

TABLA DE CONTENIDOS:

1.	PRESENTACIÓN DEL TRABAJO.	.....Error! Bookmark not defined.
1.1.	Introducción.	.....Error! Bookmark not defined.
1.2.	Objetivos del trabajo.	.....Error! Bookmark not defined.
1.2.1.	Objetivo general.	.....Error! Bookmark not defined.
1.2.2.	Objetivos específicos.	.....Error! Bookmark not defined.
1.3.	Apartados de la memoria del trabajo.	.....Error! Bookmark not defined.
2.	PRINCIPIOS DE LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS.	..... Error! Bookmark not defined.
2.1.	Introducción.	.....Error! Bookmark not defined.
2.2.	¿Qué es un proyecto?	.....Error! Bookmark not defined.
3.	MÉTODOS DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS.	..... 15
3.1.	Diagramas de GANTT para gestión de proyectos.	..... 15
3.2.	Critical Path Method (CPM).	..... 18
3.3.	Program evaluation and review technique (PERT).	..... 19
3.4.	Obtención de duración de proyecto con restricción de recursos (modelo de optimización de recursos).	..... 22
3.5.	Simulación en análisis de riesgos (método de Montecarlo).	..... 22
4.	TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES APLICADO A LA GESTIÓN DE PROYECTOS: METODOLOGÍA DE LA CADENA CRÍTICA.	..... Error! Bookmark not defined.
4.1.	Implementación de TOC al proyecto.	.....Error! Bookmark not defined.
4.1.1.	El comportamiento humano en las actividades a ejecutar.	.....Error! Bookmark not defined.
4.1.2.	Reducción del riesgo general según el riesgo de cada actividad.	Error! Bookmark not defined.
4.2.	Proceso de implementación de TOC mejorado.	Error! Bookmark not defined.
5.	ANÁLISIS DE VALOR GANADO.	.....Error! Bookmark not defined.
6.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PUENTE CALLE 4 SUR.	Error! Bookmark not defined.
7.	APLICACIÓN PRÁCTICA.	.....Error! Bookmark not defined.
7.1.	Aplicación de metodología a proyecto de construcción.	.....Error! Bookmark not defined.
7.1.1.	Primer acercamiento por MS-PROJECT.	.....Error! Bookmark not defined.

7.1.2	Metodología PERT-CPM determinista de duración y coste.....	Error!
	Bookmark not defined.	
7.1.3	Optimización de recursos por métodos cuantitativos..	Error! Bookmark not defined.
7.1.4	Simulación de Montecarlo con distribuciones de probabilidad..	Error! Bookmark not defined.
7.1.5	Modelo de optimización para datos de Montecarlo.	Error! Bookmark not defined.
7.2	Aplicación de TOC mejorado o “metodología de cadena crítica mejorado” al proyecto.	Error! Bookmark not defined.
7.2.2	Proceso de implementación.....	Error! Bookmark not defined.
7.2.3	Implementación.	Error! Bookmark not defined.
7.3	Panorama de posible comportamiento del proyecto con análisis de valor ganado AVG.....	Error! Bookmark not defined.
7.3.1	Curva “S” o gráfico BCWS con datos de CPM-PERT....	Error! Bookmark not defined.
7.3.2	Puntos de control del proyecto.	Error! Bookmark not defined.
7.3.3	Medidas correctivas en el avance del proyecto.....	Error! Bookmark not defined.
8	CONCLUSIONES.....	Error! Bookmark not defined.
8.1.	Conclusiones específicas.....	Error! Bookmark not defined.
8.2.	Líneas futuras.	Error! Bookmark not defined.
8.3.	Posibles tendencias de la metodología.	Error! Bookmark not defined.
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	Error! Bookmark not defined.
9.1.	Referencias.....	Error! Bookmark not defined.

3. MÉTODOS DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS.

3.1. Diagramas de GANTT para gestión de proyectos.

Es tradicional en la gestión de proyectos utilizar diagramas de tipo GANTT para representar las actividades en el tiempo y así poder programar la duración del proyecto de una forma básica y certera. Estos diagramas comenzaron a usarse alrededor de los años 1910-1915 y fueron implementados por Henry Laurence Gantt, ingeniero industrial Estadounidense (Antill, Woodhead 2002).

Los diagramas de Gantt se basan, específicamente, en un método gráfico que divide a las tareas en iguales temporalidades, es decir, cada actividad tiene subdivisiones según el formato que se desee (días, semanas, meses, etc.). Así dependiendo de lo que se planifique como duración de la actividad, ésta será representada por una barra de mayor o menor tamaño dependiendo de la duración de la tarea.

Estas barras son ubicadas en un sistema de coordenadas donde:

- El eje horizontal: representa, como ya se dijo, una escala temporal o un calendario, que se subdivide dependiendo de la escala temporal asignada.
- El eje vertical: representa las tareas a ejecutar en el proyecto. Por lo regular se ordenan dependiendo de su orden de ejecución, para así tener una mejor visualización de las tareas en el tiempo, aunque no es absolutamente necesario.

Algunos símbolos se utilizan para poder diferenciar las diferentes situaciones de las tareas. Estos símbolos son los siguientes:

- 3.1.1 Rectángulos: indican la tarea en sí, estas tendrán una mayor o menor longitud dependiendo de la duración de las tareas, por consiguientes, estos van paralelos al eje horizontal.



Figura n° 3. Rectángulos que representan la actividad.

3.1.2 Línea gruesa dentro de las tareas (rectángulos): estas líneas denotan el porcentaje de ejecución de las tareas en determinado instante de tiempo.

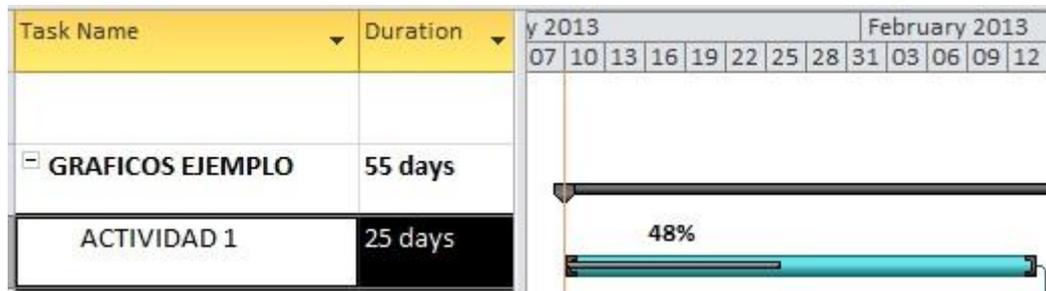


Figura n° 4. Línea gruesa que representa ejecución.

3.1.3 Arcos de unión: línea que une dos tareas y representan la condicionalidad de una sobre otra, es decir, que tareas dependen de otras, en palabras comunes del método, sus sucesoras y predecesoras.

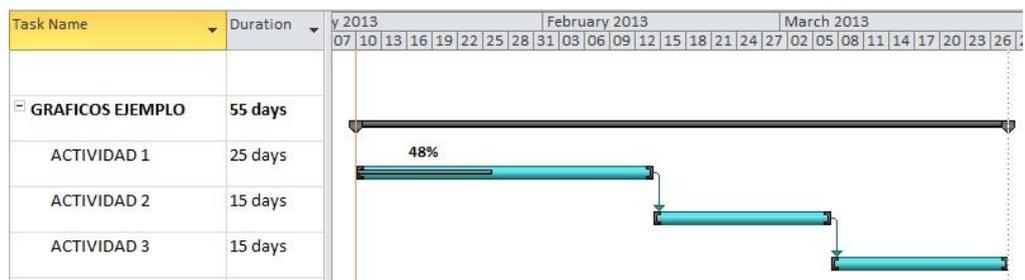


Figura n° 5. Arcos que unen las actividades y muestran su dependencia.

3.1.4 Comúnmente suelen diferenciarse las tareas del camino crítico con otro color (En este caso de color rojo)

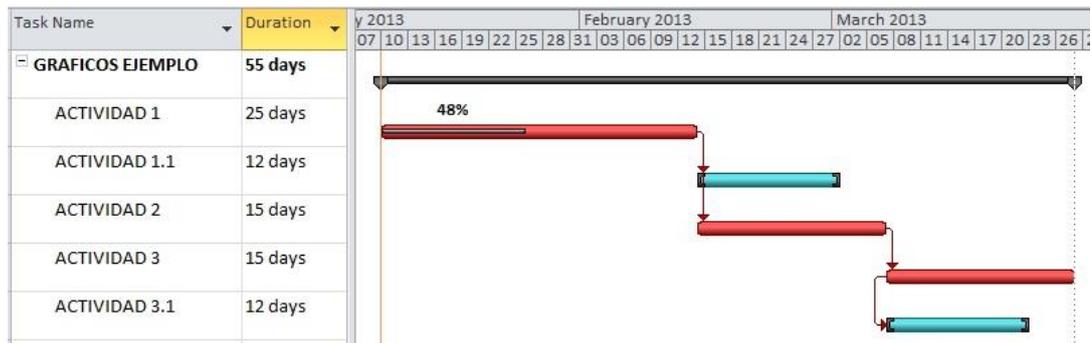


Figura n° 6. Tareas críticas resaltadas con color rojo.

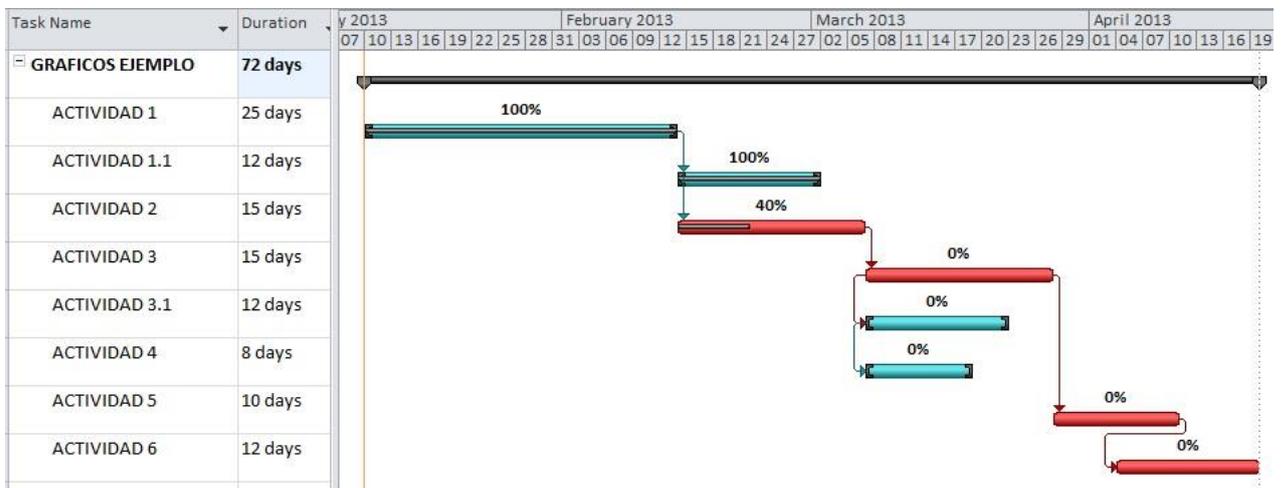


Figura n° 7. Grafico Gantt ejemplo

Los diagramas de Gantt suelen ser una herramienta muy eficaz a la hora de elaborar la planificación del proyecto y su cronograma, ya que es un método muy visual y práctico. Se queda corto al momento de realizar el cálculo de la duración del proyecto. Adicionalmente a esto, no permite modificaciones, precisamente por ser un método gráfico.

El método gráfico realizado por Gantt ha recibido modificaciones, mejoras a su metodología, a raíz de sus limitaciones en el cálculo y su poca aplicabilidad a proyectos más complejos, es por esto que se han desarrollado herramientas como CPM o PERT.

3.2 Critical Path Method (CPM).

A mediados del año 1957, posterior a la segunda guerra mundial y con el gran crecimiento de empresas estadounidenses, una de las más importantes firmas de productos químicos “*Du pont de Nemours*” inició uno de sus proyectos más ambiciosos, el cual consistía en ampliar cerca de 300 plantas de su propiedad, lo cual no permitía que se usaran los gráficos Gantt.

En un inicio, sus creadores, Morgan Walker de DuPont y James E. Kelley de la Remington Rand, este método fue llamado PPS por sus siglas en inglés de “*Project Planing and Scheduling*” e incluía todo el proceso del proyecto, desde su fase de diseño y planificación, hasta su ejecución, así como la inclusión de las obras de mantenimiento para los trabajos grandes y complejos (Antill, Woodhead 2002).

Luego fue nombrado como CPM (Critical Path Method, método del camino crítico) y básicamente contemplaba que el tiempo es una variable conocida y se pueden variar la cantidad de recursos a utilizar. Es un método determinativo y adicionalmente:

- A medida que el tiempo avanza, estas estimaciones de tiempo se usan para representar el progreso del proyecto, de tal manera, que si existe un retraso se debe reevaluar la asignación de recursos para que el proyecto tome su rumbo antes planificado.
- Contempla que las actividades son continuas e inter-independientes y que siguen un orden cronológico.
- Considera tiempos normales y acelerados, según los recursos asignados, es decir, que en el momento de la planificación, los recursos asignados en este momento, son los mínimos a utilizar por las actividades.

3.3 Program evaluation and review technique (PERT).

Este método fue desarrollado, como muchas otras técnicas y tecnologías, para fines armamentistas y de logística de combate y guerra. Este método, aunque no se tienen indicios, fue implementado en la segunda guerra mundial, pero varios autores coinciden en afirmar que fue en el año de 1958, con la fabricación de armamento por parte de los Estados Unidos de América, donde se desarrolló esta técnica, más que todo en la fabricación de submarinos atómicos armados con proyectiles, por lo cual, se entabló un proyecto conjunto para poder acoplar esta tecnología de misiles a los submarinos. Se debían coordinar un gran número de empresas y subcontratistas 250 y 9000 respectivamente para poder acometer este proyecto en cinco años. Esto llevó a la ejecución de este método creado por la “Booz, Allen y Hamilton consultors”, el método aplicado desde octubre de 1958 alcanzó un adelanto de dos años, con respecto a los cinco antes planteados (Antill, Woodhead 2002).

El método PERT se convirtió entonces en una herramienta de uso continuo tanto en empresas públicas como privadas. Como contemplan un enfoque probabilístico es más apropiado para proyectos de mayor grado de incertidumbre. Además de ser un método probabilístico, el método PERT también contempla:

- La variable tiempo es desconocida y solo se obtiene por experiencia y datos estimativos.
- El tiempo de ejecución esperado del proyecto, es la suma de todos los tiempos esperados de las actividades que representan el camino crítico del mismo.
- La varianza del proyecto, es la suma de la varianza de las actividades del camino crítico, esto basándose en que las tareas son independientes en la distribución de su tiempo, cuestión que ha sido ampliamente cuestionable.

- A diferencia de CPM, contempla un tiempo pesimista, aparte del tiempo contemplado, o como es llamado en PERT, el más probable, pero adicionalmente contempla un tiempo optimista, de cada tarea.

Con el tiempo, y la gran practicidad de ambos métodos, estos fueron fusionándose y ahora se denominan juntos como el método CPM-PERT, y conforman un método único llamado el método del camino crítico, donde se puede obtener la duración del proyecto midiendo la duración de las tareas que dependen unas de otras y sin holguras, comúnmente llamado “El camino crítico”. Ambos métodos creados, por ambientes diferentes, tenían una consigna en común que hizo posible que la ejecución de los proyectos fuera tan exitosa, no existía limitación de recursos, por lo cual, el control de costes, no era el más adecuado, pero la duración del proyecto, si podía ser estimada de una manera muy acertada.

Este método tiene un campo de acción muy amplio, pero los mejores resultados se han observado en proyectos que presentan ciertas características particulares, las cuales son:

- Que el proyecto sea único y no repetitivo, en algunas partes o en su totalidad, si se contempla alguna parte del proyecto, como repetitivo, esta se debe programar como una actividad adicional.
- Que el proyecto se deba ejecutar en un tiempo mínimo, el cual lo designa la duración del camino crítico, sin variación alguna.
- Que se desee el menor coste de operación dentro del tiempo disponible.

Este método contempla dos fases, o mejor dicho, separa el proyecto en dos fases, que CPM-PERT abarca completamente. Estas fases son:

- Planificación y programación: la cual contempla obviamente la definición del proyecto, el que se quiere ejecutar, así como su proceso, el cual contempla la definición de las actividades, su secuenciación y tiempos de ejecución, los costes de dichas actividades, la comprensión de la red de actividades o encadenamiento de unas actividades con otras, las limitaciones de recursos y de tiempo que tiene el proyecto y las probabilidades de retrasarse.
- Ejecución y control: como su nombre lo dice, es poner en marcha el proyecto y controlar el desarrollo de sus actividades, esto primero que todo, se inicia con una aprobación del proyecto y la ejecución de las ordenes de trabajo, planificar los posibles reportes de avances de trabajo y la toma de decisiones y ajustes, teniendo en cuenta las primicias del proyecto antes mencionadas.

Algunas de las principales ventajas del CPM-PERT, aparte de dar a conocer una probable duración del proyecto con un buen grado de certeza, es generar un mecanismo de control a priori y además:

- Enseña una disciplina lógica para planear, organizar y ejecutar un proyecto de largo alcance y de gran duración.
- Proporciona un estándar de programación que involucra el capital humano, técnico y temporal.
- Ayuda a identificar los riesgos o momentos críticos de la programación y de la planificación del proyecto para así tomar medidas en el momento en que se presenten.
- Aumenta la probabilidad de cumplir exitosamente los plazos pactados en la fase de planificación.

3.4 Obtención de duración de proyecto con restricción de recursos (modelo de optimización de recursos).

En la mayoría de proyectos existen restricciones de recursos que hacen que los tiempos de duración de las actividades varíen considerablemente con respecto a lo planificado inicialmente en el proyecto. Hasta el momento no existen métodos exactos que den como resultado una duración óptima de un proyecto de una complejidad alta, por lo cual se utilizan métodos heurísticos que dan como resultado, en la mayoría de casos y dependiendo del método usado, la mejor opción o duración más correcta.

Ya obteniendo el camino crítico por el método CPM-PERT, y conociendo los recursos disponibles para cada actividad, tanto económicos como de personal y equipo, es necesario aplicar métodos heurísticos para poder conocer el tiempo de ejecución del proyecto con restricción de recursos.

El método a aplicar será un modelo de optimización de recursos con el cual se volverá a planear según los recursos verdaderos que se tienen teniendo en cuenta además que se restringirán los retrasos y se premiarán los adelantos, lo que se busca es minimizar los costes teniendo en cuenta la relación entre el coste y la duración, es decir, la relación entre restricción y premiación, esto nos dará como resultado un nuevo coste, una nueva duración y una nueva distribución de los recursos asignados al proyecto, el detalle de la aplicación de esta metodología se verá directamente en la parte práctica del trabajo ayudado por métodos cuantitativos de organización.

3.5 Simulación en análisis de riesgos (método de Montecarlo).

Con la aparición de los ordenadores y de la rapidez de cálculo que estos desarrollaron con la mejora de sus procesadores al transcurrir el tiempo, el simular una tarea o una acción determinada es una herramienta muy eficaz a la hora de ver los posibles riesgos que puedan existir, estos riesgos basados en datos previos y con ayuda de la estadística, esta es, ahora mismo, una forma rápida de anteponerse a futuras situaciones en los proyectos.

Simulación: es el proceso por el cual se diseña y se desarrolla un modelo en un sistema computarizado con el fin de entender su comportamiento, es decir, es un experimento basado en grandes datos reales y con gran aproximación al proyecto original, pero de forma virtual, con el fin también de evaluar las estrategias a seguir en la ejecución del proyecto.

Esto conlleva a desarrollar un modelo de simulación, que es un conjunto de hipótesis basadas en el funcionamiento del proyecto, y a un proceso de simulación, que es precisamente, la ejecución del modelo través del tiempo, lo cual se realiza en un ordenador para así generar informes del proceso.

El caso del método de Montecarlo, está basado en un muestreo de variables, que en este caso serán las actividades, y en la forma como se ejecutan, es decir, como es su comportamiento en el tiempo según distribuciones estadísticas.

Las etapas del proceso de simulación son las siguientes.

- Definición del proyecto, obtener un plan
- Formulación del modelo, que en este caso será apoyado por los gráficos GANTT y la metodología CPM-PERT.
- Programación, como resultado de la formulación anterior.
- Verificación y aprobación del modelo.
- Determinación de cantidad de iteraciones.
- Análisis de resultados.
- Retroalimentación en el modelo.

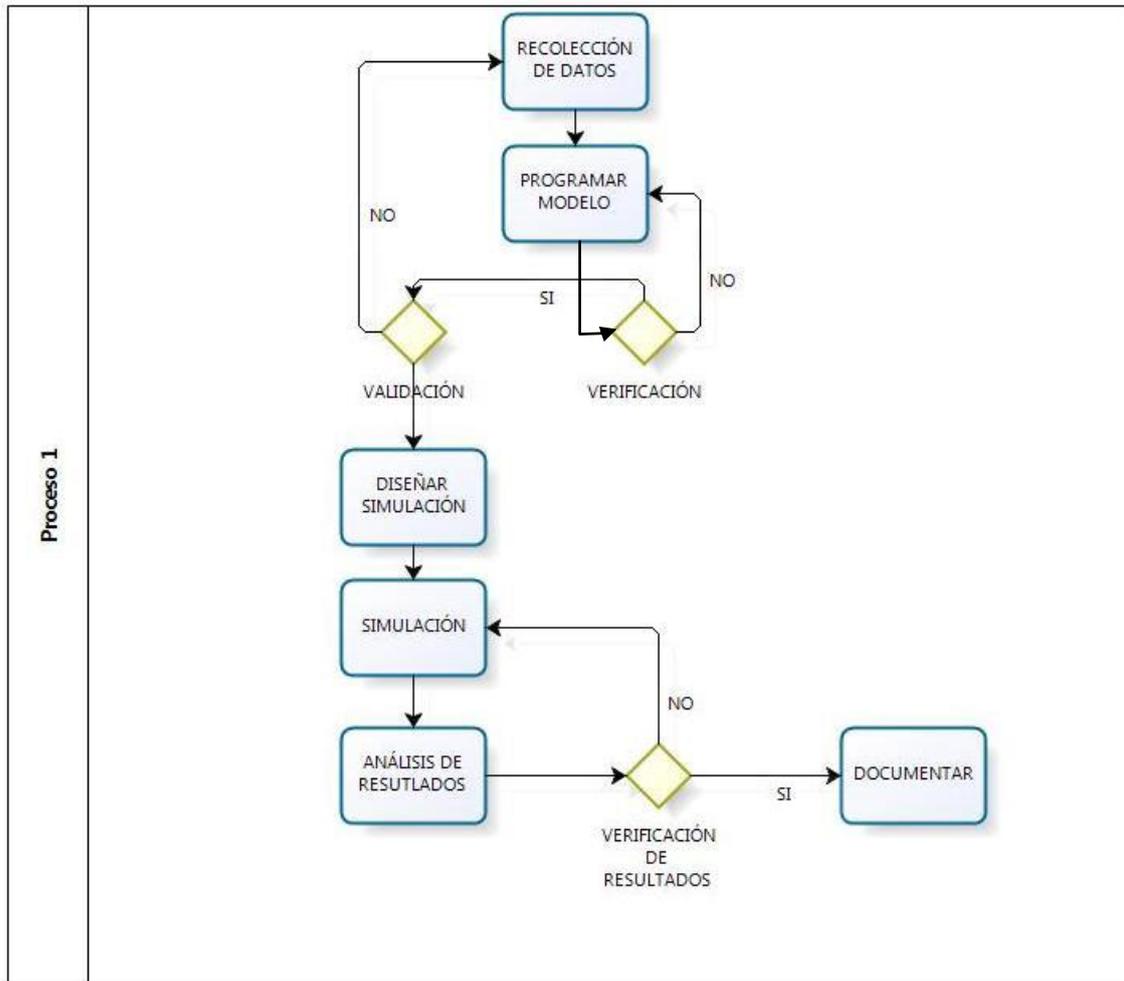


Figura n° 8. Proceso Simulación de Montecarlo

Simulación de Montecarlo: la simulación o el método de Montecarlo, es un método estadístico numérico que se usa para aproximar ecuaciones o expresiones matemáticas que tienen cierto grado de complejidad o que no pueden ser resueltas rápidamente lleva este nombre en referencia al casino de Montecarlo, del principado de Montecarlo por ser la capital del juego de azar, y más aún por ser la ruleta un generador de números aleatorios, como es el caso de una solución no determinista, en la cual se toman múltiples soluciones de varios números aleatorios, este método data aproximadamente del año de 1944 y tuvieron gran aplicación, precisamente por el desarrollo del ordenador,

debido a la complejidad de realizar un gran número de iteraciones matemáticas.

La simulación de Montecarlo, también fue creada para la solución de integrales que no se pueden resolver por métodos analíticos, por lo cual, para resolverlas se usaron números aleatorios.

Aunque se tiene información de haberse usado a partir de 1944, su uso se consolidó en las investigaciones para el desarrollo de la bomba atómica durante la segunda guerra mundial.

Fue alrededor de 1970, donde esta aplicación tuvo mejores resultados, gracias a los desarrollos computacionales, y de allí la teoría identifica algunas clases de problemas para los cuales el tiempo de ejecución aumenta exponencialmente con la clase de problema, es decir, mientras más complejo sea el problema, mayor es su tiempo de ejecución, debido a que se deben generar más números aleatorios para una mejor exactitud (mayor número de iteraciones).

El algoritmo de la simulación de Montecarlo, como ya lo dijimos, está fundamentado en la generación de números aleatorios, y así tener distribuciones acumuladas de frecuencias (método de transformación inversa), dicho algoritmo es el siguiente:

- Determinar las Variables Aleatorias y sus distribuciones acumuladas.
- Iterar tantas veces como muestras se tengan. {
 - Generar un número aleatorio.
 - Uniforme $\in (0,1)$.
 - Determinar el valor de la V.A. para el número aleatorio generado de acuerdo a las clases que tengamos.
 - Calcular la media, desviación estándar error y realizar histograma.

- Analizar los resultados, pueden ser para diferentes tamaños de muestra.

Este es el método general para la aplicación del método de Montecarlo, pero en el caso en que la variable no es directamente el resultado a obtener en la simulación, y adicional a esto, se tienen relaciones entre las variables, el algoritmo sería el siguiente:

- Crear un método lógico de decisión.
- Especificar las distribuciones de probabilidad para las V.A.
- Incluir las dependencias entre las variables
- Dar primera muestra o valor a las variables
- Calcular el modelo según los anteriores valores (iteración) y obtener resultado.
- Repetir el proceso hasta tener un muestreo estadísticamente viable. O considerable.
- Obtener la distribución de frecuencias.
- Obtener media y desviaciones.
- Analizar resultados.

Como podemos observar, este último algoritmo es el que más se acopla a las necesidades de análisis de riesgos, al obtener resultados CPM-PERT o por el modelo de optimización de recursos, por esto, este será el usado en este trabajo.

Es importante que no se confunda un método de modelación o simulación, con un método de optimización, ya que como su nombre lo dice, los métodos de optimización dan como resultado el valor óptimo de lo que se pretende estudiar, el método Montecarlo evalúa diferentes alternativas para un conjunto particular de soluciones con variables que salen del resultado del mismo problema.

