

**Gestor de Evaluación de Cumplimiento para Proyectos de Investigación Aplicando  
Redes Complejas y Machine Learning**

**(Autor)  
Luis Daniel Olaya Puerta**

**PROGRAMA DE INGENIERIA DE SISTEMAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRÓNICA, ELÉCTRICA, SISTEMAS  
Y TELECOMUNICIONES  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
PAMPLONA, Julio 15 de 2019**

**Gestor de Evaluación de Cumplimiento para Proyectos de Investigación Aplicando  
Redes Complejas y Machine Learning**

**Luis Daniel Olaya Puerta**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO DE SISTEMAS**

**Director: Yesid Alexander Madrid Carrillo**

Ingeniero

[yesid.madrid@unipamplona.edu.co](mailto:yesid.madrid@unipamplona.edu.co)

**Codirector: Nelson Fernández Parada**

**B. Sc-, M.Sc., Doctor en Ciencias Aplicadas**

[nfernandez@unipamplona.edu.co](mailto:nfernandez@unipamplona.edu.co)

**PROGRAMA DE INGENIERIA DE SISTEMAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRÓNICA, ELÉCTRICA, SISTEMAS  
Y TELECOMUNICIONES  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS  
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
Pamplona, Julio 15 de 2019**

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mi familia, especialmente a mi madre Solfannys Puerta por darme apoyo incondicional y ánimos para continuar, a mi padre Luis Enrique Olaya quien ha sido un pilar fundamental y un ejemplo a seguir dándome las razones para continuar adelante en mi proyecto de vida, a mi hermana Carmen Olaya quien siempre esta con migo en las buenas y las malas dando ánimos para terminar mis aspiraciones, por ultimo está dedicado a mi grupo de trabajo Diego Lozano, Víctor Rivera, Osman Ortega y James Cuadrado que siempre han estado en los momentos de felicidad y angustia.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi familia por el apoyo que me han brindado en todos los momentos de mi vida.

Agradezco a mi director Yesid Madrid y a mi codirector Nelson Fernández por el apoyo brindado y la ayuda que me proporcionaron desde que nos conocimos hasta hoy en día.

Agradezco a mis amigos y compañeros de estudio Diego Lozano, Víctor Rivera, Osman Ortega y James Cuadrado por estar siempre conmigo en las buenas y las malas, por las horas en vela que sacrificaron por ayudarme. Gracias por estar ahí conmigo.

A todos los docentes de la carrera que gracias a sus enseñanzas he podido llegar a donde me encuentro ahora, les agradezco de todo corazón.

## Tabla de contenido

1. INTRODUCCION .....	11
2. JUSTIFICACION .....	12
3. OBJETIVOS .....	13
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
4. MARCO TEÓRICO.....	14
4.1 MODELADO .....	14
4.2 CIENCIOMETRÍA .....	14
4.3 CIENCIAS, TECNOLOGÍAS E INNOVACIÓN (CTEI).....	15
4.4 PYTHON .....	15
4.5 TEORÍA DE GRAFOS .....	15
4.6 DISTRIBUCIÓN DE GRADO .....	17
4.7 MACHINE LEARNING.....	18
4.8 REGRESIÓN LINEAL.....	18
4.9 Árboles de decisión .....	19
5. METODOLOGIA EXPERIMENTAL .....	21
5.1 PONDERACIÓN SOPORTADA EN ANÁLISIS DE REDES.....	21
5.2 INDICADOR DE CUMPLIMIENTO POR ACTIVIDAD.....	21

5.3	PONDERACIÓN BASADA EN TIEMPO .....	23
5.4	PONDERACIÓN BASADA EN PRESUPUESTO ASIGNADO .....	23
5.5	ANALIZAR Y SELECCIONAR LOS REQUERIMIENTOS NECESARIOS EN EL DISEÑO.....	24
5.6	DISEÑO Y CODIFICACIÓN DEL PROTOTIPO.....	24
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	25
6.1	ANÁLISIS DE DEPENDENCIAS .....	25
6.2	ANÁLISIS POR PRESUPUESTO .....	26
6.3	ANÁLISIS POR TIEMPO .....	27
6.4	ANÁLISIS POR ACTIVIDAD .....	28
6.5	ASIGNACION DE JURADO .....	31
7.	DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS .....	32
8.	PROTOTIPO EN LENGUAJE PYTHON.....	34
9.	CONCLUSIONES .....	44
10.	RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....	46
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	47

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Grafo No dirigido (Izquierda) y Grafo dirigido (Derecha). Toma de Leal (2009), Citado por (Madrid, 2016) .....	16
Figura 2 Histograma Distribución de grado. Tomado de (Madrid, 2016) .....	17
Figura 3 Función Decreciente Cóncava .....	22
Figura 4 Función Creciente Convexa.....	22
Figura 5 Red de Actividades .....	25
Figura 6 Costo de las actividades.....	26
Figura 7 Tiempo de las actividades.....	27
Figura 8 Red de Subactividad .....	28
Figura 9 Distribución de grado y regresión lineal.....	29
Figura 10 Curva de cumplimiento.....	31
Figura 11 Base de Datos .....	31
Figura 12 Árbol de Decisión.....	32
Figura 13 Datos actividades .....	33
Figura 14 Subactividades de Equipo.....	33
Figura 15 Subactividades de Curso.....	33
Figura 16 Subactividades de Doctorado .....	34
Figura 17 Subactividades de Protocolos .....	34
Figura 18 Subactividades de Agentes .....	34
Figura 19 Pestaña Actividad del prototipo.....	35
Figura 20 Pestaña Subactividades del prototipo .....	35
Figura 21 Pestaña Resultados del Prototipo.....	36

Figura 22 Ficha de Agentes.....	39
Figura 23 Ficha de Capacitaciones y Cursos .....	40
Figura 24 Ficha de Doctorados .....	41
Figura 25 Ficha de Protocolos.....	42
Figura 26 Ficha de Adquisición de Equipos .....	43
Figura 27 Ficha de Protocolos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

# **Gestor de Evaluación de Cumplimiento para Proyectos de Investigación**

## **Aplicando Redes Complejas y Machine Learning**

*Olaya Luis*

*<sup>b</sup>Pamplona University, Km 1 Vía B/manga*

---

### **Resumen**

Los sistemas de gestión, han desarrollado un papel importante en la comunidad a través de los años, por ello es indispensable resaltar la transición que ellos han generado en el modelado de problemas en diversas áreas. En la ingeniería de software, además, es notable el uso de los criterios de decisión basados en las heurísticas presentadas en el modelado de problemas por medio de varias notaciones graficas que capturan las estructuras estáticas del sistema, los componentes de comportamiento del sistema y el componente de interacciones del sistema.

La idea de este proyecto se basa en la formulación de un gestor de evaluación que permita de manera subjetiva ponderar el cumplimiento de un proyecto albergando las heurísticas dadas por la regresión lineal obtenida de la distribución de grado de la red de subactividades, y así diseñar las reglas de evaluación para los proyectos de investigación. Teniendo en cuenta condiciones de los parámetros generales del problema, así como también los requerimientos presentados por la muestra acotada de evaluación, se formula un modelo basado en la proyección de la evaluación por medio de parámetros ponderados estadísticamente en la cienciometría. En cuanto a sistemas informáticos que consideren la valoración de actividades

de investigación, es notorio su casi nula existencia. Un sistema de este tipo tendría la capacidad de mejorar la forma en la que se evalúan los proyectos de investigación.

Palabras clave: Sistemas de gestión, modelo de indicadores, cienciometría.

---

### **Abstract**

Management systems have accomplished an important role in the social community over the years. In particular, because of the transition that they have generated on the modeling approach. In software engineering, the modeling of management systems can use decision criteria based on the heuristics. This way several graphical notations that capture the static structures of the system, the behavioral components of the system, and the component is notable of system interactions are practiced.

This project is focused on the modeling and development of an expert system to evaluate research projects. Heuristics given by linear regression technique was obtained. Also, activities in projects represented by networks and a degree distribution were obtained to design the evaluation rules.

With general parameters of the problem and sample requirements to be evaluated, a model based on the projection of the evaluation was formulated. Thus, statistically weighted parameters were calculated and applied to Scientometrics.

Considering those computer systems that consider the evaluation of research activities, it's almost inexistent, this work will improve how research projects will be evaluated.

Keywords: Management systems, indicators model, scientometrics.

# 1. INTRODUCCION

A través de la historia ha resultado importante definir técnicas para evaluar lo que el ser humano hace. Es por esa razón que se han definido largas base de datos de evaluadores y grandes cargos administrativos que definan la calidad de los productos a evaluar. Dentro del mundo académico existe el mismo contexto de trabajo, ya que es posible visualizar los escenarios de participación para evaluación del manejo de recursos dentro de una entidad por medio del proceso de investigación.

En este trabajo se propone definir y validar un gestor que permita definir la metodología de evaluación de cumplimiento en un proyecto de investigación, por medio de una ecuación analítica que defina de manera subjetiva la importancia de las actividades dentro del proyecto por medio de parámetros como dependencias, tiempo y costo.

En el capítulo 1 del trabajo se aborda la introducción al marco de trabajo propuesto en el proyecto, mientras que el capítulo 2 y 3 describen el problema tratado al igual que los objetivos propuestos a alcanzar con este proyecto de investigación. En el capítulo 4 se aprecia una búsqueda enfocada a obtener los conceptos claves necesarios dentro del trabajo, y ya en el capítulo 5 se explica la metodología de trabajo aplicada a lo largo de la creación del modelo. En los capítulos 6 y 7 se establecen los resultados obtenidos tanto del gestor, así como del prototipo codificado para validar dicho modelo. En el capítulo 8 ya son generadas las conclusiones finales del trabajo.

## 2. JUSTIFICACION

El ciclo de vida de un proyecto de investigación abarca las fases de (i) Formulación, estructuración, y presentación, (ii) Verificación de requisitos, viabilización, priorización y aprobación, (iii) Ejecución, (iv) Puesta en marcha y operación. Actualmente, existe, en Colombia experiencia acumulada para las primeras dos fases. Sin embargo, en las fases de ejecución y puesta en marcha, surgen situaciones que requieren de un marco formal de evaluación. Es claro, que de manera regular los proyectos de investigación son sometidos a su evaluación para determinar el cumplimiento de los objetivos y alcances. Particularmente, la evaluación de los productos de proyectos de investigación de Ciencia y Tecnología, derivados de la inversión del Sistema General de Regalías, ha sido una de las preocupaciones de la Dirección Nacional de Planeación. No obstante, la experiencia y criterios técnicos en Colombia para este tipo de situaciones están en etapas embrionarias. En este contexto, y desde experiencias y lecciones aprendidas en el diseño de indicadores ambientales y el peritaje de proyectos de CTeI, es posible plantear un modelo computacional que de apoyo a la evaluación de los resultados de proyectos de investigación que sea escalable a distintos sistemas de investigación. (Perfetti, 2004)

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un Gestor de Evaluación de Cumplimiento para Proyectos de Investigación Aplicando Redes Complejas y Machine Learning.

### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los parámetros generales para evaluar un proyecto de investigación en el contexto de la cienciometría.
- Analizar los requerimientos necesarios para el diseño de un gestor que involucre técnicas de redes complejas y machine learning para la evaluación subjetiva del proyecto de investigación.
- Realizar un prototipo software para validar el cumplimiento del gestor diseñado.

## **4. MARCO TEÓRICO**

### **4.1 MODELADO**

Existe abundante software de modelado que puede ser usado casi como una caja negra. Sin embargo, los métodos de análisis científicos y de diseño en ingeniería están cambiando continuamente, afectando no sólo a la manera de estudiar los fenómenos, sino también al rango de aplicaciones abordadas.

Trabajar en nuevas áreas de aplicación requiere de un buen conocimiento de los fundamentos del modelado. Dicho conocimiento también es indispensable para dominar rápidamente el manejo de las nuevas herramientas que están continuamente apareciendo. En modelado, el comportamiento de interés del sistema bajo estudio es representado mediante un modelo matemático, compuesto típicamente de ecuaciones y algoritmos. Para poder experimentar con el modelo, es necesario traducirlo a software que pueda ser ejecutado en un ordenador. El modelado matemático es una forma de adquirir conocimiento acerca del comportamiento de los sistemas. En este contexto se considera que un sistema es cualquier objeto cuyas propiedades se desean estudiar. De acuerdo con esta definición, cualquier fuente potencial de datos es un sistema. (Alfonso Urquia Moraleda, 2016)

### **4.2 CIENCIOMETRÍA**

Es la medición cuantitativa de la ciencia. Esta forma de estudiar la ciencia se empieza a crear a partir del año 1964, pero es hasta hace poco que se ha comenzado a utilizar de forma más frecuente, ya que en la actualidad existe mucha información de la cual se puede obtener de forma cuantitativa diferentes indicadores para evaluar el avance en la ciencia. (Rosario, 2017)

### **4.3 CIENCIAS, TECNOLOGÍAS E INNOVACIÓN (CTEI)**

Diversos estudios y análisis realizados desde diferentes perspectivas teóricas y conceptuales dejan en claro que el desarrollo científico y tecnológico, así como la innovación están directa e íntimamente relacionados con el crecimiento y el desarrollo económico. (Perfetti, 2010)

La evaluación se realiza mediante una recogida sistemática de información, centrada en los que hemos llamado indicadores. Los Indicadores son hechos o expresiones concretas y cuantificables cuyos valores nos permiten medir la idoneidad, la eficacia y la eficiencia de nuestro proyecto. Para evaluar correctamente es necesario concretarlos y explicitarlos desde el inicio. (Junco.)

### **4.4 PYTHON**

Python es un lenguaje de programación poderoso y fácil de aprender. Cuenta con estructuras de datos eficientes y de alto nivel y un enfoque simple pero efectivo a la programación orientada a objetos. La elegante sintaxis de Python y su tipado dinámico, junto con su naturaleza interpretada, hacen de éste un lenguaje ideal para scripting y desarrollo rápido de aplicaciones en diversas áreas y sobre la mayoría de las plataformas. (Rossum, 2009)

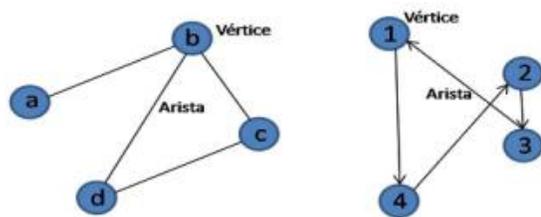
### **4.5 TEORÍA DE GRAFOS**

Si queremos entender un sistema complejo, en primer lugar, hay que saber cómo sus componentes interactúan entre sí. Una red es un catálogo de componentes de un sistema a menudo llamados nodos o vértices y las interacciones directas entre ellos, llamados enlaces o aristas. (Albert-Laszio-Barabasi, 2006).

El estudio de la teoría de redes tiene sus inicios en la teoría de grafos. Los grafos fueron utilizados para resolver acertijos y problemas. Entre los problemas resueltos con grafos, se destaca el problema del puente de Königsberg, abordado por el matemático Leonard Euler, para interpretar (Kleinberg, 2010)

Definición 2.1. Según Brandes (2005). Un grafo  $G$  consiste de un conjunto  $V$  de vértices y un conjunto  $E$  de pares de vértices llamados aristas, usualmente denotamos al conjunto de vértices y aristas por  $V(G)$  y  $E(G)$  y sus cardinales por  $n$  y  $m$  respectivamente.

Con soporte en la anterior definición, se puede estimar que una red es una estructura matemática formal representa a los elementos y sus relaciones. Las redes, particularmente, se han convertido en una herramienta central en el estudio de sistemas complejos, donde los nodos son considerados como “agentes”.



**Figura 1 Grafo No dirigido (Izquierda) y Grafo dirigido (Derecha). Toma de Leal (2009), Citado por (Madrid, 2016)**

Las redes han tenido mucha importancia debido a su desempeño al momento de ser aplicadas a diferentes tipos de sistemas, entre ellos destacamos sistemas tales como, biológico, ecológicos, sociales e informáticos. (Madrid, 2016)

#### 4.6 DISTRIBUCIÓN DE GRADO

Una propiedad importante en la teoría de grafos, es el grado de un nodo. Esta característica representa la conectividad que tiene el nodo con respecto a los otros de la red. En una clase de colegio, cuántos alumnos hay en un aula de clases representan que tan conectado está el profesor en ese momento, este es un posible ejemplo de esto. Esta característica en redes dirigidas puede corresponder al grado de entrada o de salida de un nodo, en el cual dice cuántas conexiones tiene el nodo de dirección hacia él o desde el respectivamente. (Madrid, 2016)

El grado de distribución, proporciona la probabilidad de que un nodo seleccionado al azar en la red tiene  $k$  grados (Albert-Laszio-Barabasi, 2006), siendo  $k$  el número de grados seleccionado.

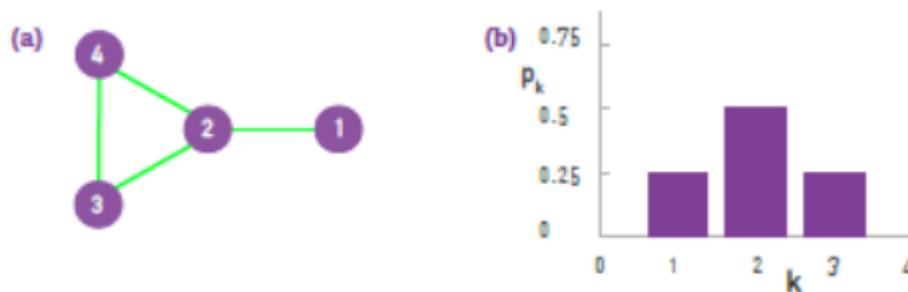


Figura 2 Histograma Distribución de grado. Tomado de (Madrid, 2016)

## **4.7 MACHINE LEARNING**

El aprendizaje es un fenómeno multifacético. Los procesos de aprendizaje incluyen la adquisición de nuevos conocimientos declarativos, el desarrollo de habilidades motoras y cognitivas a través de la instrucción o la práctica, la organización de nuevos conocimientos en representaciones generales y efectivas, y el descubrimiento de nuevos hechos y teorías a través de la observación y la experimentación. Desde el inicio de la era de las computadoras, los investigadores se han esforzado por implantar dichas capacidades en las computadoras. Resolver este problema ha sido, y sigue siendo, uno de los objetivos a largo plazo más desafiantes y fascinantes de la inteligencia artificial (IA). El estudio y el modelado por computadora de los procesos de aprendizaje en sus múltiples manifestaciones constituyen el tema del aprendizaje automático. (Mitchell, 1983)

La capacidad de aprender es uno de los atributos distintivos del comportamiento inteligente. Después de un trabajo seminal, podemos decir que "El proceso de aprendizaje incluye la adquisición de nuevos conocimientos declarativos, el desarrollo de habilidades motoras y cognitivas a través de la instrucción o la práctica, la organización de nuevos conocimientos en representaciones generales y efectivas, y el descubrimiento de Nuevos hechos y teorías a través de la observación y la experimentación". (Springer, 2008)

## **4.8 REGRESIÓN LINEAL**

Una regresión lineal examina la correlación de una variable independiente con una variable dependiente. En otras palabras, una regresión lineal representa el grado en que una variable

independiente predice una variable dependiente. (La porción "lineal" se refiere a una variable independiente.) Se pueden examinar dos o más grupos. Tanto las variables independientes como las dependientes deben ser de intervalo. Los datos deben tener una distribución normal aproximada. (Willson, 2017)

#### **4.9 ARBOLES DE DECISIÓN**

Los árboles de decisión son representaciones gráficas de posibles soluciones a una decisión basadas en ciertas condiciones, es uno de los algoritmos de aprendizaje supervisado más utilizados en machine learning y pueden realizar tareas de clasificación o regresión (acrónimo del inglés CART). La comprensión de su funcionamiento suele ser simple y a la vez muy potente.

Utilizamos mentalmente estructuras de árbol de decisión constantemente en nuestra vida diaria sin darnos cuenta:

¿Llueve? => lleva paraguas.

¿Soleado? => lleva gafas de sol.

¿estoy cansado? => toma café.

(decisiones del tipo IF THIS THEN THAT)

Los árboles de decisión tienen un primer nodo llamado raíz (root) y luego se descomponen el resto de atributos de entrada en dos ramas (podrían ser más, pero no nos meteremos en eso ahora) planteando una condición que puede ser cierta o falsa. Se bifurca cada nodo en 2 y vuelven a subdividirse hasta llegar a las hojas que son los nodos finales y que equivalen a

respuestas a la solución: Si/No, Comprar/Vender, o lo que sea que estemos clasificando.

(Bagnato, 2018)

## **5. METODOLOGIA EXPERIMENTAL**

### **5.1 PONDERACIÓN SOPORTADA EN ANÁLISIS DE REDES**

Para efectos de ponderación de las actividades se definió como criterio asignar un peso a cada una ellas. El peso se calculó desde la dependencia entre actividades, desde la realización de un grafo dirigido o red de interacción de las actividades.

La dependencia se obtuvo desde el cálculo de la distribución de grado en la red de interacción de actividades. En la red, los nodos representaron las actividades y la dependencia entre ellas, el enlace que las conecta.

Para establecer la relación entre pares de actividades, se generó un mapa de conectividad. Para establecer cada enlace, se determinó que actividad era correquisito de otra. En este aspecto, el enlace tuvo dirección. Es decir, un enlace con sentido salió de la actividad que era correquisito y llegó a la actividad que dependía de ella.

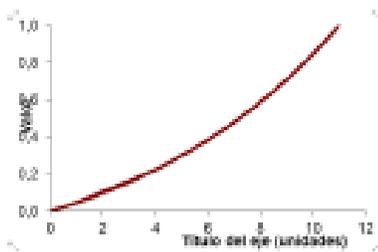
### **5.2 GESTIÓN DE CUMPLIMIENTO POR ACTIVIDAD**

Con el objeto de lograr un diseño de un gestor de baja subjetividad, soportados en criterios matemáticos y técnicos se procedió a:

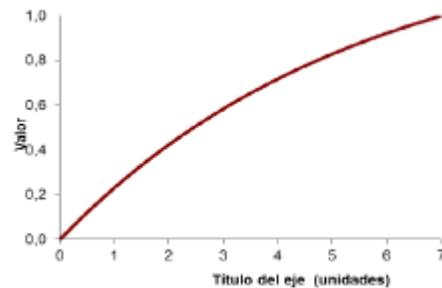
- Definir claramente las subactividades de cada actividad
- Establecer los tipos de funciones matemáticas que correspondieron con cada actividad. Para tal fin se consideraron modelos no lineales de tipo función de valor

creciente convexa (Figura 4) y función de valor decreciente cóncava (Figura 3), según las actividades iniciales o finales tuviesen más o menor peso. La definición del tipo de función ideal para cada actividad fue determinada de manera matemática, por medio de la técnica de regresión lineal aplicada sobre la distribución de grado obtenida por la red de actividades.

- Definidos los modelos (ecuaciones) a utilizar se hallaron los parámetros para cada función. Esto permitió tener una función propia y hecha a medida para cada actividad.
- Definidos los parámetros, se evaluó cada actividad y se obtuvo su porcentaje de cumplimiento.



**Figura 4 Función Creciente Convexa**



**Figura 3 Función Decreciente Cóncava**

El índice de cumplimiento de actividad con comportamiento creciente y decreciente se calculó desde la Ecuación 2, Ecuación 2 y Ecuación 3( (Lax, 1971); (ElsevierB.V., 2019); Tomado de Centro de Ciencias de la Complejidad):

$$IC = \frac{1 - e^{-\gamma^*x} - y^-}{y^* - y^-}$$

**Ecuación 1 Función Cóncava**

$$IC = \frac{e^{\gamma^*x} - y^-}{y^* - y^-}$$

**Ecuación 2 Función Convexa**

Donde IC es índice de cumplimiento y x es el mapa del atributo. y -, y \*. son los parámetros a resolver.

$$\gamma = \frac{-\text{LOG}(\text{LOG}(1.1 + 0.88 * (10 - S)))}{\text{LOG}(\text{MAX})^2}$$

**Ecuación 3 Valor de Gamma**

Para definir el grado de pendiente y curvatura de las funciones de la 2.1, se estableció un grado de saturación que fue determinado a través de la regresión lineal que se obtiene de la relación entre las subactividades, la ponderación de costo y de tiempo.

### **5.3 PONDERACIÓN BASADA EN TIEMPO**

Uno de los factores más importantes al momento de la evaluación de un proyecto es el tiempo que efectuó para poder cumplir con una actividad. Se tuvo en cuenta un análisis estadístico cuantitativo obtenido a partir de la evaluación las fechas estipuladas al principio del proyecto para cada actividad y con esto definir la importancia de las subactividades dentro del proyecto.

### **5.4 PONDERACIÓN BASADA EN PRESUPUESTO ASIGNADO**

El valor de presupuesto asignado por actividad dentro del proyecto representa una plaza importante dentro de la evaluación. Para el análisis de proyecto se tomó el presupuesto asignado por actividad, donde el factor de cumplimiento es dado a través de la manipulación del presupuesto en los tiempos establecidos.

## **5.5 ANALIZAR Y SELECCIONAR LOS REQUERIMIENTOS NECESARIOS EN EL DISEÑO.**

Para la validación del modelo establecido se tuvieron en cuenta requerimientos pertinentes al modelo de indicadores propuestos. Para cada indicador se evaluó la toma cualitativa y cuantitativa de cada uno de los datos determinando así cada parámetro necesario en la evaluación del indicador.

## **5.6 DISEÑO Y CODIFICACIÓN DEL PROTOTIPO**

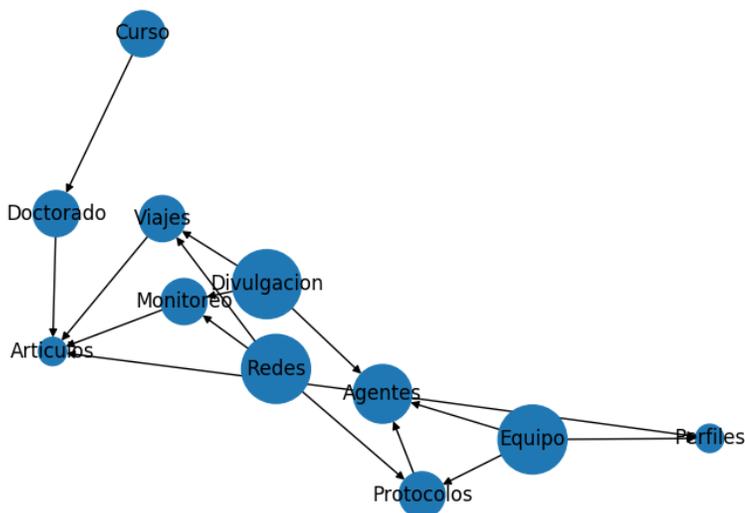
Tomando en cuenta los requerimientos obtenidos se definió una propuesta para el diseño preliminar del prototipo que serviría como método de validación para el modelo establecido. A lo largo de las pretensiones del modelo fueron establecidas las herramientas computacionales apropiadas al momento de generar la evaluación.

El lenguaje de programación elegido para la estructuración del prototipo fue Python debido a su facilidad de manejo y amplia aplicabilidad sobre modelos computacionales. Para evaluar las condiciones propias del prototipo fueron creados una serie de experimentos manuales al conjunto de datos de prueba, para luego evaluar la efectividad del mismo con base a resultados reales.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 ANÁLISIS DE DEPENDENCIAS

Por medio de la implementación de la técnica de redes complejas fue posible establecer las dependencias entre actividades, creando el primer criterio de evaluación con influencia en la asignación de responsabilidad a cada actividad para todo el proyecto.



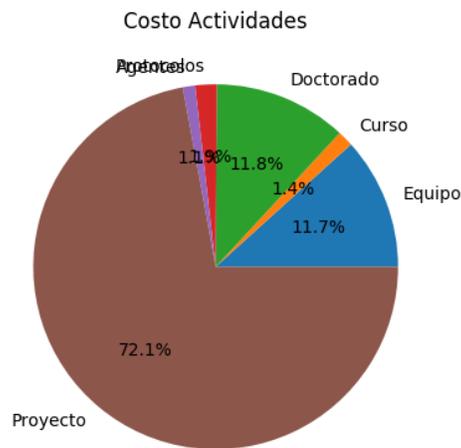
**Figura 5 Red de Actividades**

En la Figura 5 Red de Actividades mostrada a continuación, se presenta una red obtenida para una base de datos utilizada como muestra a lo largo del proyecto para validar el funcionamiento del modelo. En la red dirigida obtenida desde los datos, se pueden visualizar las actividades como nodos, y se establece como parámetro de relación entre ellas la dependencia que pueda generar una sobre la otra. La red será de vital importancia al definir

el cumplimiento por alcance, determinada a través de las ecuaciones mostradas en el capítulo anterior.

## 6.2 ANÁLISIS POR PRESUPUESTO

Como factor primordial dentro de la evaluación de un proyecto existe el análisis por medio del manejo del presupuesto. Por lo anterior, el modelo analiza el presupuesto asignado a través de las actividades y las subactividades y obtiene una ponderación de importancia dentro del marco de evaluación.

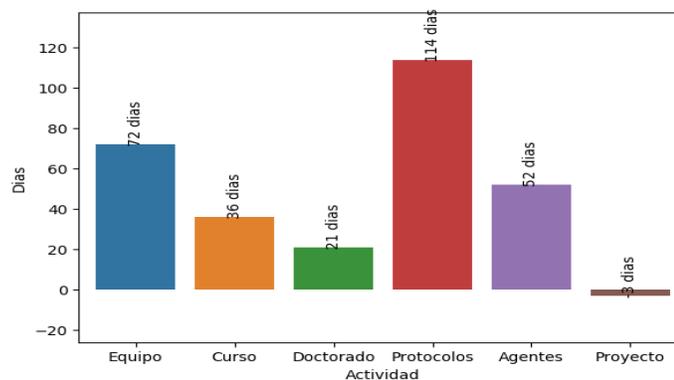


**Figura 6 Costo de las actividades**

En la Figura 6 se visualiza el análisis general evaluado para la base de datos prueba. En el gráfico se puede observar la asignación del presupuesto por medio de cada actividad dentro del proyecto, y con ello efectuando un análisis por medio del costo de cada actividad para evaluar posibles factores de importancia.

### 6.3 ANÁLISIS POR TIEMPO

El último criterio utilizado dentro del modelo representa uno de los factores fundamentales para el análisis de cumplimiento. El tiempo como factor de evaluación dentro del alcance del proyecto repercute dentro del modelo de manera cuantitativa, ya que se identifica como característica de importancia para cada subactividad.

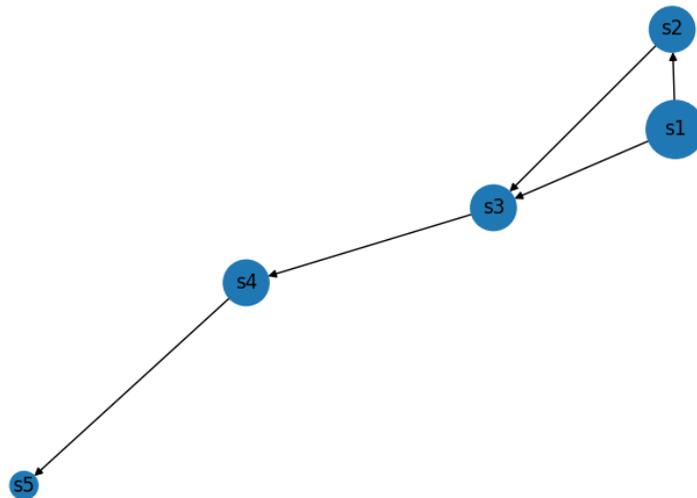


**Figura 7 Tiempo de las actividades**

En la Figura 7 se representa el análisis de tiempo para la base de datos de referencia. En la gráfica se pueden apreciar el tiempo (días) tomado por cada actividad para llevarse a cabo, y por último la diferencia en tiempo que llevo el proyecto. En la base de datos evaluada se puede observar cómo el proyecto ha cumplido de manera óptima en tiempos, ya que la diferencia al ser negativa, induce que el proyecto tomo menos tiempo del estimado. De igual manera es aplicado un análisis de valor real al tiempo estimado, usando la diferencia del tiempo real utilizado y el tiempo estimado en la planeación del proyecto (como factor de visualización en el análisis cualitativo del proyecto)

## 6.4 ANÁLISIS POR ACTIVIDAD

Para el modelo de evaluación de alcance, se abordó minuciosamente cada actividad dividiendo la misma en las subactividades necesarias para llevar a cabo el cumplimiento de la misma. Cada actividad tendría su propio análisis desde el punto de vista computacional, y con ello se describía como era llevada a cabo a través del factor de alcance determinado cuantitativamente por la ecuación.

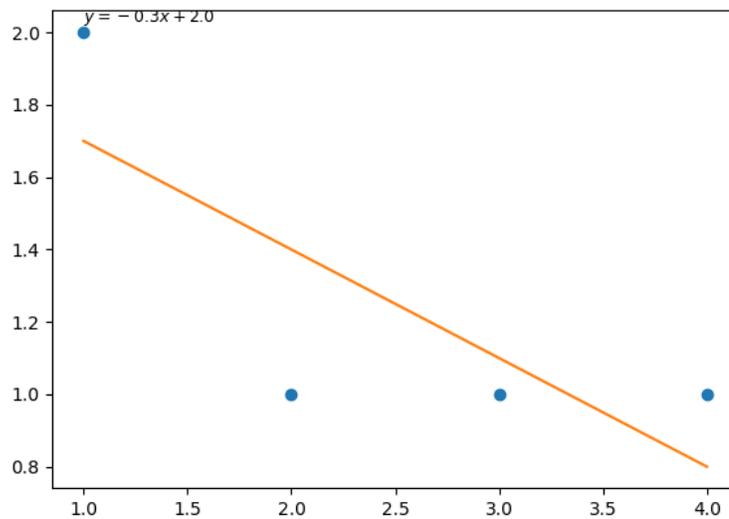


**Figura 8 Red de Subactividad**

Una de las actividades dentro del proyecto encontrada en la base de datos es explicada para entender el proceso del modelo ejecutado paso a paso. En la Figura 8 se obtiene la red dirigida obtenida para la actividad, en donde los nodos son ahora subactividades y la relación entre ellas sigue siendo la dependencia de una sobre la otra. Por medio de los conceptos generales de un grafo, se tiene que la distribución de grado de una red representa la estructura de la

misma, ya que permite determinar la conectividad de cada nodo y la importancia que puede tener cada uno dentro de la red general.

En la Figura 9 se visualiza como es usada la estructura de la red dentro del análisis de la actividad. La distribución de grado en este caso genera una red con estructura de libre escala, lo que quiere decir es que pocos nodos están conectados con muchas, y que muchos nodos están conectados con pocos.



**Figura 9 Distribución de grado y regresión lineal**

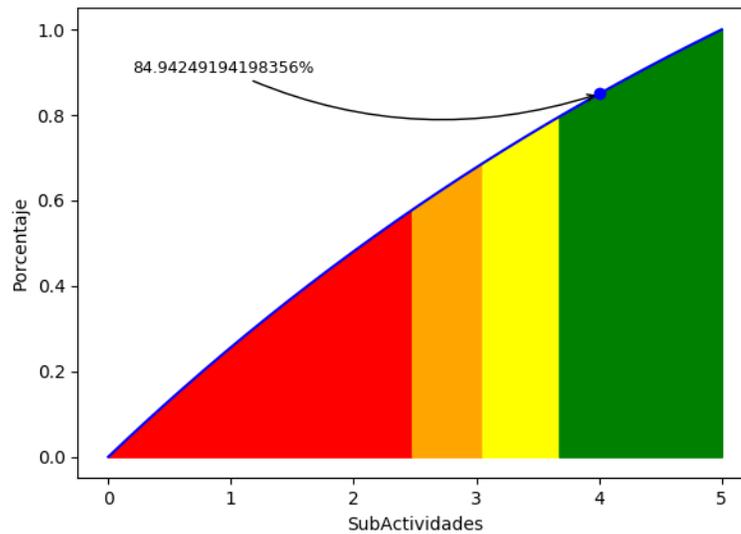
A partir de la distribución de grado de cada subactividad se efectúa el análisis cuantitativo propuesto por los índice DNP (DNP, 2017), estructurando los índices alcance, tiempo, presupuesto por medio de la ponderación 50%, 25% y 25% respectivamente. Luego, a partir de la ponderación aplicada es ejecutada un replanteamiento de la función de distribución,

donde cada nodo tendrá un grado de importancia dentro del proyecto debido a sus dependencias, tiempo y costo estimado de ejecución.

La importancia de esta distribución radica en el análisis efectuado en la misma. Ya se describió anteriormente como la ecuación contiene dependencias externas, como por ejemplo el grado de saturación. Este parámetro induce que tan pronunciada es la curva y de qué manera topológica se refleja en la visualización, percibiendo así el grado de importancia de cada subactividad desde el punto de vista de cumplimiento por alcance. El grado de saturación fue calculado utilizando la técnica de regresión lineal, la cual es una herramienta proporcionada por Machine Learning que describe el comportamiento de una función por medio de un análisis estadístico predictivo. La regresión lineal fue utilizada para obtener la función que comprende la curva obtenida con la distribución de grado, costo, tiempo, y así a su vez al ser un análisis lineal fue posible obtener el valor de la pendiente que más adelante se convertiría en el grado de saturación vinculado como parámetro de evaluación en la ecuación aplicada.

Una vez evaluada la importancia de cada subactividad dentro de la actividad por medio del modelo de manera computacional, se prosigue a obtener la curva de cumplimiento generada para el alcance de la actividad dentro del proyecto. La Figura 10 muestra por medio de una curva cóncava obtenida con el análisis de la distribución de grado, en donde se define que son necesarias como mínimo llevar a cabo tres subactividades para dar a cabo como cumplido la actividad. El código de colores traduce el nivel en que se encuentra la actividad (crítico,

bajo, medio, sobresaliente). Adicionalmente, es posible observar el grado de cumplimiento de la actividad, y así repercutir en el índice del cumplimiento global del proyecto.



**Figura 10 Curva de cumplimiento**

## 6.5 ASIGNACION DE JURADO

Para esta asignación se utilizó un árbol de decisión, este se entrena a partir de datos que se encuentran en PostgreSQL, con un 95% de los datos usado para el entrenamiento del árbol ya que no se contó con mucha información para alimentarla.

evaluador character varying(100)	grado character varying(100)	carrera character varying(100)	perfil character varying(100)	linea character varying(100)
Omar portilla	Magister	Ingeniero de Sistemas	Ciencias Computacionales	Automatización
Omar portilla	Magister	Ingeniero de Sistemas	Ciencias Computacionales	Software educativo
Orlando Maldonado	Doctor	Licenciado en Matemática y computación	Ciencias Computacionales	Inteligencia Artificial
Luis Esteban	Magister	Licenciado en Matemática y computación	Ingeniería del Software	Ingeniería del Software
Luz Marina	Doctor	Ingeniero de Sistemas	Ciencias Computacionales	Comunicación de Datos y nuevas tecnologías
Nelson Fernandez	Doctor	Biologo	Ciencias Computacionales	Sistemas Complejos
Yesid Madrid	Profesional	Ingeniero de Sistemas	Ciencias Computacionales	Inteligencia Artificial

**Figura 11 Base de Datos**

De la Figura 11 se puede observar los datos que se están obteniendo de PostgreSQL los cuales se usan para crear el árbol de decisión de la Figura 12.

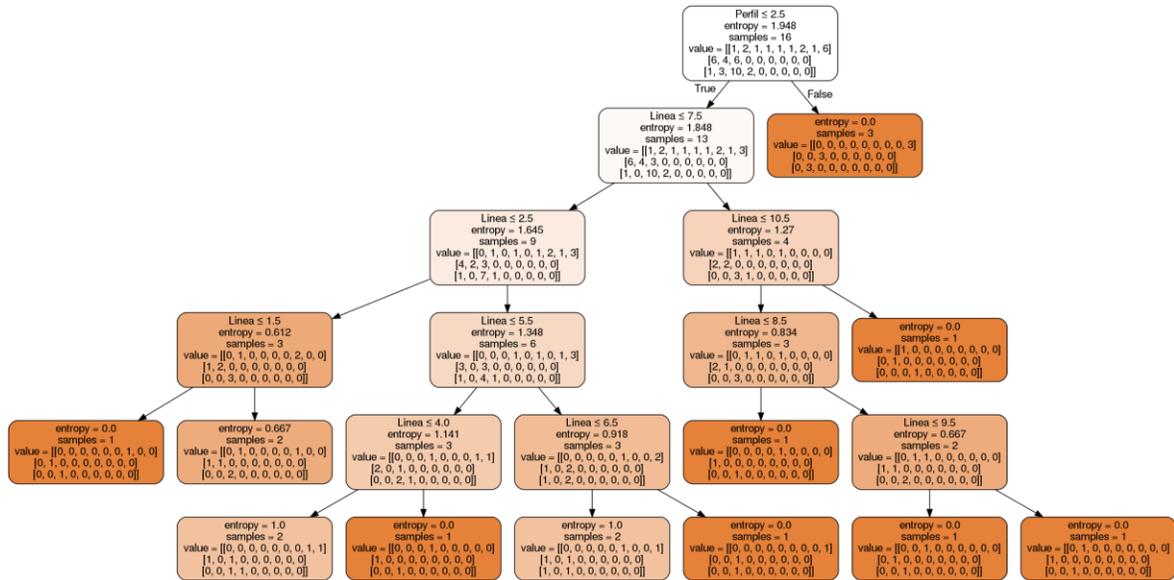


Figura 12 Árbol de Decisión

## 7. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

Los datos utilizados constan del manejo de las actividades y subactividades pertenecientes a un proyecto, en los cuales las actividades tienen una relación con otras para crear una red de dependencias entre ellas, de igual manera las subactividades que pertenecen a una actividad tienen sus relaciones, y junto a esto se le ingresan un valor de tiempo y costo que servirán para obtener la gráfica de cumplimiento de cada de las actividades.

En la Figura 13 se muestran las actividades usadas para el análisis de cumplimiento, en ella se encuentra el nombre de la actividad, un nombre corto, una descripción de lo que es la actividad y por ultimo las dependencias de cada una de las actividades.

Actividades	Corto	Descripcion	Dependencia
Adquisición de Equipos y Software	Equipo	Equipos de laboratorio adquiridos para pruebas	
Realizar las Capacitaciones y Cursos	Curso	Número de procesos pedagógicos dirigidos a	
Programas de Doctorados Apoyados	Doctorado	Esta actividad buscaba generar conocimiento	Curso
Actividades de Divulgación y Difusión	Divulgacion	Esta actividad buscó la generación de documentos	
Fomento de Redes de Conocimiento	Redes	Número de redes fomentadas. El desarrollo y	
Viajes Nacionales y Locales	Viajes	Viajes nacionales y locales. El desarrollo de e	Redes,Divulgacion
Protocolos de Diagnósticos	Protocolos	Con el desarrollo y cumplimiento de esta actividad	Equipo,Redes
Identificación de Agentes Epidemiológicos	Agentes	Documento diagnóstico de investigación. El d	Divulgacion,Protocolos,Equipo
Elaboración de Perfiles Epidemiológicos	Perfiles	Número de procesos analíticos. El desarrollo	Agentes,Equipo
Monitoreo de Casos, Agentes Epidemiológicos	Monitoreo	Número de muestras analizadas, conforme a	Divulgacion,Redes
Artículos de Investigación Científica	Articulos	El desarrollo y cumplimiento de esta actividad	Doctorado,Viajes,Monitoreo,Agentes

**Figura 13 Datos actividades**

En la Figura 14 se muestra las subactividades de la actividad adquisición de equipos en ella se encuentra la actividad a la que pertenece, el nombre de la subactividad, un nombre corto, las dependencias existentes entre ellas, el tiempo y el costo que se estimó en cada una de las subactividades y por último la subactividad en la que termino o se quedó dicha actividad. De igual manera, esta información se utiliza en cada una de las actividades en la Figura 15 con cursos, Figura 16 con doctorados, Figura 17 con protocolos y la Figura 18 con agentes

Actividad	Subactividad	Corto	Depender	T_estimac	costo	termino
Equipo	Identificación de Equipos y Software requerido	Identificacion		9	100000	0
Equipo	Búsqueda de equipos, software y proveedores	Busqueda	Identificacio	9	100000	0
Equipo	Evaluación de proveedores, equipos y software	Evaluacion	Busqueda	9	100000	0
Equipo	Cómité de compras	Comite	Evaluacion	9	1000000	0
Equipo	Realización de pedidos, confirmación por parte de	Pedido	Comite	9	10000000	0
Equipo	Recepción de equipos y software	Recepcion	Pedido	9	100000	0
Equipo	Capacitación en manejo de equipos y software a	Capacitacion	Pedido,Rece	9	200000	0
Equipo	Control de calidad de equipos y software	Calidad	Recepcion,C	9	100000	1

**Figura 14 Subactividades de Equipo**

Actividad	Subactividad	Corto	Depender	T_estimac	costo	termino
Curso	Planeación y estructuración de la capacitación	Planeacion		4	100000	0
Curso	Selección e invitación a las instituciones educativas	Seleccion	Planeacion	6	100000	0
Curso	Desarrollo de la capacitación	Desarrollo	Planeacion,S	24	1000000	0
Curso	Evaluación de la capacitación	Evaluacion	Desarrollo	2	200000	1

**Figura 15 Subactividades de Curso**

Actividad	Subactividad	Corto	Depende	T_estimac	costo	termino
Doctorado	Elaboración términos de referencia de la convoc	Elaboracion		2	100000	0
Doctorado	Publicación términos de referencia de la convoc	Publicacion	Elaboracion	2	200000	0
Doctorado	Proceso de selección de beneficiarios	Seleccion	Publicacion	4	1000000	1
Doctorado	Proceso de aprobación de beneficiarios en comi	Aprobacion	Publicacion,	4	500000	0
Doctorado	Proceso de formación	Formacion	Seleccion,Ap	9	10000000	0

**Figura 16 Subactividades de Doctorado**

Actividad	Subactividad	Corto	Depende	T_estimac	costo	termino
Protocolos	Revisión bibliográfica	Revision		9	100000	0
Protocolos	Preparación de protocolos	Preparacion	Revision	14	200000	0
Protocolos	Elaboración de protocolos	Elaboracion	Preparacion	19	500000	0
Protocolos	Estandarización de protocolos	Estandarizac	Elaboracion	19	500000	0
Protocolos	Prueba piloto: Aceptación o rechazo	Prueba	Estandarizac	29	100000	0
Protocolos	Implementación del protocolo	Implementa	Estandarizac	24	500000	1

**Figura 17 Subactividades de Protocolos**

Actividad	Subactividad	Corto	Depende	T_estimac	costo	termino
Agentes	Colección de insectos de interés	Coleccion		29	700000	0
Agentes	Detección molecular de agentes infecciosos	Deteccion	Coleccion	9	200000	0
Agentes	Análisis de Resultados	Analisis	Deteccion	14	200000	1

**Figura 18 Subactividades de Agentes**

## 8. PROTOTIPO EN LENGUAJE PYTHON

Como técnica de validación del modelo comprendido en este trabajo, se propone aplicar la metodología del modelo en una base datos por medio de un prototipo programado en el lenguaje Python. A continuación, se presentan captures de los esquemas de interfaz gráfica codificadas, y además los resultados obtenidos por este dentro de su marco de salida que es, a través de una ficha de presentación.

The screenshot shows a web application interface for managing activities. On the left, a vertical sidebar contains three menu items: 'Actividades', 'Sub-Actividades', and 'Resultados'. The main content area is titled 'Actividad' and contains the following elements:

- A text input field labeled 'Ingrese costo del proyecto'.
- A text input field labeled 'Nombre Corto'.
- A text input field labeled 'Actividad'.
- A large text area labeled 'Descripción de la Actividad'.
- A dropdown menu with the value 'A1'.
- A button labeled 'Insertar dependencia'.
- A button labeled 'Insertar Actividad'.

**Figura 19 Pestaña Actividad del prototipo**

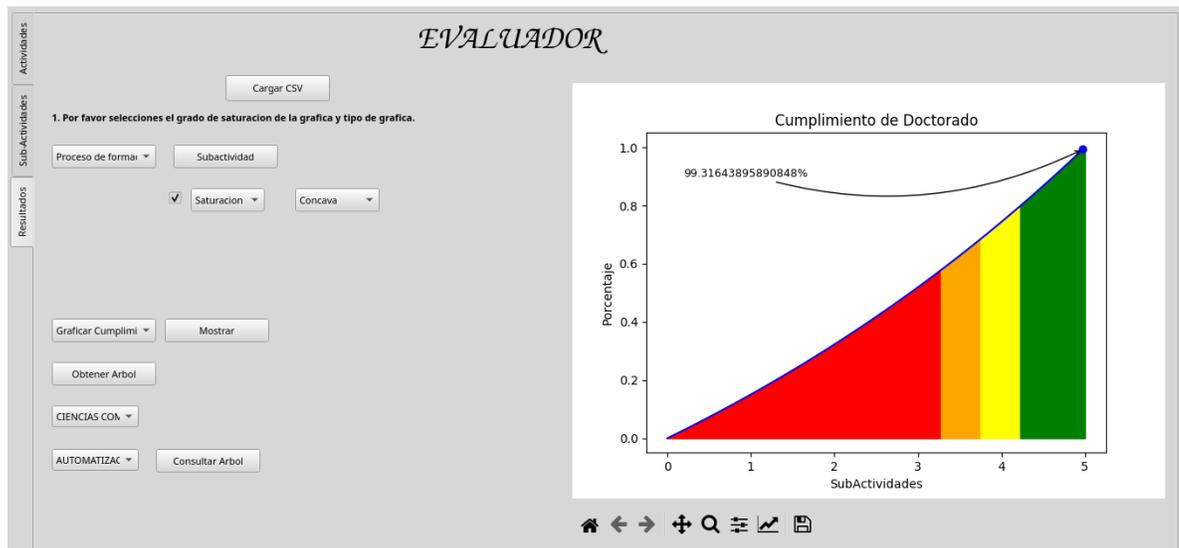
En la pestaña anterior se muestra la primera parte del prototipo, el cual se maneja la gestión de las actividades del proyecto. Consta de unos campos de texto (Texto) en los cuales se ingresan el nombre completo de la actividad, un nombre corto para identificarlo y una descripción de la misma. Existe una lista desplegable (Combox) con el que se interactúa para crear las relaciones o dependencias entre las actividades y el botón de insertar actividad que envía todos los datos a un vector. Por último, del lado izquierdo se encuentra un campo de texto en el cual se ingresa o asigna el costo total del proyecto.

The screenshot shows a web application interface for managing sub-activities. On the left, a vertical sidebar contains three menu items: 'Actividades', 'Sub-Actividades', and 'Resultados'. The main content area is titled 'Subactividad' and contains the following elements:

- A text input field labeled 'Nombre Corto'.
- Two date dropdown menus labeled 'Tiempo Inicio' and 'Tiempo Fin', both showing '1/01/00'.
- A text input field labeled 'Costo'.
- A text input field labeled 'Ingresar Sub-actividad'.
- Two date dropdown menus showing '19/01/00' and '11/01/00'.
- A button labeled 'Insertar dependencia'.
- A dropdown menu with the value 'S1'.
- A text input field labeled 'Actividad'.
- A dropdown menu with the value 'A1'.
- A button labeled 'Insertar Sub-actividad'.
- A large empty text area at the bottom.

**Figura 20 Pestaña Subactividades del prototipo**

La pestaña subactividades está conformada por tres campos de texto en los cuales se ingresan el nombre completo de las subactividades, un nombre corto para identificarlos y el costo que ha tenido esa subactividad, además de la inserción de las fechas en las que se había planeado que se ejecutarían cada subactividad y las fechas reales en que se llevó a cabo



**Figura 21 Pestaña Resultados del Prototipo**

Por último, la pestaña de resultados, la cual está conformada de algunos botones y un comboBox, con la función de acceder a los datos ingresados en la pestaña 1(Actividades) y la pestaña 2 (Subactividades) y mostrar esos datos en forma de graficas o diagramas, además se encuentra el botón obtener árbol que toma de una base de datos en PostgreSQL de los jurados posibles que puede tener un proyecto.

Los resultados de la herramienta son generados por medio de fichas técnicas, en donde cada campo representara la visualización estadística por factor de cada actividad. A continuación, se muestra un diagrama de flujo con el funcionamiento del gestor y se utiliza la base de datos

para generar cinco fichas, prueba del valor agregado como resultado de la validación del modelo, en donde se dan diferentes casos comprobando el funcionamiento del modelo en las distintas instancias dentro del proyecto.

### Diagrama de Flujo del funcionamiento del Gestor

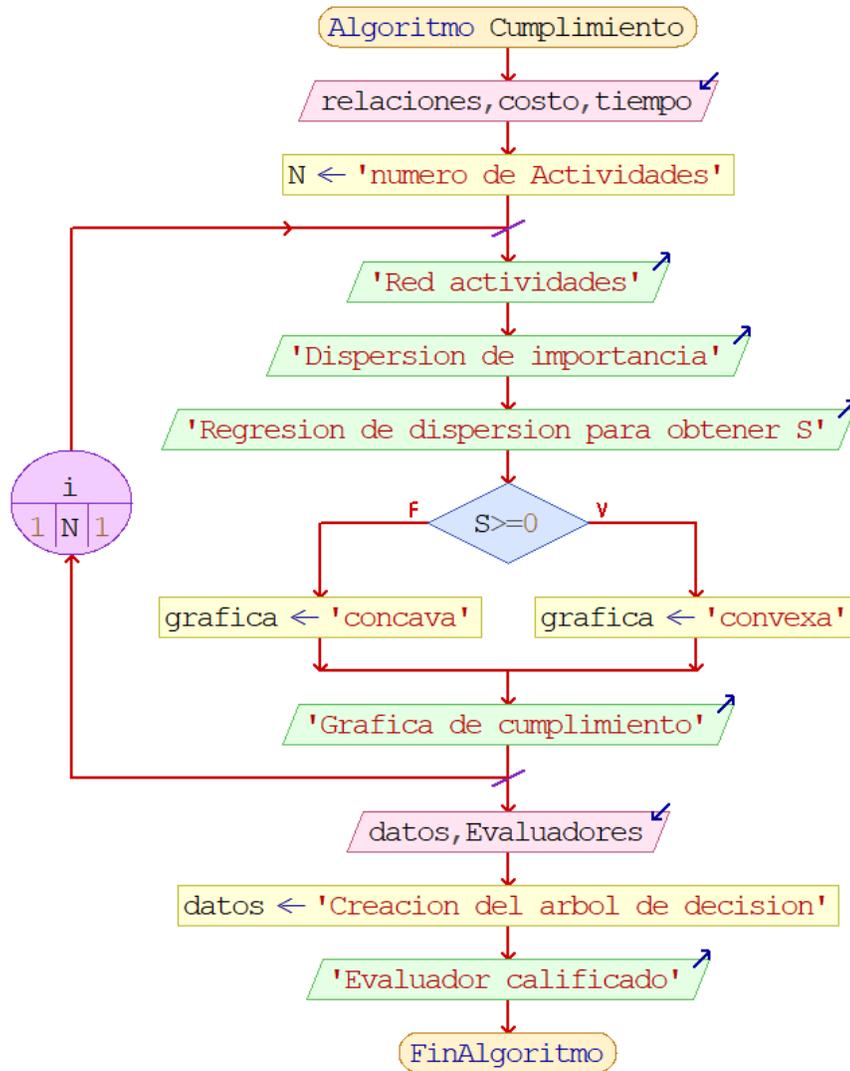
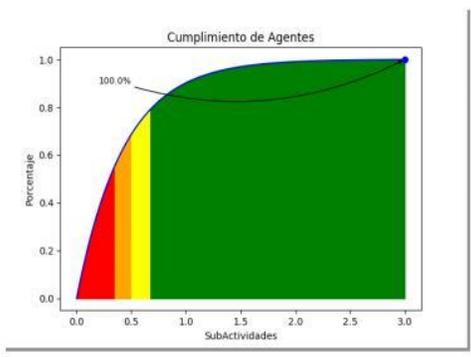
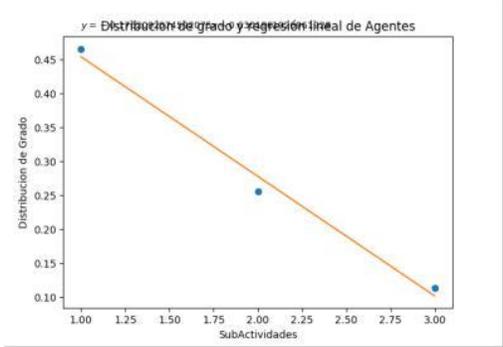
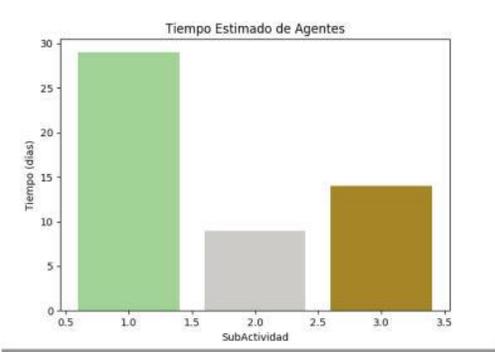
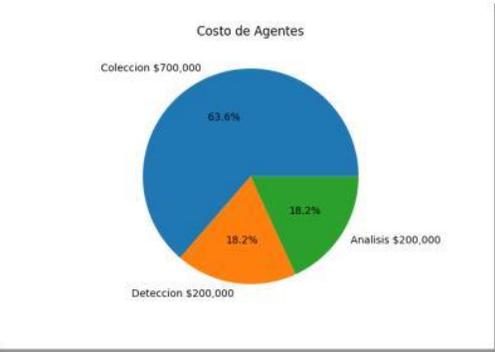
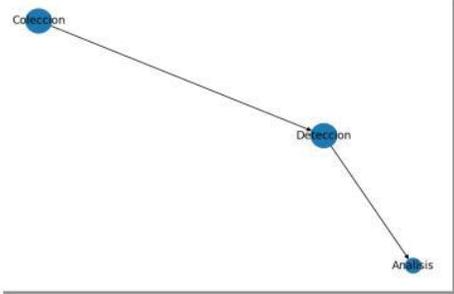


Figura 22 Diagrama de flujo de funcionamiento del gestor

En la Figura 23 se muestra el cumplimiento de la actividad Identificación de Agentes usando la red de dependencia entre las subactividades, el costo y tiempo para generar una distribución de datos que corresponden al 50%, 25% y 25% respectivamente con esto se obtiene el valor de la saturación y la forma de la gráfica (Cónca o Convexa) de cumplimiento en el cual podemos observar el porcentaje de avance de una actividad dependiendo de las subactividades. De igual manera, se muestra el mismo análisis o procedimiento con otras actividades del proyecto que se encuentran desde la Figura 24 hasta la Figura 27.

# Identificación de Agentes Etiológicos a Partir de Muestras de Insectos Vectores Recolectados

Documento diagnóstico de investigación. El desarrollo y finalización de esta actividad permitió cumplir el objetivo de promover el desarrollo de investigaciones dirigidas al fortalecimiento del sistema de vigilancia epidemiológica, identificación de zonas de riesgo y análisis de su contexto eco-epidemiológico. Para el cumplimiento de esta actividad fue necesaria la adquisición de equipos y software, la capacitación en técnicas diagnósticas y los protocolos diagnósticos.



**Sub-Actividades**

- 1) Colección de insectos de interés.
- 2) Detección molecular de agentes infecciosos.
- 3) Análisis de Resultados.

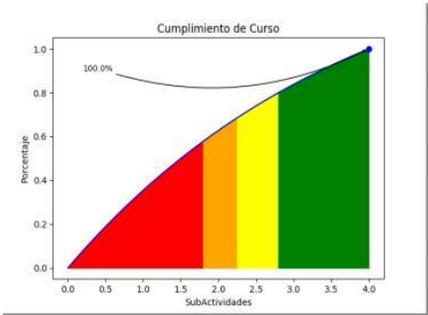
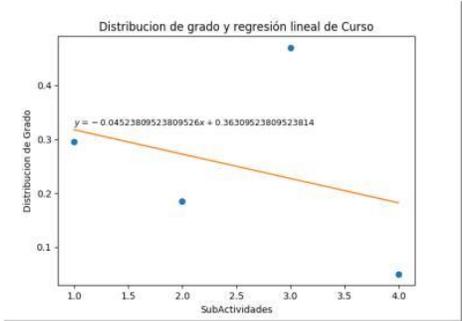
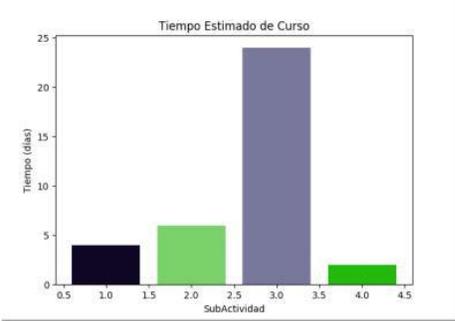
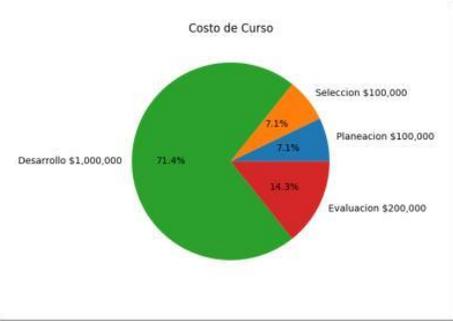
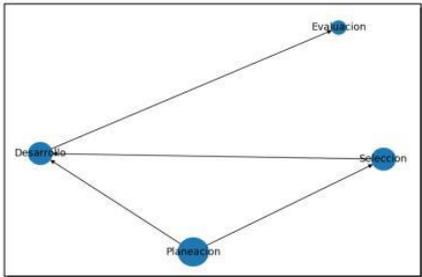
Categorías	Critico	Bajo	Medio	Sobresaliente
Rango	[0 - 58]	[58 - 69]	[69 - 80]	> 80

## Evaluación cualitativa de Jurado asignado

Figura 23 Ficha de Agentes

## Realizar las Capacitaciones y Transferencia de Tecnología

Número de procesos pedagógicos dirigidos al fomento de la investigación en profesionales. El cumplimiento de esta actividad permitió generar conocimiento y transferir tecnologías que impactan en la salud pública del departamento de Córdoba en el campo de las Enfermedades Tropicales.



**Sub-Actividades**

Planeación y estructuración de la capacitación  
 Selección e invitación a las instituciones educativas  
 Desarrollo de la capacitación  
 Evaluación de la capacitación

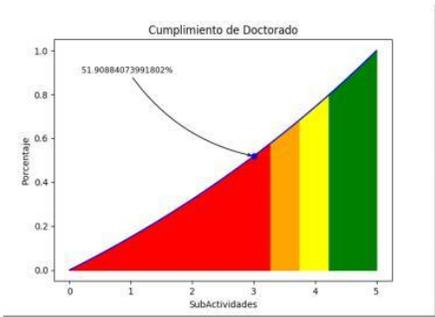
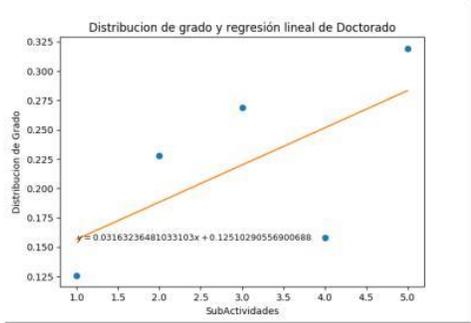
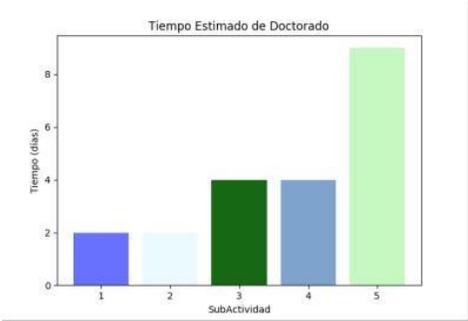
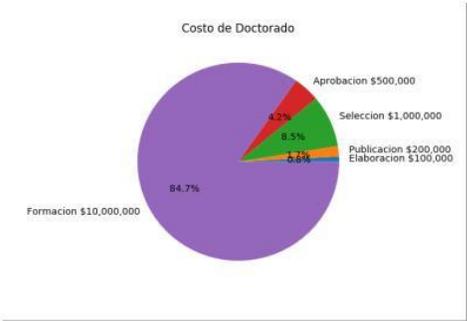
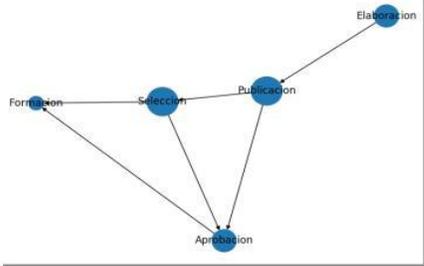
Categorías	Crítico	Bajo	Medio	Sobresaliente
Rango	[0 - 58]	[58 - 69]	[69 - 80]	> 80

Evaluación cualitativa de Jurado asignado

Figura 24 Ficha de Capacitaciones y Cursos

# Programas de Doctorados Apoyados

Esta actividad buscaba generar conocimiento y transferir tecnologías que impactaran en la salud pública del departamento de Córdoba, en el campo de las Enfermedades Tropicales. Igualmente, el desarrollo de esta estrategia buscaba que el capital humano mejorara su contribución al Desarrollo económico, político, cultural, ambiental y social. Con ello se deseaba incidir directamente en un cambio en la formación de un nuevo hombre y en la transformación productiva de la región.



**Sub-Actividades**

Elaboración términos de referencia de la convocatoria.  
 Publicación términos de referencia de la convocatoria.  
 Proceso de selección de beneficiarios.  
 Proceso de aprobación de beneficiarios en comité.  
 Proceso de formación.

Categorías	Crítico	Bajo	Medio	Sobresaliente
Rango	[0 - 58]	[58 - 69]	[69 - 80]	> 80

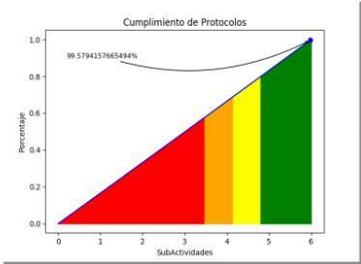
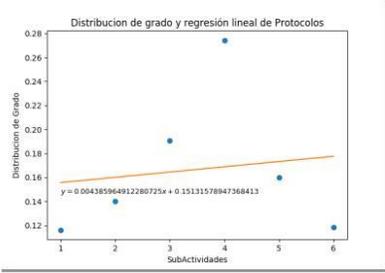
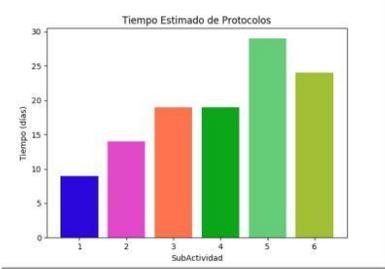
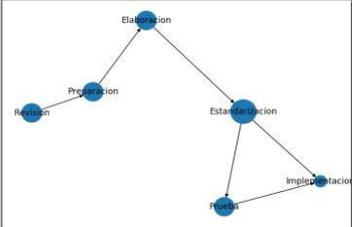
## Evaluación cualitativa de Jurado asignado



**Figura 25 Ficha de Doctorados**

# Protocolos de Diagnósticos

Con el desarrollo y cumplimiento de esta actividad se logró fomentar la investigación, capacitación y transferencia tecnológica para el desarrollo y fortalecimiento de herramientas diagnósticas en la identificación de los agentes etiológicos causantes de enfermedades tropicales. El cumplimiento de esta actividad dependió del fomento de redes de conocimiento, la capacitación en técnicas diagnósticas y la adquisición de equipos y software. A su vez, la identificación de agentes etiológicos a partir de muestras de insectos vectores fue dependiente de la realización de protocolos diagnósticos.



**Sub-Actividades**

Revisión bibliográfica.  
 Preparación de protocolos.  
 Elaboración de protocolos.  
 Estandarización de protocolos (9 actividades en dengue).  
 Prueba piloto: Aceptación o rechazo.  
 Implementación del protocolo.

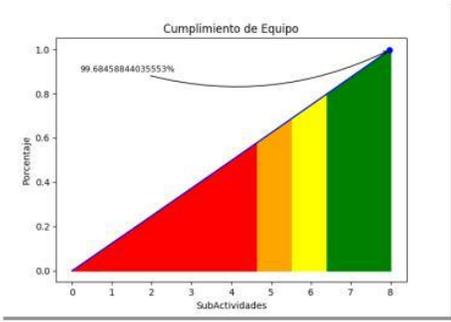
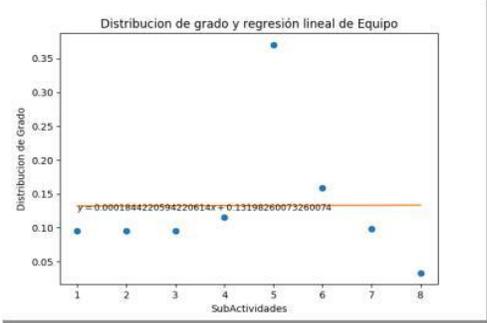
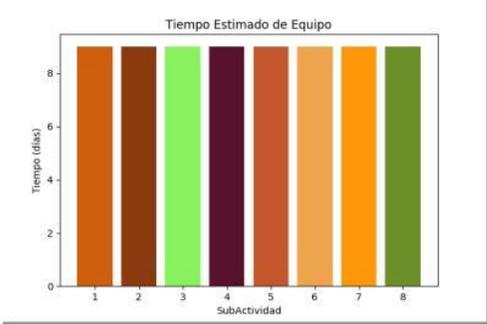
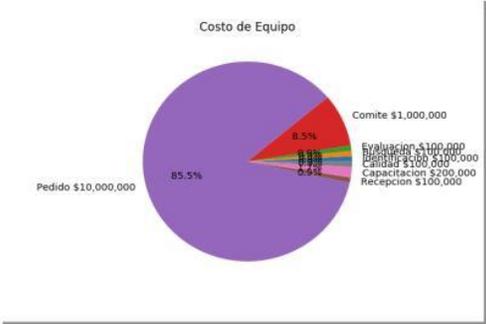
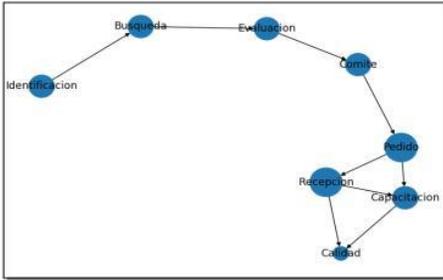
Categorías	Critico	Bajo	Medio	Sobresaliente
Rango	[0 - 58]	[58 - 69]	[69 - 80]	> 80

Evaluación cualitativa de Jurado asignado

**Figura 26** Ficha de Protocolos

# Adquisición de Equipos y Software

Equipos de laboratorio adquiridos para pruebas y ensayos de la investigación. Permitted fomenting the investigation, training and technological transfer for the development and strengthening of diagnostic tools in the identification of etiologic agents of Malaria, Dengue, Leishmaniasis and Chagas. In time, it allowed the development of protocols for detection of pathogens and vectors, and elaboration of epidemiological profiles.



**Sub-Actividades**  
 Identificación de Equipos y Software requerido.  
 Búsqueda de equipos, software y proveedores.  
 Evaluación de proveedores, equipos y software.  
 Comité de compras.  
 Realización de pedidos, confirmación por parte de proveedores, pagos y tiempo de espera.  
 Recepción de equipos y software.  
 Capacitación en manejo de equipos y software al personal de laboratorio por parte de fabricantes.  
 Control de calidad de equipos y software.

Categorías	Critico	Bajo	Medio	Sobresaliente
Rango	[0 - 58]	[58 - 69]	[69 - 80]	> 80

Evaluación cualitativa de Jurado asignado



Figura 27 Ficha de Adquisición de Equipos

## 9. CONCLUSIONES

- Esta tesis desarrolló un procedimiento adecuado para evaluar proyectos de investigación a través de la evaluación del cumplimiento de cada una de las actividades. Esto fue posible, en razón a la aplicación de las técnicas computacionales como redes complejas y técnicas de aprendizaje automático (machine learning), como regresión lineal y árbol de decisión. A partir de ellas, fue posible el análisis cuantitativo desde evaluaciones subjetivas dentro del marco de la estadística aplicada.
- Desde la aplicación de redes complejas y la obtención de la distribución de grado, se validó que la ponderación de 0,50-0,25 y 0,25 para el grado de salida, el costo y el tiempo de cada una de las subactividades, respectivamente, son los parámetros de mejor resultado y que se ajustan de forma eficaz al fenómeno representado de la evaluación de proyectos. Con ellos, se pudo obtener la regresión lineal utilizada para determinar el grado de saturación y de allí graficar el índice de cumplimiento desarrollado.
- Se validó la eficiencia de la inteligencia artificial por medio de las técnicas aplicadas dentro del proyecto, favoreciendo el estudio dentro de la línea de investigación y proponiendo un nuevo enfoque de trabajo dentro del grupo de investigación.

- Los resultados a partir del árbol de decisión, no obstante, la poca información con la que se alimentó la base de datos, se consideran como apropiados. Tales resultados muestran cuál jurado cumple con las características o el enfoque al que está orientado el proyecto de la mejor manera.

## **10. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

Aplicar el Gestor en diferentes escenarios, incluyendo proyectos políticos, empresariales, administrativos, etc. Para poder así validar el alcance de la metodología aplicada.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Albert-Laszio-Barabasi. (2006). *Network Science*.
- Alfonso Urquia Moraleda, C. M. (2016). *Métodos de simulacion y modelado*.
- Bagnato, J. I. (2018). *Aprende Machine Learning*. Obtenido de Aprende Machine Learning: <https://www.aprendemachinlearning.com/arbol-de-decision-en-python-clasificacion-y-prediccion/>
- DNP. (2017). *ÍNDICE DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE REGALÍAS*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Regalas/Monitoreo/IGPR/Docs%20IGPR/Fichas%20t%C3%A9cnicas%20de%20Indicadores%20IGPR.pdf>
- ElsevierB.V. (2019). *sciencedirect*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/topics/mathematics/concave-function>
- Junco., A. (s.f.). *Bolunta*. Obtenido de <http://www.bolunta.org/manual-gestion/proyectos3d.asp>
- Kleinberg, D. E. (2010). *Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly Connected World*.
- Lax, F. &. (1971). *Systems of Conservation Equations with a Convex Extension*.
- Madrid, Y. (2016). *Complejidad en redes de libre escala y mundo pequeño: Un enfoque desde la computacion paralela*.
- Mitchell, J. G. (1983). *An Overview of Machine Learning*.
- Perfetti, J. J. (2010). *Ciencia, Tecnología e Innovación (CT+I)*. Obtenido de Colciencias: <http://repositorio.colciencias.gov.co/handle/11146/516>

Rosario, U. d. (2017). *Cienciometría y controversia: Acerca del ranking de los mejores investigadores en Colombia*. Obtenido de NovaEtVetera: <https://www.urosario.edu.co/Periodico-Nova-Et-Vetera/Columna-Editorial/Cienciometria-y-controversia-Acerca-del-ranking-d/>

Rossum, G. v. (2009). *Tutorial en python*.

Springer. (2008). *Machine Learning*.

Willson, A. R. (2017). *Linear Regression*.