

DISEÑO DE UN MODELO DE EVALUACIÓN PARA LA COMPARACIÓN DEL SOFTWARE LIBRE GVSIG VS., SOFTWARE PROPIETARIO ARCGIS EMPLEANDO INDICADORES

MARÍA ANGÉLICA VILCA CHASIGUASIN

CARRERA DE INGENIERIA GEOGRAFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE. DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN, ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO.

Avenida El Progreso, s/n. Sangolquí-Ecuador.

angelik_vil@hotmail.com

OSWALDO PADILLA ALMEIDA

CARRERA DE INGENIERIA GEOGRAFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE, DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN, ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO.

Avenida El Progreso, s/n. Sangolquí-Ecuador.

opadilla@espe.edu.ec

PABLO ROBERTO PÉREZ SALAZAR

CARRERA DE INGENIERIA GEOGRAFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE, DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN, ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO.

Avenida El Progreso, s/n. Sangolquí-Ecuador.

pperezs@espe.edu.ec

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo elaborar una metodología para el diseño, análisis, desarrollo y evaluación del SIG libre gvSIG y SIG propietario ArcGIS, utilizando diferentes normas como son las ISO/IEC 9126-1 que define un modelo de calidad y las ISO/IEC 14598-5 que especifican las actividades para la evaluación, permitiendo de esta manera obtener el nivel de calidad de cada uno de estos software.

La evaluación consiste en utilizar indicadores que presenta la norma ISO/IEC 9126-1 con lo cual se plantea varias métricas de calidad externa y de uso que se considero apropiadas para poder cuantificar los diferentes aspectos tomados en cuenta, además se utilizó y elaboró listas de chequeo, matrices de evaluación cualitativas y cuantitativas para obtener una valoración global en porcentaje a nivel de indicadores y atributos.

El proceso de evaluación del software permite justificar técnicamente en que tecnología invertir acorde con las políticas del Estado, los indicadores y métricas seleccionadas van a depender de los objetivos y necesidades de los usuarios, lo cual proporcionara información importante para controlar recursos económicos.

ABSTRACT

The present project is aimed at preparing a methodology for the design, analysis, development and evaluation of free SIG and SIG owner Arc GIS employing different regulations, such as: ISO / IEC 9126-1 which defines a pattern of quality and ISO / IEC 14598-5 which specify the activities for the evaluation allowing me to obtain the corresponding level of quality of each one of the software.

The evaluation consists of using metric indicators that present the regulation norm ISO / ICE 9126-1 which pose several metrics measurements of external quality considered appropriate to be able to quantify important aspects. Moreover, some checking lists were made and used, as well as, qualitative and quantitative evaluation matrixes to get a global valuation in percentage to a level of indicators and attributes. The evaluation process of the software allows us to justify technically on which technology it will be convenient to invest in accordance to the state policy, the indicators and the metrics which will also depend on the objectives and needs of the users providing, at the same time, relevant information to control economic resources.

1. INTRODUCCIÓN

“En las últimas décadas los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han evolucionado rápidamente. Han pasado de ser unas herramientas muy específicas en manos de unos pocos expertos, a constituir uno de los fundamentos de cualquier análisis espacial riguroso”.¹

El Laboratorio de Tecnologías de la Información Geográfica (LatinGEO) se establece debido a un Convenio de Colaboración firmado el 12 de Noviembre de 2004 entre el Instituto Geográfico Nacional y la Universidad Politécnica de Madrid, para potenciar la colaboración en Proyectos de Investigación Locales, Nacionales, Europeos e Internacionales así como desarrollos, prototipos, informes y otras acciones que se solicitan tanto de las Administraciones como de la Industria. Actualmente Ecuador se encuentra realizando investigaciones enmarcadas en diferentes proyectos del Centro Geográfico de la ESPE con el apoyo de LatinGEO.

“Desde 1969, Environmental Systems Research Institute (ESRI) ha proporcionado a los clientes el poder de pensar y planear geográficamente. Las aplicaciones de ESRI, corren en más de un millón de computadoras y en miles de servidores corporativos y Web, proporcionando la columna vertebral del mundo del mapeo y análisis espacial”.²

ArcGIS es un programa desarrollado por ESRI, que se utiliza para realizar análisis de información geográfica, este paquete SIG es el más utilizado y difundido en todo el mundo debido a sus avanzadas y capacidad en el análisis, consultas, visualización 2D y 3D de datos geográficos.

gvSIG es un proyecto que se origina a finales de 2002, por la Consejería de Infraestructuras y Transporte (CIT) de la Generalidad Valenciana, este software libre ha ido convirtiéndose en una herramienta de gestión geográfica en la que se encuentran herramientas para analizar, gestionar y trabajar con información geográfica tanto vectorial como raster. Este software se ha desarrollado, conforme a las nuevas demandas del mercado como son los estándares del Open Geospatial Consortium (OGC), la cual es una organización internacional cuyo fin es la creación y mantenimiento de estándares sobre temas geoespaciales y servicios basados en posicionamiento lo que facilita el intercambio de la información geográfica en beneficio de los usuarios.

2. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

A nivel nacional, en vista de que es una política del Gobierno Central que busca independencia tecnológica y mejor aprovechamiento de la inversión por lo cual trata de sustituir costosos software, debido a este motivo las instituciones públicas deben justificar técnicamente su adquisición.

¹ http://www.csi.map.es/csi/tecmap/tecmap_2004/comunicaciones/tema_03/3_008.pdf

² <http://www.esri.com>

3. METODOLOGÍA:

La evaluación del software se inicia desde el análisis y comprensión de los indicadores y posteriormente se derivara en una evaluación cualitativa y cuantitativa, con lo cual se documenta todos los procesos, para lo cual se elaborara un formato en el cual se aplique métricas de calidad externa y en uso.

Se debe conocer el estado del software y establecer si se trata de un programa en desarrollo o terminado. Se determino el sistema operativo en que se va evaluar los software, posteriormente se instalo los programas y se procedió a realizar el estudio comparativo con un conjunto de datos establecidos, con lo cual se definió y evaluó los aspectos referentes a apariencia del programa, tiempo de procesos, soporte técnico entre otros.

La norma ISO 9126-1, es un modelo de calidad el cual se adapto a nuestros requerimientos, por tal motivo se determino los indicadores más importantes y posteriormente se definió las métricas a evaluar para realizar la comparación de los software. Para nuestro estudio no solo vamos a utilizar una norma en particular sino más bien se tiene que buscar complementos para cubrir las necesidades específicas.

La evaluación se realiza con el fin de conocer la calidad de cada uno de los software esperando que se ejecuten de una forma útil, fiable y rápida por lo cual se realizo la comparación, proporcionando de esta manera una metodología que permita establecer los criterios de evaluación dependiendo de los requerimientos y necesidades de la empresa o institución.

3.1 Establecer requisitos de evaluación para la comparación de software

3.1.1 Establecer requisitos de la evaluación

❖ Establecer el propósito de la evaluación

La evaluación se efectuó con el fin de justificar técnicamente la adquisición del software. El propósito es diseñar un modelo de evaluación para la comparación del software libre gvSIG vs., software propietario ArcGIS.

❖ Identificar los tipos de productos

Identificar los tipos de software a evaluar por lo cual se realizo una descripción de los paquetes.

❖ Especificar el modelo de calidad

En esta etapa se selecciono los indicadores y atributos que especifica la norma ISO 9126-1 y su evaluación se la realizo a través de la utilización de las métricas de calidad externa y de uso, para lo cual se tienen que disponer de una documentación adecuada que sirva como guía para poder respaldar la toma de decisiones, la evaluación de la calidad del software es compleja ya que la persona que está a cargo de la evaluación es decir el evaluador considerara diferentes atributos dependiendo de las expectativas que tiene la empresa para poder considerar un software que satisfaga las necesidades de esta pudiendo evaluar indicadores como funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia y portabilidad, etc., las cuales afirmaran la integridad del programa, ver figura 1.

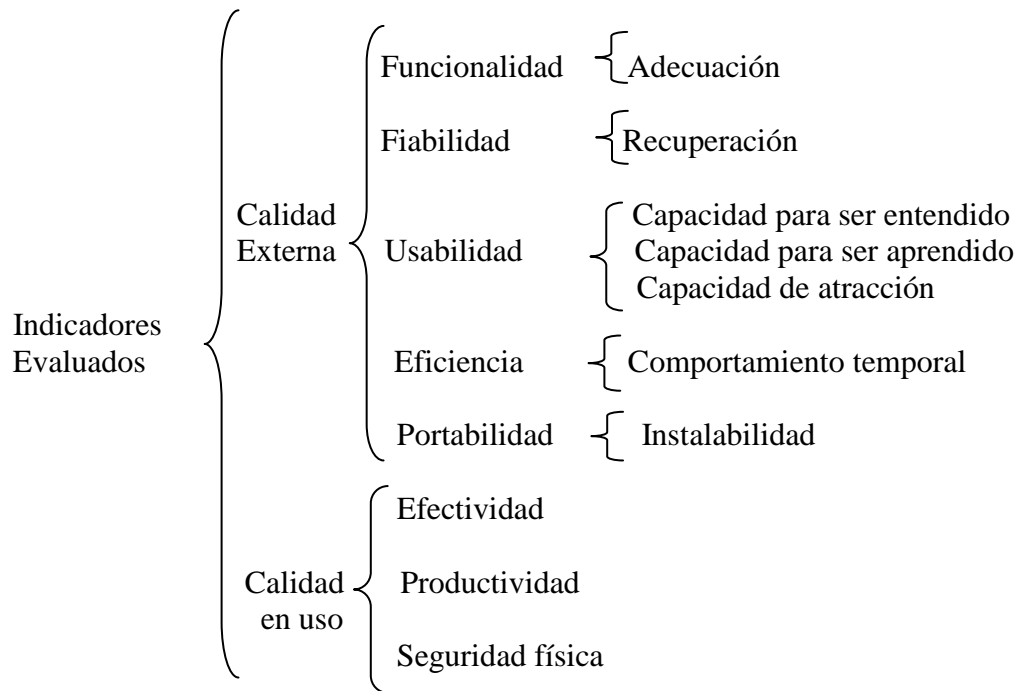


Figura. 1. Esquema del modelo propuesto a nivel de indicadores y atributos

3.1.2 Especificar la evaluación

❖ **Seleccionar las métricas**

Las métricas empleadas para la comparación corresponden a externas y de calidad en uso, las cuales se estructuró para posteriormente evaluarlas con listas de chequeo.

La métrica es una medición que se utilizo para generar un valor a través de una medida, la cual está definida por una escala. La clase de método de medición va depender de las operaciones utilizadas para cuantificar los atributos.

4. RESULTADOS

4.1 LISTA DE CHEQUEO DE LA NORMA ISO 9126-1

Con la obtención e instalación de los dos software, se procedió a realizar el estudio comparativo en el cual se definió el conjunto de datos sobre los que se comparo los dos SIG, además se utilizó la norma ISO 9126-1 en la cual se definió los indicadores a utilizar y posteriormente se manejo métricas de calidad externas ISO 9126-2 e internas ISO 9126-4 para evaluar los indicadores.

4.2 APLICACIÓN DE LOS INDICADORES UTILIZANDO MÉTRICAS DE CALIDAD EXTERNA ISO/IEC 9126-2

4.2.1 Funcionalidad

4.2.1.1 Adecuación

A continuación, se detallan las funcionalidades más importantes del atributo de adecuación evaluado en los software gvSIG y ArcGIS los cuales se muestra en la tabla 1, que se obtuvo mediante investigación en manuales así como páginas Web. Se utilizó diferentes datos raster como vectoriales, además de datos servicios OGC.

Tabla. 1. Resultados obtenidos de la métrica de Completa implementación funcional

Aspectos a evaluar de la lista de chequeo:	Total	GvSIG		ArcGIS	
		Valores	Porcentaje	Valores	Porcentaje
Simbología y Leyenda	45	30	66,7	45	100
Edición	58	41	70,7	49	84,5
Tablas	41	35	85,4	38	92,7
Visualización y selección	75	68	90,8	67	88,2
Mapas	36	30	83,3	36	100,0
Análisis raster	42	40	95,24	28	66,7
Herramientas 3D	29	20	62,1	28	96,6
Herramientas Sextante y ArcToolbox	5	5	100,0	5	100,0
Herramientas de Geoprocesamiento	15	15	100,0	15	100,0
TOTAL	346	284	82,08	311	89,88

La evaluación cuantitativa se obtuvo al realizar la tabulación e interpretación de los resultados obtenidos de la tabla 1.14., con lo cual se pudo realizar el análisis de calidad del software de la métrica de completa implementación funcional que se muestra en la tabla 2.

Tabla. 2. Matriz de evaluación cuantitativa de la métrica de Completa implementación funcional

Software	gvSIG	ArcGIS
Indicador	Funcionalidad	
Atributo	Adecuación	
Nombre de la Métrica	Completa implementación funcional	
Medición fórmula y cálculo de datos	$X = 1 - (A/B)$ A= número de funciones soportadas B= número de funciones descritas en la especificación de requisitos	
Interpretación del valor medido	$0 \leq X \leq 1$, entre más cercano a 1, es mejor	
Valor obtenido	A=284 B= 346 X= 0.82	A=311 B= 346 X= 0.89
Nivel obtenido	Alto	

Recursos utilizados o información utilizada	Los datos utilizados para realizar esta evaluación se encuentran dentro de la carpeta Cartografía y subcarpeta Funcionalidad y Adecuación: Proyecto de Generación de geoinformación como base para la degradación de los recursos naturales y su impacto en el ambiente. Estudio de caso: cuenca Alta y Media del río Pastaza. Cartográfica, incluida en el DVD de instalación de gvSIG.	
Interpretación de resultados	Para que se cumpla la relación del estándar el cual indica que mientras más cercano a 1 es mejor, nos encontramos en un nivel de satisfacción alto, demostrando de esta manera que las funcionalidades con las que cuenta son satisfactorias	ArcGIS, cuenta con un nivel de satisfacción alto, debido a que cuenta con más herramientas que se pueden ser aprovechar para la utilización y manejo de información geográfica.
Conclusión de la comparación de resultados	Los dos software cuentan con funcionalidades muy similares, pero su diferencia radica en que gvSIG cuenta con más herramientas de visualización y selección mientras que ArcGIS es más potente en herramientas de edición.	

4.2.2 Fiabilidad

4.2.2.1 Capacidad de Recuperación

La evaluación cuantitativa se obtuvo, a partir de realizar la medición de tiempos mediante el administrador de tareas de Windows para conocer el nivel de recuperación de los paquetes, en caso de ser afectados por fallas como se muestra en la figura 2., como es el caso de guardar un proyecto en gvSIG.

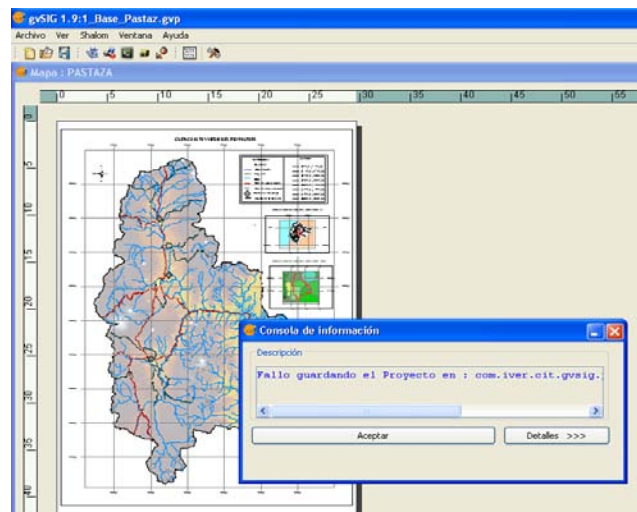


Figura. 2. Fallo del programa gvSIG al guardar un proyecto

La evaluación del atributo de recuperación se realizó a través de la medición y observación del comportamiento del software y posteriormente se procedió a realizar el análisis de calidad como se muestra en la tabla 3.

Tabla. 3. Matriz de evaluación cuantitativa de la métrica de Tiempo de recuperación

Software	gvSIG	ArcGIS
Indicador	Fiabilidad	
Atributo	Capacidad de Recuperación	
Nombre de la Métrica	Tiempo medio de recuperación	
Medición fórmula y cálculo de datos	$X = \text{Sum}(T)/B$ T= Tiempo para recuperar el sistema de software caído B= Número de casos que se observa que el sistema empieza su recuperación	
Interpretación del valor medido	0<X, el valor más rápido es mejor	
Valor obtenido	T=30seg B= 3 X= 10 seg	T= 3 seg B= 1 X= 3seg
Nivel obtenido	Bajo	Alto
Recursos utilizados o información utilizada	La medición de tiempos se realizó mediante la utilización del administrador de tareas de Windows para conocer el nivel de recuperación de los paquetes en caso de ser afectados por fallas, como no lograr guardar un proyecto y posterior reinicio del programa como se muestra en la figura 4.	
Interpretación de resultados	GvSIG se encuentra en un nivel bajo debido a que se encuentra con fallos en el software al querer guardar un proyecto en varias ocasiones, ya que al cerrarse el programa y querer reiniciar nuevamente se tiene que realizar varios intentos o pedidos al sistema para la recuperación del proyecto teniendo el problema que se recuperan las diferentes coberturas de la vista pero no la presentación del mapa.	ArcGIS se encuentra en un nivel alto de satisfacción debido a que es un software muy potente el cual se restablece fácilmente y en poco tiempo ante la petición del usuario y posteriormente se abre el proyecto.
Conclusión de la comparación de resultados	ArcGIS, al ser un software que cuenta con más años de experiencia y uno de los más conocidos, cuenta con mayor fiabilidad para realizar varios procesos y poder guardar varias veces el mismo proyecto y poder reiniciar fácilmente el programa. Mientras que gvSIG al ser un software joven se encuentra modificando e innovando esto puede ser la causa que no exista una fiabilidad en guardar un proyecto varias veces así como querer ingresar al programa.	

4.2.3 Usabilidad

4.2.3.1 Capacidad para ser entendido

En la tabla 4., se indica si cada paquete tiene implementada documentación y su procedencia, lo cual ayuda a entender y utilizar de una manera fácil y efectiva las diferentes herramientas.

Tabla. 4. Disponibilidad acceso y procedencia de la documentación

Documentación	Procedencia	gvSIG	ArcGIS
Acceso a documentación instalada	Programa	χ	√
Ayuda Desktop	Programa	χ	√
Documentación	Internet	√	√
Total (3)		1 (√)	3 (√)
		2 (X)	0 (X)

Al realizar el análisis y evaluación de la tabla 4., se pudo realizar el análisis de calidad del software de la métrica de demostración de acceso que se muestra en la tabla 5.

Tabla. 5. Matriz de evaluación cuantitativa de la métrica de demostración de acceso

Software	gvSIG	ArcGIS
Indicador	Usabilidad	
Atributo	Capacidad para ser entendido	
Nombre de la Métrica	Demostración de acceso	
Medición fórmula y cálculo de datos	X= A/B A= número de tutoriales que el usuario puede acceder satisfactoriamente B= número de tutoriales disponibles	
Interpretación del valor medido	0<=X<=1, entre más cercano a 1, es mejor	
Valor obtenido	A= 1 B=3 X= 0.33	A= 3 B=3 X=1.00
Nivel obtenido	Bajo	Alto
Recursos utilizados o información utilizada	Los datos utilizados para realizar esta evaluación se encuentran dentro de la carpeta Cartografía y subcarpeta Usabilidad y Entendido.	
Interpretación de resultados	ArcGIS cumple con la relación siendo igual a 1, lo que nos indica que existe acceso y disponibilidad de tutoriales en el programa, mientras que gvSIG se tiene que descargar los tutoriales, por lo cual se encuentra en un nivel bajo ya que además no cuenta con ayudas en el programa.	
Conclusión de la comparación de resultados	GvSIG, cuenta con tutoriales, los cuales solo pueden ser accedidos a través del internet que muchas veces son muy básicos que indican procesos muy elementales. En cambio ArcGIS, cuenta con tutoriales y ayudas incluidos luego de la instalación del software.	

4.2.3.2 Capacidad para ser aprendido

La documentación para realizar el análisis de este atributo, cuenta con instrucciones y objetivos claros, en la cual se presenta una situación ficticia que consiste en elaborar un mapa de riesgo forestal en Torrelaguna municipio español perteneciente a la comunidad de Madrid, además en la tabla 6 y figuras 3 se muestra un resumen de las pruebas que se realizaron para la evaluación.

Tabla. 6. Ejercicio: Mapa de Riesgo de incendios Forestales en Torrelaguna

Pruebas	Software	
	gvSIG	ArcGIS
<ul style="list-style-type: none"> - Localización de documentación de partida - Creación y renombre de vistas o data frame - Añadir capas a la vista creada - Selección por atributos - Modificación de las tablas - Exportar datos - Creación de buffer - Intersecciones y uniones entre capas - Creación de mapas - Simbología y etiquetado de capas 	2h 30 min	2h 15 min

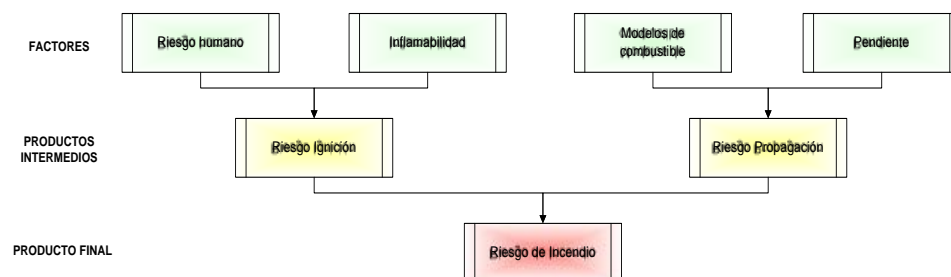
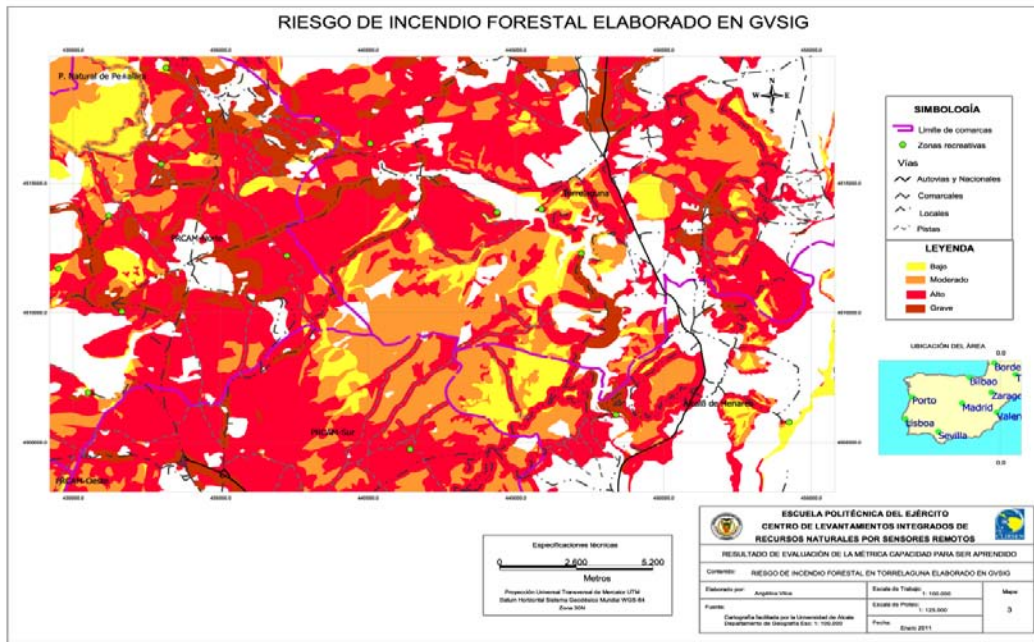


Figura. 3. Modelo Cartográfico cronograma general de la práctica

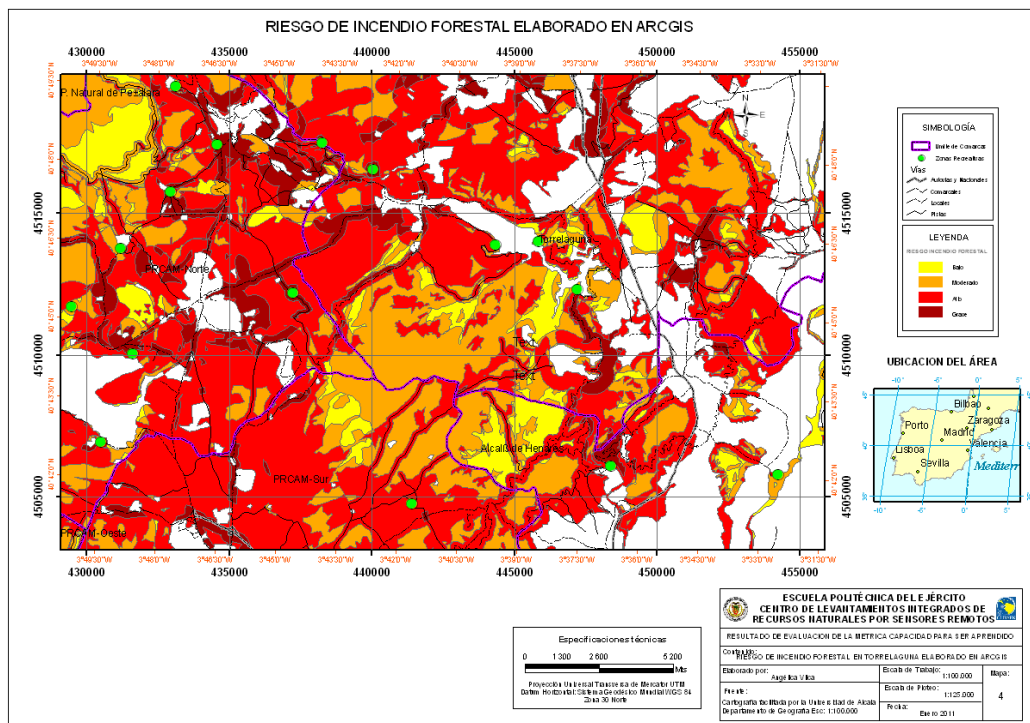
La evaluación cuantitativa se muestra en la tabla 7 y se la obtuvo a partir de los resultados obtenidos de sumar el tiempo en terminar de realizar la práctica, lo cual se logró medir a través del administrador de tareas que contiene la plataforma de Windows XP. Se obtuvo además los mapas 1 y 2 elaborados en gvSIG y ArcGIS respectivamente.

Tabla. 7. Matriz de evaluación cuantitativa de la métrica de facilidad de aprender las funciones

Software	gvSIG	ArcGIS
Indicador	Usabilidad	
Atributo	Capacidad para ser aprendido	
Nombre de la Métrica	Facilidad de aprender las funciones o fácil función de aprendizaje.	
Medición fórmula y cálculo de datos	T= sumar el tiempo de operación hasta que el usuario consiga realizar una tarea o practica dentro de un corto tiempo.	
Interpretación del valor medido	0<T, el valor más rápido es mejor	
Valor obtenido	T= 2h 45min	T=2h 30 min
Nivel obtenido	Alto	Alto
Recursos utilizados o información utilizada	Los datos utilizados se encuentran dentro de la carpeta Cartografía y subcarpeta Usabilidad y Aprendido, obtenido de Universidad de Alcalá, Departamento de Geografía.	
Interpretación de resultados	Este tiempo va depender de la persona que este manejando el software y si este cuenta además con conocimiento de las herramientas que contiene el mismo.	
Conclusión de la comparación de resultados	Los software al tener variada documentación, y contar con ejemplos prácticos va facilitar al usuario aprender.	



Mapa 1. Riesgo de Incendio forestal elaborado en gvSIG



Mapa 2. Riesgo de Incendio forestal elaborado en ArcGIS

4.2.3.3 Capacidad de atracción

Luego de evaluar los diferentes aspectos que se encuentran en la tabla 8 se, realizo la tabulación e interpretación de los resultados obteniéndose la tabla 9 para analizar la calidad del software.

Tabla. 8. Resultados obtenidos de la métrica de Interacción atractiva

Aspectos a evaluar	Total	gvSIG		ArcGIS	
		Valores	Porcentaje	Valores	Porcentaje
Especificaciones básicas	8	8	100	8	100
Varios aspectos	5	5	100	4	80
TOTAL	13	13	100	12	90

Tabla. 9. Matriz de evaluación cuantitativa de la métrica de interacción atractiva

Software	gvSIG	ArcGIS
Indicador	Usabilidad	
Atributo	Capacidad de atracción	
Nombre de la Métrica	Interacción atractiva	
Medición fórmula y cálculo de datos	$X = 1 - (A/B)$ A= número de atributos que contiene el software B= número total de atributos que contiene el software para hacer atractivo	
Interpretación del valor medido	$0 \leq X \leq 1$, entre más cercano a 1, es mejor	
Valor obtenido	A= 13 B= 13 X= 1.00	A= 12 B= 13 X=0.90
Nivel obtenido	Alto	
Recursos utilizados o información utilizada	Manuales de gvSIG y ArcGIS, los cuales se encuentran dentro de la carpeta Cartografía y subcarpeta Usabilidad y Atracción.	
Interpretación de resultados	GvSIG, cumple con las expectativas, al estar en un nivel alto.	ArcGIS, se encuentra en un nivel alto de satisfacción cumple
Conclusión de la comparación de resultados	GvSIG y ArcGIS, cuenta con una alta capacidad de atracción debido al interfaz que cuentan ya que son muy parecidas, descargar librerías, asistencia a jornadas técnicas además de la disponibilidad de una página web oficial de la cual se puede conocer nuevas versiones y extensiones en desarrollo.	

4.1.1 Eficiencia

4.1.1.1 Comportamiento temporal

Se utilizo las diferentes herramientas de geoprocesamiento y análisis raster de los paquetes gvSIG y ArcGIS para conocer el nivel de rendimiento, esto se logro a partir de medir el tiempo en que se demora en realizar los diferentes geoprocesos, con ayuda del administrador de tareas, además se debe tomar en cuenta que los resultados pueden variar dependiendo de la versión del software así como de las propiedades del computador. La evaluación cuantitativa se obtuvo de la sumatoria total de los tiempos de todos los geoprocesos realizados la cual se puede apreciar en la tabla 10.

Tabla. 10. Matriz de evaluación cuantitativa de la métrica de Tiempo de respuesta

Software	gvSIG	ArcGIS
Indicador	Eficiencia	
Atributo	Comportamiento temporal	
Nombre de la Métrica	Tiempo de respuesta	
Medición fórmula y cálculo de datos	T= sumatoria de todos los tiempos de los diferentes procesos realizados.	
Interpretación del valor medido	0<T, el valor más rápido es mejor	
Valor obtenido	T= 11 ^h 09'56''	T=0 ^h 06'25''
Nivel obtenido	Bajo	Alto
Recursos utilizados o información utilizada	Los datos utilizados para realizar esta evaluación se encuentran dentro de la carpeta Cartografía y subcarpeta Eficiencia y Comport_tempor.	
Interpretación de resultados	Al realizar un proceso se necesita que este abarque el menor tiempo siendo muy negativo para gvSIG, debido a que muchos procesos toman demasiado tiempo, además a veces se tiene que intuir que parámetros ingresar.	ArcGIS, proporciona una rapidez muy acorde a un software propietario en el cual no existe inconveniente para utilizar diferentes herramientas de análisis vectorial o raster.
Conclusión de la comparación de resultados	En gvSIG se encuentra en un nivel de rendimiento deficiente ya que los tiempos de respuesta en la terminación de un proceso son muy largos cuando hay grandes cantidades de datos, mientras que en ArcGIS el mismo proceso lo realiza en poco tiempo. Se puede puntualizar que gvSIG es una buena solución técnica pero cuando no se maneje un volumen excesivo de datos esto se debe a que este software no sigue un modelo de datos topológicos lo cual no le permite una ejecución de geoprocursos en poco tiempo, mientras que ArcGIS posee un mejor rendimiento en operaciones de geoprocuremento debido a que construye estructuras de almacenamiento topológico.	

4.1.2 Portabilidad

4.1.2.1 Instalabilidad

La tabla 11, se detallan los aspectos tomados en cuenta para realizar la evaluación de este atributo, en los dos paquetes.

Tabla. 11. Plataformas y requisitos de instalación

Subtema	Funcionalidad		gvSIG		ArcGIS	
			Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
Plataforma	Sistema Operativo	Mac	√		X	
		Linux	√		√	
		Windows 98, Windows XP y 7	√		√	
	Macintosh (Intel PC)	√		X		
Requisitos de Instalación	Asistente para instalación		–	Izpack	–	No requiere
	Lenguaje de desarrollo		–	Java	–	Java
	Instalación		–	Con java y pre-	–	Sin pre-

		requisitos	requisitos
--	--	------------	------------

A continuación se realizó el análisis de las tablas 11., para obtener una evaluación de la métrica de esfuerzo o facilidad de instalación la cual se indica en la tabla 12 y 13.

Tabla. 12. Matriz de evaluación cualitativa de la métrica de esfuerzo o facilidad de instalación

Subtema	Evaluación	Conclusiones
Plataformas y Requisitos de instalación		
Plataforma	GvSIG se encuentra por encima en cuanto a la instalación en diversas plataformas ya que ArcGIS solo lo permite en Windows y Linux.	GvSIG cuenta con mayor capacidad para instalación en diferentes plataformas y no requiere de mucho esfuerzo para su instalación.
Requisitos de Instalación	Cada uno tiene sus requerimientos antes de su instalación.	

Tabla. 13. Matriz de evaluación cuantitativa de la métrica de esfuerzo o facilidad de instalación

Software	gvSIG	ArcGIS
Indicador	Portabilidad	
Atributo	Instalabilidad	
Nombre de la Métrica	Esfuerzo o facilidad en la instalación	
Medición fórmula y cálculo de datos	Se refiere al número de pasos automatizados para la instalación implementados y compararlos con el número de pasos prescritos para la instalación.	
Interpretación del valor medido	0<T, el valor más rápido es mejor	
Valor obtenido	T=38 min	T=1h10 min,
Nivel obtenido	-	-
Recursos utilizados o información utilizada	Software gvSIG, se obtuvo de la página web, www.gvsig.com, pero los instaladores se encuentran dentro de la carpeta Cartografía y subcarpeta Portabilidad y Instalabilidad.	
Interpretación de resultados	Fácil de instalar e intuitivo además que cuenta con un manual de cómo realizar la instalación en diferentes plataformas.	Es compleja su instalación por lo cual es necesario que cuente con un manual para conocer los pasos requeridos.
Conclusión de la comparación de resultados	Al tener el programa gvSIG, se encuentran deficiencias en lo que se refiere a iniciar el programa ya que en la plataforma de XP, su aplicación no permite abrirla a la primera si no que se tiene que intentar varias veces. ArcGIS al iniciar la aplicación se abre rápidamente.	

4.3 APLICACIÓN DE LOS INDICADORES UTILIZANDO MÉTRICAS DE CALIDAD EN USO ISO/IEC 9126-4

4.3.1 Efectividad

4.3.1.1 Eficacia en la tarea de lectura de datos de diferentes formatos

Los datos utilizados en el estudio fueron en formato raster así como vectorial de diferentes proyectos debido a en un solo proyecto no abarca todos los diferentes tipos de datos, además se comparo si estos SIG pueden acceder a información remota a través de Internet WMS, WFS, WCS..., los cuales cumplen con estándares de la OGC, ver tabla 14.

Tabla. 14. Resultados obtenidos de la métrica de Eficacia en la tarea de lectura de datos de diferentes formatos

Aspectos a evaluar	Total	gvSIG		ArcGIS	
		Valores	Porcentaje	Valores	Porcentaje
Formatos de Lectura y servicios OGC	24	23	95.83	20	83.33

La evaluación cuantitativa se obtuvo al realizar la tabulación e interpretación de los resultados obtenidos de la tabla 14., con lo cual se pudo realizar el análisis de calidad del software que se muestra en la tabla 15.

Tabla. 15. Matriz de evaluación cuantitativa de la métrica de Eficacia en la tarea de lectura de datos de diferentes formatos

Software	gvSIG	ArcGIS
Indicador	Efectividad	
Atributo	-	
Nombre de la Métrica	Eficacia en la tarea de lectura de datos de diferentes formatos	
Medición fórmula y cálculo de datos	$X = A/B$ A= número servicios OGC y formatos de lectura soportados B= número total de acceso a servicios OGC y otros formatos de lectura	
Interpretación del valor medido	$0 \leq X \leq 1$, entre más cercano a 1, es mejor	
Valor obtenido	A= 23 B= 24 X= 0.96	A= 20 B= 24 X=0.83
Nivel obtenido	Alto	Alto
Recursos utilizados o información utilizada	Los datos utilizados para realizar esta evaluación se encuentran dentro de la carpeta Cartografía y subcarpeta Efectividad y Formatos Lectura.	
Interpretación de resultados	Se encuentra en un nivel alto, debido a la posibilidad de acceder a varios formatos de lectura.	ArcGIS, cuenta con un nivel de satisfacción alto,
Conclusión de la comparación de resultados	Los dos software pueden acceder fácilmente a diferentes formatos de lectura siendo ArcGIS el que no cuenta con la capacidad de acceder a diferentes servicios de la OGC.	

4.3.1.2 Eficacia en la tarea de escritura o exportación de datos a diferentes formatos

Con los resultados que se muestran en la tabla 16, se obtuvo la tabla 17., para realizar el análisis de calidad del software

Tabla. 16. Resultados obtenidos de la métrica de Eficacia en la tarea de escritura o exportación de datos a diferentes formatos

Aspectos a evaluar	Total	gvSIG		ArcGIS	
		Valores	Porcentaje	Valores	Porcentaje
Formatos de Escritura de Datos	14	12	85.71	12	85.71

Tabla. 17. Matriz de evaluación cuantitativa de la métrica de Eficacia en la tarea de escritura o exportación de datos a diferentes formatos

Software	gvSIG	ArcGIS
Indicador	Efectividad	
Atributo	-	
Nombre de la Métrica	Eficacia en la tarea de escritura o exportación a diferentes formatos	
Medición fórmula y cálculo de datos	$X = A/B$ A= número formatos posibles de exportación B= número total de formatos de escritura o exportación	
Interpretación del valor medido	$0 \leq X \leq 1$, entre más cercano a 1, es mejor	
Valor obtenido	A= 12 B= 14 X= 0.86	A= 12 B= 14 X= 0.86
Nivel obtenido	A	
Recursos utilizados o información utilizada	Los datos utilizados para realizar esta evaluación se encuentran dentro de la carpeta Cartografía y subcarpeta Efectividad y Formatos Escritura.	
Interpretación de resultados	GvSIG y ArcGIS están en un nivel alto de satisfacción.	
Conclusión de la comparación de resultados	Son paquetes son muy similares que pueden realizar la exportación a diferentes formatos.	

4.3.2 Productividad

4.3.2.1 Productividad económica (costo financiero de adquisición del software)

Se evaluó la tabla 18., y posteriormente se obtuvo la tabla 19 con lo cual se pudo realizar el análisis de calidad del software

Tabla. 18. Matriz de evaluación cualitativa de la Métrica Productividad económica (costo financiero de adquisición del software)

Subtema	Evaluación	Conclusiones
Factibilidad		
Costos	gvSIG los costos de adquisición de las licencias, mantenimientos y actualizaciones es gratuito además que se encuentra disponible en la web en tiempo real, mientras que en ArcGIS es alto y el software es más estable para realizar operaciones, por lo cual se da muchas veces la piratería, estos programas solo pueden ser adquiridos por grandes empresas.	GvSIG las licencias son gratuitas, disposición del código fuente al economizar en estos aspectos se puede invertir en infraestructura y equipamiento informático. ArcGIS las licencias tienen altos costos y no se encuentra disponible el código fuente, además que las extensiones si se las desea utilizar son un costo aparte.
Componentes o extensiones del Software	GvSIG al instalarse se agregan sus extensiones básicas, mientras que en ArcGIS se debe comprar las extensiones que considere necesarias para utilizar en diferentes procesos.	
Soporte técnico a usuarios que lo solicitan	gvSIG cuenta con una página web en la que se inscribe, con lo que posteriormente se crea una lista de usuarios, al tener una cuenta se puede realizar preguntas que son respondidas por los diferentes usuarios en 24 o 48 horas. ArcGIS lo proporciona mediante línea telefónica o web.	

Tabla. 19. Matriz de evaluación cuantitativa de la Métrica Productividad económica

Software	gvSIG	ArcGIS
Indicador	Productividad	
Atributo	-	
Nombre de la Métrica	Productividad económica (Costo financiero de adquisición del software)	
Medición fórmula y cálculo de datos	X = costo total del software	
Interpretación del valor medido	0<X, el valor menor es el mejor	
Valor obtenido	X= 0	X= \$ 2.500
Nivel obtenido	Alto (1.00)	Bajo (0.00)
Recursos utilizados o información utilizada	Los datos utilizados para realizar esta evaluación se encuentran dentro de la carpeta Cartografía y subcarpeta Productividad y Costo financiero.	
Interpretación de resultados	GvSIG, cuenta con un nivel alto debido a que el software es gratuito aunque tiene sus falencias en otros indicadores, aunque al ser un software libre no se paga por el producto pero si por el servicio de formación por lo cual muchos de los manuales que cuenta el programa son muy básicos.	ArcGIS, tiene un valor bajo debido a que su costo de adquisición así como su costo de formación son altos, pero existe mayor entrega y difusión de tutoriales en el internet, lo cual hace más fácil el aprendizaje. Además se debe indicar que es un software más potente debido a que cuenta con gran variedad de herramientas que permiten realizar varios procesos.
Conclusión de la comparación de resultados	GvSIG es un software nuevo y novedoso que al no tener costos para su adquisición, fortalece las habilidades y aptitudes del usuario en el proceso de aprendizaje y colaboración debido a la disponibilidad del código fuente ya que admite la generación de extensiones, con lo cual se podrá resolver problemas reales y complejos. ArcGIS, al tener un costo de adquisición y ser muy alto esto genera que exista la piratería para la obtención del programa, pero se debe notar que el paquete informático cuenta con mayor numero de herramientas para generar mapas además de su estabilidad.	

4.3.3 Seguridad física

4.3.3.1 Daños del software (Licencias)

Se evaluó en la tabla 20.

Tabla.20. Matriz de evaluación cualitativa de la métrica Daños del software (Licencias)

Subtema	Evaluación	Conclusiones
Software	GvSIG, cuenta con la licencia, GNU/GPL, cualquier persona o empresa puede intervenir en el desarrollo del programa, además que los avances y descubrimientos tecnológicos son diarios y compartidos, por lo cual cualquier falla que el programa pudiese tener nadie se responsabiliza. ArcGIS al contar con una licencia comercial y por tal motivo tener altos costos la empresa puede ser demanda en caso de tener fallas o causar perdida de información al momento de utilizar el software.	GvSIG, al ser un software que cuenta con una licencia libre GNU/GPL, no existe garantía en las fallas que el software puede presentar al momento de realizar diferentes actividades. Mientras que ArcGIS al depender de una empresa comercial debe contar con departamentos de control de calidad en la cual realicen pruebas para que no se presentes incongruencias o fallas en la salida de datos.

La evaluación cuantitativa se obtuvo al realizar la interpretación de los resultados de la tabla 20., con lo cual se analizó la calidad del software que se muestra en la tabla 21.

Tabla. 21. Matriz de evaluación cuantitativa de la métrica Daños del software (Licencias)

Software	gvSIG	ArcGIS
Indicador	Seguridad física	
Atributo	-	
Nombre de la Métrica	Métrica daños del software (Licencias)	
Medición fórmula y cálculo de datos	x = tipo de licencia para manipular el software	
Interpretación del valor medido	-	
Valor obtenido	X= Libre (GNU)	X= Propietario
Nivel obtenido	0.00 (Bajo)	1.00 (Alto)
Recursos utilizados o información utilizada	La información para realizar esta evaluación se encuentran dentro de la carpeta Cartografía y subcarpeta Seguridad y Licencias.	
Interpretación de resultados	gvSIG cuenta con un valor bajo de seguridad debido a que el nivel de riesgo de daño por el tipo de licencia que cuenta admite que puedan existir fallas en la utilización del programa en el cual nadie se responsabiliza por pérdida de información.	ArcGIS, cuenta con un valor alto debido al tipo de licencia con la que cuenta la empresa productora del software no va permitir que su prestigio y garantías para la utilización del paquete cause daños o pérdida de información por inestabilidad del programa si se presentara. Siendo esto causa de una demanda.
Conclusión de la comparación de resultados		
gvSIG al contar con licencia GNU y tener diferentes libertades no cuenta con una garantía en la utilización del paquete debido a que cualquier persona puede modificar y distribuirlo de forma que se puede introducir defectos o fallos además que los daños generados por la utilización del software en diferentes procesos no se responsabilizan ninguna empresa o persona. Mientras que ArcGIS, al ser un software propietario la empresa productora asume los daños provocados por la utilización del software pudiendo ser esta causa de una demanda.		

4.4 COMPARACIÓN DE RESULTADOS

La siguiente fórmula se va utilizar para indicar la sumatoria de los atributos según la norma ISO/IEC 14598.

$$V_{sc} = \frac{\sum m}{n}$$

Donde

V_{sc}= Valor del atributo

m= valor de métricas

n= número de métricas

$$V_c = \frac{\sum V_{sc}}{nsc}$$

Donde

V_c= Valor del indicador

V_{sc}= Valor del atributo

nsc= número de atributos

4.4.1 Análisis de Resultados del Modelo de Calidad del Software

La valoración global fue obtenida de los resultados de las matrices de evaluación cuantitativa, con lo cual se obtuvo la valoración global de cada uno de los indicadores con sus respectivos atributos, la cual se puede apreciar en la tabla 22.

Tabla. 4.22. Valoración global de las métricas de calidad

Métricas externas			gvSIG			ArcGIS		
Indicador	Atributo	Métrica	m	Vsc	Vc	m	Vsc	Vc
Funcionalidad	Adecuación	Completa implementación funcional	0.82	0.82	0.82	0.90	0.90	0.90
Fiabilidad	Recuperación	Tiempo medio de recuperación	0.30	0.30	0.30	1.00	1.00	1.00
Usabilidad	Capacidad para ser entendido	Demostración de acceso	0.33	0.33	0.74	1.00	1.00	0.97
	Capacidad para ser aprendido	Facilidad de aprender las funciones	0.90	0.90		1.00	1.00	
	Capacidad de atracción	Interacción atractiva	1.00	1.00		0.90	0.90	
Eficiencia	Comportamiento temporal	Tiempo de respuesta	0.45	0.45	0.45	0.85	0.85	0.85
Portabilidad	Instalabilidad	Esfuerzo o facilidad en la instalación	1.00	1.00	1.00	0.54	0.54	0.54
Métricas de calidad en uso								
Efectividad	-	Eficacia en la tarea de lectura de datos de diferentes formatos	0.96	0.96	0.91	0.83	0.83	0.85
	-	Eficacia en la tarea de exportación o escritura de datos a diferentes formatos	0.86	0.86		0.86	0.86	
Productividad	-	Productividad económica (costo financiero de adquisición del software)	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Seguridad física	-	Daños del software (Licencias)	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00

En la figura 4 se muestra los resultados obtenidos en porcentajes de todos los indicadores utilizados en el proceso de evaluación de los paquetes.

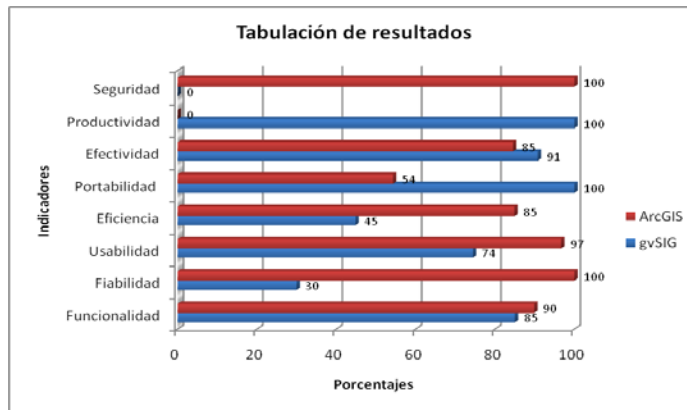


Figura. 4. Tabulación de resultados

En la figura 5 se indica el nivel de calidad obtenido de cada uno de los paquetes informáticos, en el cual se puede apreciar que gvSIG está dentro de límite del rango aceptable 75.01%, mientras que ArcGIS cumple con un 87.18% lo que nos indica que se encuentran dentro de un nivel satisfactorio de aceptabilidad.

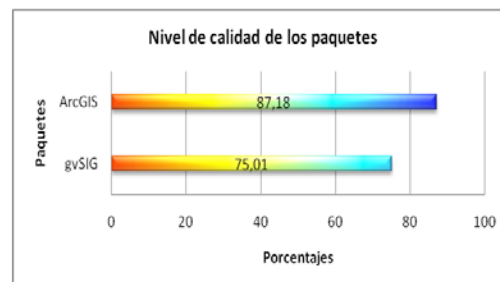


Figura. 5. Nivel alcanzado de los paquetes informáticos

5. CONCLUSIONES

- La norma ISO 9126-1 define el modelo de calidad del producto software, la cual esta subdividida en varios indicadores de calidad interna, externa y en uso, adicionalmente se empleo las normas ISO 9126-2 métricas externas e ISO 9126-4 métricas de calidad en uso que definen la estructura de la matriz de evaluación.
- La norma ISO/IEC 9126 y 14598 nos proporciona una idea de que indicadores y procesos se deberían realizar pero la misma no se encuentra traducida a un lenguaje técnico geoespacial, por lo cual se personalizo la evaluación a través de la utilización de listas de chequeo así como elaboración de tablas que contienen matrices descriptivas de las métricas evaluadas, las cuales podrían utilizarse para crear una normativa que permita calificar los paquetes SIG.
- El modelo de evaluación desarrollado para la comparación de software, cuenta con una serie de pasos, en el cual la selección de los indicadores y atributos a considerar va depender de las necesidades del evaluador o el cliente; para tener un conocimiento de las características que posee el producto software y conocer si cumple con sus expectativas para ser utilizado.

- GvSIG al contar con herramientas básicas, elementales y no tener un costo para su adquisición permitirá estar a disposición de varios usuarios ya que los mismos podrían utilizar aplicaciones para visualizar, desplegar leyenda generar mapas, mientras que ArcGIS es adecuado para técnicos especialistas los cuales buscan herramientas más robustas de procesamiento, tratamiento de grandes cantidades de datos.
- El estado al tener la política de la utilización de software libre debido a que desea obtener independencia tecnológica, busca un mejor beneficio social ya que la utilización de gvSIG permitirá llegar a una masiva cantidad de usuarios y el presupuesto que se disponga permitirá invertir en hardware e infraestructura.
- La valoración en las métricas externas utilizadas muestran que gvSIG cuenta con un valor de 30% de fiabilidad debido al tiempo que se demora en el reinicio del sistema después de una falla mientras que ArcGIS en portabilidad muestra un 54% en el atributo de instalabilidad debido a que es un proceso largo para su instalación.
- Las métricas de calidad en uso evaluadas muestran que gvSIG cuenta con una valoración baja de 0.00% en seguridad debido al tipo de licencia que cuenta ya que no existe ninguna garantía por los daños o fallas que puedan causar el programa por su utilización, mientras que ArcGIS su menor valoración se encuentra en un 0.00% en el indicador de productividad debido a los altos costos en la adquisición del software.
- La evaluación de calidad del software permite tener un conocimiento de que producto es mejor, su diferencia está determinada por la experiencia acumulada y la estabilidad que presenta ArcGIS, mientras que gvSIG al ser un producto nuevo y al contar con varios módulos ha tratado de posicionarse en el mercado aunque una de sus desventajas es su inestabilidad que presenta al querer ingresar al programa, guardar un proyecto, así como lentitud en realizar varios procesos.

6. RECOMENDACIONES

- Se debería adicionalmente evaluar otros atributos que contiene la norma ISO 9126-1, ya que los mismos proporcionarían un modelo más completo aplicando métricas de externas y calidad en uso debido a que se evaluaron y se compararon las necesariamente requeridas por el cliente o empresa que necesita la evaluación.
- Se debería analizar y aplicar los demás procesos complementarios que contiene la norma ISO/IEC 14598 para la evaluación del software lo cual permitirá que sea un trabajo más completo e integro.
- Dependiendo del área de interés del investigador, se deberían analizar otros parámetros como publicación, análisis de redes, herramientas de topología, estructuración de bases de datos alfanuméricas, entre otras pruebas para poder evaluar de una mejor manera el indicador de funcionalidad del software, y al mismo tiempo conocer si se han implementado y/o mejorado las herramientas evaluadas de: simbología y leyenda, edición, modificación de tablas, visualización y selección, elaboración de mapas, análisis raster, 3D y geoprocamiento.

- Para el usuario especializado quien ejecuta procesos complejos como: análisis espacial, administración de bases de datos se debería adquirir el software ArcGIS, mientras que para usuarios independientes con nociones básicas que están aprendiendo a utilizar el software se debería adquirir gvSIG.
- Las universidades deberían preparar y capacitar a los usuarios comunes o básicos que recién están intentando utilizar un paquete SIG, ya que los mismos podrían ejecutar procesos elementales tales como visualización, consultas, presentación de mapas, entre otros, y no solamente a usuarios especializados.
- Los indicadores de eficiencia, productividad y seguridad física deberían ser analizados desde la óptica costo/beneficio, para la adquisición final del software.
- Es importante que las métricas evaluadas en el modelo, deban ser valorados por diferentes expertos, para mejorar la calidad al incluir aspectos técnicos, diseño y codificación.
- Se debería realizar nuevas comparaciones con versiones que posteriormente gvSIG y ArcGIS ofrezcan debido a que se agregan nuevas herramientas.

7. AGRADECIMIENTOS:

La autora desea expresar su reconocimiento a las siguientes entidades y personas:

Al Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos CLIRSEN, por brindarme la oportunidad de realizar mi tesis y ofrecerme las facilidades de disponer de la información sin la cual no se hubiera hecho posible elaborar y culminar satisfactoriamente.

Autoridades de la ESPE, en especial al Director del Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción, por el apoyo brindado.

Ingeniero Fernán Sandoval, por los aportes y sugerencias que complementaron este trabajo.

8. BIBLIOGRAFÍA:

- Pressman, Roger, INGENIERIA DEL SOFTWARE UN ENFOQUE PRÁCTICO, Quinta edición, Editorial McGraw-Hill Interamericana, España, publicación año 2002.
- ISO/IEC 9126-1, International Standard, INFORMATION TECHNOLOGY- SOFTWARE PRODUCT QUALITY –Part 1: Quality Model Final Draft, Suiza 2002.
- ISO/IEC 9126-2, International Standard, INFORMATION TECHNOLOGY- SOFTWARE PRODUCT QUALITY –Part 2: External Metrics Final Document, Suiza 2002.

- ISO/IEC 9126-4, International Standard, INFORMATION TECHNOLOGY- SOFTWARE PRODUCT QUALITY –Part 4: Quality in use Metrics Final Document, Suiza 2002.
- ISO/IEC 14596-5, International Standard, INFORMATION TECHNOLOGY- SOFTWARE PRODUCT EVALUATION –Part 5: Process for Evaluators, First edition, Suiza 1998.
- Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN), Sistema Catastral Rural Integral del Cantón Ambato, 2008.
- Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN), Generación de Geoinformación de la Cuenca Alta y Media del Río Pastaza, año 2009.