para Administración”*. 6a Ed. Iberoamericana, México (1993). Pp. 683-724.
- 2 ANDERSON Sweeney Williams; *“Métodos Cuantitativos para los Negocios”*; 7ma. Ed., International Thomson Editores, México (1999), P.p. 746.
- 3 COOK W., Kress M.; *“A multiple criterio decisión model with ordinal preference data”*; European Journal of Operational Research (1991), vol. 54.
4. CABEZA, L. Muñoz A. Artículo: “Aproximación al proceso de toma de decisiones en la empresa barranquillera” .Pensamiento & Gestión, N°17. Universidad del Norte, (2004).
5. SAATY, T. L., *“Método Analítico Jerárquico (AHP): Principios Básicos”*, en Evaluación y Decisión Multicriterio. Reflexiones y Experiencias, ed. por Eduardo Martínez y Mauricio Escudey, Editorial Universidad de Santiago 1998. Pp. 17-46.
6. TOSKANO, G. Monografía: “El proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de Decisiones en la selección de Proveedores” . FCM. UNMS. Lima Perú (2005)
7. Resolución Ministerial N° 139-2004-PCM. “Guía técnica sobre evaluación de software para la administración pública del estado peruano” . (2004)
8. Ley N° 28612 , Ley que norma el uso, adquisición y adecuación del software en la administración pública del estado Peruano. (2004).
9. Página web de SEDAPAL. Disponible en <http://www.sedapal.com.pe>. Intranet :

Guías, Manual Organización y Responsabilidades Generales (MORG) y Normas Administrativas de SEDAPAL.

10.DEMO de Software Expert Choice; "*Expert Choice 11.5*". Disponible en:
http://www.expertchoice.com/products/periscope/Flash_Demo.html

| | CRITERIO O CARACTERISTICAS DE SELECCIÓN | Sub Característica | Puntaje Máximo | Criterios de Calificación | Puntaje | Opción 1 | Opción 2 | Opción 3 | |
|-----------------------------|---|---|---------------------|---------------------------|---------|----------|----------|----------|--|
| EXTERNAS | FUNCIONALIDAD | Adecuación | 3 | SI | 3 | | | | |
| | | | | NO | 1 | | | | |
| | | Exactitud | 3 | ALTA | 3 | | | | |
| | | | | MEDIA | 2 | | | | |
| | | | | BAJA | 1 | | | | |
| | | Interoperatividad | 3 | SI | 3 | | | | |
| | | | | NO | 1 | | | | |
| | | Seguridad | 3 | ALTA | 3 | | | | |
| | | | | MEDIA | 2 | | | | |
| | | | | BAJA | 1 | | | | |
| | | Conformidad de Funcionalidad | 2 | SI | 2 | | | | |
| | | | | NO | 1 | | | | |
| | | Madurez | 3 | ALTA | 3 | | | | |
| | | | | MEDIA | 2 | | | | |
| | | | | BAJA | 1 | | | | |
| | | FIABILIDAD | Tolerancia a Fallas | 2 | SI | 2 | | | |
| | | | | | NO | 1 | | | |
| | | | Recuperabilidad | 3 | ALTA | 3 | | | |
| | MEDIA | | | | 2 | | | | |
| | BAJA | | | | 1 | | | | |
| | Conformidad de Fiabilidad | | 2 | SI | 2 | | | | |
| | | | NO | 1 | | | | | |
| | USABILIDAD | Entendimiento | 3 | ALTA | 3 | | | | |
| | | | | MEDIA | 2 | | | | |
| | | | | BAJA | 1 | | | | |
| | | Aprendizaje | 3 | ALTA | 3 | | | | |
| | | | | MEDIA | 2 | | | | |
| | | | | BAJA | 1 | | | | |
| | | Operatividad | 3 | ALTA | 3 | | | | |
| | | | | MEDIA | 2 | | | | |
| | | | | BAJA | 1 | | | | |
| | | Atracción(Amigable) | 4 | ALTA | 3 | | | | |
| | MEDIA | | | 2 | | | | | |
| | BAJA | | | 1 | | | | | |
| | Conformidad de uso | 2 | SI | 2 | | | | | |
| | | | NO | 1 | | | | | |
| EFICIENCIA | Rendimiento | 5 | ALTA | 5 | | | | | |
| | | | MEDIA | 2 | | | | | |
| | | | BAJA | 1 | | | | | |
| | Utilización de recursos | 5 | SI | 5 | | | | | |
| | | | NO | 1 | | | | | |
| | Conformidad de Eficiencia | 5 | SI | 5 | | | | | |
| | | NO | 1 | | | | | | |
| INTERNAS | CAPACIDAD DE MANTENIMIENTO | Facilidad de mantenimiento | 3 | SI | 4 | | | | |
| | | | | NO | 1 | | | | |
| | PORTABILIDAD | Adaptabilidad | 2 | SI | 4 | | | | |
| | | | | NO | 1 | | | | |
| | | Facilidad de instalación | 3 | ALTA | 3 | | | | |
| | | | | MEDIA | 2 | | | | |
| | | | | BAJA | 1 | | | | |
| | | Coexistencia | 3 | ALTA | 3 | | | | |
| | MEDIA | | | 2 | | | | | |
| | BAJA | | | 1 | | | | | |
| | Mantenimiento | 3 | SI | 1 | | | | | |
| | | | NO | 1 | | | | | |
| Conformidad de Portabilidad | 2 | SI | 2 | | | | | | |
| | | NO | 1 | | | | | | |
| DE USO | EFICIENCIA | Alcanzar metas con exactitud e integridad | 9 | ALTA | 9 | | | | |
| | | | | MEDIA | 3 | | | | |
| | | | | BAJA | 1 | | | | |
| | PRODUCTIVIDAD | Alcanzar objetivos | 9 | ALTA | 9 | | | | |
| | | | | MEDIA | 3 | | | | |
| | | | | BAJA | 1 | | | | |
| | SEGURIDAD | Riesgo de propiedad | 3 | SI | 2 | | | | |
| | | | | NO | 0 | | | | |
| | SATISFACCION | Usuarios Satisfechos | 9 | ALTA | 9 | | | | |
| | | | | MEDIA | 3 | | | | |
| | | | | BAJA | 1 | | | | |
| | TOTAL OBTENIDO | | | 100 | | | | | |

DECRETO SUPREMO N° 024-2006-PCM¹

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, la Ley N° 28612 - Ley que norma el uso, adquisición y adecuación del software en la Administración Pública, tiene por objeto establecer las medidas que permitan a la Administración Pública la contratación de licencias de software y servicios informáticos en condiciones de neutralidad, vigencia tecnológica, libre concurrencia y trato justo e igualitario de proveedores;

Que, el numeral 3.8 del artículo 3 del Reglamento de Organización y Funciones de la Presidencia del Consejo de Ministros, aprobado por el Decreto Supremo N° 094-2005-PCM, establece que es función de dicha institución, actuar como ente rector del Sistema Nacional de Informática;

Que, en cumplimiento de lo establecido en la Segunda Disposición Final de la Ley N° 28612 y la norma antes mencionada, corresponde aprobar el Reglamento de la precitada Ley, con el refrendo del Presidente del Consejo de Ministros;

De conformidad con lo dispuesto en el inciso 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, el Decreto Legislativo N° 560, la Ley N° 28612 y el Decreto Supremo N° 094-2005-PCM;

DECRETA:

Artículo 1º.- Aprueba Reglamento de la Ley N° 28612

Apruébese el Reglamento de la Ley N° 28612 - Ley que norma el uso, adquisición y adecuación del software en la Administración Pública, que consta de dos (2) títulos, diez (10) artículos, una (1) disposición transitoria, tres (3) disposiciones finales y un (1) anexo.

Artículo 2º.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Presidente del Consejo de Ministros.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintidós días del mes de mayo del año dos mil seis.

ALEJANDRO TOLEDO
Presidente Constitucional de la República

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente del Consejo de Ministros

REGLAMENTO DE LA LEY N° 28612 - LEY QUE NORMA EL USO, ADQUISICIÓN Y ADECUACIÓN DEL SOFTWARE EN LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

TÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1º.- Objeto.

El objeto del presente Reglamento es establecer las disposiciones que regulen la aplicación de la Ley N° 28612 - Ley que norma el uso, adquisición y adecuación del software en la Administración Pública.

¹ Publicado el 24 de mayo de 2006.

Artículo 2º.- Ámbito de aplicación.

El presente Reglamento es aplicable a todas las adquisiciones de software y servicios informáticos que realicen las entidades del Estado bajo el ámbito del Texto Único Ordenado de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado, aprobado por el Decreto Supremo N° 083-2004-PCM.

Artículo 3º.- Marco Normativo.

La adquisición de software y servicios informáticos se adecuará a lo establecido en el Texto Único Ordenado de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado, aprobado por el Decreto Supremo N° 083-2004-PCM y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 084-2004-PCM.

Artículo 4º.- Principios que rigen la contratación de licencias de software y servicios informáticos.

La contratación de licencias de software y servicios informáticos se sustenta fundamentalmente en los siguientes principios, sin perjuicio de la vigencia de otros principios reconocidos por la normativa de contrataciones y adquisiciones del Estado, el derecho administrativo y el derecho común:

4.1 Principio de Vigencia Tecnológica: Los bienes y servicios deben reunir las condiciones de calidad y modernidad tecnológica necesarias para cumplir con efectividad los fines para los que son requeridos, desde el mismo momento en que son adquiridos o contratados, por un tiempo de duración determinado y previsible, y con posibilidad de adecuarse, integrarse y actualizarse si fuera el caso, con los avances científicos y tecnológicos.

4.2 Principio de Trato Justo e Igualitario: Todo postor de bienes o servicios debe tener participación y acceso para contratar con las Entidades en condiciones semejantes a las de los demás, estando prohibida la existencia de privilegios, ventajas o prerrogativas, salvo las excepciones de ley.

4.3 Principio de Libre Concurrencia de Postores: En los procedimientos de adquisiciones y contrataciones de software y servicios informáticos se incluirán regulaciones o tratamientos que fomenten la más amplia y objetiva e imparcial concurrencia, pluralidad y participación de postores potenciales.

Artículo 5º.- Ente rector del Sistema Nacional de Informática.

La Presidencia del Consejo de Ministros actúa como ente rector del Sistema Nacional de Informática a través de su Secretaría de Gestión Pública, la cual dirige dicho Sistema, a través de la Oficina Nacional de Gobierno Electrónico e Informática (ONGEI).

TÍTULO II

DEL INFORME TÉCNICO PREVIO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE

Artículo 6º.- Informe Técnico Previo de Evaluación de Software.

Toda adquisición y uso de licencias de software que pretenda ser llevada a cabo por una Entidad del Estado requerirá de un Informe Técnico Previo de Evaluación de Software, que debe ser emitido por la Oficina de Informática, o la que haga sus veces, de la institución. De ser necesario, se requerirá el apoyo de la Oficina de Administración o la que haga sus veces.

El Informe Técnico Previo de Evaluación de Software, formará parte del requerimiento a que se refiere el artículo 12 del Texto Único Ordenado de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado, aprobado por el Decreto Supremo N° 083-2004-PCM, y será remitido a la dependencia encargada de las adquisiciones y contrataciones de la Entidad, con carácter vinculante, a fin de definir con precisión la cantidad y características técnicas del requerimiento.

De ser el caso, el Informe Técnico Previo de Evaluación de Software formará parte de los procesos de estandarización o de exoneración, de manera complementaria a los informes sustentatorios establecidos en la normativa sobre contrataciones y adquisiciones del Estado.

En caso que la adquisición de software sea parte o esté comprendida dentro de un proyecto de inversión pública que haya requerido la aprobación del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), los documentos y estudios que sustentaron dicha aprobación serán utilizados por la respectiva Oficina de Informática para la sustentación del Informe Técnico Previo de Evaluación de Software.

Artículo 7º.- Contenido mínimo del Informe Técnico Previo de Evaluación de Software.

El Informe Técnico Previo de Evaluación de Software, será elaborado de acuerdo al contenido mínimo establecido en el Anexo del presente Reglamento, y deberá ser aprobado y firmado por el responsable de la Oficina de Informática o por quien haga sus veces.

Artículo 8º.- Publicación del Informe Técnico Previo de Evaluación de Software.

El informe será publicado en la sección de transparencia de la página web institucional, antes de convocarse al proceso de selección correspondiente, bajo responsabilidad del funcionario competente. Si la institución no tuviera página web institucional, será publicado en el Portal del Sistema Electrónico de Adquisiciones y Contrataciones del Estado (SEACE) del Consejo Superior de Contrataciones y Adquisiciones del Estado (CONSUCODE), al momento de ser convocado y como parte de las Bases del proceso, para lo cual deberá remitirle al CONSUCODE la información en archivos electrónicos.

Artículo 9º.- Excepciones a la publicación del Informe Técnico Previo de Evaluación de Software.

Se exceptúa la publicación del Informe Técnico Previo de Evaluación de Software en la sección de transparencia de la página web institucional, cuando por razones de seguridad nacional, el contenido del mencionado Informe Técnico haya sido calificado como información secreta, reservada o confidencial, de acuerdo con lo establecido en los artículos 15, 16 y 17 del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por el Decreto Supremo N° 043-2003-PCM, y sus modificatorias.

Artículo 10º.- Responsabilidades.

En caso de incumplimiento de las disposiciones establecidas en el presente Reglamento, se aplicarán las sanciones establecidas en el artículo 47 del Texto Único Ordenado de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado, aprobado por el Decreto Supremo N° 083-2004-PCM, cuando dicha falta constituya un incumplimiento de las disposiciones de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado.

DISPOSICIÓN TRANSITORIA

Única.- Procesos de selección en trámite

El presente Reglamento no será aplicable a los procesos de selección que hayan sido convocados con anterioridad a su entrada en vigencia.

DISPOSICIONES FINALES

Primera.- Normas Complementarias

La Secretaría de Gestión Pública de la Presidencia del Consejo de Ministros a través de la Oficina Nacional de Gobierno Electrónico e Informática (ONGEI), propondrá las normas complementarias necesarias para el efectivo cumplimiento del presente Reglamento.

Segunda.- Capacitación

La Secretaría de Gestión Pública de la Presidencia del Consejo de Ministros a través de la Oficina Nacional de Gobierno Electrónico e Informática (ONGEI), establecerá un plan para programas de capacitación a funcionarios, técnicos y administrativos, del sector público, en condiciones de neutralidad y vigencia tecnológica.

Tercera.- Informe Previo de Evaluación de la Oficina de Informática

El "Informe Técnico Previo de Evaluación de Software" a que se refiere su Título II del presente Reglamento, constituye el "Informe Previo de Evaluación de la Oficina de Informática" requerido por el artículo 5 de la Ley N° 28612.

ANEXO

REQUISITOS MÍNIMOS DEL INFORME TÉCNICO PREVIO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE

<Logo de la institución>

INFORME TÉCNICO PREVIO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE N°
<número correlativo/siglas del área>

1. NOMBRE DEL ÁREA:

2. RESPONSABLES DE LA EVALUACIÓN:

3. CARGOS:

4. FECHA:

5. JUSTIFICACIÓN

- Es la descripción de la necesidad que se pretende satisfacer y que deriva de los requerimientos formulados por las áreas usuarias.

6. ALTERNATIVAS

- Contendrá los productos software alternativo a ser comparados, sin incluir proveedores.

7. ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO

- Se basará, en la metodología establecida en la Guía Técnica Sobre Evaluación de Software para la Administración Pública, aprobada por Resolución Ministerial N° 139-2004-PCM. Si no fuera posible su aplicación, deberá comunicarse esta situación a la ONGEI, justificando tal hecho.

8. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO - BENEFICIO

- En el análisis costo beneficio deberá tomarse en cuenta como mínimo los siguientes conceptos:

- * Licenciamiento
- * Hardware necesario para su funcionamiento
- * Soporte y mantenimiento externo
- * Personal y mantenimiento interno
- * Capacitación

Adicionalmente se podrá tener en cuenta:

- * Costos Operativos de TI.
- * Impacto en el cambio de plataforma.
- * Tiempo de Recuperación (Downtime).
- * Tiempo en el que se va a entregar la solución con las condiciones exigidas por la empresa (Time to market).
- * Garantías Comerciales Aplicables.

- El análisis comparativo de costos y beneficios se realizará con valores de mercado actualizados, con una antigüedad no mayor de 2 meses de la suscripción de este informe, debiendo sustentarse en los siguientes medios:

- * Documento físico
- * Fax
- * Correo electrónico y/o
- * Informes previos anteriores de la misma entidad.

8. CONCLUSIONES

9. FIRMAS

APRUEBAN DOCUMENTO “GUÍA TÉCNICA SOBRE EVALUACIÓN DE SOFTWARE PARA LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA”

RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 139-2004-PCM

Lima, 27 de mayo de 2004

CONSIDERANDO:

Que, mediante el Decreto Supremo N° 066-2003-PCM se fusionó la Subjefatura de Informática del Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI y la Presidencia del Consejo de Ministros, en virtud a lo cual el numeral 3.10 del artículo 3° del Reglamento de Organización y Funciones de la Presidencia del Consejo de Ministros, aprobado por Decreto Supremo N° 067-2003-PCM, ha establecido que es función de la Presidencia del Consejo de Ministros actuar como ente rector del Sistema Nacional de Informática;

Que, a efectos de implementar la infraestructura de Gobierno Electrónico, el mismo que comienza con la identificación y evaluación de los componentes funcionales requeridos, adopción de estándares abiertos y aceptados internacionalmente, la planificación y seguridad, en el marco de sus funciones la Oficina Nacional de Gobierno Electrónico e Informática – ONGEI, en coordinación con el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, ha propuesto la “Guía Técnica Sobre Evaluación de Software para la Administración Pública”, por ser éste el que procesa datos y produce información, que es considerada actualmente un activo importante y estratégico de las organizaciones y países;

De conformidad con lo dispuesto por el Decreto Legislativo N° 560 – Ley del Poder Ejecutivo y el Reglamento de Organización y Funciones de la Presidencia del Consejo de Ministros, aprobado por Decreto Supremo N° 067-2003-PCM;

SE RESUELVE:

Artículo 1º.- Aprobar el documento “Guía Técnica Sobre Evaluación de Software para la Administración Pública”, documento que será publicado en el portal de la Presidencia del Consejo de Ministros (www.pcm.gob.pe).

Artículo 2º.- Las entidades de la Administración Pública, integrantes del Sistema Nacional de Informática, deberán aplicar lo establecido en la “Guía Técnica Sobre Evaluación de Software para la Administración Pública” en los productos de software que desarrollen o adquieran a partir de la fecha de publicación de la presente Resolución.

Si no fuera posible parcial o totalmente su aplicación, el área de informática o la que haga sus veces de la entidad respectiva, comunicará esta situación a la Oficina Nacional de Gobierno Electrónico e Informática – ONGEI, adjuntando el informe técnico que sustente la justificación para la no aplicación de la citada Guía.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

CARLOS FERRERO
Presidente del Consejo de Ministros



**Oficina Nacional de Gobierno Electrónico e Informática
Presidencia del Consejo de Ministros**

**Guía Técnica sobre Evaluación
de Software en la
Administración Pública**

Presidencia del Consejo de Ministros – Gobierno del Perú – ONGEI
formatos@pcm.gob.pe

Ref: Guía Técnica de Evaluación
Versión: 01

Nombre del Proyecto: *“Guía Técnica sobre Evaluación de Software en la Administración Pública”*



HOJA DE INFORMACION GENERAL

CONTROL DOCUMENTAL:

PROYECTO: Guía Técnica sobre Evaluación de Software en la Administración Pública
ENTIDAD: Presidencia del Consejo de Ministros
VERSIÓN: 1.0
FECHA EDICIÓN: 05/05/2004
NOMBRE DE ARCHIVO: P01-PCM-GUIAEVALUACIONSOFTWARE
RESUMEN: Guía que permite evaluar eficientemente los desarrollos y software en el Estado.

DERECHOS DE USO:

La presente documentación es de uso para la Administración Pública del Estado Peruano.

ESTADO FORMAL:

| | | |
|----------------------|----------------------|------------------|
| Preparado por: ONGEI | Entidad: ONGEI – PCM | Fecha: Mayo 2004 |
|----------------------|----------------------|------------------|

Presidencia del Consejo de Ministros – Gobierno del Perú – ONGEI

formatos@pcm.gob.pe

Ref: Guía Técnica de Evaluación
Versión: 01
Fecha: 05/05/04

Nombre del Proyecto: "Guía Técnica sobre Evaluación de Software en la Administración Pública"



CONTROL DE VERSIONES

| FUENTE DE CAMBIO | FECHA DE SOLICITUD DEL CAMBIO | VERSIÓN | PARTES QUE CAMBIAN | DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO | FECHA DE CAMBIO |
|------------------------------------|-------------------------------|---------|--------------------|------------------------|-----------------|
| P01-PCM-GUIAEVALUACIONSOFTWARE.doc | | 1.00 | N/A | | |



Índice

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 04 |
| APLICACIÓN | 04 |
| ESTRUCTURA | 04 |
| | |
| PARTE 1: MODELO DE LA CALIDAD | 05 |
| 1.1 Alcance | 05 |
| 1.2 Conformidad | 06 |
| 1.3 Marco de trabajo del modelo de la calidad | 06 |
| 1.4 Modelo de calidad para la calidad externa e interna | 11 |
| 1.5 Modelo de calidad para la calidad en uso | 18 |
| | |
| PARTE 2: MÉTRICAS | 20 |
| 2.1 Atributos Internos y Externos | 20 |
| 2.2 Métrica interna | 21 |
| 2.3 Métrica externa | 21 |
| 2.4 Relación entre las métricas internas y externas | 21 |
| 2.5 Calidad en el uso de métricas | 22 |
| 2.6 Opción de métrica y criterio de medidas | 22 |
| 2.7 Métricas usadas para la comparación | 23 |
| | |
| PARTE 3: PROCESO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE | 24 |
| 3.1 Establecer el propósito de la evaluación | 24 |
| 3.2 Identificar el tipo de producto | 24 |
| 3.3 Especificar el Modelo de Calidad | 24 |
| 3.4 Seleccionar métricas | 24 |
| 3.5 Establecer niveles, escalas para las métricas | 25 |
| 3.6 Establecer criterios de valoración | 25 |
| 3.7 Tomar medidas | 25 |
| 3.8 Comparar con los criterios | 26 |
| 3.9 Valorar resultados | 26 |
| 3.10 Documentación | 26 |
| | |
| GLOSARIO DE TÉRMINOS | 27 |
| | |
| BIBLIOGRAFÍA | 32 |



GUÍA TÉCNICA SOBRE EVALUACIÓN DE SOFTWARE PARA LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

INTRODUCCIÓN

La presente guía esta basada sobre la norma ISO/IEC 9126 de la ISO (Organización Internacional de Normalización) y la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) que forman el sistema especializado para la normalización internacional.

El desarrollo o selección de productos de software con calidad es muy importante en la actualidad en las instituciones públicas, ya que éstas procesan información, que es considerada como un activo importante de sus organizaciones.

Una especificación y evaluación integral y detallada de la calidad de los productos de software es un factor clave para asegurar que la calidad sea la adecuada. Esto se puede lograr definiendo de manera apropiada las características de calidad, teniendo en cuenta el propósito del uso del producto de software en la institución.

Es importante especificar y evaluar cada característica relevante de la calidad de los productos de software, cuando esto sea posible, utilizando mediciones validadas o de amplia aceptación, que hagan técnicamente transparente esta actividad.

Agradecemos la colaboración del Comité Técnico de Normalización de Ingeniería de Software y Sistemas de Información - INDECOPI, por su apoyo técnico en la elaboración de la presente guía.

APLICACIÓN

- La presente guía es aplicable al **software propietario y software libre o de código abierto** utilizado en la Administración Pública.
- Esta guía debe aplicarse en toda evaluación de software propietario considerando esquemas comparativos con el software libre o de código abierto y viceversa, evidenciando ventajas y desventajas.
- Será utilizada para evaluar un solo software o un conjunto de softwares de naturaleza o funciones similares, tipo y/o categoría.

ESTRUCTURA

La presente guía consta de las siguientes partes:

- 1: Modelo de la calidad
- 2: Métricas



– 3. Proceso de evaluación de software

PARTE 1: MODELO DE LA CALIDAD

1.1 ALCANCE

Se describe un modelo de calidad para los productos de software, dividido en dos partes:

- a) Calidad interna y externa, y
- b) Calidad en uso.

La primera parte del modelo especifica seis características para calidad interna y externa, las cuales, a su vez, están subdivididas en sub características. Estas sub características se manifiestan externamente cuando el software es usado como parte de un sistema de computadora, y son el resultado de atributos internos de software.

La segunda parte del modelo, especifica cuatro características para la calidad en uso. Calidad en uso es el efecto combinado para el usuario de las seis características de la calidad interna y externa de productos de software.

Las características definidas son aplicables a todo software, incluyendo programas de computadora y datos contenidos en *firmware*. Las características y sub características proveen terminología consistente para la calidad de productos de software. Ellas también proveen un marco de trabajo para especificar los requerimientos de la calidad para productos de software, y para hacer análisis y evaluaciones entre capacidades de productos de software.

Esta parte de la norma permite especificar y evaluar la calidad de productos de software desde diferentes perspectivas asociadas con adquisición, requerimientos, desarrollo, uso, evaluación, soporte, mantenimiento, aseguramiento de la calidad y auditoría de software.

Esta norma será usada por personal de informática que cumple funciones de desarrolladores, adquirentes, personal de aseguramiento de la calidad y aquellos responsables de especificar y evaluar la calidad de productos de software.

Como ejemplo del uso del modelo de la calidad, tenemos:

- Validar que la definición de un requerimiento esté completa;
- Identificar requerimientos de software;
- Identificar objetivos del diseño de software;



- Identificar objetivos de prueba de software;
- Identificar criterios de aseguramiento de la calidad;
- Identificar criterios de aceptación para un producto de software completo.

1.2 CONFORMIDAD

Cualquier requerimiento, especificación o evaluación de la calidad sobre cualquier producto de software que cumpla esta parte de la guía, debe usar las características y sub características de los ítems 1.4 y 1.5, dando las razones por cualquier exclusión, o describiendo su propia categorización de los atributos de la calidad de productos de software, explicando la equivalencia respectiva.

1.3 MARCO DE TRABAJO DEL MODELO DE LA CALIDAD

En esta parte se describe el marco de trabajo de un modelo de calidad, el cual explica la relación entre los diferentes enfoques de la calidad.

1.3.1 Perspectivas de calidad

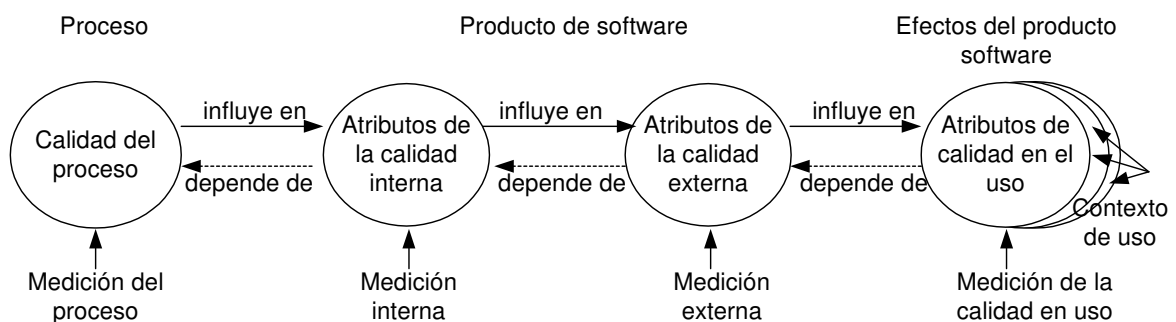


FIGURA 1 – Ciclo de vida de la calidad

Las necesidades de calidad del usuario incluyen requerimientos de calidad en uso, en contextos específicos. Estas necesidades identificadas pueden ser usadas cuando se especifiquen la calidad externa e interna, utilizando características y sub características de la calidad del producto de software.

La evaluación de los productos de software para satisfacer las necesidades de calidad es uno de los procesos en el ciclo de vida del desarrollo del software. La calidad del



producto de software puede ser evaluada midiendo atributos internos (medidas típicamente estáticas de productos intermedios), o midiendo atributos externos (midiendo típicamente el comportamiento del código cuando es ejecutado), o bien midiendo los atributos de aplicación de calidad en uso. El objetivo para que este producto tenga el efecto requerido en un contexto particular de uso se diagrama en la Figura 2.

La calidad del proceso contribuye a mejorar la calidad del producto, y la calidad del producto contribuye a mejorar la calidad en uso. Por lo tanto, evaluar y mejorar un proceso es una manera de mejorar la calidad del producto, y evaluar y mejorar la calidad del producto es una manera de mejorar la calidad en uso. De igual manera, evaluar la calidad en uso proporciona una retroalimentación para mejorar el producto, y evaluar un producto puede proporcionar una respuesta para mejorar un proceso.

Atributos internos apropiados en el software son pre requisitos para alcanzar el comportamiento externo requerido, y un apropiado comportamiento externo es un pre requisito para alcanzar la calidad en uso (Figura 1).

Los requisitos para la calidad del producto de software incluirán criterios de evaluación para calidad interna, calidad externa y calidad en uso, para cumplir las necesidades de los desarrolladores, responsables de mantenimiento, adquirientes y usuarios finales.

1.3.2 Calidad de producto y el ciclo de vida

Las vistas de calidad interna, calidad externa y calidad en uso cambian durante el ciclo de vida del software. Por ejemplo, la calidad especificada, como requisito de calidad al comienzo de un ciclo de vida, es mayormente observada desde el punto de vista externo y de usuario, y se diferencia de la calidad del producto intermedio, como la calidad del diseño, la cual es mayormente observada desde el punto de vista interno del desarrollador. Las tecnologías usadas para alcanzar el nivel de calidad necesario, así como la especificación y evaluación de calidad, necesitan soportar estos diversos puntos de vista. Es necesario definir estas perspectivas y las tecnologías asociadas a la calidad, para manejarla apropiadamente en cada etapa del ciclo de vida.

La meta es alcanzar la calidad necesaria y suficiente para cumplir con las necesidades reales de los usuarios. La norma ISO 8402 define calidad en términos de la habilidad de satisfacer necesidades explícitas (declaradas/descritas/especificadas) e implícitas. Sin embargo, las necesidades descritas por un usuario no siempre reflejan las verdaderas necesidades del mismo, porque:

- Un usuario normalmente no está consciente de sus necesidades reales.
- Las necesidades podrían cambiar después de ser especificadas.
- Diferentes usuarios pueden tener diferentes ambientes de operación.
- Podría ser imposible consultar a todos los posibles tipos de usuario, particularmente para un tipo de software (que no está en el mostrador/producto preelaborado).



Por lo tanto, los requisitos de calidad no pueden ser completamente definidos antes de empezar con el diseño. Sin embargo, es necesario entender las necesidades reales del usuario tan al detalle como sea posible, y representarlas en los requerimientos. La meta no es obtener la calidad perfecta, pero sí la calidad necesaria y suficiente para cada contexto específico de uso, cuando el producto sea entregado y utilizado por los usuarios.

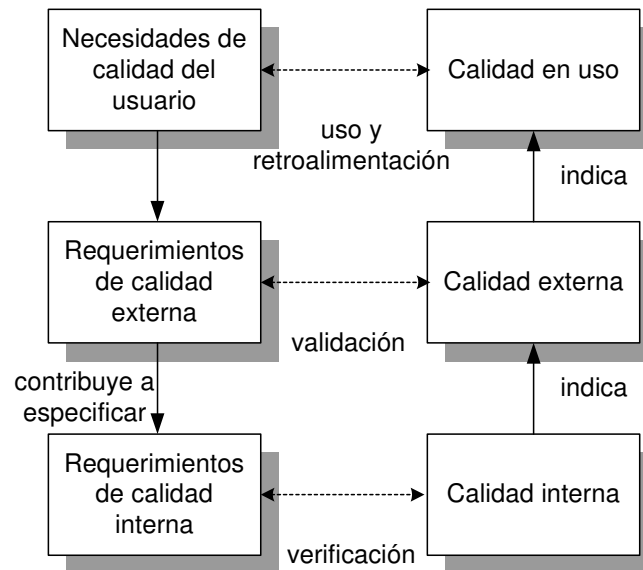


FIGURA 2 – Calidad en el ciclo de vida del software

Las escalas de medidas para las métricas usadas en los requerimientos de calidad pueden ser divididas en categorías correspondientes a diferentes grados de satisfacción de los requerimientos. Por ejemplo, la escala podría estar dividida en dos categorías: no satisfactoria y satisfactoria, o en cuatro categorías: excede los requerimientos, cumple los objetivos, mínimamente aceptable e inaceptable. Las categorías deberían ser especificadas para que ambos, el usuario y el desarrollador, puedan evitar costos innecesarios e incumplimiento de cronogramas. Existen diferentes perspectivas de la calidad del producto y sus métricas asociadas a las diferentes etapas del ciclo de vida del software. (Ver Figura 3)

Las **Necesidades de Calidad del Usuario** pueden ser especificadas como requerimientos de calidad por las métricas de calidad en uso, por métricas externas y a veces por métricas internas. Estos requerimientos especificados por las métricas, deberían ser usados como criterios cuando un producto es validado. Lograr un producto que satisfaga las necesidades del usuario, normalmente requiere de un enfoque interactivo en el desarrollo de software, con una continua retroalimentación desde la perspectiva del usuario.

Los **Requerimientos de Calidad Externos** especifican el nivel de calidad requerido desde una perspectiva externa. Estos incluyen requerimientos derivados de las necesidades de calidad de usuarios, incluyendo calidad en requerimientos de uso. Los



requerimientos de calidad externos son usados como los objetivos para la validación en varias etapas de desarrollo. Los requerimientos de calidad externos para todas las características de calidad definidas en esta parte, deben ser establecidos en la especificación de requerimientos de calidad usando métricas externas, deben ser transformados en requerimientos de calidad internos y deben ser usados como criterios cuando un producto es evaluado.

Los **Requerimientos de Calidad Internos** especifican el nivel de calidad requerido desde la perspectiva interna del producto. Los requerimientos de calidad internos son usados para especificar propiedades internas de productos. Estos pueden incluir modelos estáticos y dinámicos, otros documentos y código fuente. Los requerimientos de calidad internos pueden ser usados como objetivos para la validación en varias etapas de desarrollo. Ellos también pueden ser usados para definir estrategias de desarrollo y criterios de evaluación y verificación durante el desarrollo. Esto puede incluir el uso de métricas adicionales (por ejemplo: reusabilidad). Los requerimientos específicos de calidad interna deben ser especificados cuantitativamente usando métricas internas.

La **Calidad Interna** es la totalidad de características del producto de software desde una perspectiva interna. La calidad interna es medida y evaluada en base a los requerimientos internos de calidad. Los detalles de la calidad del producto de software pueden ser mejorados durante la implementación, revisión y prueba del código fuente del software, pero la naturaleza fundamental de la calidad del producto de software representada por la calidad interna, permanece sin cambios a menos que sea rediseñado.

La **Calidad Externa Estimada (o Predicha)** es la calidad que es estimada o predicha para el producto de software final, en cada etapa de desarrollo para cada característica de calidad, basada en el conocimiento de la calidad interna.

La **Calidad Externa** es la totalidad de las características del producto de software desde una perspectiva externa. Es la calidad cuando el software es ejecutado, la cual es típicamente medida y evaluada en un ambiente simulado, con datos simulados y usando métricas externas. Durante las pruebas, muchas fallas serán descubiertas y eliminadas. Sin embargo, algunas fallas todavía pueden permanecer después de las pruebas. Como es difícil corregir la arquitectura del software u otros aspectos fundamentales del diseño del software, el diseño fundamental permanece sin cambios a través de las pruebas.

La **Calidad en Uso Estimada (o Predicha)** es la calidad que es estimada o predicha para el producto de software final, en cada etapa de desarrollo para cada característica de calidad en uso, y se basa en el conocimiento de la calidad externa e interna.

La calidad externa y la calidad en uso pueden ser estimadas y predichas durante el desarrollo de cada característica de calidad cuando las tecnologías apropiadas son desarrolladas. Sin embargo, como actualmente no se proporciona todo el soporte necesario para el propósito de predicción, se debe desarrollar más tecnología para mostrar la correlación entre la calidad interna, la calidad externa y la calidad en uso.



La **Calidad en Uso** es la perspectiva del usuario de la calidad del producto de software cuando éste es usado en un ambiente específico y en un contexto de uso específico. Esta mide la extensión en la cual los usuarios pueden conseguir sus metas en un ambiente particular, en vez de medir las propiedades del software en si mismo.

El término 'Usuario' se refiere a cualquier tipo de posible usuario, incluyendo operadores y personal de mantenimiento, y sus requerimientos pueden ser diferentes.

El nivel de calidad en el ambiente del usuario puede ser diferente del ambiente de desarrollo, debido a diferencias entre las necesidades y capacidades de diversos usuarios y diferencias entre hardware y ambientes de soporte. El usuario evalúa sólo aquellos atributos de software que son usados para sus tareas. Algunas veces, los atributos de software especificados por un usuario final durante la fase de análisis de requerimientos, ya no cumplen los requerimientos del usuario cuando el producto está en uso, debido a cambiantes requerimientos del usuario y a la dificultad de especificar necesidades implícitas.

1.3.3 Ítems a ser evaluados

Los ítems pueden ser evaluados por medición directa, o de manera indirecta, midiendo sus consecuencias. Por ejemplo, un proceso puede ser medido indirectamente por la medición y evaluación de sus productos, y un producto puede ser evaluado indirectamente por la medición del desempeño de un usuario en sus tareas (usando métricas de calidad en uso).

El software nunca corre solo sino que siempre es parte de un sistema mayor, típicamente consistente de otros productos de software con los cuales él tiene interfaces: hardware, operadores humanos, y flujos de trabajo. El producto de software completado puede ser evaluado por los niveles de las métricas externas elegidas. Estas métricas describen su interacción con su entorno, y son medidas al observar el software en operación. La calidad en uso puede ser medida por la extensión por la cual un producto empleado por usuarios específicos cumple las necesidades de alcanzar metas específicas con efectividad, productividad, seguridad y satisfacción. Esto normalmente será complementado con mediciones de características de calidad más específicas del producto de software, lo cual también es posible en el proceso inicial de desarrollo.

En etapas más tempranas de desarrollo, sólo pueden ser medidos los recursos y procesos. Cuando los productos intermedios (especificaciones, código fuente, etc.) se tornan disponibles, estos pueden ser evaluados por los niveles de las métricas internas elegidas. Estas métricas pueden ser usadas para predecir los valores de las métricas externas. Ellas también pueden ser medidas por derecho propio, al ser pre requisitos esenciales para la calidad externa.

Se puede hacer una distinción adicional entre la evaluación del producto de software y la evaluación del sistema en el cual es ejecutado.

Por ejemplo, la confiabilidad de un sistema es medida al observar todas las fallas originadas por cualquier causa (hardware, software, errores humanos, etc.), mientras que la confiabilidad del producto de software es medida al extraer de las fallas



observadas sólo aquellas que son debidas a faltas en el software (originadas en requerimientos, diseño o implementación).

Además, depende del propósito de la evaluación y de quienes son los usuarios, el juzgar dónde están los límites del sistema.

En ese sentido, por ejemplo, si se supone que los pasajeros son los usuarios de un avión con un sistema de control de vuelo basado en computadora, entonces el sistema del cual ellos dependen incluye la tripulación, el fuselaje, el hardware y software del sistema de control de vuelo, mientras que si se toma a la tripulación como los usuarios, entonces el sistema del cual ellos dependen consiste sólo del fuselaje y el sistema de control de vuelo.

1.3.4 Usando un modelo de calidad

La calidad de un producto de software se debe evaluar usando un modelo definido. El modelo de calidad debe ser utilizado al fijar las metas de la calidad para los productos de software y los productos intermedios. La calidad del producto de software debería ser jerárquicamente descompuesta en un modelo de calidad constituido por características y sub características, las cuales se pueden utilizar como lista de comprobación de las ediciones relacionadas con la calidad. Más adelante se define un modelo jerárquico de calidad (aunque otras maneras de categorizar la calidad pueden ser más apropiadas en circunstancias particulares y justificadas).

No es prácticamente posible medir todas las sub características internas y externas para todas las partes de un gran producto de software. De modo similar, no es generalmente práctico medir la calidad en el uso para todos los escenarios posibles de las tareas del usuario. Los recursos para la evaluación necesitan ser asignados entre los diversos tipos de medida, dependiente de los objetivos de la institución y de la naturaleza del producto y diseño de procesos.

1.4 Modelo de calidad para la calidad externa e interna

En esta sección se define el Modelo de Calidad para la calidad externa e interna a ser usado en las instituciones públicas. Se han establecido categorías para las cualidades de la calidad del software, basadas en seis características (funcionalidad, confiabilidad, utilidad, eficiencia, capacidad de mantenimiento y portabilidad), que se subdividen a su vez en sub características (Figura 3). Las sub características se pueden medir por métrica interna o externa.

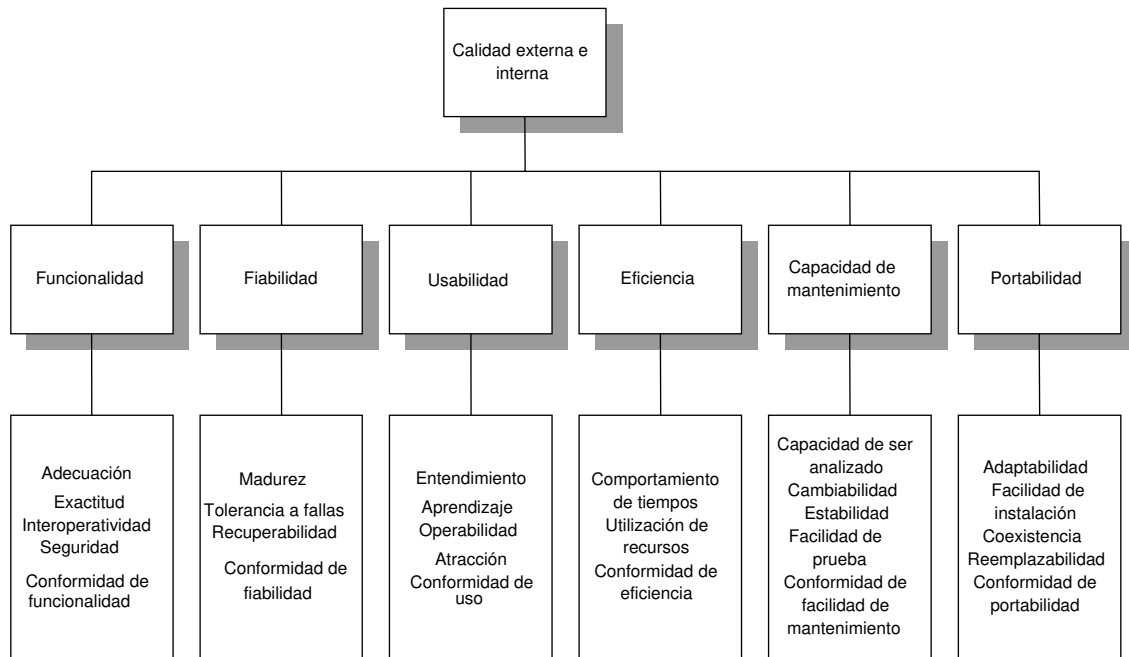


FIGURA 3 – Modelo de calidad para la calidad externa e interna

Las definiciones se dan para cada característica y sub característica de calidad del software que influye en la calidad. Para cada característica y sub característica, la capacidad del software es determinada por un conjunto de atributos internos que pueden ser medidos. Las características y sub características se pueden medir externamente por la capacidad provista por el sistema que contiene el software.

1.4.1 Funcionalidad

La capacidad del producto de software para proveer las funciones que satisfacen las necesidades explícitas e implícitas cuando el software se utiliza bajo condiciones específicas.

Esta característica se refiere a lo que hace el software para satisfacer necesidades, mientras que las otras características se refieren principalmente a cuándo y a cómo satisfacen las necesidades.

Para un sistema que es operado por un usuario, la combinación de la funcionalidad, fiabilidad, usabilidad y eficiencia puede ser medida externamente por su calidad en uso.

1.4.1.1 Adecuación

La capacidad del producto de software para proveer un adecuado conjunto de funciones para las tareas y objetivos especificados por el usuario.

Ejemplos de adecuación son la composición orientada a tareas de funciones a partir de sub funciones que las constituyen, y las capacidades de las tablas.



1.4.1.2 Exactitud

La capacidad del producto de software para proveer los resultados o efectos acordados con un grado necesario de precisión.

1.4.1.3 Interoperabilidad

La capacidad del producto de software de interactuar con uno o más sistemas especificados. La interoperabilidad se utiliza en lugar de compatibilidad para evitar una posible ambigüedad con la reemplazabilidad.

1.4.1.4 Seguridad

La capacidad del producto de software para proteger la información y los datos de modo que las personas o los sistemas no autorizados no puedan leerlos o modificarlos, y a las personas o sistemas autorizados no se les niegue el acceso a ellos.

La seguridad en un sentido amplio se define como característica de la calidad en uso, pues no se relaciona con el software solamente, sino con todo un sistema.

1.4.1.5 Conformidad de la funcionalidad

La capacidad del producto de software de adherirse a los estándares, convenciones o regulaciones legales y prescripciones similares referentes a la funcionalidad.

1.4.2 Fiabilidad

La capacidad del producto de software para mantener un nivel específico de funcionamiento cuando se está utilizando bajo condiciones especificadas.

El desgaste o envejecimiento no ocurre en el software. Las limitaciones en fiabilidad son debido a fallas en los requerimientos, diseño, e implementación. Las fallas debido a estos errores dependen de la manera en que se utiliza el producto de software y de las opciones del programa seleccionadas, más que del tiempo transcurrido.

La definición de fiabilidad en la ISO/IEC 2382-14:1997 es "la habilidad de la unidad funcional de realizar una función requerida...". En este documento, la funcionalidad es solamente una de las características de la calidad del software. Por lo tanto, la definición de la fiabilidad se ha ampliado a "mantener un nivel especificado del funcionamiento..." en vez de "...realizar una función requerida".

1.4.2.1 Madurez

La capacidad del producto de software para evitar fallas como resultado de errores en el software.



1.4.2.2 Tolerancia a errores

La capacidad del producto de software para mantener un nivel especificado de funcionamiento en caso de errores del software o de incumplimiento de su interfaz especificada.

El nivel especificado de funcionamiento puede incluir la falta de capacidad de seguridad.

1.4.2.3 Recuperabilidad

La capacidad del producto de software para restablecer un nivel especificado de funcionamiento y recuperar los datos afectados directamente en el caso de una falla.

Después de una falla, un producto de software a veces estará no disponible por cierto período del tiempo, intervalo en el cual se evaluará su recuperabilidad.

La disponibilidad es la capacidad del producto de software para poder realizar una función requerida en un punto dado en el tiempo, bajo condiciones indicadas de uso. En extremo, la disponibilidad se puede determinar por la proporción de tiempo total, durante la cual, el producto de software está en un estado ascendente. La disponibilidad, por lo tanto, es una combinación de madurez (con control de frecuencias de fallas), de la tolerancia de errores y de la recuperabilidad (que gobierna el intervalo de tiempo en cada falla). Por esta razón es que no ha sido incluida como una sub característica separada.

1.4.2.4 Conformidad de la fiabilidad

La capacidad del producto de software para adherirse a las normas, convenciones o regulaciones relativas a la fiabilidad.

1.4.3 Usabilidad

La capacidad del producto de software de ser entendido, aprendido, usado y atractivo al usuario, cuando es utilizado bajo las condiciones especificadas.

Algunos aspectos de funcionalidad, fiabilidad y eficiencia también afectarán la usabilidad, pero para los propósitos de la ISO/IEC 9126 ellos no son clasificados como usabilidad.

Los usuarios pueden ser operadores, usuarios finales y usuarios indirectos que están bajo la influencia o dependencia del uso del software. La usabilidad debe dirigirse a todo los diferentes ambientes de usuarios que el software puede afectar, o estar relacionado con la preparación del uso y evaluación de los resultados.



1.4.3.1 Entendimiento

La capacidad del producto de software para permitir al usuario entender si el software es adecuado, y cómo puede ser utilizado para las tareas y las condiciones particulares de la aplicación.

Esto dependerá de la documentación y de las impresiones iniciales dadas por el software.

1.4.3.2 Aprendizaje

La capacidad del producto de software para permitir al usuario aprender su aplicación. Un aspecto importante a considerar aquí es la documentación del software.

1.4.3.3 Operabilidad

La capacidad del producto de software para permitir al usuario operarlo y controlarlo.

Los aspectos de propiedad, de cambio, de adaptabilidad y de instalación pueden afectar la operabilidad.

La operabilidad corresponde a la controlabilidad, a la tolerancia a errores y a la conformidad con las expectativas del usuario.

Para un sistema que es operado por un usuario, la combinación de la funcionalidad, confiabilidad, usabilidad y eficacia puede ser una medida considerada por la calidad en uso.

1.4.3.4 Atracción

La capacidad del producto de software de ser atractivo al usuario.

Esto se refiere a las cualidades del software para hacer el software más atractivo al usuario, tal como el uso del color y la naturaleza del diseño gráfico.

1.4.3.5 Conformidad de uso

La capacidad del producto de software para adherirse a los estándares, convenciones, guías de estilo o regulaciones relacionadas a su usabilidad.

1.4.4 Eficiencia

La capacidad del producto de software para proveer un desempeño adecuado, de acuerdo a la cantidad de recursos utilizados y bajo las condiciones planteadas.

Los recursos pueden incluir otros productos de software, la configuración de hardware y software del sistema, y materiales (Ej: Papel de impresión o diskettes).



Para un sistema operado por usuarios, la combinación de funcionalidad, fiabilidad, usabilidad y eficiencia pueden ser medidas externamente por medio de la calidad en uso.

1.4.4.1 Comportamiento de tiempos

La capacidad del producto de software para proveer tiempos adecuados de respuesta y procesamiento, y ratios de rendimiento cuando realiza su función bajo las condiciones establecidas.

1.4.4.2 Utilización de recursos

La capacidad del producto de software para utilizar cantidades y tipos adecuados de recursos cuando este funciona bajo las condiciones establecidas.

Los recursos humanos están incluidos dentro del concepto de productividad.

1.4.4.3 Conformidad de eficiencia

La capacidad del producto de software para adherirse a estándares o convenciones relacionados a la eficiencia.

1.4.5 Capacidad de mantenimiento

Capacidad del producto de software para ser modificado. Las modificaciones pueden incluir correcciones, mejoras o adaptación del software a cambios en el entorno, y especificaciones de requerimientos funcionales.

1.4.5.1 Capacidad de ser analizado

La capacidad del producto de software para atenerse a diagnósticos de deficiencias o causas de fallas en el software o la identificación de las partes a ser modificadas.

1.4.5.2 Cambiabilidad

La capacidad del software para permitir que una determinada modificación sea implementada.

Implementación incluye codificación, diseño y documentación de cambios.

Si el software va a ser modificado por el usuario final, la cambiabilidad podría afectar la operabilidad.

1.4.5.3 Estabilidad

La capacidad del producto de software para evitar efectos inesperados debido a modificaciones del software.



1.4.5.4 Facilidad de prueba

La capacidad del software para permitir que las modificaciones sean validadas.

1.4.5.5 Conformidad de facilidad de mantenimiento

La capacidad del software para adherirse a estándares o convenciones relativas a la facilidad de mantenimiento.

1.4.6 Portabilidad

La capacidad del software para ser trasladado de un entorno a otro. El entorno puede incluir entornos organizacionales, de hardware o de software.

1.4.6.1 Adaptabilidad

La capacidad del producto de software para ser adaptado a diferentes entornos especificados sin aplicar acciones o medios diferentes de los previstos para el propósito del software considerado.

Adaptabilidad incluye la escalabilidad de capacidad interna (Ejemplo: Campos en pantalla, tablas, volúmenes de transacciones, formatos de reporte, etc.).

Si el software va a ser adaptado por el usuario final, la adaptabilidad corresponde a la conveniencia de la individualización, y podría afectar la operabilidad.

1.4.6.2 Facilidad de instalación

La capacidad del producto de software para ser instalado en un ambiente especificado.

Si el software va a ser instalado por el usuario final, puede afectar la propiedad y operatividad resultantes.

1.4.6.3 Coexistencia

La capacidad del producto de software para coexistir con otros productos de software independientes dentro de un mismo entorno, compartiendo recursos comunes.

1.4.6.4 Reemplazabilidad

La capacidad del producto de software para ser utilizado en lugar de otro producto de software, para el mismo propósito y en el mismo entorno.

Por ejemplo, la reemplazabilidad de una nueva versión de un producto de software es importante para el usuario cuando dicho producto de software es actualizado (actualizaciones, upgrades).



Reemplazabilidad se utiliza en lugar de compatibilidad de manera que se evitan posibles ambigüedades con la interoperabilidad.

La reemplazabilidad puede incluir atributos de ambos, inestabilidad y adaptabilidad. El concepto ha sido introducido como una sub característica por sí misma, dada su importancia.

1.4.6.5 Conformidad de portabilidad

La capacidad del software para adherirse a estándares o convenciones relacionados a la portabilidad.

1.5 MODELO DE CALIDAD PARA LA CALIDAD EN USO

En esta parte se define el modelo de calidad para la calidad en uso. Los atributos de la calidad en uso están categorizados en cuatro características: eficacia, productividad, seguridad y satisfacción (Figura 4).

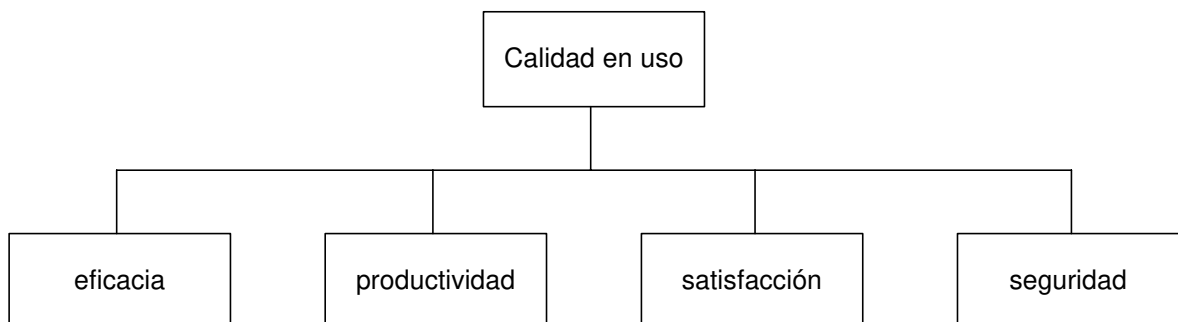


FIGURA 4 – Modelo de calidad para la calidad en uso

La calidad en uso es la visión de calidad del usuario. Alcanzar la calidad en uso depende de alcanzar la calidad externa necesaria que a su vez depende de alcanzar la calidad interna necesaria (Figura 1)

Las medidas son normalmente requeridas en tres niveles: interno, externo y de uso. Encontrar criterios para las medidas internas, no es normalmente suficiente para asegurar el logro de criterios para las medidas externas, y encontrar criterios para las medidas externas, no es normalmente suficiente para asegurar el logro de criterios para la calidad en uso.



1.5.1 Calidad en uso

La capacidad del producto de software para permitirles a usuarios específicos lograr las metas propuestas con eficacia, productividad, seguridad y satisfacción, en contextos especificados de uso.

Calidad en uso es la visión de calidad del usuario de un entorno que contiene el software, y es medida a partir de los resultados de usar el software en el entorno, más que por las propiedades del software mismo.

1.5.1.1 Eficacia

La capacidad del producto de software para permitir a los usuarios lograr las metas especificadas con exactitud e integridad, en un contexto especificado de uso.

1.5.1.2 Productividad

La capacidad del producto de software para permitir a los usuarios emplear cantidades apropiadas de recursos, en relación a la eficacia lograda en un contexto especificado de uso.

Los recursos relevantes pueden incluir: tiempo para completar la tarea, esfuerzo del usuario, materiales o costo financiero.

1.5.1.3 Seguridad

La capacidad del producto de software para lograr niveles aceptables de riesgo de daño a las personas, institución, software, propiedad (licencias, contratos de uso de software) o entorno, en un contexto especificado de uso.

Los riesgos son normalmente el resultado de deficiencias en la funcionalidad (incluyendo seguridad), fiabilidad, usabilidad o facilidad de mantenimiento.

1.5.1.4 Satisfacción

La capacidad del producto de software para satisfacer a los usuarios en un contexto especificado de uso.

La satisfacción es la respuesta del usuario a la interacción con el producto, e incluye las actitudes hacia el uso del producto.



PARTE 2: MÉTRICAS

2.1 Atributos Internos y Externos

Los niveles de ciertos atributos internos se han encontrado para influir en los niveles de algunos atributos externos, de modo que haya un aspecto externo y un aspecto interno en la mayoría de las características. Por ejemplo, la confiabilidad puede ser medida externamente observando el número de fallas en un período dado del tiempo de ejecución durante un ensayo del software, e internamente examinando las especificaciones detalladas y el código fuente para determinar el nivel de la tolerancia de falla. Los atributos internos serían los indicadores de los atributos externos.

Un atributo interno puede influenciar a una o más características, y una característica puede estar influenciada por más de un atributo (ver Figura 5). En este modelo la totalidad de atributos de la calidad del producto de software se clasifica en una estructura arborescente jerárquica de características y de sub características. El nivel más alto de esta estructura consiste en características de calidad y el nivel más bajo consiste en atributos de calidad de software. La jerarquía no es perfecta cuando algunos atributos pueden contribuir a más de una sub característica.

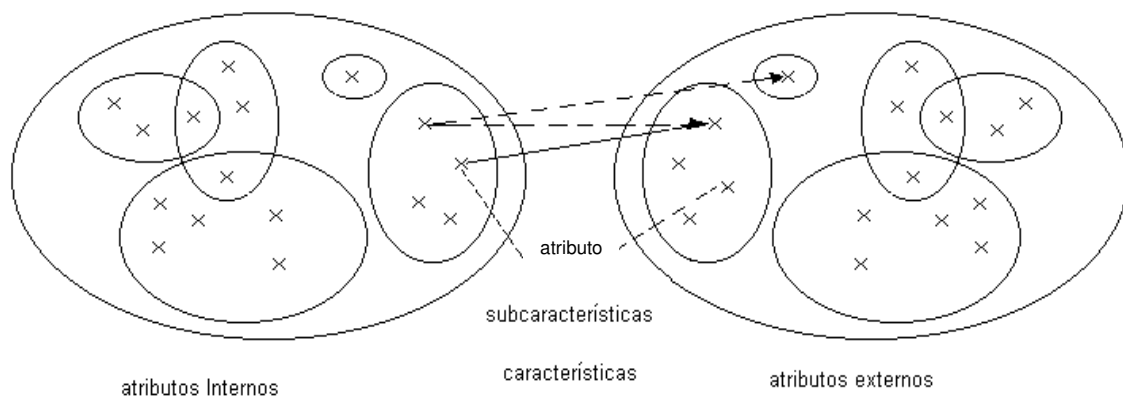


Figura 5 – Características de calidad, sub características y atributos

La sub característica puede medirse por la métrica interna o por la métrica externa.

La correlación entre los atributos internos y las medidas externas nunca es perfecta, y el efecto que un atributo interno dado tiene en una medida externa asociada, será determinado por la experiencia, y dependerá del contexto particular en que el software es usado.

De la misma manera, las propiedades externas (como la conveniencia, exactitud, tolerancia a fallas o tiempos de ejecución) influirán en la calidad observada. Una falla en la calidad del uso (por ejemplo: el usuario no puede completar la tarea) puede



remontarse a los atributos de calidad externa (por ejemplo: conveniencia u operabilidad) y los atributos internos asociados tienen que ser cambiados.

2.2 Métrica interna

La métrica interna puede ser aplicada a un producto de software no-ejecutable (como una especificación o código fuente) durante el diseño y la codificación. En el desarrollo de un producto de software, los productos intermedios deben ser evaluados usando métricas internas que permitan medir las propiedades intrínsecas, incluyendo aquellas que pueden derivarse de comportamientos simulados. El propósito primario de esta métrica interna es asegurar que se logre la calidad externa y la calidad de uso requerida. La métrica interna proporciona a los usuarios, evaluadores, verificadores y desarrolladores el beneficio de que puedan evaluar la calidad del producto de software y lo referido a problemas de calidad antes que el producto de software sea puesto en ejecución.

Las métricas internas miden atributos internos o indican los atributos externos, a través del análisis de las propiedades estáticas de productos intermedios o entregables del software. Las medidas de las métricas internas usan números o frecuencias de elementos de composición de software, los cuales aparecen, por ejemplo, en las sentencias de código de fuente, control de gráficos, flujo de datos y estados de representación de procesos.

2.3 Métrica externa

Las métricas externas usan medidas de un producto de software, derivadas del comportamiento del mismo, a través de la prueba, operación y observación del software. Antes de adquirir o usar un producto de software, éste debe ser evaluado usando las métricas basadas en los objetivos del área usuaria de la institución relacionados al uso, explotación y dirección del producto, considerando la organización y el ambiente técnico. La métrica externa proporciona a los usuarios, evaluadores, verificadores y desarrolladores, el beneficio de que puedan evaluar la calidad del producto de software durante las pruebas o el funcionamiento.

2.4 Relación entre las métricas internas y externas

Cuando los requisitos de calidad del producto de software son definidos, se listan las características o sub características de calidad del producto de software que contribuyen a dichos requisitos. Entonces, las métricas externas apropiadas y los rangos aceptables son especificados para cuantificar el criterio de calidad que valida que el software satisface las necesidades del usuario. Luego, los atributos de calidad interna del software se definen y especifican para planear y finalmente lograr la calidad externa y calidad en el uso requeridas, para construirlos durante el desarrollo del producto.

Apropiadas métricas internas y rangos aceptables son especificados para cuantificar los atributos de calidad interna, así ellos pueden usarse para verificar que el software intermedio reúne las especificaciones de calidad interna durante el desarrollo.



Se recomienda que las métricas internas que se usen tengan en lo posible una fuerte relación con la métrica externa diseñada, para que ellas puedan ser usadas para predecir los valores de las métricas externas. Sin embargo, es generalmente difícil diseñar un modelo teórico riguroso que proporcione una relación fuerte entre la métrica interna y la externa.

2.5 Calidad en el uso de métricas

La calidad en el uso de métricas mide la extensión de un producto que reúne las necesidades especificadas por los usuarios para lograr las metas propuestas, con la efectividad, productividad, seguridad y satisfacción en un contexto de uso específico. La evaluación de la calidad en uso valida la calidad del producto de software en los escenarios específicos de tareas de usuario.

La calidad en el uso es la vista del usuario sobre la calidad que el sistema de software contiene y es medida en términos de resultados de uso del software, en lugar de las propiedades del propio software. La calidad en el uso es el efecto combinado de calidad interna y externa para el usuario.

La relación de calidad en el uso con otras características de calidad del producto de software depende del tipo de usuario:

- El usuario final para quien la calidad en el uso es principalmente un resultado de funcionalidad, fiabilidad, utilidad y eficacia.
- La persona que mantiene el software para quien la calidad en el uso es un resultado del mantenimiento.
- La persona que hace portable el software para quien la calidad en el uso es un resultado de portabilidad.

2.6 Opción de métrica y criterio de medidas

La base en que las métricas son seleccionadas dependerá de las metas de la institución para el producto y las necesidades del evaluador. Las necesidades son especificadas por un criterio de medidas. El modelo en esta parte soporta una variedad de requisitos de evaluación, por ejemplo:

- Un usuario o un área de la institución, podría evaluar la conveniencia de un producto de software usando las métricas de calidad en el uso.
- Una institución que adquiere, podría evaluar un producto de software contra un criterio de valores de medidas externas de funcionalidad, fiabilidad, utilidad y eficacia, o de calidad en el uso.
- Un responsable de mantenimiento, podría evaluar un producto de software usando métricas para mantenimiento.
- Una persona responsable de la implementación del software en diferentes ambientes, podría evaluar un producto de software usando métricas de portabilidad.
- Un desarrollador, podría evaluar un producto de software contra criterios de



valores usando medidas internas de cualquiera de las características de calidad.

2.7 Métricas usadas para la comparación

Al informar los resultados del uso de métricas cuantitativas para hacer las comparaciones entre los productos, el informe mostrará si las métricas son objetivas o empíricas, usando valores conocidos y reproducibles.

Las comparaciones fiables entre los productos sólo se pueden hacer cuando se usan métricas rigurosas. Los procedimientos de medición deben medir las características (o sub características) de calidad del producto de software. Estos exigen ser medidos con suficiente exactitud para permitir asignar los criterios y hacer las comparaciones.

La concesión debe hacerse para posibles errores de medición causados por herramientas de medida o errores humanos.

La métrica usada para las comparaciones debe ser válida y suficientemente exacta para permitir hacer comparaciones fiables. Esto significa que las medidas deben ser objetivas, empíricas, usando una escala válida, y reproducibles.

- Para ser objetivo, habrá un procedimiento escrito y convenido para asignar el número o categoría al atributo del producto.
- Para ser empírico, los datos serán obtenidos de la observación o de un cuestionario psicométricamente válido.
- Para utilizar una escala válida, los datos deberán estar basados en ítems de igual valor o de un valor conocido. Si una lista de comprobación se utiliza para proporcionar datos, los ítems deben, si es necesario, ser ponderados.
- Para ser reproducible, el proceso para medir debería producir las mismas medidas (dentro de las tolerancias apropiadas) que son obtenidas por diferentes personas haciendo la misma medición del producto de software en diferentes ocasiones.

Las métricas internas deberían también tener valor predictivo, esto es, ellas deben correlacionarse con algunas medidas externas deseadas. Por ejemplo, una medida interna de un atributo particular del software debería tener correlación con cierto aspecto medible de calidad cuando se utiliza el software. Es importante que los valores asignados a las mediciones coincidan con las expectativas normales. Por ejemplo, si la medición sugiere que el producto es de alta calidad, entonces ésta debería ser consistente con el producto, satisfaciendo las necesidades de un usuario.



PARTE 3: PROCESO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE

Todo proceso de evaluación de software deberá partir de una evaluación cualitativa y derivar en una evaluación cuantitativa, siendo todo el proceso documentado, cumpliendo los siguientes pasos:

3.1 Establecer el propósito de la evaluación:

Productos intermedios:

- Decidir sobre la aceptación de un producto intermedio de un subcontratista o proveedor.
- Decidir cuándo un proceso está completo y cuando remitir los productos al siguiente proceso.
- Predecir o estimar la calidad del producto final.
- Recoger información con objeto de controlar y gestionar el proceso.
- Otros con justificación.

Producto final:

- Decidir sobre la aceptación del producto.
- Decidir cuando publicar el producto.
- Comparar el producto con otros productos competitivos.
- Seleccionar un producto entre productos alternativos.
- Valorar tanto el aspecto positivo, como el negativo, cuando está en uso.
- Decidir cuando mejorar o reemplazar un producto.
- Otros con justificación.

3.2 Identificar el tipo de producto

Especificar el tipo de producto a evaluar, si es un sistema operativo, software de seguridad, software de ofimática, lenguaje de programación, base de datos, aplicativo desarrollado, ERP, entre otros. Asimismo, se deberá establecer su relación con Estándares de Tecnologías de Información y Comunicaciones que utiliza la Institución; y asegurar la legalidad del producto.

3.3 Especificar el Modelo de Calidad

Se elaborará de acuerdo a lo establecido en la Parte I, y deberá ser aprobado por el Jefe de Informática o quien haga sus veces.

3.4 Seleccionar métricas

La selección de métricas se obtiene a partir de los atributos especificados en el Modelo de Calidad. Se agruparán en:



- Métricas internas.
- Métricas externas.
- Métricas de uso.

3.5 Establecer niveles, escalas para las métricas

- El área de informática aplicará el tipo de escala de proporción.
- A cada métrica seleccionada le asignará un puntaje máximo de referencia.
- La suma de los puntajes máximos de todas las métricas deberá ser igual a 100 puntos.
- El área de informática podrá establecer niveles de calificación cualitativa en base a los puntajes como por ejemplo:
 - Puntaje mínimo de aprobación.
 - Inaceptable, mínimo aceptable, rango objeto, excede los requisitos.
 - Insatisfactorio, satisfactorio.
- Se pueden usar números hasta con un decimal de aproximación. (Ejemplos: 4.1, 3.8, 11.7).
- El área de informática podrá establecer, por cada métrica, un puntaje mínimo de aprobación. En caso no se alcance ese puntaje, se considerará que el producto de software no cumple con las necesidades de información de la institución y será rechazado.

3.6 Establecer criterios de valoración

El área de informática elaborará sus procedimientos, con criterios distintos para diferentes características de calidad, cada uno puede estar expresado en términos de sub características individuales, o una combinación ponderada de ellas. El procedimiento puede incluir otros aspectos como el tiempo y costo que contribuyen a la estimación de la calidad de un producto de software en un entorno concreto.

3.7 Tomar medidas

Para la medición, las métricas seleccionadas se aplican al producto de software. Los resultados son valores expresados en las escalas de las métricas, definidos previamente.



3.8 Comparar con los criterios

En el paso de puntuación, el valor medido se compara con los criterios predeterminados.

Se debe elaborar un cuadro de resultados, como el que se aprecia a continuación.

| | PUNTAJE MAX. | SOFT. 1 | SOFT. 2 | | SOFT.n |
|--|--|----------------|----------------|--------------|---------------|
| Atributos internos (Ai) <ul style="list-style-type: none"> • Ai1 • Ai2 • . • . • Ain | PMax. Ai1 PMax. Ai2 . . PMax Ain | | | | |
| Atributos externos (Ae) <ul style="list-style-type: none"> • Ae1 • Ae2 • . • . • Aen | PMax Ae1 PMax Ae2 . . PMax Aen | | | | |
| Atributos de uso (Au) <ul style="list-style-type: none"> • Au1 • Au2 • . • . • Aun | PMax Au1 PMax Au2 . . PMax Aun | | | | |
| PUNTAJE TOTAL | 100.0 | | | | |

3.9 Valorar resultados

La valoración, que resume un conjunto de niveles calificados, es el paso final del proceso de evaluación del software.

3.10 Documentación

Todo el proceso de evaluación debe estar documentado, indicando nombres y apellidos, cargos, procedencia de las personas que participaron en el proceso de evaluación, especificando las etapas en las que participaron, si es necesario. Este documento deberá ser aprobado por el Jefe de Informática o quien haga sus veces.



GLOSARIO DE TÉRMINOS

Adquiriente

Una organización que adquiere u obtiene un sistema, producto de software o servicio software de un proveedor.

Atributo

Una característica física o abstracta mensurable de una entidad. Los atributos pueden ser internos o externos.

Calidad

Son todas las características de una entidad que forman parte de su habilidad para satisfacer las necesidades propias e implícitas.

Calidad en el empleo

Es la medida en que un producto empleado por usuarios específicos satisface sus necesidades con efectividad, productividad y entera satisfacción para alcanzar objetivos o metas en contextos específicos de su empleo.

Calidad externa

La extensión para la cual un producto satisface necesidades explícitas e implícitas cuando es usado bajo condiciones específicas.

Calidad interna

Es la totalidad de atributos del producto que determinan su habilidad para satisfacer las necesidades propias e implícitas bajo condiciones específicas.

Calificación

La acción de evaluar el valor medido al nivel de calificación adecuado. Utilizado para determinar el nivel de calificación asociado con el software para una característica específica de calidad.

Defecto

Un paso, proceso o definición de dato incorrecto en un programa de computadora.

Desarrollador

Una organización que realiza actividades de desarrollo (incluyendo análisis de los requisitos, diseño y pruebas de aceptación) durante el proceso del ciclo de vida del software.

Escala

Un conjunto de valores con propiedades definidas

Ejemplos de tipos de escalas son: una escala nominal que corresponda a un conjunto de categorías; una escala ordinal que corresponda a un conjunto ordenado de puntos; una escala de intervalo que corresponda a una escala ordenada con puntos equidistantes; y una escala de ratios que no sólo tiene puntos equidistantes sino que



posee el cero absoluto. Las métricas utilizando escalas nominales u ordinales producen datos cualitativos, y las métricas utilizando escalas de intervalos o ratios producen datos cuantitativos.

Falla

La terminación de la capacidad de un producto de realizar una función requerida o su incapacidad para realizarla dentro de límites previamente especificados.

Firmware

El firmware contiene las instrucciones e información acerca del funcionamiento de un dispositivo o hardware, generalmente grabado en un chip. Es el código que rige el comportamiento del mismo.

Indicador

Una medida que se puede utilizar para estimar o para predecir otra medida. Los indicadores pueden emplearse para evaluar los atributos cualitativos del software y para calcular los atributos del proceso de desarrollo. Ambos son valores indirectos e imprecisos de los atributos.

Medición

Actividad que usa la definición de la métrica para producir el valor de una medida.

Medida

Número o categoría asignada a un atributo de una entidad mediante una medición.

Medida directa

Una medida de un atributo que no depende de la medida de ningún otro atributo.

Métrica

Es un método definido de valoración y su escala de valoración.

Las métricas pueden ser internas o externas, directas o indirectas.

Las métricas incluyen métodos para clasificar la data o información cualitativa en diferentes categorías.

Medida externa

Una medida indirecta de un producto derivada de las medidas del comportamiento del sistema del que es parte.

El sistema incluye cualquier hardware, software (ya sea software a medida o software tipo paquete) y usuarios.

El número de fallas encontradas durante las pruebas es una medida externa del número de fallas en el programa, porque el número de fallas es contado durante la operación del programa corriendo en un sistema de cómputo.

Las medidas externas pueden ser usadas para evaluar los atributos de calidad cercanos a los objetivos finales de diseño.

Modelo cualitativo

Es una serie de características y la relación entre las mismas, que conforman la base de los requerimientos cualitativos específicos y la valoración cualitativa.



Módulo de evaluación

Un paquete de tecnología de evaluación para una característica o sub característica de calidad de un software específico. El paquete incluye métodos y técnicas de evaluación, entradas a ser evaluadas, datos a ser medidos y recopilados y procedimientos y herramientas de soporte.

Necesidades implícitas

Necesidades que pueden no haber sido especificadas pero que son necesidades reales cuando la entidad es usada en condiciones particulares.

Necesidades implícitas son necesidades reales, las cuales pueden no haber sido documentadas.

Nivel de calificación

Un punto en la escala ordinal que es utilizado para categorizar una escala de medida. El nivel de calificación habilita al software para ser clasificado de acuerdo con las necesidades explícitas o implícitas. Los niveles de clasificación adecuados pueden ser asociados con las vistas diferentes de calidad, por ejemplo, usuarios, gerentes o desarrolladores.

Producto de software

El conjunto de programas de cómputo, procedimientos, y posible documentación y datos asociados.

Los productos incluyen productos intermedios y productos para los usuarios, como los desarrolladores y personal de soporte.

Producto de software intermedio

Es un producto del proceso de desarrollo del software que se emplea para alimentar una etapa diferente del proceso de desarrollo.

En algunos casos, un producto intermedio puede ser también un producto final.

Proveedor

Una organización que entra a un contrato con el adquirente para el suministro de un sistema, producto de software o servicio de software bajo los términos de dicho contrato.

Servicio

Es una organización que presta servicios de mantenimiento.

Sistema

Una composición integrada que consiste en uno o más procesos, hardware, software, instalaciones y personas, que proveen una capacidad para satisfacer una necesidad establecida o un objetivo.

Software

Todo o parte de los programas, procedimientos, reglas y documentación asociada a un sistema de procesamiento de información.

El software es una creación intelectual que es independiente del medio en el cual fue grabado.



Usuario

Un individuo que utiliza el producto de software para realizar una función específica. Los usuarios pueden incluir operadores, receptores de los resultados del software, desarrolladores o personal de soporte de software.

Valoración

Emplear una métrica para asignar uno de los valores de una escala (el mismo que puede ser un número o categoría) al atributo de una entidad.

La valoración puede ser cualitativa cuando se emplean categorías. Por ejemplo, algunos de los atributos importantes de los productos de software, tales como el lenguaje del programa base (ADA, C, COBOL, etc.) son categorías cualitativas.

Valoración indirecta

Es la valoración de un atributo derivada del valor de uno o más atributos diferentes. La valoración externa de un atributo de un sistema de cómputo (tal como el tiempo de respuesta a la información alimentada por el usuario) es una valoración indirecta de los atributos del software, dado que esta medida se verá influenciada por los atributos del entorno de cómputo, así como por los atributos propios del software.

Valoración interna

Es una valoración del producto en sí, ya sea directa o indirecta.

El número de líneas del código, las valoraciones de complejidad, el número de fallas encontradas durante el proceso y el índice de señales o alertas, son todas las valoraciones internas propias del producto en sí.

Valorar (verbo)

Realizar una valoración o estimación.

Valor (sustantivo)

Es el número o categoría que una entidad le asigna a un atributo al efectuar la valoración.

Valoración Cualitativa

Es una evaluación sistemática del grado o capacidad de una entidad para satisfacer necesidades o requerimientos específicos.

Dichos requerimientos pueden ser formalmente especificados, por ejemplo, por el área de desarrollo de sistemas, cuando el producto se diseña por contrato para un usuario específico, cuando el producto es desarrollado sin un usuario específico, o bien que se trate de necesidades más generales, como cuando un usuario evalúa los productos con propósitos de comparación y selección.

Validación

Confirmación por inspección y provisión de evidencia objetiva de que los requerimientos particulares para un uso específico son alcanzados.

En diseño y desarrollo, la validación está relacionada con el proceso de reexaminación de un producto para determinar la conformidad con las necesidades del usuario.

La validación es realizada normalmente sobre el producto final bajo condiciones operacionales definidas. Puede ser necesaria en las fases iniciales.

“Validado” es utilizado para designar el estado correspondiente.



Verificación

Confirmación por examen y provisión de evidencia objetiva que los requerimientos específicos han sido alcanzados.

En diseño y desarrollo, la verificación está relacionada con el proceso de examinar el resultado de una actividad dada para determinar su conformidad con los requerimientos definidos para dicha actividad.

“Verificado” es utilizado para designar el estado correspondiente.



BIBLIOGRAFÍA

- Norma ISO/IEC 9126-1: 2001 - Software engineering -- Product quality -- Part 1: Quality model.
- Norma ISO/IEC TR 9126-2: 2003 - Software engineering -- Product quality -- Part 2: External metrics.
- Norma ISO/IEC TR 9126-3: 2003 - Software engineering -- Product quality -- Part 3: Internal metrics.
- Norma ISO/IEC 14598-1:1999 - Part 1: General overview.
- Norma ISO/IEC 14598-2:2000 - Part 2: Planning and management.
- Norma ISO/IEC 14598-3:2000 - Part 3: Process for developers.
- Norma ISO/IEC 14598-5:1998 - Part 5: Process for evaluators.