

PAGOCIF:PLUGIN DE QGIS PARA EL CÁLCULO DEL RECONOCIMIENTO  
ECONÓMICO DEL CERTIFICADO DE INCENTIVO FORESTAL (CIF)

Belky Yolive Alfonso Castañeda  
Ingeniera Ambiental

Enrique Blanco Barrero  
Ingeniero Ambiental

Trabajo de grado en modalidad de monografía presentado como requisito parcial para optar por  
el título de especialista en Sistemas de Información Geográfica.

Director

Salomón Einstein Ramírez Fernández

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Ingeniería

Bogotá, D.C., Colombia

2024

## Tabla de contenido

<b>1. Introducción .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Marco de Referencia .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Antecedentes .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Marco teórico .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Marco normativo .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Problema .....</b>	<b>10</b>
<b>4. Justificación .....</b>	<b>12</b>
<b>5. Objetivos .....</b>	<b>14</b>
<b>6.1 Objetivo General .....</b>	<b>14</b>
<b>6.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>14</b>
<b>6. Metodología .....</b>	<b>15</b>
<b>6.1 Fase de Análisis .....</b>	<b>15</b>
<b>6.2 Fase de diseño .....</b>	<b>16</b>
<b>6.3 Fase de Implementación .....</b>	<b>16</b>
<b>6.4 Fase de Evaluación .....</b>	<b>16</b>
<b>7. Resultados .....</b>	<b>18</b>
<b>7.1 Fase de Análisis .....</b>	<b>18</b>
<b>7.1.1 Requerimientos Funcionales .....</b>	<b>18</b>

	3
7.1.2 Requerimientos No funcionales .....	18
7.1.3 Diagrama de casos de uso .....	19
7.2 Fase de Diseño.....	<del>19</del> 20
7.2.1 Diagrama de actividad .....	<del>19</del> 20
7.2.2 Diagrama de clases .....	21
7.2.3 Diagrama de secuencia .....	21
7.2.4 Diagrama de paquetes por clases .....	22
7.2.5 Diagrama de componentes .....	23
7.2.6 Diagrama de despliegue .....	24
7.3 Fase de implementación .....	24
7.4 Fase de Evaluación .....	29
8. Conclusiones .....	32
9. Referencias .....	33

## **1. Introducción**

Desde 1994 se crea el Certificado de Incentivo Forestal (CIF), que es un reconocimiento económico del Gobierno nacional a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a las externalidades positivas de la reforestación comercial sobre la sociedad y el medio ambiente, tiene como objetivo promover las inversiones en nuevas plantaciones forestales de carácter productor protector.

Actualmente, el Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (FINAGRO), operador del CIF, se enfrenta a dificultades operativas en su proceso de liquidación de pagos, dado que el proceso actual se realiza de forma manual por los funcionarios utilizando Excel, lo que aumenta la probabilidad de que se presenten errores en los cálculos de pago de incentivos. Esta situación se ha presentado en ocasiones anteriores, generando reprocesos dentro de la organización.

Con el fin de optimizar el proceso operativo en FINAGRO, se implementa un plugin en QGIS llamado PAGOCIF, que es una herramienta especializada diseñada para simplificar el cálculo del pago de beneficios relacionados con el CIF. La creación del plugin representa una solución que brinda eficiencia en la estimación del pago del incentivo, permite a los usuarios realizar estimaciones precisas y rápidas del pago, facilita la toma de decisiones, esto debido a que los usuarios tienen acceso a una herramienta que proporciona estimaciones confiables del reconocimiento económico CIF, lo que les permite tomar decisiones informadas y estratégicas en cuanto a la planificación financiera de proyectos de reforestación.

El desarrollo de este proyecto se realizó bajo la metodología SCRUM, que permite una colaboración estrecha entre el equipo de desarrollo y los usuarios finales, lo que ayuda a realizar

ajustes rápidos al plugin PAGOCIF mejorando su calidad por medio de entregas potenciales e incrementales en cortos periodos de tiempo.

La estructura de este documento comprende: marco teórico, marco normativo, problema, justificación, antecedentes, objetivos, metodología, resultados y las conclusiones.

## **2. Marco de Referencia**

### **2.1 Antecedentes**

El 21 de junio de 1994, mediante la Ley 139, se instituyó el CIF en Colombia. Este certificado representa el reconocimiento por parte del Estado de los beneficios ambientales y sociales derivados de la reforestación que se realiza en las diferentes zonas del país. Su propósito es canalizar inversiones directas hacia nuevas plantaciones forestales, de carácter protector productor.

Para llevar a cabo esta labor, el gobierno colombiano asignó la responsabilidad a FINAGRO para garantizar el cumplimiento de lo establecido en la ley. El acceso a este beneficio se gestiona a través de FINAGRO y está disponible tanto para personas naturales como jurídicas. Aquellos interesados deberán comprometerse a cumplir con un plan de establecimiento y manejo forestal como requisito indispensable para acceder a este incentivo. Durante más de tres décadas, FINAGRO ha desempeñado diversas estrategias para calcular el pago del Incentivo CIF.

Los proyectos forestales del CIF tienen una gran oportunidad de aprovechamiento no solo como carácter protector productor si no también en la lucha contra el cambio climático con la contribución del mercado de bonos de carbono. Según la Ley 926 de 2017, los bonos de carbono se entienden como los proyectos o actividades desarrolladas a nivel nacional, regional y/o local cuyo objeto es la reducción, remoción y/o captura de gases de efecto invernadero, cada bono de carbono (1 unidad) representa la remoción de una tonelada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera terrestre (Pineda, 2024).

Existen beneficios tributarios estipulados en el decreto 1638 de 2020, para el establecimiento y aprovechamiento de plantaciones de diferentes tipos como lo son: plantaciones protectoras productoras, sistemas silvopastoriles, sistemas agroforestales, plantaciones forestales con fines

comerciales, generando excepción en el impuesto de renta relacionada con el aprovechamiento de las nuevas plantaciones forestales, esto incluye también el aprovechamiento en especies como la guadua el caucho y el marañón. Este beneficio a diferencia del CIF, pertenece al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y su trámite está a cargo del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) o de la Corporación Autónoma Regional según sea el caso (Ministerios de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2020).

Para realizar el cálculo de un pago CIF una de las variables más destacadas en el proceso es el cálculo del área de plantación efectiva, en QGIS, una aplicación de código abierto y libre que se encuentra disponible para varias plataformas, incluyendo Windows, MAC y Linux. La comunidad activa que respalda QGIS trabaja de manera continua en el desarrollo de nuevas funcionalidades, ya existe un plugin denominado CalcArea2, el cual amplía las capacidades del software, CalcArea2 constituye una herramienta eficaz al momento de trabajar con capas vectoriales editables de tipo poligonal (QGIS, 2022). Al realizar ediciones en una capa de este tipo, el plugin muestra de manera instantánea tanto el área como el perímetro de la región en cuestión. Este proceso facilita la visualización y comprensión de la información geográfica durante el proceso de edición, brindando una solución práctica y precisa a la necesidad de calcular áreas en entornos SIG.

## **2.2 Marco teórico**

Actualmente en Colombia existen cultivos o plantaciones forestales que tienen fines comerciales, siembra o plantación de especies arbóreas forestales realizada por la mano del hombre para la obtención y comercialización de productos maderables, con densidad de siembra uniforme e individuos coetáneos. Son sinónimos de plantaciones forestales con fines comerciales. (Decreto 2398, 2019). Dentro de estas plantaciones existen diferentes especies forestales, como por ejemplo la especie arbórea leñosa perenne con un solo tronco principal, de la cual se puede

obtener madera para diferentes usos, tales como estructuras, tableros, chapas, carbón, leña y celulosa, entre otros y productos no maderables tales como aceites, resinas y taninos, entre otros (Decreto 130, 2020).

Existen especies autóctonas que, por su distribución natural y origen, han sido reportadas dentro de los límites geográficos del territorio nacional, también conocidas como especie nativa, en contraste existen especies introducidas cuyo origen provienen de un área de distribución natural diferente a los límites del territorio nacional, con el fin de permitir el aprovechamiento y la protección de estas especies se creó el CIF, que es un reconocimiento económico del Gobierno Nacional a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a las externalidades positivas de la reforestación comercial sobre la sociedad y el medio ambiente. Su fin es promover las inversiones directas en nuevas plantaciones forestales de carácter protector-productor en terrenos de aptitud forestal (Ley 139, 1994). Actualmente este incentivo es operado de manera integral por FINAGRO, de acuerdo con la delegación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Resolución 084, 2020). En FINAGRO actualmente se utilizan los sistemas de información geográfica SIG para la verificación de las áreas de los proyectos, los postulantes envían un archivo con geometrías de tipo polígono, que representan la forma y la ubicación de entidades homogéneas como países, departamentos, parcelas, tipos de suelo y zonas de uso del suelo (ESRI, 2023). El cálculo del área es esencial para el otorgamiento de pago del CIF y debe ser medido de la forma más precisa posible porque afecta directamente en el aumento o la disminución del pago, para realizar la medición de estas áreas se utiliza la aplicación QGIS, un Sistema de Información Geográfico de código abierto.



## 2.2 Marco normativo

La Ley 139 de 1994 creó el CIF, como un reconocimiento del Estado a las externalidades positivas de la reforestación en tanto los beneficios ambientales y sociales generados son apropiables por el conjunto de la población, estableciendo que su otorgamiento dependería de la suscripción de un contrato entre el beneficiario del CIF y la entidad competente que el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural delegue para tal fin.

Posteriormente, esta Ley fue reglamentada parcialmente por el Decreto 1824 de 1994, el cual a su vez, fue modificado parcialmente por el Decreto 2448 de 2012, donde el primero de ellos dispuso que el otorgamiento del incentivo para desarrollar el proyecto de reforestación, se haría mediante la entrega al beneficiario de un documento o certificado a través del cual se reconoce el derecho al Incentivo, conforme con lo estipulado en el artículo 3° de la Ley 139 de 1994. La Ley 1731 de 2014, dispuso en su artículo 19, que con el objeto de facilitar la administración financiera del incentivo, el otorgamiento del CIF a partir de la fecha de promulgación de la citada Ley, se haría a través de un acto administrativo expedido por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, o la entidad que éste delegue.

De forma anual el ministerio de agricultura y desarrollo rural expide una resolución que estipula los costos de establecimiento y mantenimiento de las plantaciones forestales comerciales, así como los valores de bosque natural relacionados con los proyectos que acceden al certificado de incentivo forestal, en caso de que el ministerio no expida resolución se debe tomar la última expida y adicionar a cada valor el porcentaje del índice de precios del productor, actualmente la resolución vigente es la 379 de 2022 + índice de precios del consumidor.

### 3. Problema

En la actualidad, donde la información y la tecnología desempeñan un papel fundamental en la toma de decisiones, las aplicaciones se han convertido en herramientas indispensables para optimizar las operaciones y la productividad de los seres humanos. Simplifican tareas de la vida cotidiana, automatizando acciones que de otra manera podrían ser más complejas o llevar más tiempo. Esto permite a las personas realizar actividades de manera más eficiente y por otra parte brindan acceso a la información, ofreciendo una ventana a un gran mundo de conocimiento.

Dada la importancia de las aplicaciones en la vida cotidiana y las ventajas que representan para la humanidad, todas las organizaciones deberían contar con estas herramientas, ya que contribuyen significativamente a su éxito y eficiencia permitiendo automatizar procesos para reducir errores, optimizar las operaciones, generar una mejor experiencia para los clientes y ofrecer seguridad a sus procesos.

En el caso específico de FINAGRO, una entidad que promueve el sector rural colombiano, con instrumentos de financiamiento que estimulan la inversión (FINAGRO, 2023), que actualmente opera como el responsable integral del CIF. Este certificado representa un reconocimiento económico del gobierno nacional a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) con el objetivo de promover las inversiones directas en nuevas plantaciones forestales de carácter protector productor en terrenos de aptitud forestal (FINAGRO, 2023).

El proceso actual de liquidación de pagos para el otorgamiento de los recursos del CIF se realiza de forma manual por los funcionarios utilizando Excel, consultan la resolución de pagos y realizan el cálculo de las áreas utilizando herramientas de información geográfica como QGIS o ArcGIS, este ejercicio se lleva a cabo cada vez que se genera un pago y en años anteriores se han materializado errores operativos.

Cuando esto ocurre, los funcionarios deben llamar a los beneficiarios para reintegrar los recursos girados, repetir el proceso de liquidación, realizar validaciones adicionales y generar reprocesos en las áreas contables y financieras de la entidad para realizar nuevamente los pagos. Sin mencionar que estas fallas humanas pueden ocasionar un riesgo reputacional.

Basados en los desafíos enunciados anteriormente, una posible solución contempla la implementación del plugin PAGOCIF para QGIS, que calcula de forma automática el área efectiva de la plantación y arroja el valor del pago que se debe otorgar al beneficiario, luego de diligenciar un formulario con la información requerida para la liquidación del pago que comprende: departamento, municipio, capa del área efectiva de la plantación, bosque, especie forestal, densidad y etapa.

El plugin PAGOCIF es de libre acceso y puede ser utilizado tanto por el funcionario de FINAGRO como por el usuario que desee obtener información sobre cuántos recursos se le pueden otorgar por parte del incentivo de forma eficaz, efectiva y sin la necesidad de ser un experto en educación financiera.

#### **4. Justificación**

La implementación del plugin PAGOCIF para QGIS representa una solución que garantiza eficiencia en el cálculo del otorgamiento del incentivo ya que permite a los usuarios realizar estimaciones precisas y rápidas del pago del beneficio CIF. Al automatizar este proceso, se elimina la necesidad de recurrir a herramientas externas o realizar cálculos manuales, lo que ahorra tiempo y recursos.

Permite mejorar la toma de decisiones debido a que tienen acceso a una herramienta que proporciona estimaciones confiables del beneficio CIF, los usuarios toman decisiones informadas y estratégicas en cuanto a la planificación financiera de proyectos de reforestación. Esto contribuye a una mejor gestión de recursos y una mayor eficacia en la ejecución de proyectos ambientales.

PAGOCIF se enfoca en proporcionar una interfaz intuitiva y fácil de usar, lo que permite a una amplia gama de usuarios, incluidos aquellos sin experiencia técnica avanzada, aprovechar sus funcionalidades. Esto garantiza que la herramienta sea accesible y utilizable para todos los interesados en la estimación del incentivo forestal.

Se integra perfectamente en el entorno de QGIS, aprovechando todas las capacidades y funcionalidades de esta plataforma geoespacial. Además, se diseña con la flexibilidad necesaria para adaptarse a las actualizaciones de la resolución emitida por el ministerio de agricultura que se encuentre vigente con el fin de brindar información precisa.

Sin duda alguna la implementación de PAGOCIF aporta al sector forestal de Colombia ya que, al simplificar y agilizar el proceso de liquidación de pagos del CIF, el plugin PAGOCIF hace que sea más atractivo para los inversores de este sector quienes actualmente no cuentan con ningún incentivo diferente al CIF.

Proporcionalmente se aumentan los beneficios a nivel medioambiental ya que esto conduce a un aumento neto en la cobertura forestal, lo que contribuye a la captura de carbono, la conservación de la biodiversidad y la protección de los suelos, lo cual es el objetivo del gobierno nacional con este incentivo.

## **5. Objetivos**

### **6.1 Objetivo General**

Implementar un plugin en QGIS para realizar la estimación de pago del CIF, a partir del área de la zona de plantación y características propias del mismo como región del país y especie plantada.

### **6.2 Objetivos específicos**

1. Realizar un análisis de la problemática e identificar los requerimientos funcionales y no funcionales que debe cumplir el plugin.
2. Establecer un diseño arquitectónico que satisfaga los requerimientos funcionales y no funcionales identificados para el plugin.
3. Desarrollar el plugin considerando los requerimientos identificados y el diseño arquitectónico propuesto.
4. Evaluar la usabilidad, la experiencia de usuario y la utilidad del plugin implementado, realizando pruebas funcionales por parte de usuarios de FINAGRO.

## **6. Metodología**

Para el desarrollo de este proyecto el cual cuenta con múltiples variables en el cálculo del pago del CIF, lo que hace que el plugin tenga un grado de complejidad alto, se utilizó la metodología SCRUM, un marco de trabajo ágil que se adapta al desarrollo de software PAGOCIF basándose en ciclos de trabajo iterativos y adaptativos con entregas del producto a desarrollar que permiten realizar ajustes y mejoras al plugin para obtener una buena calidad en el software por medio de incrementos funcionales los cuales se ven reflejados en cortos periodos lo que permite tener una retroalimentación de forma oportuna por parte del usuario al equipo de desarrollo, algunas características destacadas de esta metodología incluyen:

Entregas parciales a corto plazo de resultados, resultados anticipados, flexibilidad y adaptación respecto a las necesidades del cliente, productividad y calidad, equipo motivado, alineamiento del equipo de trabajo.

Debido a que la metodología SCRUM se basa en el modelo de desarrollo iterativo e incremental se planificaron Sprint por cada fase del proyecto, dependiendo del tiempo con el que se contaba para el desarrollo del proyecto, se establecieron las iteraciones necesarias para cumplir con cada requerimiento. La duración de cada iteración (Sprint) fue de 2 semanas, aunque en algunos casos se tuvieron iteraciones semanales.

### **6.1 Fase de Análisis**

Como resultado del análisis de la problemática, el equipo de trabajo del proyecto identificó los principales requerimientos funcionales y no funcionales que debía cumplir el plugin, adicional al diagrama de casos de uso; los cuales se utilizaron como base para las siguientes fases del proyecto, como lo fueron el diseño, implementación y evaluación.

## **6.2 Fase de diseño**

Posterior a la identificación de requerimientos funcionales y no funcionales, se diseñó el plugin orientado a cumplir con todos los requerimientos establecidos, para esta fase contempló la generación de diagramas UML necesarios para visualizar la arquitectura, el diseño y la implementación del software, que se relacionan a continuación: diagrama de actividad, diagrama de clases, diagrama de secuencia, diagrama de paquetes por clase, diagrama de componentes y diagrama de despliegue.

## **6.3 Fase de Implementación**

Posterior a la fase de diseño se inició con el desarrollo del plugin, en la cual se cumplió con lo establecido en los requerimientos funcionales y no funcionales identificados en la fase de análisis, por otra parte, también se tomaron como base los diagramas UML realizados en la fase de diseño que fueron claves para realizar la generación de la interfaz gráfica de usuario del plugin la cual fue orientada al cumplimiento del proceso de cálculo del pago CIF administrado por FINAGRO.

## **6.4 Fase de Evaluación**

Se realizó una evaluación por parte del equipo de la dirección forestal de FINAGRO, quienes actualmente son los encargados del proceso operativo del CIF, a través de pruebas de aceptación donde los usuarios interactuaron con el software realizando pruebas de funcionamiento y una prueba de humo (smoke test) que permitió asegurar que las funcionalidades del plugin funcionaran y que este cumpliera con el objetivo de su creación.



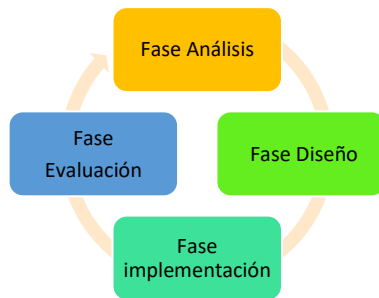


Imagen 1 Esquema de metodología del proyecto  
Fuente: Elaboración Propia

## **7. Resultados**

### **7.1 Fase de Análisis**

#### **7.1.1 Requerimientos Funcionales**

Inicialmente el plugin solicita al usuario ingresar información a través de un formulario, teniendo una capa previamente cargada en QGIS (polígono de plantación en formato .Shp), este formulario recolecta los siguientes datos: departamento, municipio, capa de plantación, indicar si tiene bosque, especie forestal, densidad y etapa. Una vez realizado estos pasos previos el sistema calcula el área de la plantación y del bosque, indica la región en donde se encuentra la plantación y el costo total del pago de beneficio en COP, para este cálculo es crucial que el sistema tenga en cuenta los parámetros ingresados por el usuario como lo son el área calculada de la plantación o bosque y los datos de establecimiento o mantenimiento.

#### **7.1.2 Requerimientos No funcionales**

El plugin PAGOCIF ha sido implementado en idioma español, es decir que cualquier información que se encuentre dentro de la interfaz de usuario está en español, a su vez la interfaz cumple con lineamientos de diseño orientado al usuario para su fácil uso. Desarrollado en lenguaje Python, dado que el lenguaje está integrado en QGIS a través de PYQGIS, el sistema entrega al usuario el resultado del cálculo del pago de manera óptima.

Para la parametrización de los criterios establecidos (división política, zonas del Programa Nacional Integral de Sustitución de Cultivos Ilícitos (PNIS) y Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET) especies y valores de pago) el plugin debe consultar una base con los parámetros para el cálculo de los pagos, esto facilita la actualización de los criterios que realiza un administrador de FINAGRO de forma anual y basado en la resolución expedida por el MADR que esté vigente.

### 7.1.3 Diagrama de casos de uso

La imagen 2 muestra las iteraciones del caso de uso identificado a partir de los requerimientos funcionales y los actores del plugin PAGOCIF, se muestra al usuario, que representa a los funcionarios de FINAGRO y los beneficiarios del CIF que hacen uso del plugin, de acuerdo con los requerimientos se generó un solo caso de uso que corresponde a “calcular pago”.

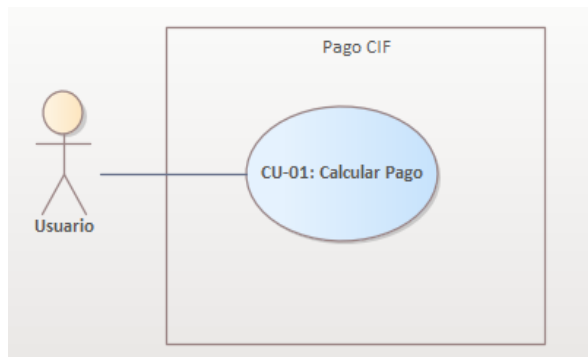


Imagen 2. Diagrama de Casos de uso  
Fuente: Elaboración propia

## 7.2 Fase de Diseño

### 7.2.1 Diagrama de actividad

La imagen 3 representa el flujo de actividades realizadas por el usuario y el plugin, para el cálculo del pago del CIF, el cual contiene un único flujo y varias validaciones realizadas por el plugin como lo son la selección de la capa o es sistema de coordenadas de la capa seleccionada.

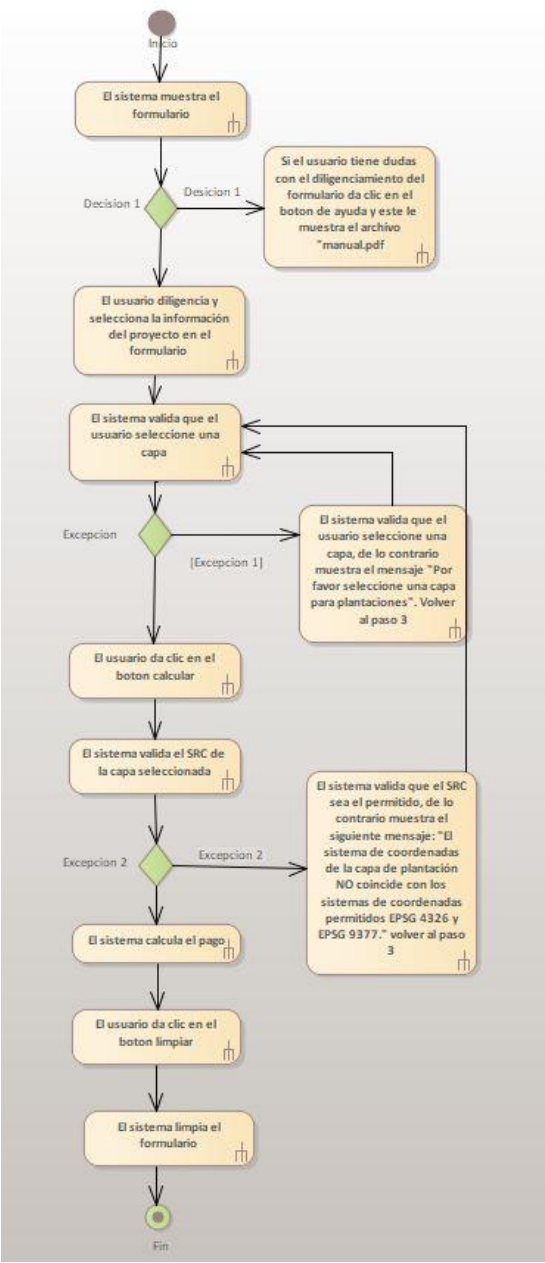


Imagen 3 Diagrama de Actividad.  
Fuente: Elaboración propia.

Comentado [RFSE1]: El diagrama no es legible, el anterior lo era, parece que se hubieran pegado dos pedazos de diagrama

7.2.2 Diagrama de clases

La imagen 4 describe la estructura del sistema, se muestran las clases que componen el plugin PAGOCIF, se generaron dos clases: PAGOCIF que contiene los metodos que dan el funcionamiento del plugin y PagoCIFDialog que corresponde a la interfaz de usuario.

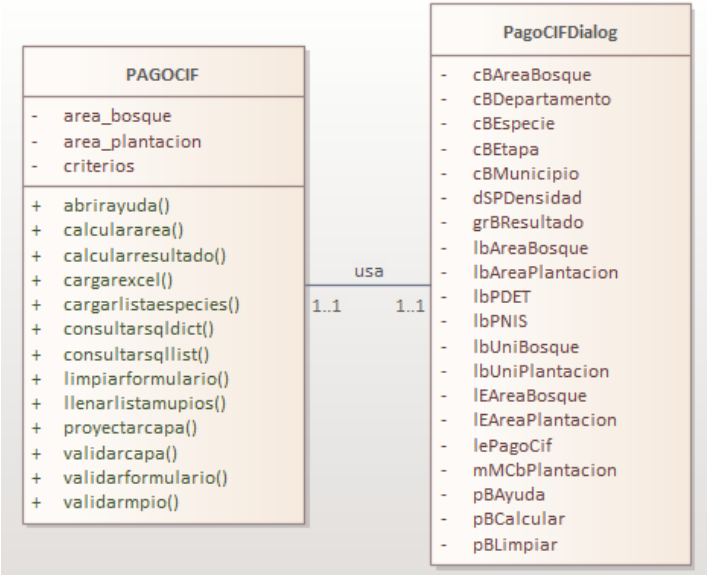


Imagen 4 Diagrama de clases.  
Fuente: Elaboración propia.

7.2.3 Diagrama de secuencia

La imagen 5 muestra las peticiones o mensajes que existen entre los objetos del sistema (PagoCIFDialog y PAGOCIF) y el usuario mostrando la interacción de solicitudes y respuestas entre estos objetos, para el caso específico de este plugin al tener único caso de uso, se genero un solo diagrama.

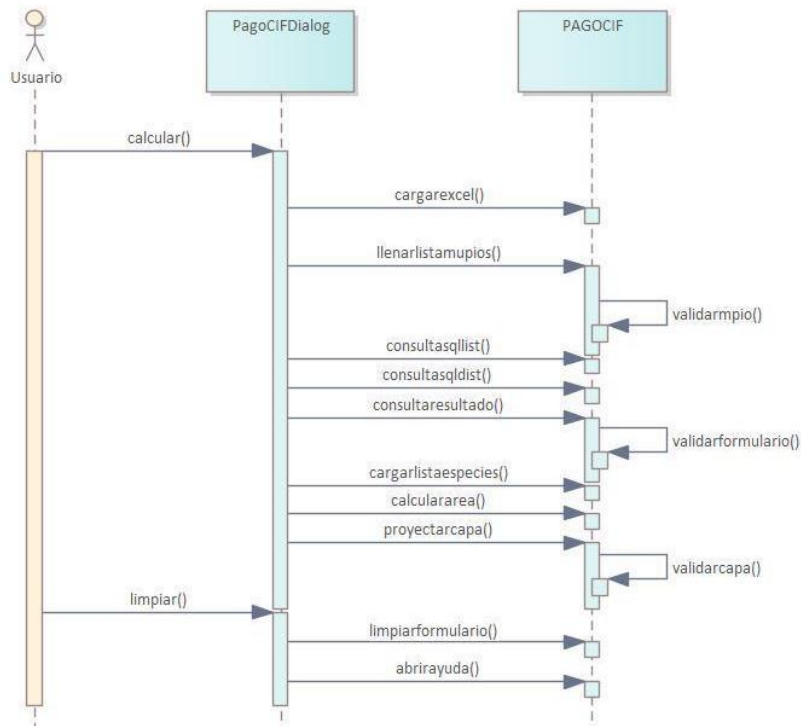


Imagen 5 Diagrama de secuencia CU-01: Calcular pago  
Fuente: Elaboración propia

#### 7.2.4 Diagrama de paquetes por clases

La imagen 6 representa la agrupación de las clases generadas en el plugin PAGOCIF, mostrando las dependencias entre los paquetes que componen un modelo, mostrando cómo un sistema está dividido en agrupaciones lógicas y las dependencias entre esas agrupaciones, esto con el fin de mostrar detalle la información lógica de la aplicación pago CIF, para este caso al existir una alta cohesión y bajo acoplamiento entre las dos clases existentes, se agruparon en único paquete llamado PAGOCIF.



Imagen 6 Diagrama paquetes por clases  
Fuente: Elaboración propia

7.2.5 Diagrama de componentes

La imagen 7 describe la parte modular del sistema, para el caso no existen dependencias ya que sólo existe el componente PAGOCIF, el cual se encuentra dentro de QGIS.

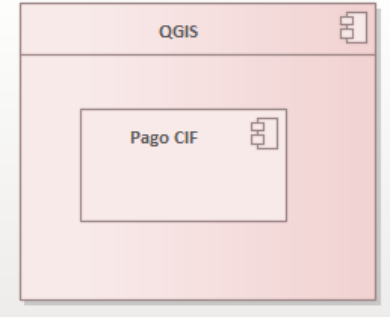


Imagen 7 Diagrama de componentes.  
Fuente: Elaboración propia

### 7.2.6 Diagrama de despliegue

La imagen 8 visualiza el esquema y el diseño que tuvo el plugin PAGOCIF, la cual es una arquitectura monolítica que se adapta a la búsqueda de rendimiento de la herramienta ya que el plugin PAGOCIF no tiene la necesidad de hacer conexiones de red para su funcionamiento.

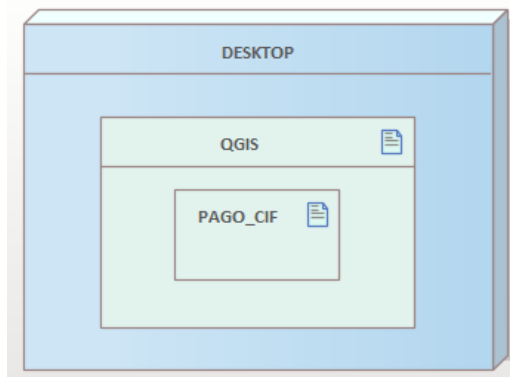


Imagen 8 Diagrama de despliegue.  
Fuente: Elaboración propia

### 7.3 Fase de implementación

La implementación del plugin se realizó sobre la versión 3 de QGIS con el uso del complemento Plugin Builder, para la lógica se utilizó la librería PyQGIS que permite ejecutar código python y para la interfaz gráfica se utilizó Qt Designer que permite agregar los botones, listas desplegables y cajas de texto con las que el usuario podrá interactuar.

El usuario deberá instalar el complemento en el software QGIS para que la funcionalidad esté disponible en su menú de herramientas, en la imagen 9 se muestra la interfaz gráfica de usuario del plugin PAGOCIF, que se compone de la información necesaria para realizar el cálculo del pago CIF.



Pago CIF

×

Ver ayuda

Información Territorial

Departamento

ANTIOQUIA

▼

Municipio

ITUANGO

▼

Región

Eje cafetero y suroccidente

Es PNIS

Es PDET

Datos de coberturas

Capa de plantación

FincaDemo

▼

☐ Calcular área de bosque

Especie

Pinus oocarpa

▼

Densidad

750

▲▼

Etapas

Establecimiento

▼

Áreas

Área plantación

730.10

Hectáreas

Área bosque

Hectáreas

Resultado

PagoCIF

\$ 1.020.679.800,00

Calcular

Limpiar

Imagen 9 Interfaz de usuario PAGOCIF  
Fuente: Elaboración propia

- Comentado [RFSE2]: Qué es PNIS/PDET?

Comentado [EB3R2]: Especificado mas arriba
- Ver ayuda:** Este botón muestra el manual de usuario.
- Información territorial:** Corresponde a la información de localización del proyecto.
- Departamento:** El usuario debe seleccionar el departamento donde se va a realizar el proyecto.
- Municipio:** El usuario debe seleccionar el municipio donde se va a realizar el proyecto.

**Región:** El sistema calcula automáticamente la región a la que pertenece el proyecto teniendo en cuenta la siguiente clasificación:

**Tabla 1**

Clasificación de regiones para el CIF

Regiones	Departamentos
Región Caribe	Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba y Magdalena
Región Eje Cafetero y Sur Occidente	Antioquia, Caldas, Risaralda, Quindío, Valle del Cauca y Cauca
Región Orinoquía	Meta, Casanare y Vichada
Otras Regiones	Regiones diferentes a las mencionadas anteriormente

Fuente: Elaboración propia

**Datos de coberturas:** Corresponde a la información de la plantación forestal objeto del proyecto.

**Capa de plantación:** El usuario debe seleccionar la capa cargada anteriormente que contiene el área efectiva del proyecto forestal.

**Calcular área de bosque:** El usuario debe seleccionar si su proyecto tiene presencia de bosque natural.

**Nota:** Todos los proyectos que aspiran a acceder al CIF podrán vincular a su proyecto un área de bosque natural existente para conservación y mantenimiento, de hasta un veinte por ciento (20%) del área efectiva del proyecto forestal presentado.

**Especie:** El usuario debe seleccionar la especie que se establecerá en el proyecto.

**Densidad:** El usuario debe digitar o seleccionar con ayuda de las flechas la cantidad de árboles en el área efectiva.

**Nota:** La Cantidad mínima es de 50 árboles por hectárea.

**Etapas:** El usuario debe seleccionar la etapa del proyecto sobre la cual se realizará el cálculo del pago.

**Áreas:** Corresponden a las áreas calculadas por el sistema de acuerdo con la información de capa suministrada con anterioridad.

**Área plantación:** El sistema calcula automáticamente el área de la plantación efectiva tomando como base el polígono cargado previamente.

**Área bosque:** El sistema calcula automáticamente el área tomando como base el 20% del área de la plantación efectiva.

**Resultado:** El sistema muestra el valor del pago CIF correspondiente al proyecto.

**Calcular:** El usuario debe oprimir el botón para que el plugin realice el cálculo del pago a otorgar

**PagoCIF:** El sistema muestra el valor del pago a otorgar en pesos de acuerdo a los datos ingresados anteriormente.

**Limpiar:** El usuario debe oprimir el botón para limpiar el formulario.

A continuación, se relaciona la explicación del ejemplo ilustrado en la imagen 9 del funcionamiento y uso del plugin PAGOCIF, en la imagen 10 evidencia una capa cargada en QGIS, la cual corresponde a la plantación forestal objeto del cálculo.

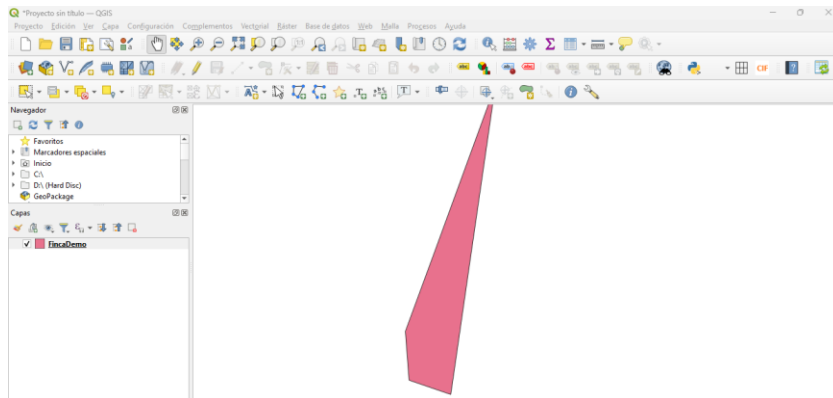


Imagen 10 Interfaz gráfica QGIS  
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se oprime el botón con el icono CIF que aparece en la parte superior derecha de la barra de herramientas de QGIS (Imagen 11) y se desplegará la interfaz de usuario (Imagen 9).



Imagen 11 icono de plugin en QGIS  
Fuente: Elaboración propia

Una vez desplegada la interfaz el usuario (PagoCIFDialog) se seleccionan los datos de información territorial como lo son el departamento (Antioquia) y municipio (Ituango), posteriormente el sistema muestra la región en la que está clasificada la información de localización del proyecto.

Luego de esto el usuario ingresa los datos de cobertura, inicialmente debe seleccionar la capa "FincaDemo" que corresponde a la plantación efectiva del proyecto y la especie "pinus oocarpa"; la plantación tendrá una densidad de 750 y será un establecimiento dado que es la etapa inicial del proyecto (Imagen 9), finalmente al oprimir el botón "Calcular" y el plugin realiza el cálculo de las áreas de plantación y bosque y muestra el resultado del área de plantación en hectáreas y el valor correspondiente al pago del beneficio CIF en COP para el proyecto simulado.

#### 7.4 Fase de Evaluación

La fase de evaluación del plugin se realizó siguiendo los principios de la metodología SCRUM, aprovechando los ciclos iterativos y la retroalimentación continua, para garantizar la calidad del software entregado y cubrir todos los requerimientos funcionales y no funcionales necesarios para el cálculo del pago CIF, con el fin de justificar la muestra que se utilizó en la evaluación del plugin PAGOCIF, se tomó como base la metodología de muestreo según la norma ISO/IEC 25040, que establece directrices para determinar el tamaño de la muestra, los perfiles de los evaluadores y los rangos de calificación.

Los perfiles de los evaluadores deben tener un conocimiento relevante y profundo sobre el proceso de evaluación, los 4 profesionales Máster de la dirección forestal cumplen con este criterio, asegurando evaluaciones precisas y relevantes, debido a que poseen el conocimiento y la experiencia por que conocen el proceso de liquidación de pago y el funcionamiento del CIF y son los afectados con la situación actual del proceso.

Se realizó una prueba de humo (Smoke test) antes de hacer las pruebas de aceptación para asegurar que las funcionalidades básicas del plugin PAGOCIF funcionaran correctamente, esta prueba permitió identificar y corregir problemas antes de la evaluación.

Posteriormente se envió a los profesionales máster una carpeta comprimida con la última versión del plugin y una prueba de aceptación, este documento contenía una serie de preguntas diseñadas para evaluar en una escala de 1 a 5, donde 1 es muy bajo y 5 es muy alto la calidad del software, las preguntas fueron:

1. ¿Cómo calificarías la facilidad de uso del plugin en términos de comprensión de las funciones disponibles?

2. ¿En qué medida crees que el plugin ha mejorado tu eficiencia en el cálculo del pago de beneficios relacionados con el CIF en comparación con el método tradicional?
3. ¿El plugin cumple el objetivo, realizar la estimación de pago del beneficio del certificado de incentivo forestal CIF, a partir del área de la zona de plantación y características propias del mismo como región del país y especie plantada?
4. ¿Cómo califica el tiempo de respuesta del plugin al realizar el cálculo del pago?
5. ¿Considera que el manual de ayuda es claro?

A continuación, se relacionan los resultados obtenidos:

**Tabla 2**

Evaluación del Plugin

PROFESIÓN	TIPO DE USUARIO	PREGUNTA				
		1	2	3	4	5
Ingeniera Forestal	FINAGRO	5	5	5	5	5
Administrador empresas	FINAGRO	4.8	5	5	5	5
Ingeniero Civil	FINAGRO	5	5	5	5	5
Ingeniera Forestal	FINAGRO	5	5	5	5	5

Fuente Elaboración propia

Como resultado de la evaluación se obtiene para la pregunta 1 una calificación total de 4.9, para y para las demás preguntas realizadas se obtuvo una calificación de 5, lo que nos indica que el plugin realiza una estimación del pago CIF a partir del área de plantación, facilita el uso y la comprensión de las funcionalidades, tiene un buen rendimiento en cuanto al tiempo de respuesta al usuario, el manual de ayuda es claro, la integración con QGIS fue exitosa y estable y al cumplir con el objetivo el plugin mejora la eficiencia del proceso de liquidación de pagos y permite a usuarios externos a FINAGRO realizar una estimación de pago antes de iniciar sus proyectos mejorando la

planificación de las plantaciones forestales y permitiendo a los reforestadores tomar decisiones informadas.

## 8. Conclusiones

Se identificaron los requerimientos funcionales y no funcionales de acuerdo con la problemática que se presentaba en FINAGRO. Estos requerimientos, permitieron evidenciar las necesidades que se plantearon en el problema contribuyendo al desarrollo del proyecto enfocado a las necesidades del usuario. Adicional a esto fue clave realizar el diagrama de caso de uso el cual nos ayudó a visualizar el comportamiento esperado del sistema.

Se describió la arquitectura que se estableció durante la fase de diseño, los diferentes diagramas generados describieron desde diferentes vistas que fueron de proceso, lógica, desarrollo y física. Para la arquitectura que tuvo el plugin, estos diagramas generados fueron acertados, dado que, con lo establecido, se cumplió con el objetivo del plugin.

Se implementó el plugin de forma satisfactoria, cumpliendo con los requisitos funcionales y no funcionales establecidos durante la fase de análisis, así como con la arquitectura propuesta en la etapa de diseño. La adopción de una metodología ágil ha demostrado ser fundamental, facilitando una rápida adaptación a los cambios y ajustes que surgieron durante el proceso de implementación. Esta flexibilidad permitió cumplir con el objetivo principal del proyecto de manera efectiva y dentro de los tiempos establecidos para el cumplimiento del proyecto.

Se realizaron pruebas del plugin, estas pruebas fueron realizadas por usuarios de FINAGRO que conocen el proceso realizado para el cálculo del CIF, como resultado de estas pruebas se obtiene que el plugin implementado, cumple con el objetivo propuesto, genera un valor agregado y facilita el proceso del cálculo de pago del beneficio CIF.



## 9. Referencias

- ¿que es FINAGRO?. (2023) Recuperado el 13 de marzo de 2024, de <https://www.finagro.com.co/quienes-somos/finagro>.
- CIF- Certificado de Incentivo Forestal. (2023). Com.co. Recuperado 13 de marzo de 2024, de <https://www.finagro.com.co/atencion-servicios-ciudadania/tramites-opa-consulta-informacion/incentivos/cif-certificado-incentivo-forestal>.
- ¿Qué son los bonos de carbono y qué tipos existen? Recuperado el 15 de mayo de 2024, de <https://www.carbonneutralplus.com/proyectos-de-bonos-de-carbono-cuales-son-que-tipos-hay/>
- Aprovechamiento de Nuevas Plantaciones Ministerio de ambiente de desarrollo sostenible, recuperado el 15 de mayo de 2024 <https://beneficios-tributarios.minambiente.gov.co/aprovechamiento-de-nuevas-plantaciones/>
- Decreto 2398 de 2019. (2019). Recuperado el 12 de marzo de 2024, de <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Decretos/Decreto%202398%20del%202019.pdf>.
- Decreto 130 de 2020. (2020). Recuperado el 12 de marzo de 2024, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=105332>
- Ley 139 de 1994. (1994). Recuperado el 12 de marzo de 2024, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=30220>
- Resolución 084 de 2020. (2020). Recuperado el 12 de marzo de 2024, de <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/RESOLUCI%C3%93N%20NO.%20000084%20DE%202020.pdf>

- Tres representaciones fundamentales de capas de información geográfica. (2023). Arcgis.com. Recuperado el 12 de marzo de 2024, de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000n000000.htm>.
- Pineda Rodríguez, M (2024). La contribución del mercado de bonos de carbono en Colombia en la lucha contra el cambio climático. Dos perspectivas: implementación de alta tecnología y/o soluciones basadas en la naturaleza. Universidad Externado de Colombia de <https://medioambiente.uexternado.edu.co/la-contribucion-del-mercado-de-bonos-de-carbono-en-colombia-en-la-lucha-contra-el-cambio-climatico-dos-perspectivas-implementacion-de-alta-tecnologia-y-o-soluciones-basadas-en-la-naturaleza/>
- Welcome to the QGIS Python API documentation project. (2024). Qgis.org. Recuperado el 5 de mayo de 2024, de <https://www.qgis.org/pyqgis/master/>.
- QGIS Python Plugins Repository. (2022). Qgis.org. Recuperado el 5 de mayo de 2024 <https://plugins.qgis.org/plugins/calcare2/>.
- ISO/IEC 25040 (2023). Recuperado el 5 de mayo de 2024 [.https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25040](https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25040).