

**IDENTIFICACIÓN DE LA RUTA CRÍTICA EN LOS PROYECTOS DE ESTUDIOS  
DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA EMPRESA CONSULTORÍA Y MEDIO  
AMBIENTE LTDA.**

**PRESENTADO POR:  
ANA MARÍA BLANCO ARENAS**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2012**

**IDENTIFICACIÓN DE LA RUTA CRÍTICA EN LOS PROYECTOS DE ESTUDIOS  
DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA EMPRESA CONSULTORÍA Y MEDIO  
AMBIENTE LTDA**

**PRESENTADO POR:  
ANA MARÍA BLANCO ARENAS  
ID: 000117422**

**PRESENTADO A:  
COMITÉ DE PRÁCTICAS**

**Director:  
Ing. Rolando Acosta**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2012**

## AGRADECIMIENTOS

*Inicialmente quiero agradecer a Dios por estar a mi lado siempre llenándome de alegrías y por permitirme la oportunidad de vivir esta excelente experiencia de aprendizaje profesional y personal.*

*Gracias a mi padres y hermanos por su apoyo y acompañamiento incondicional en este largo camino, porque me enseñaron con su ejemplo, a siempre luchar por lo que quiero, y a ser una persona honesta, trabajadora y responsable, porque con su amor y cariño han formado la persona que soy hoy y me siento preparada para iniciar satisfactoriamente este nuevo proyecto de vida.*

*.A una de las personas más importantes de mi vida, la tia Glo, no tengo como agradecerle por ser siempre la mano amiga en la que siempre podré encontrar un apoyo y fuerza para seguir adelante.*

*Finalmente, quiero agradecer a todo el grupo C&MA Ltda. porque cada uno formó parte de la realización de este proyecto, sin su buena disposición hubiese sido muy difícil lograrlo, pero más que eso, quiero agradecerles por darme la oportunidad de aprender y crecer profesionalmente. Me siento muy orgullosa de haber formado parte de ésta empresa.*

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	12
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA .....	13
1.1. RESEÑA HISTÓRICA.....	13
1.2. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL .....	14
1.3. MISIÓN.....	15
1.4. VISIÓN.....	15
1.5. SERVICIOS .....	15
1.7. TELÉFONO .....	17
1.8. DIRECCIÓN.....	17
1.9. NOMBRE DEL SUPERVISOR TÉCNICO.....	17
2. DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA.....	18
3. ANTECEDENTES.....	19
4. OBJETIVOS.....	21
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	21
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
5. MARCO TEÓRICO .....	22
5.1. ESTUDIOS DE TIEMPOS .....	22
5.2. DIAGRAMA DE GANTT Y MALLA DE PERT .....	23
5.3. DIAGRAMA CPM.....	23
5.4.1. Planeación del proyecto.....	25
5.4.1.1. Reunión de planeación.....	25
5.4.1.2. Preparación para el desplazamiento a campo.....	27
5.4.2. Realización del trabajo de campo.....	28

5.4.2.1.	Desplazamiento de la comisión en campo..	28
5.4.2.2.	Llegada e instalación de la comisión en campo.....	28
5.4.2.3.	Cumplimiento de las funciones asignadas a campo. ....	29
5.4.2.4.	Seguimiento de las labores de campo y retorno.....	29
5.4.3.	Elaboración de informe. ....	29
5.4.3.1.	Gestión de la información primaria. ....	31
5.4.3.2.	Diseño de la base cartográfica. ....	31
5.4.3.4.	Elaboración del informe. ....	31
5.4.3.5.	Controles para la revisión del documento.....	32
5.4.3.6.	Edición e impresión del borrador.. ....	32
5.4.3.7.	Entrega al cliente. ....	32
5.4.3.8.	Tratamiento de las correcciones del cliente.....	32
5.4.3.9.	Edición e impresión final del documento ....	32
5.5.	TIPOS DE ESTUDIOS QUE REALIZA C&MA LTDA.....	32
5.5.1.	Planes de manejo ambiental ....	32
5.5.2.	Estudios de impacto ambiental ....	33
6.	ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA PRÁCTICA .....	34
6.1.	Desarrollo de la primera fase: Estructura del proceso .....	34
6.2.	DESARROLLO DE LA SEGUNDA FASE: RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	36
6.2.1	Modelo hoja de tiempos o Time Sheet.....	36
6.3.	TOMA DE TIEMPOS:.....	39
6.4.	ANÁLISIS DE VARIABILIDAD: .....	45
6.5.	RUTA CRÍTICA .....	47
6.6.	DESARROLLO DE LA TERCERA FASE: SIMULACIÓN EN ARENA .....	62
6.6.1.	Metodología del modelo de simulación .....	62
6.6.2.	Presentación del modelo.....	63
6.6.4.	Resultados .....	68
7.	IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTAS .....	72
7.1	MEJORAS PROPUESTAS .....	72

8. CONCLUSIONES .....	77
9. RECOMENDACIONES.....	79
10. IBLIOGRAFIA .....	81

## LISTA DE TABLAS

	Págs.
Tabla 1 Número de estudios totales por Departamento.....	34
Tabla 2 Proyectos seleccionados .....	34
Tabla 3 Tiempos obtenidos de los estudios de impacto ambiental Canaguaro, Canelo Nogal, Chipo y Capela.....	39
Tabla 4 Tiempo de entrega de los laboratorios y cartógrafo en días .....	43
Tabla 5 Recursos por proceso .....	43
Tabla 6 Tareas Críticas de los Estudios de Impacto Ambiental seleccionados .....	53
Tabla 7 Tareas Críticas del tiempo promedio .....	55
Tabla 8 Escenarios Estudio de Impacto Ambiental Canaguaro. ....	57
Tabla 9 Escenarios Estudios de Impacto Ambiental Canelo Nogal .....	58
Tabla 10. Escenarios Estudio de Impacto Ambiental Capella.....	60
Tabla 11 Escenarios Tiempo promedio de los cuatro estudios.....	61
Tabla 12 Resultados de las actividades con mayor tiempo de espera con base en ARENA .....	69
Tabla 13 Ruta Crítica cuando la cartografía es mayor.....	73
Tabla 14 Ruta Crítica cuando la cartografía es menor.....	74

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Estructura organizacional de C&MA Ltda. ....	14
Figura 2. Etapas de un estudio de impacto ambiental .....	24
Figura 3. Actividades dentro de la planeación de un proyecto.....	25
Figura 4 Diagrama de actividades en la realización del trabajo de campo .....	28
Figura 5. Diagrama de actividades en la elaboración del informe.....	30
Figura 6. Proceso de elaboración de EIA .....	35
Figura 7. Ruta Crítica del Estudio De Impacto Ambiental Canaguaro .....	48
Figura 8 Ruta Crítica del Estudio De Impacto Ambiental Canelo Nogal .....	49
Figura 9. Ruta Crítica del Estudio De Impacto Ambiental Chipó.....	50
Figura 10. Ruta Crítica del Estudio De Impacto Ambiental Capella .....	51
Figura 11. Ruta Crítica del promedio de los cuatro tiempos de los Estudios de Impacto Ambiental .....	52
Figura 12. Modelo en ARENA de la fase 1. Planeación.....	63
Figura 13 Modelo en ARENA de la fase 2. Trabajo de campo .....	64
Figura 14 Modelo en ARENA de la fase 3. Elaboración del documento .....	66
Figura 15. Resultados ARENA sobre recursos programados .....	70
Figura 16 Resultados ARENA sobre el número de veces utilizado un recurso .....	71

## LISTA DE ANEXOS

Págs.

ANEXO A. Estudios de impacto ambiental realizados por C&MA en el año 2010 y 2011 .....	82
--	----

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** IDENTIFICACIÓN DE LA RUTA CRÍTICA EN LA ELABORACIÓN DE LOSS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA EMPRESA CONSULTORIA Y MEDIO AMBIENTE LTDA

**AUTOR(ES):** Ana María Blanco Arenas

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Industrial

**DIRECTOR(A):** Rolando José Acosta Amado

### RESUMEN

Consultoría y Medio Ambiente es una empresa prestadora de servicios de consultoría ambiental al sector de Hidrocarburos, especialmente a las compañías petroleras. Recientemente se han presentado inconformidades en cuanto a los procesos y los tiempos de entrega de sus servicios; por esta razón se ha diseñado como practica de grado, un estudio que permita conocer cuáles son las tareas que se encuentran dentro de la ruta crítica, es decir, aquellas actividades que presentan demoras y generan retrasos en la entrega final del servicio, causando el mayor número de quejas y reclamos de parte de sus clientes; los estudios de impacto ambiental. Para ello, se seleccionaron cuatro estudios realizados durante los años 2010 y 2011, en diferentes zonas del país (Putumayo, Meta y Casanare) y a partir de entrevistas con los líderes de dichos proyectos se logró establecer y estandarizar el proceso de elaboración de los Estudios de Impacto ambiental, obteniendo los tiempos de elaboración en cada una de las tareas. Luego de organizar la información, mediante el uso de herramientas como Project Management (método de la ruta crítica) y el simulador de procesos ARENA se encontró que las actividades que más demoras presentan y retrasan el tiempo de entrega final de los estudios son: el laboratorio de agua (de acuerdo a ARENA) y la cartografía (de acuerdo a Project Management) así como las actividades que requieren para su ejecución de la información en ellas obtenida. A su vez, se diseñaron herramientas de control de tiempos en Visual Basic (bases de datos) y Excel para facilitar el seguimiento de las tareas y generar un soporte que sirva de base para la toma de decisiones en la dirección y control del proceso.

### PALABRAS

#### CLAVES:

consultoría, ruta crítica, ARENA, estudio de impacto ambiental, simulación

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## GRADUATION WORK ABSTRACT

**TITLE:** CRITICAL PATH IDENTIFICATION IN THE CONDUCTION OF ENVIRONMENTAL IMPACT STUDIES AT CONSULTORIA Y MEDIO AMBIENTE LTD. COMPANY

**AUTHOR(S):** Ana María Blanco Arenas

**FACULTY:** Faculty Industrial Engineering

**DIRECTOR:** Rolando Jose Acosta Amado

*Consultoria y Medio Ambiente* is a company providing environmental consulting services to the hydrocarbon sector, especially to petroleum companies. There have been disagreements about processes and delivery service timing recently. Therefore, a study to find out the tasks associated to the Critical Path was designed as a graduation project, that is, those activities generating delays in the final service delivery that result in the majority of complaints from customers regarding environmental impact studies. Four studies were selected during 2010 and 2011 in different parts of the country (Putumayo, Meta and Casanare). The process of designing environmental impact studies was determined and standardized based on interviews with leaders of these projects to obtain processing times for each task. After organizing the information by using tools such as Project Management (Critical Path Method) and ARENA process simulator, it was found that those activities with the longest delays regarding the final delivery time of environmental studies occur in the Water Laboratory (according to ARENA simulator) and Cartography (according to the Project Management simulator) with the activities requiring information from them. Furthermore, Time control tools using Visual Basic (databases) and Excel were designed to facilitate task follow-up and support for decision-making in process control and direction.

**KEYWORDS:**

Consulting services; Critical Path; ARENA; Environmental Impact Study; simulation.

**APPROVED BY THE GRADUATION WORK SUPERVISOR**

## INTRODUCCIÓN

Consultoría y Medio Ambiente Ltda. es una organización dedicada a la prestación de servicios de consultoría ambiental a las empresas del sector de hidrocarburos, especialmente a las petroleras. Durante el último año ha presentado demoras y retrasos en cuanto a la elaboración y entrega del servicio más importante que presta, los estudios de impacto ambiental. Por esta razón se ha diseñado una práctica empresarial que permita definir y diagnosticar el proceso de elaboración de Estudios de impacto ambiental, a través del análisis de la ruta crítica con el fin de plantear herramientas de mejora en el proceso y aumentar la calidad en el servicio.

En el desarrollo de este trabajo se utilizaron herramientas estadísticas, diagramas de flujo, diagramas de Gantt y CPM, para determinar las actividades que forman parte de la ruta crítica en la elaboración de estudios de impacto ambiental, así como el uso de programas tales como, Project Management y ARENA, para facilitar el Procesamiento y análisis de la información.

Conociendo la ruta crítica en la elaboración de estudios de impacto ambiental y su comportamiento, se desarrollaron herramientas en Visual Basic y Excel que permitieran a la empresa controlar los tiempos desde la fase inicial, la planeación, hasta la entrega final del documento, colocando especial énfasis en las tareas críticas.

A continuación se detalla el desarrollo de las actividades que permitieron la obtención y el análisis de los datos, la generación de controles y propuestas, en busca de mejorar la productividad y el desarrollo del trabajo en la elaboración de estudios de impacto ambiental.

## **1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

### **1.1. RESEÑA HISTÓRICA**

C&MA Ltda. nace del deseo de dos ingenieros de petróleos egresados de la Universidad Industrial de Santander de crear un proyecto generador de empleo personal y para otros profesionales de la región, con el profundo interés de trabajar en temas relacionados con la protección ambiental y el desarrollo sostenible. Estas motivaciones unidas a la identificación de la escasa oferta de proyectos empresariales serios que entregaran productos de alta calidad al estado y la industria colombiana obtuvo como resultado la creación de Consultoría y Medio Ambiente Ltda.

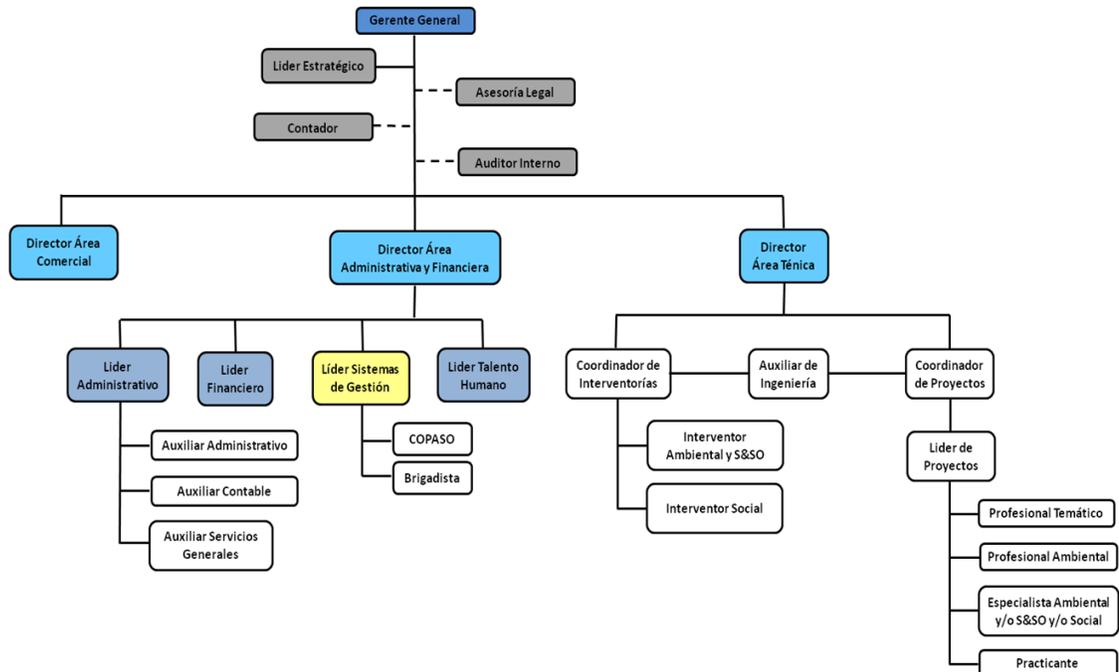
C&MA Ltda. fue constituida en marzo de 1999, mediante la escritura pública número 466 de la notaría Octava del círculo notarial de Bucaramanga y se encuentra inscrita en la Cámara de Comercio bajo el Registro Mercantil número 05-074047-03 de la Cámara de Comercio de Bucaramanga. Su identificación tributaria ante la DIAN es la número 804.007.332-9. La empresa cuenta con dos sedes en Colombia; la oficina principal ubicada en la ciudad de Bucaramanga y otra oficina en Bogotá.

En este momento se encuentra en proceso de crecimiento y expansión debido al interés de una empresa multinacional en realizar negociaciones con ella, por lo que indispensablemente requiere de un estudio detallado que permita conocer el comportamiento de sus procesos, para mejorar la calidad en el servicio.

## 1.2. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

C&MA Ltda., realiza su actividad por medio de tres áreas o departamentos: el área técnica, el área administrativa y financiera y el área comercial. El área técnica de la empresa, que tiene a su cargo la elaboración de los diferentes estudios ambientales y la prestación del servicio, está compuesta por un director, la coordinadora de proyectos, los líderes de proyectos, los profesionales temáticos y el auxiliar de Ingeniería. La coordinadora se encarga de supervisar el desarrollo de cada proyecto y su cumplimiento. C&MA Ltda., cuenta con dos líderes de proyectos que se encargan de la puesta en marcha de cada estudio y del cumplimiento de los objetivos trabajando junto a un equipo de profesionales temáticos.

**Figura 1. Estructura organizacional de C&MA Ltda.**



Fuente: extraído de la empresa C&MA Ltda.

### 1.3. MISIÓN

*“En C&MA desarrollamos soluciones que contribuyen a la preservación del Medio Ambiente y el mejoramiento de la calidad de vida, a través del crecimiento de su talento humano, la innovación en sus procesos y la construcción de relaciones de largo plazo con nuestros grupos de interés.”*

### 1.4. VISIÓN

*“Para el año 2015 Consultoría y Medio Ambiente será la empresa prestadora de servicios y soluciones ambientales más reconocida en Colombia por su profesionalismo, calidad en el servicio, relaciones con los clientes e innovación.”*

### 1.5. SERVICIOS

Los servicios que presta C&MA Ltda., consisten en el desarrollo de estudios y análisis que mitiguen y compensen los impactos causados por las actividades de sus clientes, estos servicios se clasifican en:

- **Calidad del aire:** Mediciones del aire y ruido, inventario y caracterización de emisiones atmosféricas, trámite de permiso de Emisiones, estudios de modelamiento del impacto de emisiones.
- **Prevención y atención de emergencias:** Elaboración e implementación de planes de contingencia, análisis de riesgos, estudios de contaminación provocada por contingencias, diseño e implementación de metodología APEL, socialización, divulgación y entrenamiento en planes de contingencia.

- **Recursos naturales:** Monitoreo físico químico e hidrobiológico de cuerpos de agua, estudio de planeación del manejo de recursos naturales, planes de ordenamiento territorial e hídrico, caracterización florística, inventarios forestales y trámite de permisos de aprovechamiento forestal, línea base ambiental.
- **Servicios de tratamiento y restauración ambiental:** Diseño o evaluación de sistemas de tratamiento y disposición de residuos, remediación / restauración de zonas contaminadas, diseño y/o implementación de planes de gestión integral de residuos, evaluación técnico-económica de alternativas de tratamiento para residuos peligrosos.
- **Manejo ambiental estratégico:** Asesoría e implementación de sistemas de gestión ambiental, programas de prevención de la contaminación (PPC), diseño de estrategias y programas de desarrollo sostenible, planeación ambiental urbana, diseño e implementación de programas de optimización de materias primas y minimización de residuos.
- **Interventorias y auditorías:** Interventorías ambientales, auditorías internas a sistemas integrados de gestión, auditorías ambientales a contratistas y proveedores.
- **Cumplimiento ambiental:** Estudios de impacto ambiental, planes de manejo ambiental, diagnóstico ambiental de alternativas, trámite de licencias, permisos y autorizaciones ambientales, asesoramiento legal ambiental.

## 1.6. NÚMERO DE EMPLEADOS

Actualmente Consultoría & Medio Ambiente cuenta con diecisiete (17) empleados en Bucaramanga y tres (3) en Bogotá.

### **1.7. TELÉFONO**

Los números telefónicos en la sede de Bucaramanga son: 636 0582 - 631 0500

### **1.8. DIRECCIÓN**

Calle 87 No. 24 - 45 Diamante II (Bucaramanga)

### **1.9. NOMBRE DEL SUPERVISOR TÉCNICO**

Harving Díaz Consuegra, Ingeniero de Petróleos y especialista en Gestión Ambiental

## 2. DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

Con lo anterior, se puede resumir la actividad de C&MA Ltda. como la prestación de servicios de consultorías ambientales a las compañías del sector de hidrocarburos en Colombia, en busca de obtener los permisos requeridos y las licencias ambientales ante el Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible y poder desarrollar su actividad, logrando mitigar y compensar los impactos negativos causados por sus clientes.

Al analizar los registros de quejas y reclamos se encuentran inconformidades de los clientes respecto a la oportunidad en la entrega de los estudios; el análisis de las causas permite deducir que estas demoras están relacionadas con deficiencias en el área técnica, tales como la falta de estandarización en los procesos y el conocimiento y control de la ruta crítica, lo que además de las inconformidades manifestadas por los clientes y su repercusión en la imagen corporativa, genera problemas internos en el área técnica por la inadecuada distribución del trabajo lo que ocasiona sobrecarga laboral en algunos funcionarios afectando incluso su salud. En consecuencia se plantea la necesidad de implementar un proyecto que estructure de manera gráfica la ruta y los procesos críticos en el desarrollo del servicio más importante que actualmente presta de C&MA Ltda., los Estudios de Impacto Ambiental, y que a sus vez permita implementar acciones correctivas en los procesos para ofrecer un servicio con la más alta calidad.

### 3. ANTECEDENTES

En Colombia, existen varias compañías que se dedican a proteger el medio ambiente, minimizando los impactos negativos causados por las empresas en el desarrollo de sus actividades, a través de planes que optimicen el uso de los recursos naturales y protejan el medio ambiente.

En Bucaramanga, operan tres empresas que se dedican a la misma actividad de C&MA Ltda.; éstas son; Gradex Ingeniería, fundada en 1987, con sede en la ciudad de Bucaramanga y oficinas en Bogotá, k2 Ingeniería consultoría, muestreos y suministros, con sedes en Bucaramanga y Bogotá y LV ingeniería, fundada en 1998 con sede solamente en Bucaramanga.

Debido a las quejas realizadas por clientes importantes de la empresa, se ha decidido implementar un estudio eficaz que permita mejorar la calidad y oportunidad en la entrega del producto final o documento. Uno de los hechos o quejas más importantes ocurridas recientemente fue sobre una consultoría especializada realizada a petróleos del Norte, por la calidad del documento final del estudio de costos de abandono del Campo Colón entregado el día 22 de Julio de 2011; la queja hace referencia a errores en la edición.

En Enero del presente año se rediseñaron las funciones de la coordinadora de proyectos y los líderes del área técnica, como consecuencia del incumplimiento en la entrega de dos proyectos realizados para la empresa EMERALD, los cuales estaban programados para entregar en Octubre de 2011 y solo fueron entregados en Enero de 2012

Los retrasos en la entrega de los documentos finales y la calidad de los mismos, afectan la satisfacción de sus clientes y la reputación de la empresa, generando a

su vez, grandes costos que debe asumir C&MA Ltda. Éstos costos se denominan, costos de reproceso de un proyecto y oscilan entre 4'000.000 a 10'000.000 de pesos, dependiendo del error en el producto, por cuanto, algunas veces hay que volver a campo, Incurriendo en costos de transporte, hospedaje, compra de nuevos materiales, etc.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Diagnosticar el proceso de elaboración de Estudios de Impacto Ambiental en la empresa C&MA Ltda. mediante diagramas de CPM y un modelo de simulación que permitan identificar la ruta crítica y los cuellos de botella del proceso y proponer herramientas para controlar estas actividades.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar el proceso y las actividades involucradas en la elaboración de Estudios de impacto ambiental.
- Estudiar la variabilidad de los tiempos de las actividades en la elaboración de Estudios de impacto ambiental.
- Identificar la ruta crítica en la elaboración de Estudios de Impacto ambiental, bajo el supuesto de certidumbre en los tiempos de las actividades
- Construir un modelo de simulación en ARENA que permita identificar las actividades que generan mayor tiempo de espera para contrastar dicha información con los datos generados por Project Management y contar con información precisa que soporte la toma de decisiones y el control de tiempos en el área técnica de la empresa.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1. ESTUDIOS DE TIEMPOS

El estudio de tiempos surgió aproximadamente en el año 1881, por Frederick W. Taylor, padre de la administración científica, quién desarrolló el concepto de la "tarea", en el que planteaba que la administración se debía encargar de la planeación del trabajo de cada uno de sus empleados y que cada trabajo debía tener un estándar de tiempo basado en el trabajo de un operario muy bien calificado, entendiéndose por operario calificado como aquel que tiene las aptitudes físicas necesarias, que posee la requerida inteligencia e instrucción y que ha adquirido la destreza y conocimientos necesarios para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad. Años más tarde, el matrimonio Gilbreth, basado en los estudios de Taylor, amplió este trabajo y desarrolló el estudio de movimientos, la cual se puede definir como el estudio de los movimientos del cuerpo humano que se utilizan para realizar una labor determinada, en busca de mejorar esta, eliminando los movimientos innecesarios y simplificándolos necesarios, y estableciendo luego la secuencia de movimientos más favorables para lograr una eficiencia máxima.

Desde ese entonces hasta la actualidad, el estudio de tiempos ha jugado un papel importante en la productividad de cualquier empresa de productos o servicios, permitiendo así estandarizar el tiempo para la planeación, calcular costos, programar, contratar, entre otras actividades para lograr brindar mayor satisfacción a sus clientes; por lo tanto, cualquier empresa que busque un alto nivel competitivo debe analizar las técnicas de estudio de tiempos, y elegir la técnica adecuada para analizar la actividad seleccionada. Los estudios de movimientos sirven para reducir los costos; los estudios de tiempos para su control.

## **5.2. DIAGRAMA DE GANTT Y MALLA DE PERT**

El diagrama de Gantt es un gráfico que expresa de forma clara las actividades a realizar con sus tiempos, ayudando a tener una visión amplia del proyecto. Se relaciona con la Malla de Pert.

La Malla de Pert es un grafo, un conjunto de puntos (nodos) unidos por flechas, que representa las relaciones entre las tareas (las líneas) y los instantes del proyecto (nodos). Se utiliza como una herramienta cuantitativa de planificación y control, lo que permite a los administradores contar con un modelo de optimización que entregue la solución óptima de una secuencia de actividades en el tiempo, que deben realizarse para finalizar el plan de acción. También permite al administrador programar un proyecto por adelantado y a la vez calcular el tiempo necesario para completarlo. Como herramienta de control, la Malla Pert facilita las actividades de control, permitiendo la comparación del tiempo real con el planificado.

Para desarrollar un diagrama de Gantt o Malla de Pert, es necesario primero diseñar una tabla de información, donde se describan las actividades con su respectiva secuencia y duración, ya que permite conocer los pasos para la realización de un proyecto, producción y demás.

## **5.3. DIAGRAMA CPM**

Sus siglas en español traducen el método de la ruta crítica, y sirve para determinar la ruta crítica de tareas que deben terminarse exactamente según lo programado y qué actividades se pueden retrasar (con holgura) sin afectar el tiempo de terminación del proyecto. Este método se diferencia con la malla de PERT en dos aspectos importantes. Primero, el CPM supone que los tiempos de las actividades

son determinísticos (es decir, se pueden predecir de manera confiable sin incertidumbre significativa). Segundo, en lugar de dar una importancia primordial al tiempo (explícitamente), el CPM asigna la misma importancia al tiempo y al costo. Esta curva representa la relación entre el costo directo presupuestado para la actividad y su tiempo de duración resultante.

La ruta crítica contiene la secuencia de actividades conectadas que conducen del principio del proyecto al final del mismo, representando el camino que requiera mayor trabajo.

#### **5.4. ACTIVIDADES DE C&MA LTDA. EN LA REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO AMBIENTAL**

Para el desarrollo de esta práctica empresarial, es necesario conocer y describir los servicios que ofrece C&MA Ltda. Junto con las actividades que realiza, y así seleccionar y llevar a cabo de manera exitosa la técnica que se ajuste a C&MA Ltda.

En la realización del servicio de estudios ambientales se contemplan tres etapas, compuestas de actividades y lineamientos establecidos para el eficaz desarrollo del servicio. Estas etapas son Planeación del proyecto, Realización del trabajo de campo y Elaboración del informe.

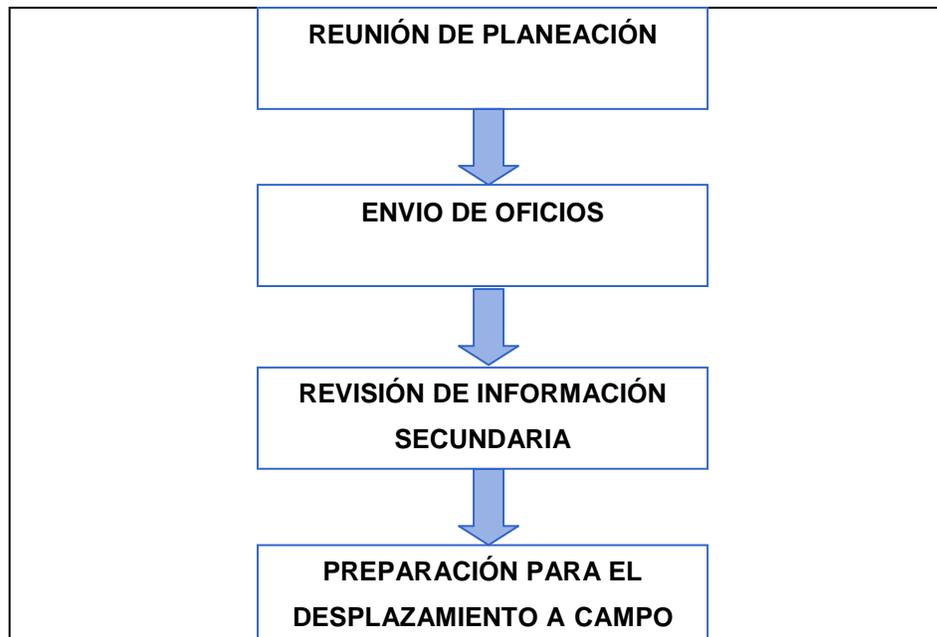
**Figura 2. Etapas de un estudio de impacto ambiental**



Fuente: elaboración propia

### 5.4.1. Planeación del proyecto.

**Figura 3. Actividades dentro de la planeación de un proyecto**



Fuente: Formatos de la empresa C&MA Ltda. Guía para la realización de estudios ambientales

Se realiza la reunión general de planeación con el Coordinador del Proyecto y los profesionales temáticos que participarán en el desarrollo del mismo y se prepara el desplazamiento de la comisión de campo.

**5.4.1.1. Reunión de planeación.** Incluye la definición de una serie de aspectos fundamentales para el desarrollo del estudio a realizar, en ella se tratan los siguientes temas:

- **Especificaciones técnicas del proyecto:** Se dan a conocer las generalidades del proyecto (ubicación geográfica, antecedentes, etc.), la fecha de inicio y finalización del contrato, el tipo de estudio a realizar (Estudio de impacto ambiental, Plan de Manejo Ambiental, Diagnóstico ambiental u otro) y los términos de referencia legales o las especificaciones del cliente, según sea el caso.

Adicionalmente, se definen las funciones y responsabilidades de los profesionales participantes y sus tiempos de dedicación al proyecto.

- **Información secundaria existente:** en esta segunda etapa de la reunión, se revisa la existencia y disponibilidad de información secundaria (libros, información de Internet, estudios realizados anteriormente, planchas de bases cartográficas y suelos, planchas geológicas, información climatológica, entre otras), especificando el nombre de los documentos y la ubicación de los mismos.
- **Programación del trabajo de campo:** Se debe determinar la fecha de inicio y finalización de la visita, el medio de movilización, el lugar de hospedaje, las actividades a desarrollar y los equipos, materiales y elementos de seguridad requeridos por cada uno de los integrantes de la comisión de campo.
- **Compras a realizar:** Se genera un listado de elementos, estudios, cartografía, análisis fisicoquímicos e hidrobiológicos, entre otros, que será necesario adquirir para la realización del Estudio Ambiental requerido por el cliente.

Posteriormente se debe consignar en el acta de planeación de proyectos de C&MA, las actividades acordadas para la realización del estudio.

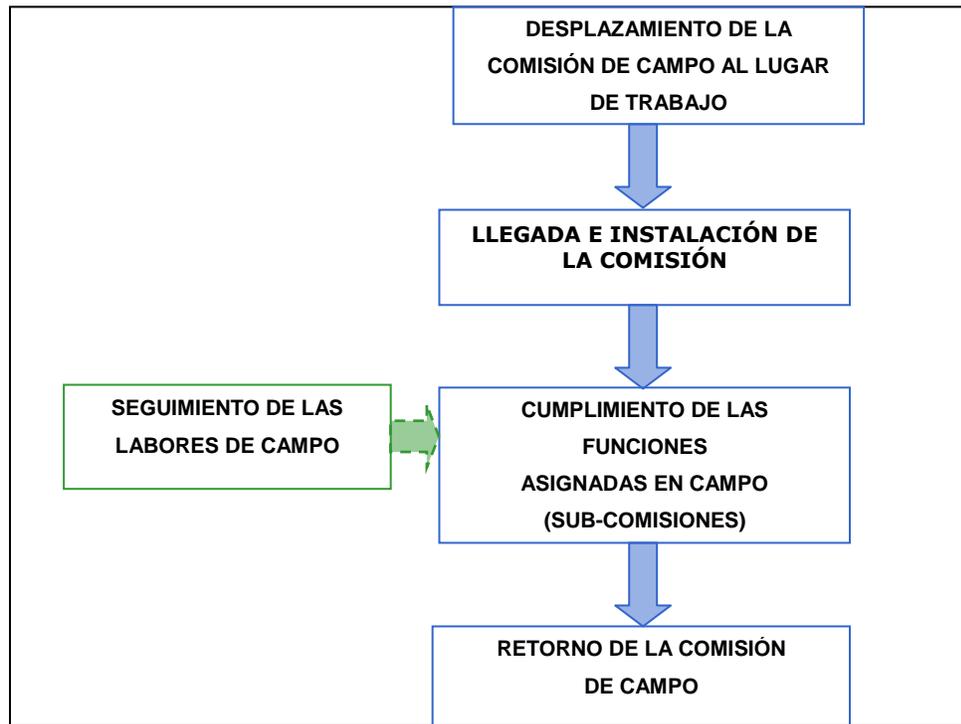
**5.4.1.1. Revisión de información secundaria.** Es importante realizar previamente a la salida de campo, una verificación y revisión de la información secundaria adquirida en medio impresa o magnética. Esta información se organiza de acuerdo a las necesidades del proyecto y se deja a disposición de los profesionales con el fin de que realicen las revisiones necesarias y se definan los vacíos de información para así tener claro que se debe recopilar en campo y que se debe solicitar al cliente.

**5.4.1.2. Preparación para el desplazamiento a campo.** Se deben realizar una serie de actividades con el fin de desarrollar eficazmente las labores planeadas:

- El Director del Área Técnica elabora una carta de presentación dirigida a las administraciones municipales o departamentales que correspondan, explicando el objeto del estudio a realizar y dando a conocer la empresa y el personal de la comisión.
- Se busca y prepara el material necesario para llevar a campo. Se debe aplicar una lista de chequeo.
- Cada profesional que haga parte de la comisión de campo prepara el (los) instrumento(s) que considere necesario(s) para la recolección de información en campo.
- El coordinador de la comisión de campo informa sobre el viaje al Líder Recursos Humanos y Sistemas de Gestión quien diligenciará el registro de viajes, verificando la hora y días de viaje, carnet de afiliación a las entidades pertinentes de seguridad social, y entregará la información concerniente al MEDEVAC, uso de ropa adecuada y demás medidas relacionadas al control de los peligros, entre otros aspectos en salud ocupacional y seguridad industrial.
- El coordinador de la comisión de campo deberá revisar que la GPS se encuentre calibrada para lo cual deberá chequearla en un punto determinado y llenar el respectivo registro.

## 5.4.2. Realización del trabajo de campo.

Figura 4 Diagrama de actividades en la realización del trabajo de campo



Fuente: Formatos de la empresa C&MA Ltda. Guía para la realización de estudios ambientales

**5.4.2.1. Desplazamiento de la comisión en campo.** se traslada toda la comisión vía área o terrestre al campo donde se realizará el estudio.

**5.4.2.2. Llegada e instalación de la comisión en campo.** Se dividen en dos comisiones de acuerdo al trabajo a ejecutar:

- **Comisión técnica-ambiental:** inspecciona el área, verificando información existente y recogiendo información primaria tal como muestras de agua para análisis físico químico, bacteriológico e hidrobiológico, definición de coberturas vegetales, muestras de suelo, levantamientos topográficos, inventario de aljibes,

registros fotográficos, etc. Igualmente, se realiza un recorrido e inspección a las instalaciones e infraestructura y se recolecta la información técnica requerida. La comisión deberá tomar muestras a los cuerpos de agua presentes en el área a intervenir así como se deberán realizar caracterizaciones in situ de vegetación e inventarios forestales (si aplica).

- **Comisión social:** interactúa con la población para verificar información secundaria y adquirir información primaria relacionada con la población, infraestructura y servicios (existencia de escuelas, puestos de salud, juntas de acción comunal, acueducto, servicio de electricidad, telefonía, etc.). Se llevan a cabo reuniones informativas con la comunidad, recopilando información a través de encuestas.

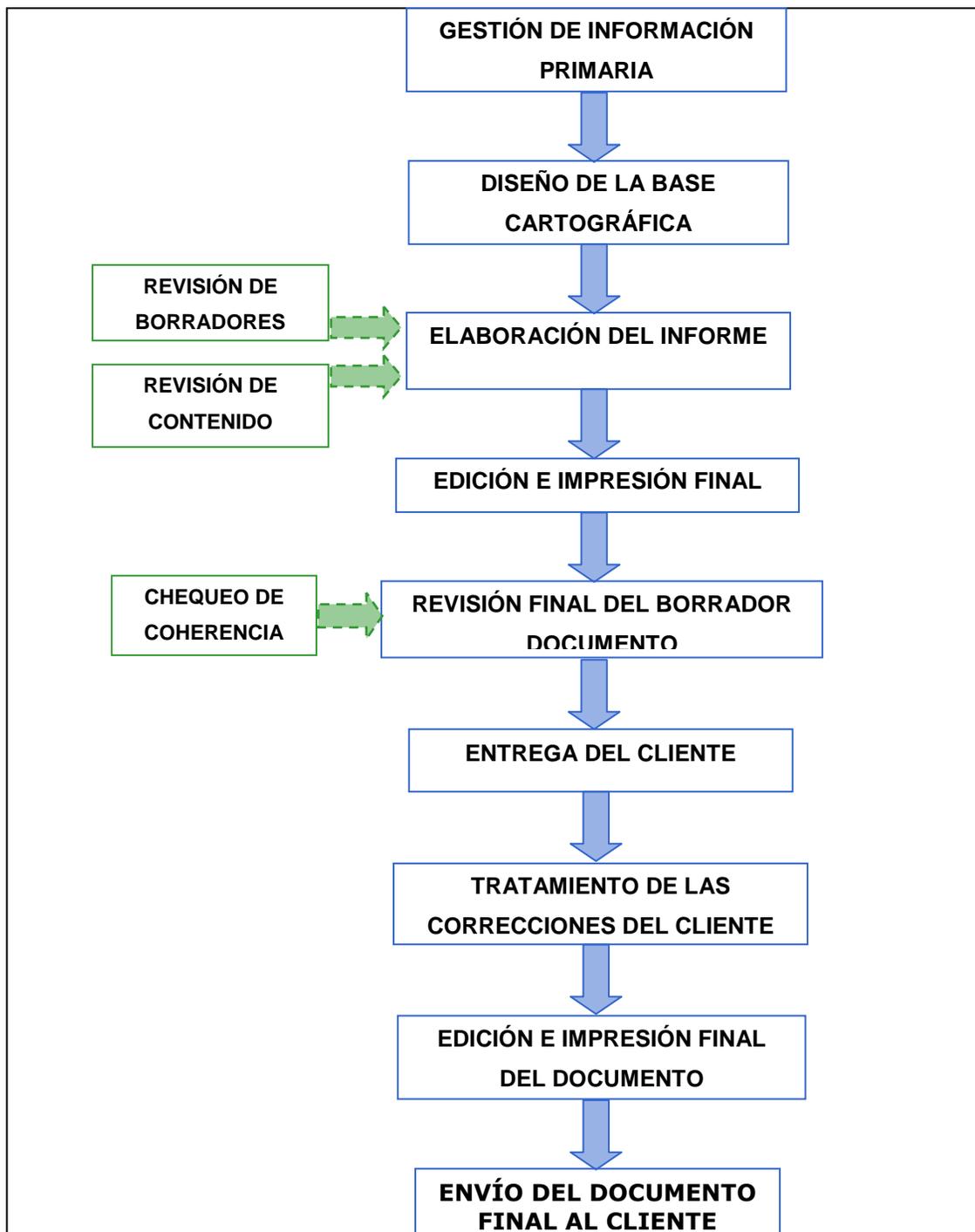
**5.4.2.3. Cumplimiento de las funciones asignadas a campo.** Cada profesional se encarga de realizar sus respectivas labores, toma de muestras y demás actividades programadas.

**5.4.2.4. Seguimiento de las labores de campo y retorno.** la comisión realiza todas las actividades planeadas y se regresan nuevamente a cada una de las ciudades a elaborar el informe con la información obtenida.

### **5.4.3. Elaboración de informe.**

Este es el proceso que más tiempo requiere, ya que cada profesional temático, analiza y procesa la información obtenida en campo y la organiza en un documento de acuerdo a unos términos de referencia expedidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Para este proceso se realizan las siguientes actividades.

Figura 5. Diagrama de actividades en la elaboración del informe



Fuente: Formatos de la empresa C&MA Ltda. Guía para la realización de estudios ambientales

**5.4.3.1. Gestión de la información primaria.** La información obtenida se clasifica en social, físico biótica, ambiental y técnica; los registros fotográficos obtenidos se ordenan en álbumes por proyecto y temática. En caso tal de que el registro fotográfico se encuentre en medio digital, se deben descargar las fotos, informar a los demás participantes del proyecto la ruta de acceso y guardar una copia en CD.

**5.4.3.2. Diseño de la base cartográfica.** El Coordinador de cartografía envía al proveedor de dibujo y cartografía la información cartográfica y los planos para que los digitalice según las coordenadas y escala especificadas. Una vez se cuenta con la base cartográfica, el proveedor de dibujo y cartografía revisa esta base con el grupo de profesionales y el coordinador de cartografía, realizando correcciones. A su vez, se elaboran los borradores de los mapas temáticos: uso y aprovechamiento de los recursos naturales, aspectos sociales (parte socio-económica), aspectos físicos (Red Hídrica, Suelos, Geología, Geomorfología, Zonificación geotécnica) y aspectos bióticos (cobertura vegetal). Cuando se requiere, los profesionales temáticos se reúnen y elaboran la zonificación ambiental, determinando las áreas de sensibilidad alta, media y baja según los diferentes criterios. El coordinador de cartografía recopila los borradores de los mapas temáticos y los entrega al proveedor de dibujo y cartografía para que los digitalice. Posteriormente, éstos son entregados a cada profesional temático para su revisión, realizando correcciones, si las hay; cuando ya se encuentran revisados, estos mapas se entregan al proveedor de dibujo y cartografía para la elaboración del Mapa final.

**5.4.3.4. Elaboración del informe.** Se elaboran informes individuales por profesional temático, de acuerdo con las tareas y funciones asignadas dentro del proyecto y teniendo en cuenta la metodología establecida y los aspectos acordados de edición

**5.4.3.5. Controles para la revisión del documento.** Durante la elaboración del documento, se realizan controles para lograr un mejor servicio al cliente. Cada profesional debe revisar el documento general donde verifique que la información corresponde al proyecto en ejecución, posteriormente, se imprime el borrador del documento y es revisado por el coordinador del proyecto para realizar ajustes y mejoras.

**5.4.3.6. Edición e impresión del borrador.** Cada profesional es responsable de la edición e impresión de su parte del informe y finalmente el documento completo es revisado por el coordinador del proyecto.

**5.4.3.7. Entrega al cliente.** Se realiza la entrega al cliente del documento elaborado en la empresa en formato digital para que lo analice y realice las diferentes correcciones de acuerdo a sus requerimientos y expectativas.

**5.4.3.8. Tratamiento de las correcciones del cliente.** Se analizan, se dialoga con el cliente y se realizan las correcciones pertinentes, para su entrega definitiva.

**5.4.3.9. Edición e impresión final del documento y envío del documento al cliente.**

Ver Anexo C. Diagrama de actividades en la elaboración del informe

## **5.5. TIPOS DE ESTUDIOS QUE REALIZA C&MA LTDA.**

### **5.5.1. Planes de manejo ambiental**

Este documento está conformado por cinco capítulos, donde se explica de manera detallada las acciones que se implementarán para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos ambientales negativos (entiéndase por éstos como,

cualquier alteración en el sistema ambiental físico, químico, biológico, cultural y socioeconómico que pueda ser atribuido a actividades humanas relacionadas con las necesidades de un proyecto) que se generen por el desarrollo de un proyecto o actividad. Este documento también incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia y abandono según la naturaleza del proyecto.

El tiempo que C&MA Ltda. Actualmente invierte en la realización de un plan de manejo ambiental es un mes, ya que la información requerida se encuentra en la licencia previamente obtenida, es decir, no busca otorgar licencia sino hacer seguimiento.

### **5.5.2. Estudios de impacto ambiental**

El estudio de impacto ambiental contiene 11 capítulos. Éstos se presentan ante las autoridades encargadas de otorgar licencias ambientales y poder llevar a cabo el proyecto.

El Decreto 1220 del 2005 señala los estudios de impactos ambientales como, instrumento básico para la toma de decisiones sobre los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental y se exigirá en todos los casos en que se requiera licencia ambiental de acuerdo con la ley y este reglamento<sup>1</sup>.

Consultoría y medio ambiente, requiere aproximadamente 3 meses para la realización de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

---

<sup>1</sup> COLOMBIA. 2005. Decreto 1220/2005, de 21 de abril, por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. *Publicado en el Diario Oficial 45890*, de abril 25 de 2005.

## 6. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA PRÁCTICA

### 6.1. Desarrollo de la primera fase: Estructura del proceso

Con base en la tabla de estudios de impacto ambiental (Ver anexo D) realizados por C&MA Ltda. en los últimos dos años, se obtuvo la siguiente información:

**Tabla 1 Número de estudios totales por Departamento**

Departamento	Número de estudios		Estudios totales
	2010	2011	
<b>Putumayo</b>	2	2	<b>4</b>
<b>Caquetá</b>	1	4	<b>5</b>
<b>Casanare</b>	1	2	<b>3</b>

Fuente: elaboración propia

Por cuestiones de tiempo, acceso a la información y acuerdos con el director y los líderes del área técnica, se seleccionaron para el desarrollo de esta práctica empresarial cuatro estudios ubicados en diferentes zonas del país. Estos estudios se resumen a continuación.

**Tabla 2 Proyectos seleccionados**

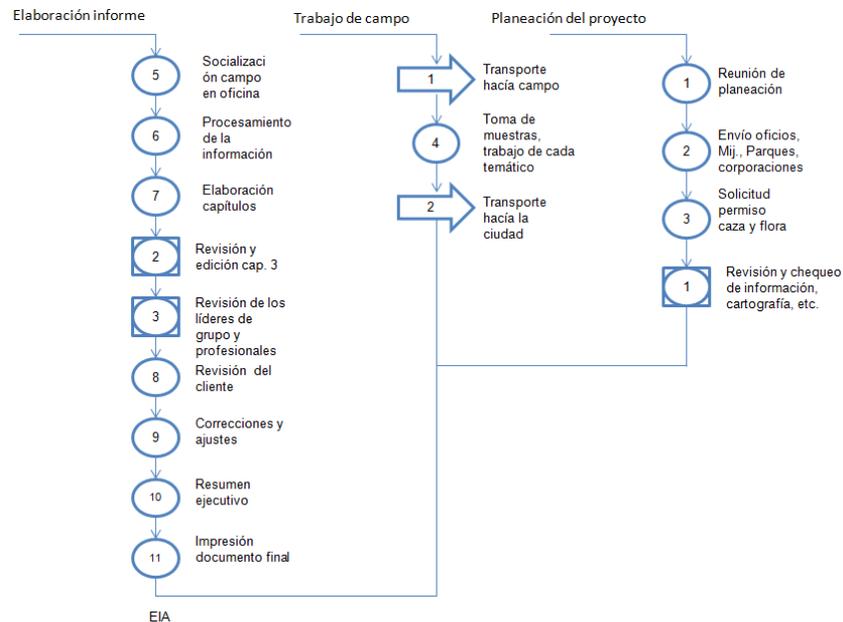
Cliente	Proyecto	Departamento	Municipios
<b>EMERALD ENERGY</b>	Estudio de impacto ambiental Explotación Capella	Meta - Caquetá	La Macarena, San Vicente del Caguán
<b>CONSORCIO CANAGUARO</b>	Actualización Estudio de Impacto ambiental Canaguaro	Casanare	Monterrey, Tauramena

<b>EMERALD ENERGY</b>	Estudio de Impacto ambiental área de interés Chipo	Meta Caquetá	- La Macarena, San Vicente del Caguan
<b>PETRONOVA Colombia</b>	Estudio de impacto ambiental área de interés exploratorio Canelo Nogal	Putumayo	Puerto Guzmán

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la información recopilada mediante entrevistas con el personal del área técnica de la empresa, se desarrolló el siguiente diagrama que ilustra el proceso de elaboración de Estudios de Impacto Ambiental implementado por C&MA LTDA.

**Figura 6. Proceso de elaboración de EIA**



Fuente: elaboración propia

No obstante, éstos procesos se subdividen generando una cadena más larga donde se involucran tiempos de externos (Laboratorios, Cartógrafo y profesionales

temáticos) que forman parte importante en el desarrollo de los estudios de impacto ambiental.

Después de las entrevistas, capacitaciones y estructurado el proceso de elaboración de EIA, fue necesario recopilar los tiempos o datos históricos en cada uno de los procesos y subprocesos en los estudios seleccionados.

El tiempo requerido en la obtención de la información fue aproximadamente dos meses y medio, ya que el personal encargado en brindarla se encontraba ocupado con la entrega de nuevos proyectos. Durante este tiempo se decidió diseñar e implementar un modelo en Visual Basic que apoyara el estudio a realizar en la práctica. Este modelo se especifica en la siguiente fase.

## **6.2. DESARROLLO DE LA SEGUNDA FASE: RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS**

### **6.2.1 Modelo hoja de tiempos o Time Sheet**

La hoja de Excel o *Time Sheet* como lo denominan los trabajadores de la empresa es un documento en Excel que ha sido implementada desde Octubre del año 2007 por la coordinadora de Proyectos en el área técnica. En esta hoja cada empleado digitaba detalladamente las actividades realizadas en el día y al final de la semana se enviaba el documento a la Coordinadora, con el fin de realizar un control de tiempos de los empleados y sus proyectos en ejecución. Pero esta herramienta no permitía conocer la información de forma fácil, rápida y confiable, por lo tanto, no se hacía un uso adecuado, simplemente se almacenaba en una carpeta y no se realizaba una completa inspección y análisis de la información. Por esta razón, se decidió estandarizar esta hoja mediante el uso de la herramienta validación de datos en Excel que permitiera desplegar las opciones de acuerdo a cada trabajador y sus actividades; éstas opciones son: Nombre, Cargo, Tipo de

proyecto, Nombre del proyecto, Actividad, Capitulo y aspectos (aspectos se refiere a la subdivisión del capítulo, por ejemplo; geología, hidrología y demás); facilitando la digitalización de sus actividades y a su vez obtener de forma rápida la información necesaria en cuanto a tiempos y poder realizar un control efectivo.

En busca de mejorar la calidad y la rapidez de acceso a dicha información fue necesario implementar mediante programación en el editor de Visual Basic, el proceso lógico y los pasos para el almacenamiento de la información en una base datos que permitiera observar de una forma más ordenada las actividades y el tiempo invertido por cada empleado en la elaboración de los estudios en ejecución y otra base de datos donde se determinara el tiempo no laboral, es decir, permisos, incapacidades, pausas activas, capacitaciones e innovación y gestión SSOMA, que permitiera generar un registro de las actividades realizadas para el cumplimiento del sistema de gestión de calidad.

Posteriormente, La información digitalizada y registrada en la base de datos, es organizada en una hoja de Excel denominada resultados que permite conocer detalladamente cuánto fue el tiempo real invertido por cada empleado en la elaboración de cada estudio, cuánto es el tiempo total invertido en los diferentes servicios que presta C&MA y cuánto fue el tiempo invertido en cada actividad, además mediante la implementación de tablas dinámicas se puede observar fácilmente que personas han trabajado en cada proyecto, cuales capítulos y cuanto tiempo invirtió.

Esta información es significativa para los directivos porque conocen el comportamiento real de los procesos que se están ejecutando dentro de la empresa con sus tiempos, permitiéndoles tomar acciones correctivas y preventivas que les permitan entregar los estudios a tiempo y disminuir los costos de reproceso.

Es importante recalcar las facilidades que brinda esta herramienta para almacenamiento de datos ya que permite a los directivos generar indicadores de productividad de sus empleados y proporciona lineamientos para la toma de decisiones.

### 6.3. TOMA DE TIEMPOS:

De acuerdo al proceso estructurado en la fase inicial de la práctica se obtuvo la siguiente información para el análisis de tiempos (en días).

**Tabla 3 Tiempos obtenidos de los estudios de impacto ambiental Canaguaro, Canelo Nogal, Chipó y Capela**

ACTIVIDADES C&MA Ltda.								
Fase	Actividad	Canaguaro	Canelo Nogal	Chipó	Capela	Tiempos Promedio	Varianza	Desviación estándar
		Tiempo	Tiempo	Tiempo total	Tiempo total			
Fase 1. Planeación								
Planeación	Reunión de planeación	1	1	2	2	2	1	1
	Envío de oficios y solicitud de MIJ, parques nacionales, dirección de ecosistemas, corporaciones, permiso caza y flora.	1	1	1	1	1	0	0
	Revisión de información, planeación del proyecto	3	5	6	2	4	3	2
	Fin de la fase de planeación							
Fase 2. Trabajo en campo								
Trabajo de campo	Socialización veredas y municipio(s)	7	14	7	5	8	16	4
	Trabajo fisicobióticos							
	Recorridos Prof. Temáticos	10	15	7	8	10	13	4

	Realización parcelas flora	7	7	13	10	9	8	3
	Realización muestreo fauna	10	8	7	8	8	2	1
	Monitoreos Agua FQ, HB y PECES	4	5	8	8	6	4	2
	Monitoreo de suelos	3	3	7	8	5	7	3
	Diagnóstico Archeólogo	4	5	3	8	5	5	2
	Geoeléctricos	5	0	0	8	3	16	4
	Topógrafos	0	0	0	8	2	16	4
	Fin del trabajo de campo							
<b>Fase 3. Elaboración Documento</b>								
<b>Elaboración de informe</b>	Socialización del campo en oficina	1	1	2	2	2	0	1
	Procesamiento de información	3	4	3	3	3	0	1
	Cap.1. Generalidades	5	5	3	4	4	1	1
	Cap.2. Descripción del Proyecto	21	21	25	35	26	44	7
	Cap.3. Línea base socio ambiental							
	Medio Abiótico							
	Geología	10	7	12	16	11	14	4
	Geomorfología	10	7	12	12	10	6	2
	Análisis muestras de suelos	7	7	7	7	7	0	0
	Suelos	7	5	7	7	7	1	1
	Análisis de las muestras de agua	7	7	14	17	11	26	5
	Hidrología	21	21	21	21	21	0	0
	Hidrogeología	5	5		0	3	8	3
	Geotecnia	5	5	25	45	20	367	19
	Medio Biótico							
Flora	21	25	36	37	30	64	8	

Fauna	21	23	23	23	23	1	1
Ecosistemas Acuáticos	7	4	4	0	4	8	3
Medio Socio-Económico	21	15	36	36	27	114	11
Revisión de planos	7	7	9	9	8	1	1
Paisaje	1	1	3	1	2	1	1
Zonificación ambiental	7	10	7	5	7	4	2
Finalización cap. 3							
Cap.4. Uso y Aprovechamiento							
Aguas superficiales	3	4	6	5	5	2	1
Aguas subterráneas	7	0		1	2	11	3
Vertimientos	21	4	3	2	8	82	9
Aprovechamiento forestal	15	15	3	3	9	48	7
Trabajo del ambiental	15	15	9	9	12	12	3
Finalización Cap.4							
Cap.5. Evaluación ambiental							
Escenario sin proyecto	7	7	6	12	8	7	3
Escenario con proyecto	7	7	9	12	9	6	2
Evaluación económica	7	7	3	3	5	5	2
Cap.6. Zonificación de Manejo	7	7	4	4	6	3	2
Cap.7. Plan de Manejo Ambiental	21	25	17	22	21	11	3
Cap.8. Plan de seguimiento y monitoreo PSM	7	7	6	8	7	1	1
Cap.9. Plan de Contingencia	7	5	5	9	7	4	2
Cap.10. Plan de restauración y abandono	2	2	2	2	2	0	0
Cap.11. Plan de Inversión del 1%	5	7	4	3	5	3	2

Revisión Cap.3. y anexos	10	10	13	15	12	6	2
Revisión Líderes	10	10	15	15	13	8	3
Revisión cliente	15	10	0	15	10	50	7
Ajustes y correcciones	15	10	0	15	10	50	7
Resumen ejecutivo	2	2	2	2	2	0	0
Impresión	1	1	0	0	1	0	1

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 4 Tiempo de entrega de los laboratorios y cartógrafo en días**

	Canaguaro	Canelo Nopal	Chipo			Capela	Promedio	Varianza	Desviación estándar
Laboratorio Suelo	65	34	37		37	61	49	160	13
Laboratorio Agua	80	31	42	27	69	30	53	404	20
Cartógrafo	113	84	45	15	60	90	87	224	15

Fuente: elaboración propia

**Tabla 5 Recursos por proceso**

<b>ACTIVIDADES C&amp;MA</b>		
Nombre Fase	Actividad	Recursos
<b>Fase 1. Planeación</b>		
<b>Planeación</b>	Reunión de planeación	Director, Coordinadora, Líder, Temáticos
	Envío de oficios y solicitud de MIJ, parques nacionales, dirección de ecosistemas, corporaciones	Líder y auxiliar
	Solicitud de permiso de caza y flora	Líder y auxiliar
	Revisión de información, planeación del proyecto	líder, temáticos y ambientales
	Fin de la fase de planeación	
<b>Fase 2. Trabajo en campo</b>		
<b>Trabajo de campo</b>	Socialización veredas y municipio(s)	Social
	Trabajo fisicobióticos	Temáticos
	Recorridos Prof. Temáticos	Temáticos
	Realización parcelas flora	Forestal
	Realización muestreo fauna	Biólogo
	Monitoreos Agua FQ, HB y PECES	Laboratorios
	Monitoreo de suelos	Laboratorios

	Diagnóstico Arqueólogo	Arqueólogo
	Geoeléctricos	Geoeléctricos
	Topógrafos	Topógrafo
	Fin del trabajo de campo	
<b>Fase 3. Elaboración Documento</b>		
<b>Elaboración de informe</b>	Socialización del campo en oficina	Director, Coordinadora, Líder, Temáticos
	Procesamiento de información	Líder
	<b>Cap.1. Generalidades</b>	Líder
	<b>Cap.2. Descripción del Proyecto</b>	Líder
	<b>Cap.3. Línea base socio ambiental</b>	
	<i>Medio Abiótico</i>	
	Geología	Geólogo
	Geomorfología	Geólogo
	Análisis muestras de suelos	Laboratorio
	Suelos	Geólogo
	Análisis de las muestras de agua	Laboratorio agua
	Hidrología	Hidrólogo
	Hidrogeología	Geólogo y contratista de sondeos geoeléctricos
	Geotecnia	Geólogo
	<i>Medio Biótico</i>	--
	Flora	Forestal
	Fauna	Biólogo
	Ecosistemas Acuáticos	Laboratorio, microbiólogo
	Medio Socio-Económico	social, arqueólogo
	Revisión de planos	Líder
Paisaje	Geólogo	
Zonificación ambiental	Ambiental y dibujante	

Finalización cap. 3	--
<b>Cap.4. Uso y Aprovechamiento</b>	--
Aguas superficiales	Laboratorio agua e hidrólogo
Aguas subterráneas	Laboratorio agua y sondeo geoelectricos
Vertimientos	laboratorio de suelos y agua
Aprovechamiento forestal	Forestal
Trabajo del ambiental	Ambiental 2.
Finalización Cap.4	
<b>Cap.5. Evaluación ambiental</b>	Ambiental 2.
<b>Cap.6. Zonificación de Manejo</b>	Líder y cartógrafo
<b>Cap.7. Plan de Manejo Ambiental</b>	Ambiental 1 y social
<b>Cap.8. Plan de seguimiento y monitoreo PSM</b>	Ambiental 1
<b>Cap.9. Plan de Contingencia</b>	Ambiental 1
<b>Cap.10. Plan de restauración y abandono</b>	Ambiental 1
<b>Cap.11. Plan de Inversión del 1%</b>	Ambiental 2
<b>Revisión Cap.3. y anexos</b>	Auxiliar
<b>Revisión Líderes</b>	Líder
<b>Revisión cliente</b>	Cliente
<b>Ajustes y correcciones</b>	ambiental 1, ambiental 2 , líder y temáticos
<b>Resumen ejecutivo</b>	Líder
<b>Impresión</b>	Auxiliar

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.4. ANÁLISIS DE VARIABILIDAD:

En las tablas 3 y 4, se pueden observar cuatro columnas que indican el tiempo invertido en cada estudio, una columna denominada promedios, donde se encuentra el promedio de los tiempos de los cuatro estudios; y otra columna con la desviación estándar que permite realizar un análisis más detallado de cada uno de los tiempos de los procesos. Ésta medida indica el grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio, es decir, muestra la agrupación de datos alrededor de un valor central.

De acuerdo con los datos obtenidos, se puede analizar que no existe una desviación estándar muy alta, ésta se encuentra entre 0 y 20 días (Laboratorio de agua). Fue necesario analizar las causas de dichas desviaciones; para ello se dialogó con cada líder llegando a las siguientes conclusiones:

- En el estudio de impacto ambiental Canelo Nogal, se presentó una demora en la socialización en campo, debido a que es una zona con un orden público difícil, por esta razón las reuniones deben ser organizadas y programadas, retrasando el ingreso. Para ello, se estima un tiempo de 15 días en socialización en dichas zonas, mientras que el tiempo promedio en otros lugares es de 8 días. Se pudo determinar que fue en este estudio en el que más tiempo se invirtió en la socialización, por la dificultad en la zona y porque no se realizaron en conjunto los estudios de los profesionales.
- El proceso que presentó la desviación más alta (dejando a un lado los laboratorios y la cartografía) es la geotecnia ya que depende de varios insumos (geología, geomorfología, suelos e hidrología).
- El medio socioeconómico tuvo una desviación significativa, 11 días, debido a que depende del profesional social y de la zona.
- El estudio de impacto ambiental Canaguaro presentó demoras en la realización de los vertimientos y el aprovechamiento forestal, por la falta de

experiencia en estudios de impacto ambiental de los profesionales que lo realizaron, pero estos tiempos se han mejorado y disminuido.

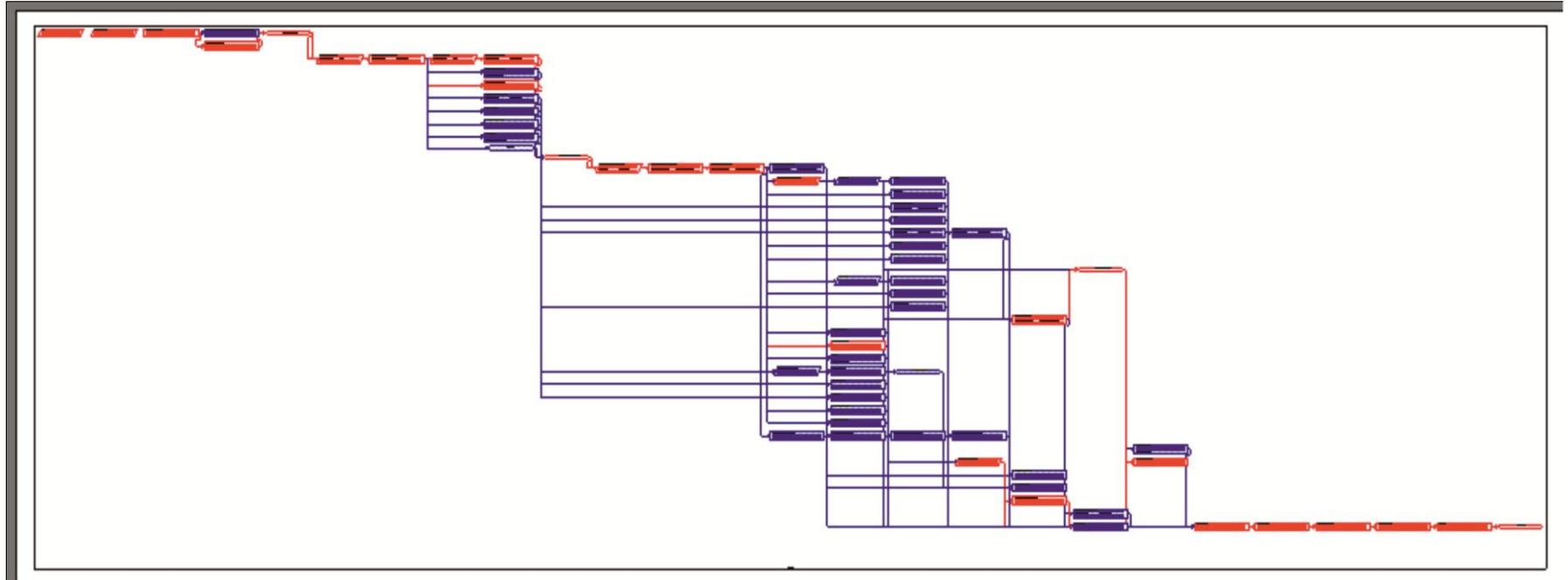
- Con respecto al tiempo de los laboratorios y la cartografía, se pudo analizar que presentan las desviaciones más altas; 13 días el laboratorio de suelos, 15 días el cartógrafo y 20 días el laboratorio de agua. Estas desviaciones indican que se deben tomar medidas para que se aproximen cada vez más los datos al tiempo promedio y mejorar el tiempo de elaboración y entrega.

## **6.5. RUTA CRÍTICA**

Para encontrar la ruta crítica de cada uno de los estudios se utilizó el software Project Management, en el cual se determinó el diagrama de Gantt del proceso de elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental con los datos históricos. Posteriormente el programa se encargó de diseñar el diagrama de red con la ruta crítica trazada en color rojo.

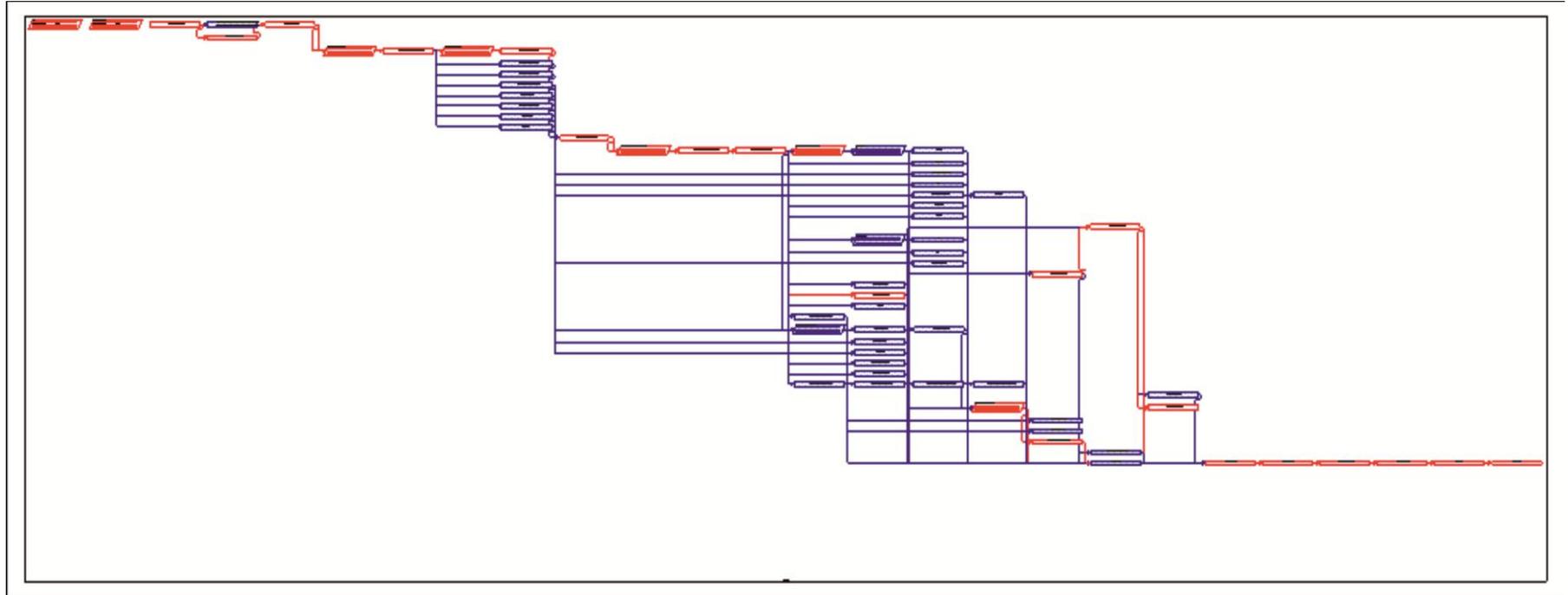
A continuación se presentan los resultados de la ruta crítica arrojados por Project Management.

**Figura 7. Ruta Crítica del Estudio De Impacto Ambiental Canaguaro**



Fuente: Arrojado por el software Project Management.

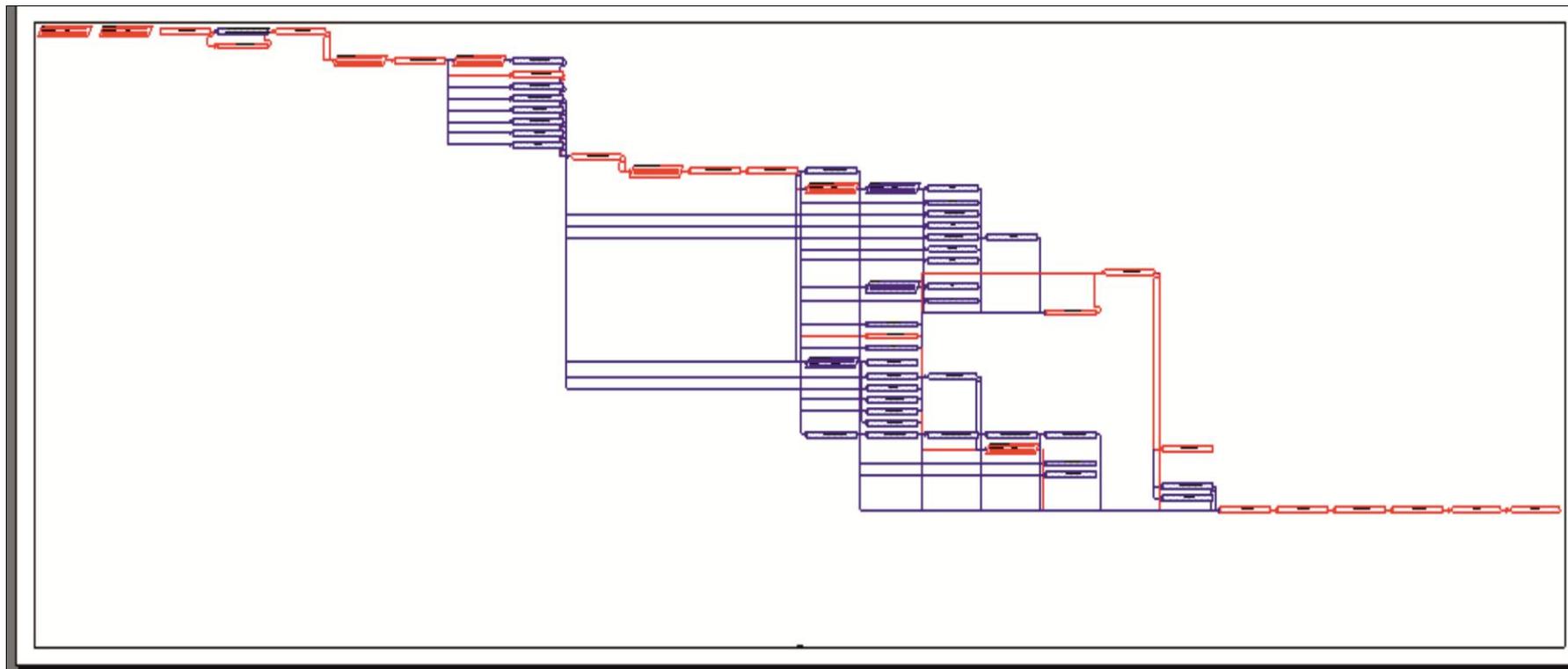
Figura 8 Ruta Crítica del Estudio De Impacto Ambiental Canelo Nogal



Fuente: Arrojado por el software Project Management.

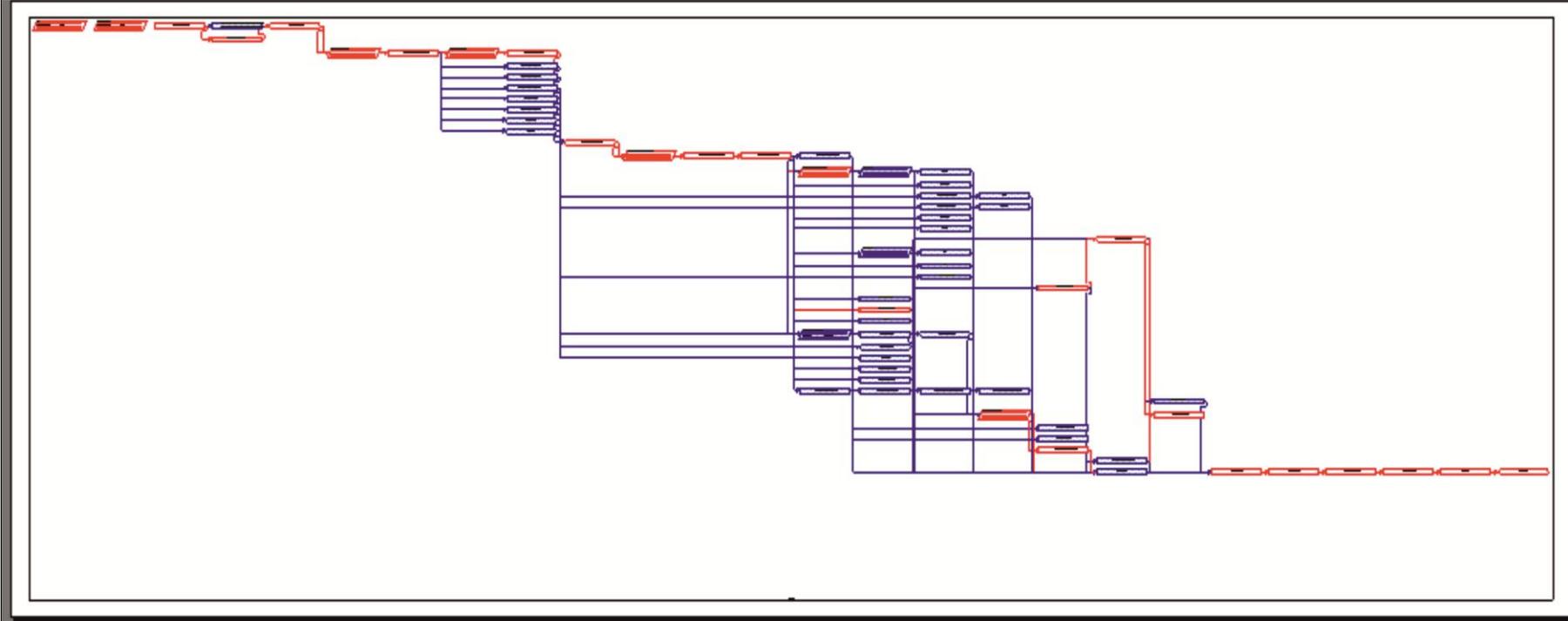


Figura 10. Ruta Crítica del Estudio De Impacto Ambiental Capella



Fuente: Arrojado por el software Project Management.

Figura 11. Ruta Crítica del promedio de los cuatro tiempos de los Estudios de Impacto Ambiental



Fuente: Arrojado por el software Project Management.

Estos diagramas están compuestos por nodos que representan las tareas y arcos que indican las relaciones de precedencias entre ellas. Las actividades que se encuentran en color rojo son aquellas que Project determina como tarea crítica.

Debido al proceso requerido para elaborar un Estudio de Impacto ambiental, se diseñaron en Project 51 tareas o nodos cada uno con su respectiva precedencia y cinco hitos que Project relaciona como la finalización de una fase, con una duración de cero días.

Por el tamaño de los diagramas, no se alcanza a percibir claramente la información, para ello, se puede observar de una mejor forma en los Anexos B, C, D, E y F. Para facilitar la comprensión de la información se realizó una tabla donde se plasma las tareas críticas de acuerdo a cada proyecto.

**Tabla 6 Tareas Críticas de los Estudios de Impacto Ambiental seleccionados**

<b>Fase\ Estudio</b>	<b>Canaguaro</b>	<b>Canelo Nogal</b>	<b>Chipo</b>	<b>Capella</b>
<b>Planeación</b>	Reunión de planeación	Reunión de planeación	Reunión de planeación	Reunión de planeación
	Revisión de información	Revisión de información	Revisión de información	Revisión de información
<b>Trabajo de campo</b>	Socialización veredas	Socialización veredas	Socialización veredas	Socialización veredas
	Recorridos profesionales temáticos	Recorridos profesionales temáticos	Monitoreos Agua	Realización parcelas flora
	Muestreo Fauna			
<b>Elaboración</b>	Socialización	Socialización		Socialización

<b>Documento</b>	campo en oficina	campo en oficina		campo en oficina
	Procesamiento información	Procesamiento información		Procesamiento información
	Revisión cartográfica	Revisión cartográfica	Análisis muestras de Agua	Revisión cartográfica
			Hidrología	
	Zonificación Ambiental	Zonificación Ambiental	Zonificación Ambiental	Zonificación ambiental
	Evaluación sin proyecto	Evaluación sin proyecto		Evaluación sin proyecto (cap.5)
	Cap. 11. Plan de inversión del 1%	Cap. 11. Plan de inversión del 1%	Revisión Capítulo 3.	.
	Revisión Líderes	Revisión Líderes	Revisión Líderes	Revisión Líderes
	Revisión cliente	Revisión cliente	Revisión cliente	Revisión cliente
	Ajustes y correcciones	Ajustes y correcciones	Ajustes y correcciones	Ajustes y correcciones
	Resumen ejecutivo	Resumen ejecutivo	Resumen ejecutivo	Resumen ejecutivo
	Impresión	Impresión	Impresión	Impresión

Fuente: elaboración propia

**Tabla 7 Tareas Críticas del tiempo promedio**

<b>Fase\ Estudio</b>	<b>Tiempos promedio</b>
<b>Planeación</b>	Reunión de planeación
	Revisión de información
<b>Trabajo de campo</b>	Socialización veredas
	Recorridos profesionales temáticos
<b>Elaboración Documento</b>	Socialización campo en oficina
	Procesamiento información
	Revisión cartográfica
	Zonificación Ambiental
	Evaluación sin proyecto
	Cap11. Plan de inversión del 1%
	Revisión Líderes
	Revisión cliente
	Ajustes y correcciones
	Resumen ejecutivo
	Impresión

Fuente: elaboración propia

Project define las tareas críticas como aquéllas que no tienen margen de demora, se encuentra determinado por las fechas de fin anticipado y límite de la finalización de las tareas de la programación. La fecha de fin anticipado es la fecha más temprana en la que se podría finalizar una tarea, basándose en la fecha de comienzo de ésta y en la duración de la programación. La fecha de límite de finalización es la fecha más tarde en la que se puede terminar una tarea sin retrasar el fin del proyecto.

La diferencia entre la fecha de fin anticipado y la de límite de la finalización es el margen de demora. Para las tareas que se encuentran dentro de la ruta crítica (que no tienen margen de demora) la fecha de fin anticipado y la de límite de finalización son idénticas.

De acuerdo a los resultados suministrados en la tabla anterior se puede determinar que la ruta crítica de los estudios de impacto ambiental Canaguaro, Canelo Nogal, Capella y tiempos promedio, es similar, donde se encuentra una tarea importante, la revisión cartográfica, para su finalización depende del tiempo de entrega del externo encargado de realizar la cartografía, pero a su vez él depende de información suministrada por los profesionales temáticos. Ésta es una de las razones por la que se presentan demoras.

Debido a que la cartografía forma parte de la ruta crítica se presenta otra tarea crítica que depende de ella, la zonificación ambiental, presente en el capítulo tres del documento. Esta tarea precede a la elaboración de toda la línea base, porque contiene información de cada uno de los temáticos y el cartógrafo, prácticamente es uno de los capítulos que se termina de último.

Para obtener una conclusión más acertada sobre la ruta crítica mediante el uso de la herramienta Project Management, se realizó un análisis de sensibilidad de la cartografía, con base a dos escenarios que permitiera evaluar el comportamiento de éstas tareas cuando se afecta su tiempo, para ello, se habló con el cartógrafo, quien determinó como tiempo mínimo de entrega 15 días y con base a estudios realizados anteriormente se determinó un tiempo máximo de 137 días.

Es importante recalcar que el tiempo mínimo de entrega es un escenario donde el cartógrafo tiene toda la información de los externos con anticipación, por esta razón, es un escenario que nunca se ha presentado ya que siempre existen retardos con dicha información. El tiempo máximo de entrega se determinó con

base en un estudio actual, en el que se han presentado varios inconvenientes con el cartógrafo.

Los resultados de los siguientes escenarios en el Estudio de impacto ambiental Canaguaro, se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 8 Escenarios Estudio de Impacto Ambiental Canaguaro.**

<b>Fase\ EIA CANAGUARO</b>	<b>Tiempo Mínimo entrega (15 días)</b>	<b>Tiempo Máximo entrega (137 días)</b>
<b>Planeación</b>	Reunión de planeación	Reunión de planeación
	Revisión de información	Revisión de información
<b>Trabajo de campo</b>	Socialización veredas	Socialización veredas
	Monitoreos agua	Recorridos profesionales temáticos
		Realización muestreo fauna
<b>Elaboración Documento</b>	Análisis muestras de agua	Socialización del campo en oficina
	Hidrología	Procesamiento información
		Revisión cartográfica
	Zonificación ambiental	Zonificación ambiental
	Evaluación sin proyecto	Evaluación sin proyecto
	Cap.11. Plan de inversión del 1%	Cap.11. Plan de inversión del 1%

	Revisión Líderes	Revisión Líderes
	Revisión cliente	Revisión cliente
	Ajustes y correcciones	Ajustes y correcciones
	Resumen ejecutivo	Resumen ejecutivo
	Impresión	Impresión

Fuente: elaboración propia

Al realizar un cambio en el estudio EIA Canaguaro, en el tiempo de entrega de la cartografía por el tiempo mínimo (15 días), se pudo determinar que las tareas críticas varían. Dentro de ellas se encuentran, los monitoreos de agua, el análisis de agua, hidrología (Forma parte del capítulo 3 y depende de los resultados de laboratorio), y continúan formando parte de la ruta la zonificación ambiental (capitulo 3), la evaluación sin proyecto (capitulo 5) y el capítulo 11 plan de inversión del 1%. En cuanto al tiempo máximo se pudo analizar que no hubo cambio alguno en la estructura de la ruta crítica con respecto a la del tiempo real.

De igual forma, se realizó un cambio en el tiempo de entrega de la cartografía en el estudio de impacto ambiental Canelo, generando los siguientes resultados:

**Tabla 9 Escenarios Estudios de Impacto Ambiental Canelo Nogal**

<b>Fase\ EIA CANELO NOGAL</b>	<b>Tiempo Mínimo entrega (15 días)</b>	<b>Tiempo Máximo entrega (137 días)</b>
<b>Planeación</b>	Reunión de planeación	Reunión de planeación
	Revisión de información	Revisión de información
<b>Trabajo de campo</b>	Socialización veredas	Socialización veredas
	Monitoreos Agua	Recorridos profesionales temáticos

<b>Elaboración Documento</b>	Análisis muestras de agua (Cap. 3)	Socialización campo en oficina
	Hidrología	Procesamiento información
	Zonificación Ambiental	Revisión cartográfica
	Evaluación sin proyecto	Zonificación Ambiental
	Cap.11. Plan de inversión del 1%	Evaluación sin proyecto
	Revisión Líderes	Cap.11. Plan de inversión del 1%
	Revisión cliente	Revisión Líderes
	Ajustes y correcciones	Revisión cliente
	Resumen ejecutivo	Ajustes y correcciones
	Impresión	Resumen ejecutivo
		Impresión

Fuente: elaboración propia

Después de realizar el análisis de sensibilidad de la cartografía en la ruta crítica del estudio de impacto ambiental Canelo Nogal, se pudo determinar que sucede lo mismo que en el caso anterior; una vez el tiempo de entrega de la cartografía es menor, los monitoreos de agua y las actividades que se derivan de ella entran a formar parte de la ruta crítica.

Igualmente fue necesario realizar un análisis de sensibilidad para la ruta crítica del estudio de impacto ambiental Capella y así, obtener más certeza de las observaciones anteriores, analizando el comportamiento de la ruta crítica de acuerdo a los dos escenarios. La siguiente tabla resume los resultados:

**Tabla 10. Escenarios Estudio de Impacto Ambiental Capella**

<b>Fase\ EIA CAPELLA</b>	<b>Tiempo Mínimo entrega (15 días)</b>	<b>Tiempo Máximo entrega (137 días)</b>
<b>Planeación</b>	Reunión de planeación	Reunión de planeación
	Revisión de información	Revisión de información
<b>Trabajo de campo</b>	Socialización veredas	Socialización veredas
	Monitoreos Agua	Realización parcelas flora
	Monitoreos suelo	
<b>Elaboración Documento</b>	Análisis muestras de suelos	Socialización campo en oficina
	Suelos	Procesamiento información
	Análisis muestras de agua (Cap. 3)	Revisión cartográfica
	Hidrología	Zonificación Ambiental
	Zonificación Ambiental	Evaluación sin proyecto
	Evaluación sin proyecto	
	Revisión Líderes	Revisión Líderes
	Revisión cliente	Revisión cliente
	Ajustes y correcciones	Ajustes y correcciones
	Resumen ejecutivo	Resumen ejecutivo
Impresión	Impresión	

Fuente: Elaboración propia

En este estudio se puede observar que cuando la cartografía es menor comienzan a ser parte de la ruta, los monitoreos de agua, suelo y las actividades que se derivan de ellos (Análisis de muestras de suelo, suelos, análisis muestras de agua e hidrología); esto se debe a que en este caso, el laboratorio de suelo se demoró mucho más que los resultados de las muestras de agua ya que éstas fueron

obtenidas por los clientes, y al igual que en los demás estudios, la ruta crítica en el segundo escenario (137 días de entrega de la cartografía) permanece igual.

Para concluir los resultados anteriores, se realizó el mismo análisis con los tiempos promedio de los cuatro estudios analizados en esta práctica. Los resultados se presentan a continuación:

**Tabla 11 Escenarios Tiempo promedio de los cuatro estudios**

<b>Fase\ Tiempo Promedio EIA</b>	<b>Tiempo Mínimo entrega (15 días)</b>	<b>Tiempo Máximo entrega (137 días)</b>
<b>Planeación</b>	Reunión de planeación	Reunión de planeación
	Revisión de información	Revisión de información
<b>Trabajo de campo</b>	Socialización veredas	Socialización veredas
	Monitoreos agua	Recorridos profesionales temáticos
<b>Elaboración Documento</b>	Análisis muestras de agua	Socialización campo en oficina
	Hidrología	Procesamiento información
	Zonificación ambiental	Revisión cartográfica
	Evaluación sin proyecto.	Zonificación Ambiental
	Cap. 11. Plan de inversión del 1%	Evaluación sin proyecto.
		Cap.11 Plan de inversión
	Revisión Líderes	Revisión Líderes
	Revisión cliente	Revisión cliente
	Ajustes y correcciones	Ajustes y correcciones
	Resumen ejecutivo	Resumen ejecutivo

	Impresión	Impresión
--	-----------	-----------

Fuente: elaboración propia

Después de realizar una evaluación más detallada, mediante el uso de la herramienta Project Management, con los tiempos mínimos y máximos de entrega de la cartografía en los proyectos donde esta tarea formaba parte de la ruta crítica, se puede concluir que tiene un grado de sensibilidad alto, ya que esta actividad (la cartografía) deja de formar parte de la ruta crítica cuando su tiempo de entrega es menor y entran a formar parte de ella los monitoreos de agua y toda las actividades derivadas de su análisis. Por esta razón, es indispensable para su desarrollo el tiempo de entrega del laboratorio de agua.

## **6.6. DESARROLLO DE LA TERCERA FASE: SIMULACIÓN EN ARENA**

ARENA, es un programa que permite realizar simulación de los procesos, generando resultados sobre el uso de los recursos, el tiempo en espera de cada subproceso y demás información real del comportamiento del proceso.

En este caso se utilizó ARENA para verificar la ruta crítica obtenida anteriormente con Project y así poder encontrar los subprocesos que generan mayor tiempo en espera.

### **6.6.1. Metodología del modelo de simulación**

Para realizar un modelo de simulación se deben realizar cuatro pasos esenciales; primero, recolectar los datos pertinentes para poder realizar los cálculos correspondientes y que posteriormente serán introducidos en el simulador ARENA, en este caso los datos son los tiempos de los procesos recolectados en la fase inicial. El segundo paso es realizar un análisis para determinar la manera óptima de abordar el problema. El tercer paso, es la elaboración del proceso en ARENA, y finalmente se realiza el análisis de los resultados obtenidos en la

simulación, con el fin de obtener información que permita soportar el proceso de toma de decisiones.

Con la información del historial de la fecha de inicio de los Estudios de Impacto Ambiental, se calcularon los datos de necesarios para la entrada del modelo: distribución estadística de las entradas o inicio de los Estudios de Impacto Ambiental en C&MA.

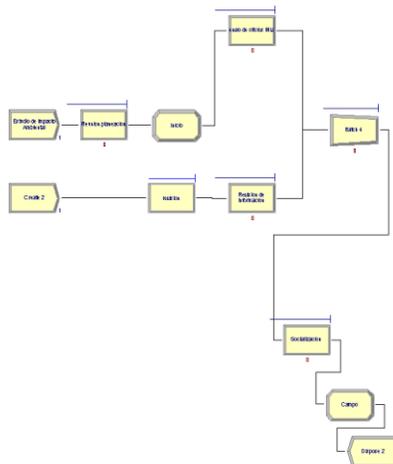
Después de organizar los datos recolectados sobre la duración de los tiempos del proceso, se procedió a determinar la mejor manera de abordar el problema. Se definió que la mejor manera era realizar un análisis datos de acuerdo a la distribución de probabilidad de ocurrencia, debido a que solamente se contó con datos de cuatro estudios.

### 6.6.2. Presentación del modelo

El proceso consta de tres fases:

#### 6.6.2.1. Primera Fase. Planeación

**Figura 12. Modelo en ARENA de la fase 1. Planeación**

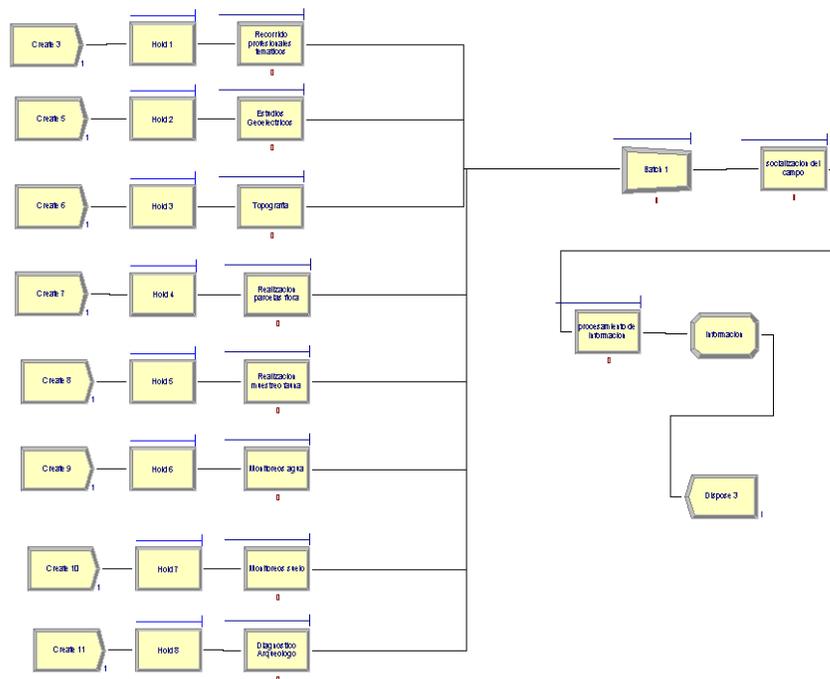


Fuente: Elaboración propia

En esta fase, se diseñan, se programan y se planean todas las actividades y el recurso humano que requerirá el desarrollo del proyecto. Cuenta con los siguientes módulos: *create*, el encargado de la emisión de la entidad que para el proceso será simplemente una, es decir, un solo Estudio de Impacto Ambiental, posteriormente cuenta con cuatro módulos denominados *process*, que son las actividades o procesos que se realizan dentro de esta fase, éstos son: la reunión de planeación, envío de permisos y revisión de la información secundaria, una vez se realizan éstos 3 procesos, la entidad continua a la socialización en campo y se dirige a un *assign* para posteriormente enviar la señal de entrada de los demás externos a campo.

### 6.6.2.2. Segunda fase. Trabajo de campo

**Figura 13 Modelo en ARENA de la fase 2. Trabajo de campo**

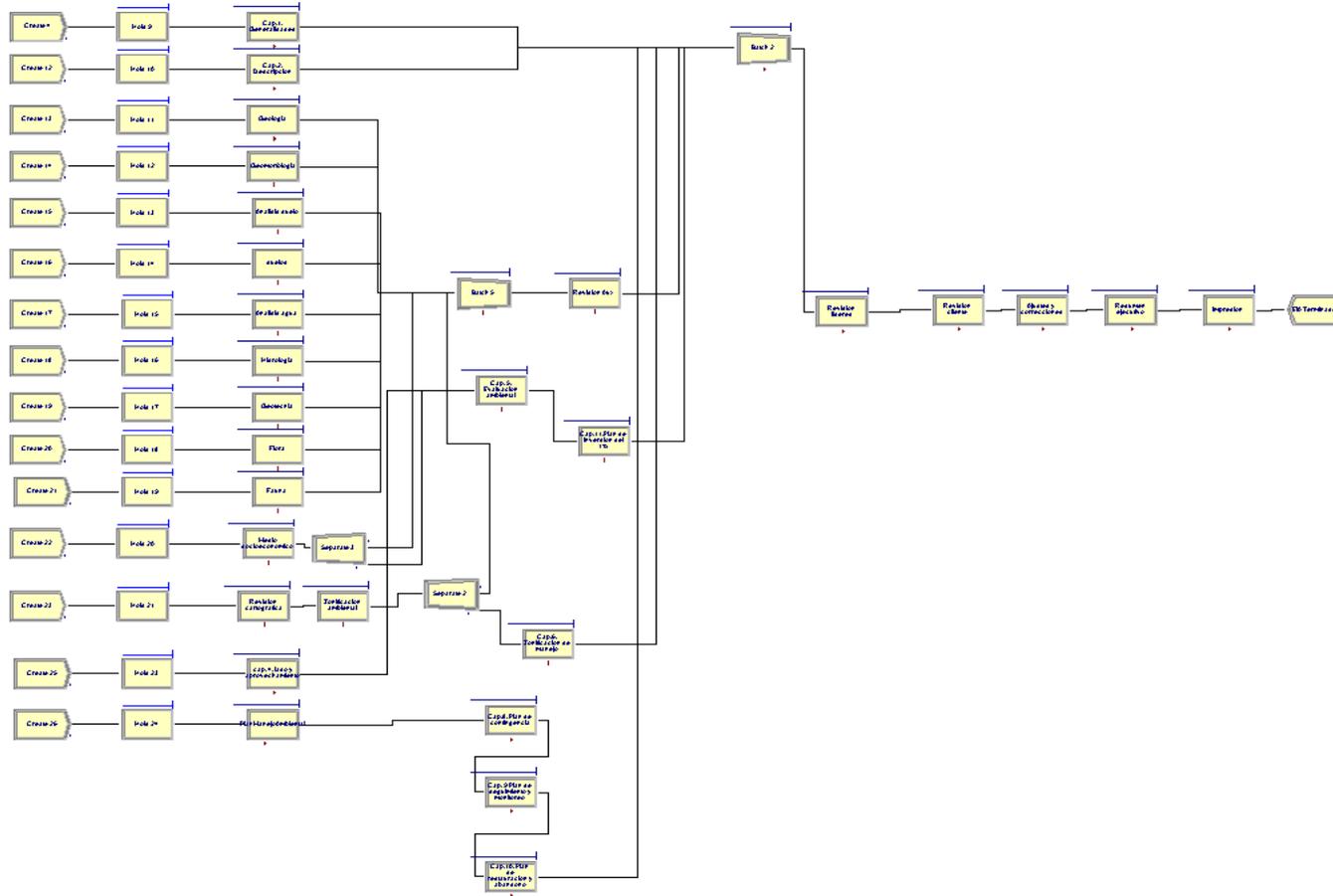


Fuente: Elaboración propia

Cuando se envía la señal para ingresar al área de campo, la entidad entra a la segunda fase. Ésta consta de ocho módulos, denominados *Create*, que son los encargados de la emisión de la entidad para la segunda fase, al mismo tiempo cuenta con ocho módulos *hold*, que retienen la entidad hasta que se envía la señal de entrada y ocho módulos *process* que son las actividades que se desarrollan en campo. Al finalizar cada actividad, la entidad se dirige a un módulo *batch* donde se almacena la información hasta que todas las actividades de campo finalicen. Posteriormente el comité de campo se dirige a la ciudad y se realiza la socialización del campo y el procesamiento de la información obtenida; en ARENA estas actividades se representan con dos módulos *process* y se dirigen a un módulo *assign* que emite la señal de envío de información a los externos.

**6.6.2.3. Tercera fase. Elaboración del documento.** Cuando se envía la información organizada por los líderes, la entidad ingresa a la tercera y última fase, la elaboración del documento. Donde se concentra el mayor número de actividades y la que exige mayor control. A continuación se presenta el proceso de simulación en Arena.

Figura 14 Modelo en ARENA de la fase 3. Elaboración del documento



Fuente: Elaboración propia

Ésta fase, contiene 16 módulos *create*, 16 módulos *hold* (que retienen la entidad hasta que se envía la señal de la segunda fase) y un módulo *process* para cada uno de los siguientes procesos: elaboración capítulo 1, elaboración capítulo 2. Un módulo *process* para cada subcapítulo del capítulo 3; geología, geomorfología, análisis muestras de suelo, suelos, análisis de agua, hidrología, geotecnia, flora, fauna, medio socioeconómico, revisión cartográfica, zonificación ambiental, elaboración capítulo cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve, diez y once. Una vez finalizados estos capítulos, la entidad se dirige a la revisión por los líderes, revisión del cliente, ajustes y correcciones, elaboración del resumen ejecutivo y finalmente la impresión o medio de entrega; cada una de estas actividades representadas por un módulo *process* para un total de veintiocho módulos *process* durante esta fase.

En el caso de los subcapítulos del capítulo 3, las entidades pasan primero a un módulo *batch* dónde se almacena la información y se dirige posteriormente al módulo *process* revisión del auxiliar, para finalmente dirigirse a la revisión por el líder.

Durante esta fase también se utilizan dos módulos *separate* que indican que la información obtenida en dicho proceso (medio socioeconómico y zonificación ambiental) se duplica y es requerida como información base para otros capítulos. A continuación se presenta el modelo en ARENA de la fase tres.

### **6.6.3. Experimentos**

Para analizar el proceso estructurado en ARENA, sobre la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental, se decidió correr el modelo para la elaboración de un solo Estudio teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia de los cuatro tiempos históricos obtenidos en las entrevistas con líderes. El análisis de probabilidad se realizó mediante una distribución de probabilidades en cada proceso, y para

ingresar esos tiempos en ARENA se construyó una expresión mediante la distribución al azar con probabilidad discreta.

#### **6.6.4. Resultados**

De acuerdo al análisis realizado con el simulador ARENA, el tiempo total en días de elaboración de estudios de Impacto ambiental con los reprocesos generados es 210 días que equivalen a 7 meses. Estos reprocesos se generan por temas de seguridad o modificaciones en el área. Para el desarrollo de la práctica se tuvieron en cuenta los tiempos de reproceso de Chipó y Canaguaro.

Con base a los resultados obtenidos del tiempo de la entidad (estudio de Impacto Ambiental) en el proceso, se encontró que en promedio el tiempo de elaboración es 86 días (aproximadamente 3 meses); que es el tiempo estimado por la coordinadora de proyectos pero éste puede verse afectado por reprocesos, generando un tiempo máximo de 210 días (7 meses).

Para analizar el tiempo en cola y conocer cuáles son las actividades que generan mayores esperas y afectan el tiempo final del proyecto, fue necesario analizar la información obtenida en *QUEUE*<sup>2</sup> *waiting time*<sup>3</sup>, donde se especifica cada uno de los procesos con sus respectivos tiempos de espera, permitiendo concluir la siguiente información: en la siguiente tabla se presentan las actividades que mayor tiempo de espera generan con su respectivo tiempo promedio en espera.

---

<sup>2</sup> QUEUE: Palabra en inglés que significa cola

<sup>3</sup> Waiting time: Palabra en inglés que significa tiempo en espera

**Tabla 12 Resultados de las actividades con mayor tiempo de espera con base en ARENA**

<b>Proceso</b>	<b>Tiempo promedio en espera</b>
<b>Análisis de Agua</b>	38 días
<b>Análisis de Agua</b>	38 días
<b>Cap. 1 Generalidades</b>	126 días
<b>Flora</b>	38 días
<b>Geología</b>	61 días
<b>Geomorfología</b>	49 días
<b>Hidrología</b>	38 días

Fuente: Elaboración propia

Estos procesos son similares a los obtenidos con el software Project Management, por lo tanto, se pudo analizar que definitivamente los laboratorios (Agua y Suelo) son indispensables en el proceso y generan mayores tiempos en espera, formando parte de la ruta crítica en la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental. También forman parte de la ruta crítica la Geología, Geomorfología e hidrología que requieren de información suministrada por los laboratorios.

Con la información sobre los tiempos de espera de cada una de las actividades, es importante recalcar que se encontraron dos actividades que generan grandes tiempos en cola o en espera; estas son: la elaboración del capítulo uno con un tiempo en espera de 126 días y el aspecto flora con un tiempo de 38 días (esta última formó parte de la ruta crítica del Estudio de Impacto Ambiental Canaguaro).

### 6.6.4.1. Recursos.

**Figura 15. Resultados ARENA sobre recursos programados**

Unnamed Project				
Replications: 1		Time Units: Days		
Resource				
Usage				
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Ambiental 1	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
Ambiental 2	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
Arqueologo	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
Auxiliar	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
Biologo	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
cartografo	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
cliente	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
coordinadora	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
Director	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
Forestal	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
Geoelectricos	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
Geologo	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
Hidrologo	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
laborarotio suelos	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
laboratorio agua	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
lider	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
Profesional social	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
Topografo	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000

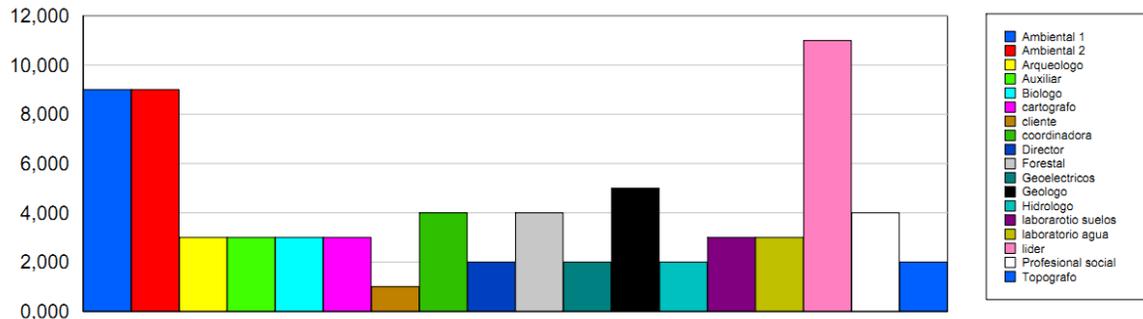
Fuente: Simulador de Procesos ARENA

Además de la información obtenida sobre el tiempo en espera, se pudo analizar el tiempo y comportamiento de los recursos utilizados en el proceso; Para ello, inicialmente, ARENA arrojó información acerca del número de recursos programados en el proceso (representados en la tabla anterior), que para este caso se programó una persona por recurso.

Debido a los inconvenientes presentados con la sobrecarga laboral especialmente en la coordinadora de proyectos, se hizo un ajuste en la distribución de las tareas,

a continuación se presenta los resultados arrojados por ARENA sobre el uso de los recursos.

**Figura 16 Resultados ARENA sobre el número de veces utilizado un recurso**



Fuente: Simulación de procesos ARENA.

Esta figura representa el número de veces que fue llamado cada recurso en la simulación, permitiendo analizar cuáles son los recursos que más se requieren en el proceso.

Esta simulación fue necesaria porque permitió conocer detalladamente cuales eran los profesionales o recursos más indispensables en la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental y evaluar si la redistribución de las tareas planteadas a principio de este año, permitía mejorar la carga laboral especialmente de la coordinadora, ya que debe monitorear no solo los estudios de impacto ambiental sino también los demás proyectos programados en la empresa. Con estos resultados, se puede concluir que la persona que más se requiere en la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental es el líder de Proyectos, ya que se encarga de planear, dirigir y controlar el proceso y a su vez, la elaboración de algunos capítulos y la revisión del documento final. Igualmente es indispensable que durante este proceso el líder cuente con el apoyo de dos ambientales, encargados del seguimiento y la elaboración de algunos capítulos y finalmente, analizando a los externos, la persona que más veces es requerida en el proceso es el geólogo.

## 7. IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTAS

### 7.1 MEJORAS PROPUESTAS

Con base a los resultados obtenidos de las rutas críticas de los diferentes Estudios de impacto ambiental, se proponen las siguientes mejoras a la empresa:

- Aunque la fase inicial es la más corta y con pocas actividades es necesario implementar un control de tiempos en la revisión de información secundaria, para que no exceda el tiempo estimado, ya que esta actividad retrasa el tiempo de entrega final.
- A su vez, es importante realizar un control en el tiempo requerido para la socialización en campo, este proceso es determinante en el desarrollo de un Estudio de Impacto Ambiental y por eso es necesario tomar las medidas de control pertinentes para garantizar que su ejecución se realice en el tiempo planeado según la zona.
- Implementar medidas de mejora en el tiempo de entrega de los planos. De acuerdo a los resultados, este proceso es uno de los más críticos porque determina el cierre de varios capítulos y hasta el momento es el que ha presentado mayor número de retrasos presentado más retrasos. Es necesario llegar a acuerdos serios y verificables con el cartógrafo para mejorar el tiempo de entrega total así como realizar permanente inspección y seguimiento a los días invertidos en la elaboración de los planos.
- Otro proceso crítico en la elaboración de estudios de impacto ambiental es el análisis de muestras de agua. Una vez la cartografía disminuye (como se puede

ver en Chipó, 60 días) deja de formar parte de la ruta y éste entra como proceso crítico. Así que se deben implementar controles en las fechas de entrega de los resultados para que no excedan el tiempo esperado y afecten la entrega del documento final. Es importante comparar este tiempo con el tiempo de la cartografía ya que se puede analizar finalmente cuáles son las actividades que retrasan el proyecto.

- De acuerdo a los resultados obtenidos se pudo determinar tres rutas críticas diferentes de acuerdo al tiempo de los externos (Laboratorios y cartografía). La primera ruta se genera cuando el tiempo de entrega de la cartografía es mayor a los demás externos, las actividades que involucran o forman parte de la ruta se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 13 Ruta Crítica cuando la cartografía es mayor**

<b>Reunión de planeación</b>
<b>Revisión de información</b>
<b>Socialización veredas</b>
<b>Recorridos profesionales</b>
<b>Socialización campo</b>
<b>Procesamiento de la información</b>
<b>Revisión cartografía</b>
<b>Zonificación Ambiental</b>
<b>Evaluación sin proyecto</b>
<b>Elaboración capítulo 11</b>
<b>Revisión Líderes</b>
<b>Revisión cliente</b>
<b>Ajustes y correcciones</b>
<b>Resumen ejecutivo</b>

## **Impresión**

Fuente: Elaboración propia

Cuando la cartografía es menor que el tiempo del laboratorio de agua y suelo, las actividades derivadas del monitoreo de agua entran a formar parte de las actividades críticas y la cartografía sale de ella, generándose la siguiente ruta crítica:

**Tabla 14 Ruta Critica cuando la cartografía es menor**

<b>Reunión de planeación</b>
<b>Revisión de información</b>
<b>Socialización veredas</b>
<b>Monitoreos agua</b>
<b>Análisis muestras de agua</b>
<b>Hidrología</b>
<b>Zonificación ambiental</b>
<b>Evaluación sin proyecto</b>
<b>Elaboración capítulo 11</b>
<b>Revisión Líderes</b>
<b>Revisión cliente</b>
<b>Ajustes y correcciones</b>
<b>Resumen ejecutivo</b>
<b>Impresión</b>

Fuente: Elaboración propia

Otro escenario en el que se puede generar una ruta crítica diferente, sucede cuando la cartografía es menor que los tiempos de los laboratorios y adicionalmente la diferencia entre la entrega del laboratorio de suelo y agua es grande como en el caso de Capella (siendo el tiempo de entrega del laboratorio de

suelo mayor), dónde el laboratorio de suelo entregó a los 61 días y agua a los 30 días.

En este caso se mantienen dentro de la ruta crítica las actividades derivadas del monitoreo de agua y entra a formar parte de ella todo lo referente al monitoreo de suelos.

Éste análisis permite conocer como varía el comportamiento de la ruta crítica de acuerdo a los tiempos de entrega de el laboratorio de agua, suelo y cartografía.

Con base en los resultados obtenidos con el simulador ARENA, se hace definitivo e importante analizar el comportamiento y el tiempo de entrega de los laboratorios, especialmente de agua, a través de herramientas estadísticas que permitan medir y analizar el tiempo de entrega de los resultados, es necesario que la Auxiliar de Ingeniería encargada de recibir los resultados de laboratorios realice este seguimiento cada vez que se envían muestras, e informe oportunamente de las demoras a los líderes de proyectos para que tomen medidas correctivas, ya que el proceso de hidrología dependen de la información de los laboratorios y actualmente presenta grandes tiempos de espera. Igualmente es necesario implementar medidas de mejora en lo relacionados con la geología, garantizando la disminución del tiempo del proceso, a través del seguimiento al trabajo realizado por el geólogo.

Como estrategia y herramienta de control de tiempos, se propone implementar en C&MA Ltda., la hoja de cálculo Time Sheet, porque permite conocer detalladamente el tiempo invertido por cada empleado en la elaboración, revisión y demás actividades necesarias para los capítulos. Pero esta herramienta sólo puede ser implementada por la coordinadora de proyectos y el Director del área. Por esta razón, se diseñó también una plantilla en Excel que permitiera registrar a cada uno de los líderes la fecha de inicio de cada proyecto y la fecha de

finalización esperada, facilitando el seguimiento de cada una de las actividades y la evaluación e implementación de acciones correctivas.

Esta plantilla apoya a los líderes en la planeación y control de cada Estudio de Impacto ambiental, proporcionando el tiempo real y estimado de cada actividad, colocando especial énfasis en las actividades que forman parte de la ruta crítica previamente determinada.

Una vez finalizado el Estudio de impacto ambiental, el líder debe realizar una reflexión acerca de los errores cometidos, mediante un formato en Excel diseñado para conocer las causas, consecuencias y acciones correctivas a implementar. Ésta herramienta va de la mano con otro formato de calidad denominado solicitud de acción correctiva o preventiva, donde se especifican las acciones a tomar y se diseñan planes de mejora con fechas para eliminar la posibilidad de ocurrencia del error; después de llenar los formatos se debe socializar con los profesionales y auxiliares el error cometido y las estrategias de mejora para que conozcan que fue lo que pasó, por qué y minimizar la recurrencia.

## 8. CONCLUSIONES

- De acuerdo a la reuniones con los líderes de proyectos y la coordinadora se logró estandarizar el proceso en tres fases; la primera consiste en la planeación del proyecto; donde se realizan reuniones, se envían los permisos pertinentes para trabajar en la zona y se realiza un monitoreo de información secundaria, planos y demás para conocer el lugar; la segunda fase es el trabajo de campo, en ella se involucran todas las actividades necesarias para la socialización con la comunidad y la recolección de las muestras. Finalmente, la tercera fase consiste en la elaboración del documento, de acuerdo a los capítulos establecidos por la norma, para el caso de los Estudios de impacto ambiental se deben cumplir 11 capítulos y el resumen ejecutivo.
- Con base en los tiempos obtenidos y el análisis de variabilidad se puede concluir que la duración de los procesos en cuanto a la elaboración del documento es casi la misma, tiene una desviación baja, con un promedio de 3 días, dependiendo más que todo de la experiencia del personal; mientras que la socialización y el trabajo de campo depende del orden público de la zona. En cuanto a los laboratorios y la cartografía se puede concluir que **sí** poseen una desviación significativa que debe ser controlada, ya que de acuerdo a Project y Arena son los afectan significativamente la entrega final del documento.
- Analizando la ruta crítica por medio del diagrama CPM (Project Management), se pudo determinar que las actividades más importantes, es decir las que mayores medidas de control necesitan por parte de los líderes de proyectos son: la cartografía y el análisis de las muestras de agua, a su vez es indispensable controlar las actividades que dependen de ellas como la hidrología, la zonificación ambiental y la evaluación sin proyecto.

- De acuerdo a ARENA, la actividad que más demora genera en el proceso de elaboración de Estudios de Impacto ambiental es el análisis de muestras de agua.

- Con base en los resultados obtenidos con el simulador de procesos ARENA se logró determinar que las actividades con mayor tiempo de espera son: el análisis de agua y análisis de suelos (aquellas actividades que dependen de los resultados de cada uno de los laboratorios). Ésta conclusión permite verificar que al igual que los resultados obtenidos con Project Management es indispensable realizar un seguimiento de los proveedores de laboratorio ya que éstas demoras retardan el proceso y la entrega final del documento.

También se pudo concluir que las actividades que requieren información base de los resultados de laboratorio especialmente los de agua (Geología y Geomorfología) deben tener un seguimiento y verificación de tiempos de entrega y acciones correctivas cuando presentan demoras en la entrega de los laboratorios.

Es importante recalcar otro proceso que genera mayores tiempos de espera, la elaboración del capítulo 1. Generalidades. Debido a que requiere previo procesamiento de información de externos para su finalización.

Con la ayuda del simulador de procesos ARENA, se logró determinar que los recursos que más se utilizan en la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental son: Los líderes de proyectos, los Ingenieros Ambientales que los apoyan y con respecto a los externos, el Geólogo.

## 9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa, ejecutar un control de tiempos que permita evaluar el comportamiento de las tareas involucradas en la prestación de sus servicios, especialmente en los Estudios de Impacto Ambiental. Para esto, se diseñaron mejoras en el Time Sheet mediante el uso de Visual Basic y tablas dinámicas.
- Se recomienda a la empresa implementar dos planillas diseñadas en Excel; la primera denominada planilla para seguimiento de tiempos, que aplica solamente para los Estudios de Impacto Ambiental, dónde se desglosan las actividades requeridas y permite asignar a cada una las fechas de inicio y finalización, pero lo más importante es que diariamente se va actualizando de tal forma que cada vez que se vaya acercando a la fecha de finalización, la actividad se sombrea de un color dependiendo del número de días, hasta colocarse rojo. Inmediatamente se haya actualizado la fecha de finalización real, Excel asigna color verde a la letra de la casilla, si la fecha de finalización real es igual o menor a la fecha esperada y color rojo para las fechas de finalización que sobrepasaron la fecha esperada. La segunda planilla busca consolidar e integrar el área técnica con el sistema de gestión de calidad, ésta planilla es denominada control de errores e inconvenientes y busca la concientización de los hechos ocurridos en los proyectos que afectaron tanto la fecha de entrega como la calidad de la información del documento y permite desarrollar medidas correctivas para evitar que vuelva a ocurrir.
- Se recomienda a la coordinadora del área técnica, asegurarse que los líderes den el uso adecuado a las planillas diseñadas, a través de reuniones mensuales donde se socialice dicha información. Igualmente, se recomienda

socializar con el área técnica los resultados obtenidos en las planillas para que todos conozcan esta información y eviten la ocurrencia de los mismos errores.

- En cuanto a los agentes externos, tales como los laboratorios, el cartógrafo y el geólogo, se recomienda a la empresa socializar con ellos los resultados obtenidos en esta práctica para que se autoevalúen y desarrollen estrategias y acciones de mejora, que garanticen el cumplimiento de los tiempos pactados para la elaboración de cada capítulo, sin que ello repercuta en la calidad de los documentos.
- Finalmente se recomienda a la empresa implementar las propuestas previamente establecidas para controlar aquellos procesos que presentan tiempos de espera y forman parte de la ruta crítica.

## 10. IBLIOGRAFIA

ALCALA, Jose Luis, ALMARAZ, Antonio y ROMERO, Gerardo. *Definición Estudio De Movimientos Y Estudio De Tiempos*. [en línea]. Disponible en: <<http://www.mitecnologico.com/Main/4DefinicionEstudioDeMovimientosYEstudioDeTiempos>>. [citado en 15 de Febrero 2012].

CONSULTORIA Y MEDIO AMBIENTE Ltda. [en Línea]. Disponible en: <<http://www.cyma.com.co/>>. [citado en 9 de Febrero 2012].

DIAGRAMA DE GANTT Y MALLA DE PERT [Anónimo]. Disponible en: <[http://www.icdp.org.co/esp/descargas/Norma\\_ICONTEC\\_Referencias\\_Bibliograficas\\_NTC\\_5613\[1\].pdf](http://www.icdp.org.co/esp/descargas/Norma_ICONTEC_Referencias_Bibliograficas_NTC_5613[1].pdf)> [citado en 22 de Febrero de 2012]

GRADEX. [en línea]. Disponible en: < <http://www.gradex.com.co/2011/>>. [citado en 9 de Febrero 2012].

INDUCCIÓN AL SECTOR PETROLERO con Mónica Arenas, Directora de Proyectos C&MA Ltda. Bucaramanga. 16 de Febrero de 2012.

K2 INGENIERIA. [en línea]. Disponible en: <<http://www.k2ingenieria.com/institucional/site2010/index.html>>. [citado en 9 de Febrero 2012].

LOPEZ, Carlos. *El estudio de tiempos y movimientos*. Gestipolis. [en línea]. disponible en: <<http://www.gestipolis.com/canales/gerencial/articulos/no%2010/tiemposymovimientos.htm>>. [citado en 15 de Febrero 2012].

LV INGENIERIA. [en línea]. Disponible en: < <http://www.lvingenieria.com/>>. [citado en 9 de Febrero 2012].

SALAS BACALLA, Julio. Muestreo de trabajo. [en línea]. Disponible en: < [http://ateneo.unmsm.edu.pe/ateneo/bitstream/123456789/2149/1/industrial\\_data10\\_v3n1\\_2000.pdf](http://ateneo.unmsm.edu.pe/ateneo/bitstream/123456789/2149/1/industrial_data10_v3n1_2000.pdf)> [citado en 17 de Febrero 2012].

## ANEXOS

### ANEXO A. Estudios de impacto ambiental realizados por C&MA en el año 2010 y 2011

Año	Proyecto	Departamento	Municipios	Tiempo de inicio	Tiempo de entrega
2010	Estudio de Impacto Ambiental Área de Interés Exploratorio Alea 1848-A	Putumayo	Puerto Asís	04/01/2010	05/03/2010
	<b>Estudio de Impacto Ambiental Área de Interés Exploratorio Canelo Norte</b>	<b>Cauca y Putumayo</b>	<b>Piamonte y Puerto Guzmán</b>	<b>26/08/2010</b>	<b>24/09/2010</b>
	<b>Estudio de impacto ambiental Explotación Capella</b>	<b>Meta - Caquetá</b>	<b>La Macarena, San Vicente del Caguan</b>	<b>28/10/2010</b>	<b>26/02/2011</b>
2011	Estudio de impacto ambiental APE ACHAPO	Caquetá	El Doncello, Paujil, Puerto Rico, San Vicente	02/01/2011	02/04/2011
	Estudio de impacto ambiental Cedrela	Caquetá	Puerto Rico, El Doncello, El Paujil y Cartagena del Chairá, la Montañita	02/01/2011	02/04/2011
	<b>Actualización Estudio de Impacto ambiental Canaguaro</b>	<b>Casanare</b>	<b>Monterrey, Tauramena</b>	<b>01/03/2011</b>	<b>30/04/2011</b>
	Estudio de Impacto ambiental	Meta - Caquetá	La Macarena, San Vicente del Caguan		

Sangretoro				
<b>Estudio de Impacto ambiental área de interés Chipo</b>	<b>Meta - Caquetá</b>	<b>La Macarena, San Vicente del Caguan</b>	<b>25/06/2011</b>	<b>24/08/2011</b>
Estudio de impacto ambiental área de interés exploratorio Canelo Nogal	Putumayo	Puerto Guzmán	05/07/2011	03/10/2011
Estudio de impacto ambiental explotación Campo Potros	Casanare	Yopal		
Estudio de impacto ambiental Alea 1846	Putumayo	Puerto Asís		

Fuente: Elaboración propia