



UNIVERSIDAD PANAMERICANA  
CAMPUS GUADALAJARA

*“Programación de Flujo y de Recursos  
en la Industria de la Construcción,  
Utilizando Métodos Matemáticos”*

Francisco Moreno Abril

Tesis presentada para optar por el grado de  
Maestro en Administración de la Construcción  
con Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios  
de la SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,  
según acuerdo número 994188 con fecha 09-VII-99.

Zapopan, Jal., 2 de junio de 2008





# UNIVERSIDAD PANAMERICANA CAMPUS GUADALAJARA



UNIVERSIDAD PANAMERICANA  
CAMPUS GUADALAJARA  
BIBLIOTECA

## ***“Programación de Flujo y de Recursos en la Industria de la Construcción, Utilizando Métodos Matemáticos”***

Francisco Moreno Abril

Tesis presentada para optar por el grado de  
Maestro en Administración de la Construcción  
con Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios  
de la SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,  
según acuerdo número 994188 con fecha 09-VII-99.

Zapopan, Jal., 2 de junio de 2008

CLASIF: TE MAC 2008 MOR

ADQUIS: 71952

FECHA: 08/09/09 E). 1

DONATIVO DE Servicios  
escolares

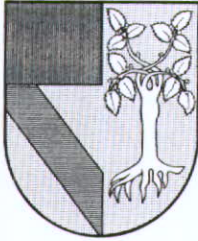
83 h. ; 27 cm

Tesis (Maestría) - Universidad Panamericana Campus Guadalajara, 2008

Incluye referencias bibliográficas

1. Industria de la construcción - Tesis y disertaciones académicas
2. Métodos (Matemáticas)

Publicado también en forma electrónica en formato PDF a través de WWW



# UNIVERSIDAD PANAMERICANA

CAMPUS GUADALAJARA

Zapopan, Jalisco, Junio 2008

DR. SERGIO VELAZQUEZ RODRIGUEZ  
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE  
EXÁMENES DE GRADO  
P R E S E N T E.

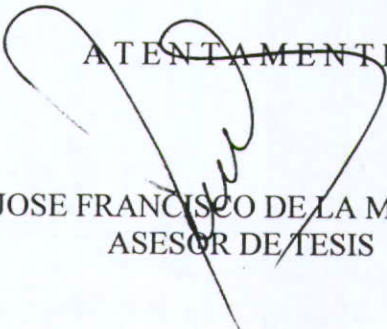
Me permito hacer de su conocimiento que Sr. Francisco Moreno Abril de la Maestría en Administración de la Construcción, ha concluido satisfactoriamente su trabajo de titulación con la alternativa TESIS, titulado:

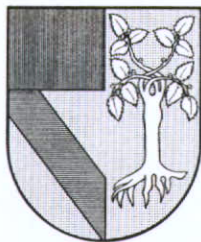
“PROGRAMACION DE FLUJO Y DE RECURSOS EN LA INDUSTRIA DE LA  
CONSTRUCCION UTILIZANDO METODOS MATEMATICOS”

Manifiesto que, después de haber sido dirigida y revisada previamente, reúne todos los requisitos técnicos para solicitar fecha de Examen de Grado.

Agradezco de antemano la atención prestada y me pongo a sus órdenes para cualquier aclaración.

ATENTAMENTE

  
MTRO. JOSE FRANCISCO DE LA MORA GALVEZ  
ASESOR DE TESIS



**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**

CAMPUS GUADALAJARA

**DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO**

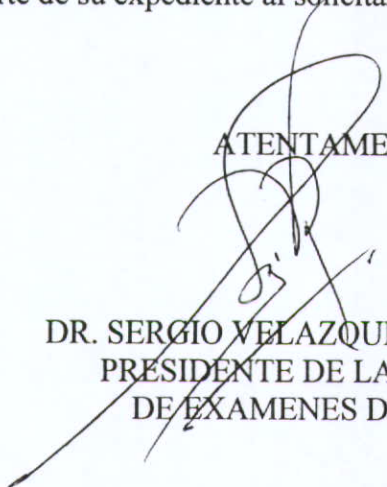
C. Sr. Francisco Moreno Abril  
Presente.

En mi calidad de presidente de la Comisión de Exámenes de Grado, y después de haber analizado el trabajo de titulación presentado por usted en la alternativa de **TESIS**, titulado:

“PROGRAMACION DE FLUJO Y DE RECURSOS EN LA INDUSTRIA DE LA  
CONSTRUCCION UTILIZANDO METODOS MATEMATICOS”

Le manifiesto que reúne los requisitos a que obligan los reglamentos en vigor para ser presentado ante el H. Jurado del Examen de Grado, por lo que deberá de entregar siete ejemplares como parte de su expediente al solicitar el examen.

ATENTAMENTE



DR. SERGIO VELAZQUEZ RODRIGUEZ  
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN  
DE EXAMENES DE GRADO

## AGRADECIMIENTOS

**A DIOS.** Gracias Señor, por siempre iluminarme y acompañarme en este caminar, permíteme que como profesionalista, padre de familia, miembro de esta sociedad y como hijo tuyo, pueda cumplir con todas las responsabilidades que tú pongas en mi camino, y siempre estar a tu mano para enfrentar nuevos retos y metas. (*AD MAIOREM DEI GLORIAM*)

**A MIS PADRES.** Gracias papás, por el ejemplo en vida que me han dado, todo sus sacrificio, sus lagrimas, sus esfuerzos, las alegrías que compartido conmigo y ante todo el amor que me han brindado. A ti papa por tu tenacidad y ganas de seguir adelante y nunca rendirte y a ti mama que con tu amor y tu cariño me diste todo de ti y se que desde el cielo nos sigues cuidado. No tengo palabras para agradecerles a los dos.

**A MI ESPOSA.** Gracias Esmeralda, por la paciencia que me has tenido y por seguirme apoyando en todas las decisiones y caminos que hemos tomado juntos, sigue acompañándome hasta cuando Dios nos diga que es momento de estar con EL. Con amor para ti.

**A MIS HIJOS.** Gracias a mis hijos (Francisco, José Eduardo y Juan Pablo), por ser la alegría de todos mis días, permita mi señor que pueda educarlos a ustedes con el mismo amor y dedicación que lo hicieron mis padres, los quiere PAPA.

**A MIS HERMANAS.** Gracias hermanas (Czarina y Eddy), por estar siempre ahí listas para darme un consejo, aunque no pensemos igual siempre el amor como hermanos nos ha permitido estar unidos en las buenas y en las malas, Dios permita que siempre sigamos unidos. Con cariño entrañable para ellas.

**A MIS MAESTROS.** El mayor de los agradecimientos a ustedes, a mis maestros por su empeño, su ejemplo, su calidad de vida y enseñanza, hay tantos nombres por dar gracias pero se que pienso en ustedes, todos aquellos que ha dejado huella en mi y me ha hecho ser lo que soy yo hasta la fecha, un ciudadano responsable y un padre de familia honesto y dedicado. Es larga la lista, pero a todos mi cariño y mi agradecimiento a ustedes que siempre me han acompañado en este caminar. GRACIAS.

**A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS.** Gracias a todos ustedes mis amigos, compañeros y hermanos, todos esos momentos en los cuales compartimos juntos tantas vivencias y alegrías, mi agradecimiento a todos ustedes por brindarme su amable amistad, espero ser un digno de su amistad y poder compartir muchos años mas y seguirla acrecentando, saben que en mi cuentan con un hermano.

**AL MTRO. PEDRO ANGEL GONZALEZ.** Gracias Pedro por tu ayuda para que esta tesis pudiera lograrse, es un esfuerzo conjunto en el cual me brindaste de tu amable ayuda al dirigir esta tesis, con tus consejos y experiencias ha dado fruto en este documento, todo mi agradecimiento a ti.

**A LOS MAESTROS QUE AYUDARON PARA REALIZAR ESTA TESIS,** aparte de la amable ayuda del Mtro. Pedro González, es justo mencionar la ayuda del Dr. Sergio Velásquez, Mtro. Luís Francisco Dávila, Mtro. Darío Acosta, Mtro. Francisco de la Mora, Mtro. Roberto Araujo, Ing. Norma Larissa Rubio, Mtro. Nissim Hasson y al Dr. Manuel Montenegro. Mi agradecimiento a todos ustedes por su amable ayuda.

Y muy especialmente a agradezco a mi alma máter la “**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**”, gracias por darme estos valores para ser un profesionista capacitado, honesto y con el esfuerzo y ofreciendo todo nuestros actos a nuestro Señor, se pueden lograr cualquier objetivo y meta.

## ÍNDICE

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN .....	7
1.1 El por qué de la Tesis .....	8
1.2 Antecedentes .....	9
1.3 Hipótesis .....	12
1.4 Objetivos .....	12
1.5 Alcances y Limitaciones.....	13
1.6 Metodología.....	13
1.7 Descripción de la Tesis .....	14
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO .....	15
2.1 Introducción .....	16
2.2 Las actividades en PERT y CPM .....	16
2.2.1 Tiempo más próximo y más lejano de los acontecimientos (CPM) .....	17
2.2.2 Tiempos más próximos y más lejano del comienzo y finalización de las actividades.....	18
2.2.3 Holguras en PERT y CPM .....	19
2.2.4 Ruta Crítica (CPM) .....	19
2.3 Cálculo de tiempos y Holguras.....	20
2.3.1 El tiempo de las actividades.....	20
2.3.2 Tiempo más próximo y más lejano del comienzo y finalización de las actividades.....	20
2.3.3 Holgura de las Actividades .....	21
2.4 PERT .....	21
2.4.1 Terminología.....	21
2.4.2 Implementar PERT .....	22
2.5 Probabilidad de las Duraciones en PERT.....	24
2.5.1 Conceptos Generales sobre Probabilidad .....	24
2.5.2 Medidas de una distribución .....	24
2.5.3 Varianza de las Actividades .....	25
2.5.4 Desviación de la Ruta Crítica.....	25
2.6 Método de Monte Carlo .....	25
2.7 Distribuciones Estadísticas .....	29

2.7.1	Distribución Uniforme (Continua o Lineal) .....	29
2.7.2	Distribución Normal .....	31
2.7.3	Distribución Exponencial .....	34
2.7.4	Distribución Triangular .....	37
2.7.5	Parámetros.....	37
2.7.6	Rango .....	37
2.7.7	Funciones.....	38
2.7.8	Propiedades .....	38
2.7.9	Parámetros de Estimación.....	39
2.8	Distribución Beta .....	40
2.8.1	Parámetros.....	40
2.8.2	Rango .....	40
2.8.3	Perfiles.....	40
2.8.4	Funciones.....	41
2.8.5	Propiedades .....	41
2.8.6	Las Aproximaciones en PERT .....	42
2.9	Asignación de Recursos .....	44
2.9.1	Factibilidad Física de un Planeación de Red.....	44
2.9.2	Asignación de Recursos Limitados .....	45
2.9.3	La aproximación Heurística .....	45
2.9.4	Método en Serie y Paralelo para la asignación de Recursos.....	46
2.9.5	Nivelación de Recursos .....	46
<b>CAPÍTULO 3 MEDICIÓN.....</b>		<b>50</b>
3.1	Tamaño de población y muestra (investigado y calculado) .....	51
3.2	Todas las variables que piensa medir en la encuesta y a quien va dirigida .....	52
3.3	Diseño de la encuesta.....	53
3.4	Aplicación de Encuesta.....	55
3.5	Tabla de Resultados.....	56
3.5.1	Observaciones y Comentarios .....	56
3.6	Diseño de Modelo.....	57
3.6.1	Duración de Actividades Utilizando Método de Monte Carlo.....	57
3.6.2	Catálogo de Conceptos .....	59

3.6.3	Programación de Obra y Cálculo de Distribuciones Matemáticas.....	60
CAPÍTULO 4 ANÁLISIS .....		64
4.1	Introducción .....	65
4.2	Método de análisis .....	65
4.3	Análisis de muestra.....	66
4.3.1	Grafica de Resultado del Conocimiento de la Programación de Obra.....	66
4.3.2	Uso de la Programación para el Cálculo de Flujos y Recursos.....	66
4.3.3	Conocimiento de Distribuciones (Uniforme, Exponencial, Triangular, Normal y Beta)	67
4.3.4	Usos de la Programación de Obra .....	68
4.3.5	Compara el conocimiento de las distribuciones contra el conocimiento de otro tipo de programaciones.....	69
4.4	Modelación de l Programa de Obra .....	70
4.4.1	Duración de actividades utilizando simulación de Monte Carlo.....	72
4.4.2	Modelación de obra con distribuciones estadísticas o únicamente con uniforme o lineal.....	74
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES .....		79
5.1	Conclusiones de los Objetivos Buscados.....	80
5.2	Conclusiones de la Hipótesis planteada.....	82
5.3	Futuras Líneas de Investigación .....	83
BIBLIOGRAFÍA.....		84

*CAPÍTULO 1*  
**INTRODUCCIÓN**

## 1.1 El por qué de la Tesis

El programa de obra como se conoce y se utiliza hoy en día es una herramienta muy común en el ramo de la industria de la construcción, utilizada en gran medida para determinar la duración de las actividades y hacer un cronograma con metas para poder cumplir. Esta herramienta esta basada en el uso de actividades secuenciales y es usada sobre todo para manejar un control de tiempos contra los avances y poder detectar retrasos en las edificaciones.

Esta herramienta gran parte de las compañías constructoras las manejan ante la solicitud del cliente (dependencia o particular) para poder determinar la duración de las obras, pero únicamente dejando la secuencia de las mismas hasta el punto en el que solo determinan tiempos.

Lo más usual es hacer una programación de obra al inicio de la obra generando lo llamado una línea base, y en muy pocas ocasiones realizan actualizaciones para ver los alcances o revisar cuales son las causas de los retrasos dentro de los tiempos.

Dentro de este documento pretendemos presentar otra cualidad que puede ser tomada de la programación de obra, que es la distribución de recursos y a su vez de flujos financieros, dando como si una herramienta de grandes cualidades y ventajas, que puede ser de una gran utilidad en nuestra industria de la construcción.



Ilustración 1-1

El manejo de simulaciones y de programaciones de obra y recursos utilizando métodos no lineales para tener un calculo mas preciso, presenta a la sociedad constructora un gran panorama para desarrollarse dentro de cada empresa, y así utilizando la experiencia y los históricos que cada una de las empresas ha logrado obtener durante los años y el uso de una nueva herramienta, dará un mayor control de recursos (departamento de compras) y de flujos de efectivo.

Pretendiendo mostrar tanto como se encuentra nuestra sociedad constructora en nuestro entorno, con sus conocimientos y carencias sobre el tema. Dando un valor agregado a una herramienta de uso común en el medio e incrementado las posibilidades de control y de desarrollo de cualquier empresa dentro del ramo de la industria de la construcción.

Observando nuestra sociedad constructora con un mundo globalizado, se ve grandes ventajas al uso de dicha herramienta, para poder acercar la brecha que existen entre los países de primer mundo, con los países en vías de desarrollo, generando un valor agregado sobre una industria de la construcción con grandes habilidades y grandes logros.

## **1.2 Antecedentes**

Para el tema que estamos tratando se debe de ver la parte de la historia de la programación de la obra y de los recursos, como una división misma de la administración; más específicamente la administración de la construcción ya como una rama mas definida dentro del siglo XXI.

La historia misma de la administración y organización de trabajo laboral, a continuación se enlistara los hechos más importantes y representativos.

XIII (1275) WALTER OF HENLEY. Selección – Entrenamiento: de los trabajadores. Rendimiento mínimo: trabajo a desarrollar en un periodo de tiempo. Los Recursos apropiados. Estos puntos venían expresados en una carta que un padre le dejo a su hijo para que cuidara la finca.

XV (1452 - 1519) LEONARDO DA VINCI. Primer testimonio escrito sobre medición del trabajo. La medición la hizo mediante la descomposición del trabajo en partes (básico para nuestros trabajos hoy en día).

XVIII (1760) PERRONET. Aparece por primera vez descrito un ciclo completo de producción. Ciclo completo de fabricación de alfileres.

XIX (1800) FUNDICION DE BOULTON WAT. Decoración (del centro de trabajo). Obsequios navideños (como incentivo al trabajador). Viviendas (por la empresa al servicio del trabajador cerca del centro de trabajo).

XIX (1832) CHARLES BABBAGE. División del trabajo en fases. Bonificaciones, se maneja el concepto de la incentivación por primera vez. (Actualmente el tope de incentivación rentable "tiempo/ calidad" es de 1/3, aunque esta cifra es orientativa. Esta cifra sale de la demostración de que un trabajador incentivado incrementa su rendimiento en 1/3 aproximadamente. Cronometraje, se usan por primera vez aparatos de medida del tiempo. (A principios del siglo XX, se grabo por primera vez a un trabajador en su puesto de trabajo para corregir sus defectos). Hoy en día esta prohibido.

XIX - XX (1856 - 1915) FREDERICK WINSLOW TAYLOR. "Padre de la organización científica del trabajo". Comenzó a estudiar rendimientos y tiempos. Distintos métodos de trabajo. Estudio de las dimensiones de la pala de carga de minera y otros materiales.

XIX - XX (1861-1919) DIAGRAMAS DE GANTT. La primera carta de Gantt fue desarrollada realmente por Karol Adamiecki, bajo el nombre de Harmonograma. Debido a que Adamiecki no publicó su carta hasta 1931, esta carta famosa lleva el nombre de Gantt. Henry Gantt (1861-1919) diseñó su carta en 1910 (véase el ""Work, Wages and Profit" escrito por de H.L. Gantt, publicado por The Engineering Magazine, NY, 1910; vuelto a publicado como Gantt, H.L. (1974). Work, wages, and profits.

En los años 80, las computadoras personales facilitaron la creación y la edición que elabora los diagramas Gantt. Estas aplicaciones en los escritorios fueron pensados sobre todo para los encargados de proyecto y los planificadores del proyecto. A finales de los años 90 y a inicios del 2000, los diagramas de Gantt se convirtieron en una característica común de usos programas de redes.

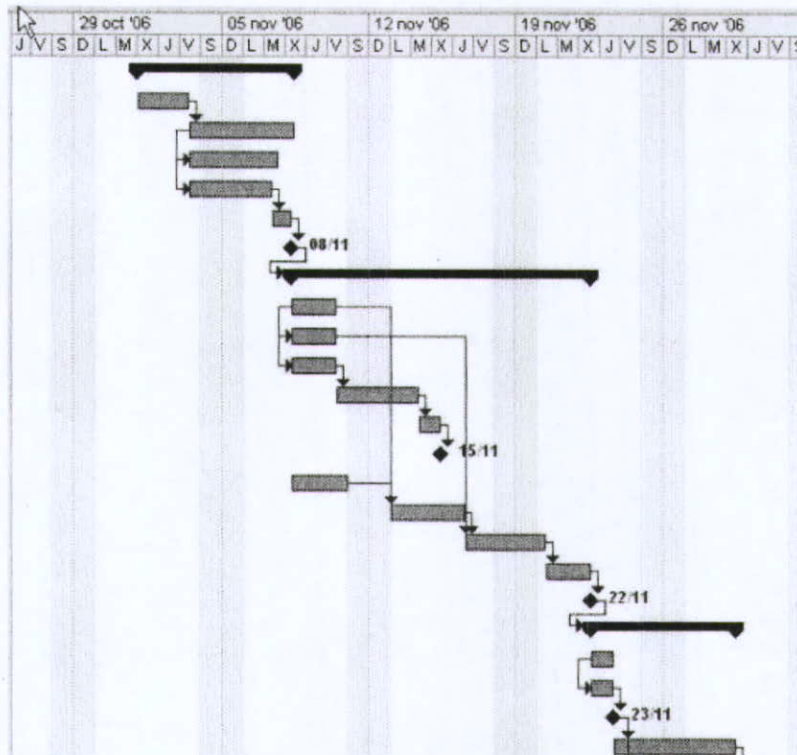


Ilustración 1-2

Aunque ahora esta considerada como una técnica que planeación común, los diagramas de Gantt eran considerados absolutamente revolucionarios cuando fueron introducidos. En el reconocimiento de las contribuciones de Gantt del Henrio, la medalla de Henry Laurence Gantt se concede para el logro distinguido en la gerencia y el servicio a la comunidad.

XX (1950-1957) Program Evaluation and Review Technique "PERT". Es básicamente el método para analizar tareas involucradas para completar un proyecto terminado, especialmente el tiempo necesario para completar cada tarea, e identificar el tiempo mínimo necesario para completar la totalidad del proyecto.

Este modelo fue inventado por Booz Allen Hamilton, Inc. Bajo el contrato con el departamento de defensa de la Oficina de Proyectos Especiales de la Naval de los Estados Unidos en 1958 como parte del proyecto del lanzamiento móvil balístico Polaris en el submarino. Este proyecto fue directamente responsable de la crisis del Sputnik. Algunos gobiernos de Estados Unidos contrataron requerimientos del PERT para usarse como parte de administración de supervisión.

PERT fue desarrollado en los 50's primariamente para simplificar la planeación y calendarizando las actividades largas y proyectos complejos. Era capaz de incorporar actividades inciertas marcando los posibles calendarios o duraciones de un proyecto no conocido precisamente con el detalle y las duraciones de todas las actividades. Es mas que una técnica para orientar eventos algo orientado a los inicios y las actividades completadas, y al uso mas de un tipo de proyecto R&D cuando el costo no es lo mas importante sino el tiempo.

Esta modelación de proyecto fue la primera en su tipo, una renovación para la administración científica, fundada en Fordism y Tolorism. Para cada compañía que tenga su propio "modelo de proyecto" o algo similar, todos ellos dados al método PERT por respeto. Solo DuPont Coproration Critical Parth Method (método de ruta crítica CPM) fue inventado al mismo tiempo que PERT(Ilustración 1-3).

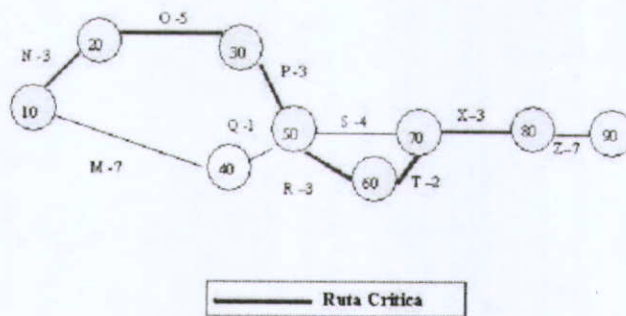


Ilustración 1-3

La parte mas famosa de PERT son las "Redes de PERT", diagramas con líneas tiempo que se interconectan. PERT es instalado para muy largas escalas de tiempo, un solo tiempo, complejos, proyectos sin rutas.

### 1.3 Hipótesis

La hipótesis sostenida dentro de esta tesis es la siguiente:

**“La programación de obra es determinada por métodos de distribuciones lineales o uniformes, cuando existen otras distribuciones pero no se conoce que pueden ser utilizadas para este fin, y en pocas ocasiones la misma programación de obra se utiliza para determinar la programación de flujos y de recursos”.**

Con esta hipótesis se busca demostrar que en nuestra comunidad constructora, se conoce correctamente el uso de la programación de obra, pero esta misma es pocas veces utilizada para poder determinar los flujos de la obra, o la programación de los recursos.

De igual manera es común que todas las actividades se distribuyen de forma lineal, esto indicando como ejemplo que: una actividad tiene un volumen de 100 piezas y dura 10 días dicha actividad, el consumo o necesidad del mismo son 10 piezas por día, cuando la experiencia nos muestra que esto no es así. Se tienen los históricos y los conocimientos de cómo se comportan los consumos de materiales y los rendimientos que presentan cada actividad para poder hacer una determinación mas precisa.

Y si se tienen los conocimientos y se agregan herramientas, se puede llegar a tener un valor agregado en la programación de recursos y de flujos dentro de una construcción, esta misma volviéndose de una manera practica.

### 1.4 Objetivos

Dentro del alcance de la tesis se buscan los siguientes objetivos:

- Demostrar que se programa la obra de forma lineal en la industria de la construcción de Guadalajara
- Se buscara que se tienen conocimientos de otro tipo de distribuciones pero la industria de la construcción en Guadalajara desconoce sus usos o no ha visto a esta herramienta como una posibilidad para poder realizar programación de obra.
- Ver el campo de acción tan grande que se nos presenta en la industria de la construcción en la cual tras el uso de programaciones con distribuciones uniformes o lineales, darles a la comunidad la perspectiva de una herramienta con mayor índice de precisión.
- Dar herramientas para conocer otros tipos de distribuciones para poder realizar la programación de obra.
- Ver la versatilidad de que cualquier persona pudiera realizar su propia programación de obra utilizando distribuciones matemáticas, haciendo su propio simulador y programador.

## 1.5 Alcances y Limitaciones

Esta limitada esta investigación a las empresas constructoras asociadas a la Cámara de la Industria de la Construcción de Estado de Jalisco (CMIC), en su parte conurbada de Guadalajara y las empresas que limitadas al Sector de tipo “Industrial, Comercial y de Turismo”, para poder tener una mayor precisión dentro de los alcances de la investigación.

Se propondrá un modelo elaborado en la plataforma de Excel mostrando como cualquier interesado del tema puede generar su propio modelo de simulación y de programación de una manera práctica y para cualquier uso, este mismo modelo solo es una sugerencia de cómo se puede realizar la misma programación de obra, sin necesidad de plataformas como pueden ser P3E PRIMAVERA, MS Project, entre otros.

Siendo únicamente PRIMAVERA, como la única que maneja programación de recursos usando distribuciones fuera de la uniforme, MS Project 2003, si tiene la programación de recursos y flujos pero únicamente usando la distribución uniforme.

A parte de las encuestas del medio se presentara una simulación utilizando el tradicional método lineal y el utilizando otro tipo de distribuciones, pero la misma llegara solo hasta el punto de solo simular, no se vera el alcance que se presento en el transcurso del tiempo, mismo que se dejara como futuras líneas de investigación.

## 1.6 Metodología

Dentro de la tesis se seguirán los siguientes pasos para poder llegar al objetivo de demostrar la hipótesis anteriormente planteada.

- Se revisará el método de PERT.
- Se revisará el método de la ruta crítica (CPM).
- Se estudiará la simulación de Montecarlo.
- Se verán los distintos tipos de distribuciones matemáticas que existen.
- Se revisará los tipos de distribuciones estadísticas más comunes y sus formulas para poder ser utilizadas dentro de la simulación.
- Se observará los tipos de asignación de recursos.
- Y la forma básica para la nivelación de recursos (futura línea de investigación).
- Se tomará una muestra de la industria de la construcción para ver los conocimientos de la programación de obra y sus usos.



Ilustración 1-4

- Se presentará un modelo básico para generar simulaciones y programaciones utilizando las distribuciones estadísticas o matemáticas más comunes.
- Se realizara el análisis de los resultados muestrales, llegando al punto de las observaciones y comentarios de los mismos.
- Se realizará una comparación de un modelo de distribución lineal y un modelo utilizando simulación de Monte Carlo para las duraciones de las actividades y los tipos de distribución básicos para la asignación de recursos.
- Se presentaran las conclusiones de los modelos y de la muestra y se revisara el alcance de la hipótesis con respecto a los análisis realizados.

## 1.7 Descripción de la Tesis

Los alcances que se incluirán dentro de la tesis describiendo cada uno de los capítulos son la intención de dar al lector un conocimiento necesario para poder desarrollar sus propios criterios de lo que es la programación de obra viendo tanto el punto de vista de una distribución lineal y el conocer otros tipos de distribución.

En el capítulo II, se presentará el marco teórico de la tesis que incluirá información básica de lo que es la programación de obra, adentrándose al sistema PERT, a CPM, y al uso de herramientas más innovadoras como son la simulación por Monte Carlo. Se presentara los diversos tipos de distribuciones estadísticas y las más usuales para realizar un análisis mas completo, y terminando con una propuesta de un tema a desarrollar para futuras tesis, como es la nivelación de recursos.

En el capítulo III, la propuesta de la encuesta ha ser tomada dentro de nuestro medio en Guadalajara, junto con el análisis del numero de certidumbre para obtener el numero de encuestas ha ser tomada, al igual se seleccionaran las preguntas para ser presentado. Se presentara los resultados totales de la encuesta, así como las observaciones y comentarios de cómo se presento la encuesta a los encuestados. Dentro de la parte final de este capitulo, se presentara una propuesta como realizar una modelo para poder calcular una programación usando cualquier tipo de distribución (utilizando Excel como plataforma), y usando la simulación de Monte Carlo para poder calcular las duración de las actividades, visto desde una forma práctica.

En el capítulo IV, se realizará el análisis de los resultados obtenidos dentro de las encuestas tomadas y viendo la posibilidad y el campo de acción que se puede presentar para el uso de distribuciones fuera de la uniforme y el interés de la sociedad constructora. De igual manera se realizara un ejemplo práctico en la cual se presentara una simulación con una corrida utilizando únicamente distribución uniforme y la duración determinada por experiencia, comparándola contra uso de varias distribuciones por tipo de insumo y la duración de las actividades determinada por la simulación de Monte Carlo, comparando una con otra.

En el capitulo V, se mostrará las conclusiones de los análisis realizados y los futuros campos de acción que pueden partir de esta tesis para futuras investigaciones, como son la revisión de este análisis con una obra en proceso a corto plaza, mediano plazo y largo plazo, y el uso de la herramienta de nivelación de recursos.

*CAPÍTULO 2*  
**MARCO TEÓRICO**

## **2.1 Introducción**

Dentro de este capítulo se pretende hacer la explicación de la teorías y técnicas para poder realizar una buena programación de obra llegando desde los fundamentos de la programación de obra, hasta ver el punto de nuevas teorías e innovaciones para la cual la programación de obra dará una mayor utilidad.

Mencionando puntos como Ruta Critica (CPM), PERT y Montecarlo, hasta llegar al punto de las distribuciones estadísticas o matemáticas, con las cuales damos las bases para el uso de estas mismas distribuciones para la distribución y duración de las actividades, y los recursos. De igual manera se hará una revisión de la teoría de la asignación de recursos, dando cabida a futuras líneas de investigación como es la teoría de nivelación de recursos.

## **2.2 Las actividades en PERT y CPM**

Las actividades consumen tiempo, para programar el recurso básico es el tiempo. El PERT se basa en estudios estadísticos.

El PERT utiliza para cada actividad tres tiempos:

1. Tiempo optimista ( $t_o$ ): Es el tiempo que tardamos en realizar la actividad en las condiciones más favorables posibles, sin que surjan imprevistos.
2. Tiempo moda ( $t_m$ ): Es el tiempo de mayor frecuencia, es decir, el tiempo que vamos a tardar en ejecutar la actividad mayor número de veces.

3. Tiempo pesimista ( $t_p$ ): Es el tiempo que tardamos en realizar la actividad en medio de problemas previstos o imprevistos, excluyendo las circunstancias excepcionalmente anormales (incendios, inundaciones, etc.).
4. Con estos tres tiempos elaboramos el tiempo estimado ( $t_e$ ), para la actividad.

$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6} \quad \text{Ecuación 2-1}$$

El tiempo de moda ( $t_m$ ) también se define como tiempo medio aunque esto no es cierto.

CPM, el tiempo que considera para cada actividad es un tiempo determinístico ( $t_{ij}$ ).

En CPM tenemos un solo tiempo para una actividad, no hay tiempos estadísticos como en el PERT.

Este tiempo ( $t_{ij}$ ) es equiparable a efectos del cálculo de los tiempos de la programación con  $t_{eij}$ . Las unidades de tiempo que se presentan van a depender de dos variables:

1. Volumen del proyecto.
2. Grado de programación que queremos alcanzar.

### 2.2.1 Tiempo más próximo y más lejano de los acontecimientos (CPM)

Tiempo más próximo, más corto o más pronto posible en alcanzar un suceso será el mínimo tiempo necesario para que se ejecuten las actividades que dan lugar al suceso (Ecuación 2-2).

$$T_{Ej} = T_{Ei} + t_{ij}$$

Por definición, el tiempo lo más pronto posible en alcanzar el suceso inicial es cero (Ecuación 2-3).

$$T_{Ei} = 0 \quad T_{Ej} = T_{Ei} + t_{ij} \quad T_{Ek} = (T_{Ei} + t_{ij}) + t_{jk} = T_{Ej} + t_{jk} \quad \text{Ecuación 2-2}$$

El tiempo lo más pronto posible en alcanzar cualquier suceso es igual al tiempo lo más posible en alcanzar el suceso anterior más el tiempo de la actividad que relaciona los dos sucesos (Ecuación 2-4).

$$T_{Em} = T_{Ei} + t_{im}$$

$$T_{Em} = T_{Ek} + t_{km}$$

$$T_{Em} = T_{Ej} + t_{jm}$$

$$T_{Em} = T_{Ei} + t_{im}$$

$$T_{Em} = T_{Ek} + t_{km} = T_{Ei} + t_{ik} + t_{km}$$

$$T_{Em} = T_{Ej} + t_{jm} = T_{Ej} + t_{jl} + t_{lm} = T_{Ei} + t_{jl} + t_{jl} + t_{lm} \quad \text{Ecuación 2-3}$$

Cuando a un determinado suceso se puede llegar por varios caminos, se considerará el de mayor duración.

El tiempo más lejano, más largo o lo más tarde permisible en alcanzar un suceso será el tiempo lo más tarde que nos permitimos en alcanzar su suceso siguiente menos el tiempo de la actividad que relaciona los dos sucesos.

Por definición el tiempo lo más tarde en alcanzar el suceso final es igual al tiempo lo más pronto posible.

$$T_{Lk} = T_{Ek}$$

$$T_{Li} = T_{Lk} - t_{ik} - t_{ij} \quad T_{Lj} = T_{Lk} - t_{jk} \quad T_{Lk} = T_{Ek} \quad \text{Ecuación 2-4}$$

Es decir que el tiempo lo más tarde permisible en alcanzar un suceso es igual al tiempo lo más tarde permisible en alcanzar el suceso siguiente menos el tiempo de la actividad que los relaciona (Ecuación 2-5).

$$T_{Li} = T_{Lm} - t_{im}$$

$$T_{Li} = T_{Lk} - t_{ik} = T_{Lm} - t_{Lm} - t_{ik}$$

$$T_{Li} = T_{Lj} - t_{ij} = T_{Li} - t_{ji} - t_{ij} = T_{Lm} - t_{jl} - t_{ij} \quad \text{Ecuación 2-5}$$

Cuando a un determinado suceso se puede llegar por varios caminos se considerará el de mayor duración.

### 2.2.2 Tiempos más próximos y más lejano del comienzo y finalización de las actividades

1. Tiempo lo más pronto posible en comenzar una actividad ( $T_{ECij}$ ): Es el tiempo lo más pronto posible que podamos alcanzar su suceso inicial.

$$T_{ECij} = T_{Ei}$$

2. Tiempo lo más pronto posible en finalizar una actividad ( $T_{EFij}$ ): Es el tiempo lo más pronto posible que puede comenzar más lo que tardo en ejecutarlo.

$$T_{EFij} = T_{ECij} + t_{ij}$$

3. Tiempo lo más tarde en finalizar una actividad ( $T_{LFij}$ ): Es el tiempo lo más tarde permisible que nos alcanza su suceso final.

$$T_{LFij} = T_{Lj}$$

4. Tiempo lo más tarde en comenzar una actividad ( $T_{LCij}$ ): Es lo más tarde que puedo acabarla menos el tiempo que tardo en realizarla.

$$T_{LCij} = T_{LFij} - t_{ij}$$

Ordenación de las actividades de acuerdo con un orden lógico:

1. 1) Se atenderá al tiempo lo más pronto posible en que puede comenzar cada actividad.
2. 2) En caso de igualdad la de menor duración.
3. 3) En caso de igualdad la de menor holgura.

### 2.2.3 Holguras en PERT y CPM

#### 2.2.3.1 Holgura de los sucesos

Margen de tiempo entre lo más tarde permisible en alcanzar dicho suceso y su tiempo lo más pronto posible en alcanzarlo.

$$H_i = T_{Li} - T_{Ei}$$

#### 2.2.3.2 Holgura Total, Libre e Independiente de las Actividades

1. Holgura total: Es el margen de tiempo disponible entre el tiempo lo más pronto posible en comenzar y el tiempo lo más tarde permisible en acabarla excluyendo el tiempo que tardamos en ejecutarla.

$$H_T = T_{Li} - T_{Ei} - t_{ij} = T_{LFij} - T_{ECij} - t_{ij}$$

2. Holgura libre: Es el margen de tiempo disponible entre los tiempos lo más pronto posible en comenzar la actividad y el tiempo lo más pronto en alcanzar su suceso final excluyendo el tiempo de la actividad.

$$H_L = T_{Ej} - T_{Ei} - t_{ij} = T_{Ej} - T_{ECij} - t_{ij}$$

3. Holgura independiente: Es el margen de tiempo entre el tiempo lo más tarde permisible en alcanzar su suceso inicial y el tiempo lo más pronto posible en alcanzar su suceso final, excluyendo el tiempo necesario para su ejecución.

#### 2.2.3.3 Interpretación Práctica de las Holguras

Interpretación práctica:

1. Holgura total: Representa el número de unidades de tiempo de que disponemos para retrasar el comienzo de la actividad o aumentar la duración de la actividad sin alterar los tiempos límites y el principio la programación.
2. Holgura libre: Representa el número de unidades de tiempo de que disponemos para retrasar el comienzo de la actividad o aumentar la duración de la actividad sin alterar el comienzo de las siguientes.
3. Holgura independiente: Refleja las unidades disponibles para que habiéndose alcanzado un suceso en el tiempo límite pasemos al tiempo lo más pronto posible del suceso siguiente.

#### 2.2.4 Ruta Crítica (CPM)

1. Actividad crítica: Son aquellas en que sus tres holguras son cero, no tienen ningún tiempo disponible. Si una actividad se retrasa repercute sobre todas.
2. Ruta crítica: Es aquel que condiciona la duración final del proyecto.

La representación de las actividades de la ruta crítica se realiza con una doble línea

Todas las actividades de la ruta crítica tienen sus tres holguras iguales a cero, es decir son actividades críticas.

La ruta crítica tiene que empezar en el suceso inicial y acabar en el suceso final sin interrupciones.

Cualquier retraso que se produzca en una actividad crítica va a repercutir en la duración del proyecto.

## 2.3 Cálculo de tiempos y Holguras

### 2.3.1 El tiempo de las actividades

CPM y ROY utilizan un concepto determinístico del tiempo.

En toda programación por ROY vamos a tener una actividad llamada inicio que precede a todas las actividades que no son precedidas por nadie, también habrá un fin que será el final de todas las actividades que no precedan a nadie.

### 2.3.2 Tiempo más próximo y más lejano del comienzo y finalización de las actividades.

Hay dos tipos de ligaduras:

1. De precedencia: Que son equivalentes a las precedencias de PERT y CPM.
2. Temporales: A parte de preceder la actividad se relaciona mediante el tiempo.

Roy va a poder establecer ligaduras más versátiles, final y final, comienzo y comienzo, final y comienzo, comienzo y final. Esta ligadura permite por ejemplo que la actividad B comience durante la ejecución de la actividad A.

En Roy la actividad se presenta así:

1. Nombre de la actividad.
2. Tiempo que dura la actividad.
3. Holgura de la actividad.
4. Tiempo lo más pronto en comenzar ( $T_{EC}$ ).
5. Tiempo lo más tarde en Comenzar ( $T_{LC}$ ).

A se relaciona con B.

Tiempo lo más pronto en comenzar ( $T_{EC}$ ): Es el tiempo lo más pronto posible en comenzar las actividades anteriores que se relacionan con ella más el tiempo de las ligaduras correspondientes tomando la mayor de las sumas.

En la actividad inicio por definición  $T_{EC} = 0$

1. Tiempo lo más pronto en finalizar ( $T_{EF}$ ): Tiempo lo más pronto en comenzar más el tiempo de ejecución de la actividad.

$$T_{EF} = T_{EC} + t_{ij}$$

2. Tiempo lo más tarde en comenzar ( $T_{LC}$ ): Es el tiempo lo más tarde en comenzar de las actividades siguientes que estén relacionadas con la misma menos el tiempo de sus ligaduras, tomándose la menor de las restas.

En la actividad final, por definición, es igual al tiempo lo más pronto en comenzar.

3. Tiempo lo más tarde en finalizar ( $T_{LF}$ ): Es el tiempo lo más tarde en comenzarla más el tiempo necesario para su ejecución.

$$T_{LF} = T_{LC} + t_{ij}$$

### **2.3.3 Holgura de las Actividades**

Una holgura que es la diferencia entre el tiempo lo más pronto y más tarde en comenzar la actividad.

$$H_A = T_{LCA} - T_{ECA}$$

### **2.4 PERT**

Un diagrama de PERT es una herramienta que facilita la toma de decisión; El primer bosquejo de un diagrama del PERT numerará sus acontecimientos secuencialmente en 10s (10, 20, 30, el etc.) para permitir la inserción más última de acontecimientos adicionales.

Con dos acontecimientos consecutivos en un diagrama del PERT, están ligados por las actividades.

Con eventos consecutivos en un diagrama de PERT están relacionados por actividades, que son comúnmente representadas como flechas en la parte superior del diagrama.

Los eventos son presentados en una secuencia lógica y no actividades puedan comenzar antes de que el inmediato predecesor haya terminado.

El planificador decide qué hitos o hitos deben ser eventos PERT y también la decisión de la secuencia apropiada.

Un diagrama de PERT puede tener múltiples con muchas sub-tareas.

Los diagramas de PERT son una de las herramientas más usadas para las técnicas de administración de valor ganado (THE EARNED VALUE MANAGEMENT TECHNIQUES EVMT), utilizadas por muchas corporaciones hoy en día para rastrear el valor ganado.

#### **2.4.1 Terminología**

Un evento PERT, es un punto que marca el comienzo o la terminación de una o más tareas. No consume tiempo, y no utiliza ningún recurso. Marca la terminación de una o más tareas, y "no se alcanza" hasta que todas las actividades que conducen a ese evento se han terminado.

Un evento Predecesor: un evento (o eventos) que preceden inmediatamente de alguna otro véneto sin la intervención de otra actividad. Pueden ser consecuencia de más de una actividad.

Un evento sucesor: es un evento (o eventos) que inmediatamente siga algún otro evento sin que otros eventos intervengan. Pueden ser consecuencia de más de una actividad.

**Una actividad PERT:** es el funcionamiento real de una tarea. Consume tiempo, requiere recursos (tales como trabajos, materiales, espacio, maquinaria), y puede ser entendido como representación en el tiempo, del esfuerzo, y de los recursos requeridos para moverse de un evento a otro. Una actividad del PERT no puede ser terminada hasta que ha ocurrido el evento que la precedía.

**Tiempo optimista (To):** el tiempo posible mínimo requerido para completar una tarea, asumiendo que todo procedimiento es el mejor que el esperado normalmente.

**Tiempo pesimista (Tp):** el tiempo máximo posible requerido para completar una tarea, si se asume que todo va mal (pero excluyendo catástrofes importantes).

**Tiempo más probable (Tm):** la mejor estimación del tiempo requerido para completar una tarea, si se asume que todo procede como normal.

**Tiempo Esperado (TE):** la mejor estimación del tiempo requerido para completar una tarea, asumiendo que todo procede como normal (implicación que es que el tiempo previsto es el tiempo medio la tarea requeriría si la tarea fue repetida en un número de ocasiones sobre un período del tiempo extendido).

$$TE = (To + 4Tm + Tp) \div 6 \text{ (Como se ve en la ecuación 2.1).}$$

**Ruta crítica (CPM):** el camino continuo posible más largo tomado del acontecimiento inicial al acontecimiento terminal. Determina el tiempo total del calendario requerido para el proyecto; y, por lo tanto, retrasa en cualquier momento a lo largo de la voluntad de la ruta crítica retrasa alcanzar del acontecimiento terminal por lo menos la misma cantidad.

**Tiempos tempranos:** el tiempo por el cual un acontecimiento del precursor se debe terminar para dar un plazo de la suficiente hora para las actividades que deben transcurrir antes de que un acontecimiento específico del PERT se alcance para ser terminado.

**Tiempo de retraso:** el tiempo más temprano por el cual un acontecimiento del sucesor puede seguir un evento específico del PERT.

**Holgura:** la holgura de un acontecimiento es una medida de exceso del tiempo y de los recursos disponibles en la realización de este acontecimiento. La holgura positiva (+) indicaría adelante del cronograma; la holgura negativa indica retrasos en el cronograma; y la holgura cero indica estar en tiempo en el cronograma.

#### 2.4.2 Implementar PERT

El primer paso a programar el proyecto es determinar las tareas que el proyecto requiere y el orden en la cual deben ser completadas. El orden puede ser fácil de registrar para algunas tareas, mientras que para otras es difícil, además, el tiempo estimado usualmente refleja lo normal, no los tiempos perdidos. Muchas veces, el tiempo requerido para ejecutar la tarea puede ser reducido por un costo adicional o una reducción en la calidad.

En el ejemplo siguiente hay siete tareas, etiquetadas de la “a” a la “g”. Algunas tareas pueden ser hechas continuamente (a y b) mientras que otros no pueden ser hechos hasta que su tarea del precursor estén completa (c no puede comenzar hasta que a no este completa). Además, cada tarea tiene tres estimaciones del tiempo: la estimación optimista del tiempo (to), la estimación más probable o normal del tiempo (tm), y la estimación pesimista del tiempo (tp).

Se calcula el tiempo el tiempo previsto ( $T_E$ ) usando el fórmula  $(t_o + 4t_m + t_p) / 6$ .

Tabla 2-1

Actividad	Predecesor	Opt. to	Norm. tm	Pesim. tp	$T_E$ (to + 4tm + tp)/6
a	--	2	4	6	4.00
b	--	3	5	9	5.33
c	a	4	5	7	5.17
d	a	4	6	10	6.33
e	b, c	4	5	7	5.17
f	d	3	4	8	4.50
g	e	3	5	8	5.17

Nota: Todos los tiempos son de días de trabajo (lunes a viernes, 8 am a 5 pm con una hora de la almuerzo).

Una vez que este paso sea completo, uno puede dibujar una diagrama de Gantt o un diagrama de red.

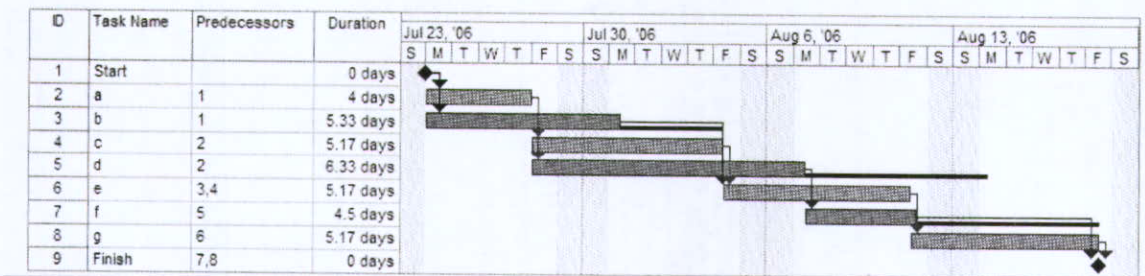


Ilustración 2-1

Una carta de Gantt se creó con P3E Primavera o MS Project. Nota (1) la ruta crítica está en rojo, (2) la holgura es las líneas negras conectadas con las actividades no críticas, (3) al usar P3E o MSP, debes utilizar la identificación de la tarea cuando las actividades de etiquetado del precursor, y (4) desde sábado y domingo no son días del trabajo (como se describe anteriormente) que algunas barras en el diagrama de Gantt son más largas si pasan a través un fin de semana.

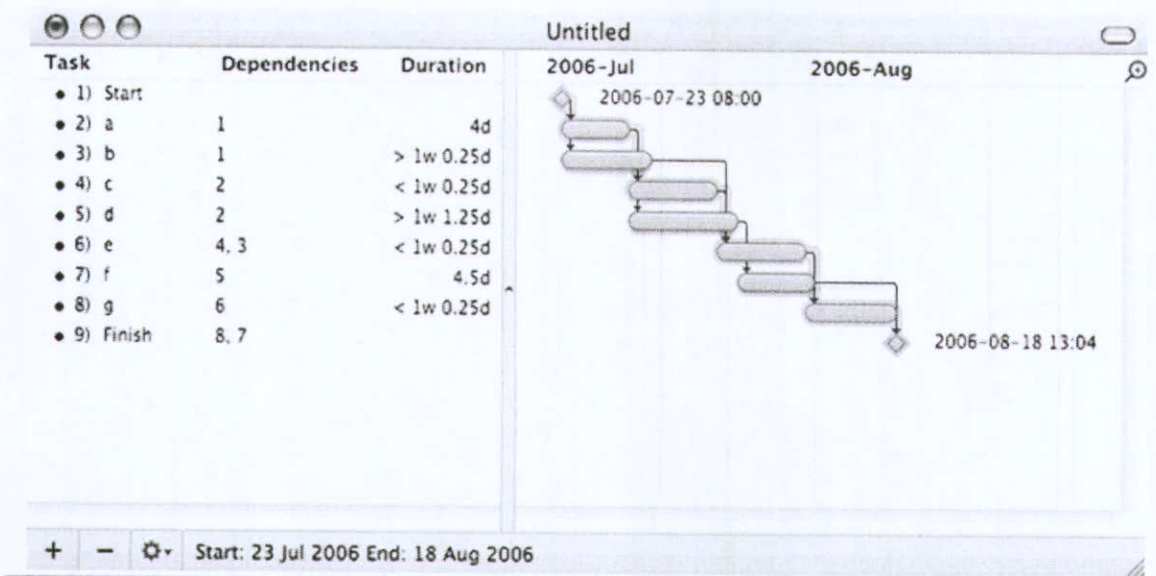


Ilustración 2-2

## 2.5 Probabilidad de las Duraciones en PERT

### 2.5.1 Conceptos Generales sobre Probabilidad

1. Frecuencia absoluta: Es el número de veces que una variable se presenta.
2. Frecuencia relativa: Es el coeficiente entre la frecuencia absoluta y el número de veces que se ha realizado la experiencia.
3. Probabilidad: Es el valor a que tiende la frecuencia relativa cuando realizamos un número suficiente de veces la experiencia.

### 2.5.2 Medidas de una distribución

Las distribuciones pueden ser con una alta dispersión o una baja dispersión. Cuanta más dispersión hay, menos fiable es el resultado y cuanto menos dispersión haya más fiable es el resultado. La estadística utiliza medidas de posición y medidas de dispersión.

a. Medidas de posición: Dan un valor representativo, se posicionan en un punto.

1. Media aritmética simple y ponderada:

$$\frac{\sum \text{valores}}{\text{num. de valores}}$$

La media ponderada, pondera alguno de los valores.

2. Media cuadrática: Es la raíz cuadrada de la media aritmética de los cuadrados de los valores.
3. Media geométrica: Es la raíz de índice el número de valores que tenemos y de radicando el número de los valores.

$$\sqrt[n]{\sqrt{a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \dots a_n}}$$

4. Moda: Es el valor de la variable que mayor frecuencia tiene, es decir, el que más veces se presenta.
5. Mediana: Es el valor que ocupa el valor central una vez ordenados todos de mayor a menor o de menor a mayor.
6. Población: Conjunto de elementos sobre los que vamos a realizar el estudio.
7. Muestra: Es el subconjunto del conjunto población sobre el que vamos a tomar una muestra, realizar el estudio y extrapolar el resultado.

b. Medidas de dispersión:

1. Amplitud: Es la diferencia que hay entre los valores extremos.
2. Desviación: Es la diferencia que hay entre cada valor y la media aritmética del conjunto.
3. Desviación media: Es la media aritmética de todas las desviaciones tomadas en valor absoluto.
4. Varianza: Es la media aritmética de los cuadrados de las desviaciones estándar.

Se representa por  $\sigma^2$

5. Desviación tipo o estándar: Es la raíz cuadrada con signo positivo de la varianza.

### 2.5.3 Varianza de las Actividades

Es la diferencia entre el tiempo optimista más el tiempo pesimista partido por seis y elevado al cuadrado.

$$\sigma_{ij}^2 = \frac{(t_p - t_o)^2}{6^2}$$

### 2.5.4 Desviación de la Ruta Crítica

Es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las desviaciones de la ruta crítica.

$$\sigma_T = \sqrt{\sum \sigma_{ij}^2}$$

Siendo  $\sigma_{ij}^2$  = varianza de las actividades del ruta crítica. Hay una desviación tipo para cada ruta.

## 2.6 Método de Monte Carlo

Si la técnica fuera nombrada hoy probablemente sería llamada los cálculos de Las Vegas y la salida conocida como "Vegas valora". Los métodos de Monte Carlo se basan en números al azar. Durante mucho tiempo, Monte Carlo era uno de los lugares más conocidos para la ruleta y porque una rueda justa de la ruleta es uno de los generadores más tempranos del número al azar, una rama de las matemáticas se ha ligado a la ciudad mediterránea de la playa.

Los usos de los métodos de Monte Carlo son muchos y varios, pero muchos vendrán bajo estos títulos:

El objeto del estudio no se puede manipular eficientemente por matemáticas analítica; un buen ejemplo es el uso de los métodos de Monte Carlo a la integración de funciones complejas.

El analista desea utilizar los datos que describe un proceso, los ejemplos incluye el análisis de las listas de inversión y el uso de datos oceanográficos para estimar la disponibilidad de las instalaciones costa afuera del cargamento para los buques de petróleo.

Un ejemplo trivial del método es la valoración del área de un círculo, su trivial porque hay una fórmula bien conocida que es rápido y fácil utilizar, pero este ejemplo tiene la mayor parte de los elementos de usos más complejos.

1. Dibujar un cuadrado en un pedazo de papel la longitud que de lados están iguales que el diámetro del círculo.
2. Dibujar un círculo en el cuadrado tales que el centro del círculo y el cuadrado son igual.
3. Cubrir aleatoriamente la superficie del cuadrado con los puntos, así que parece esto:

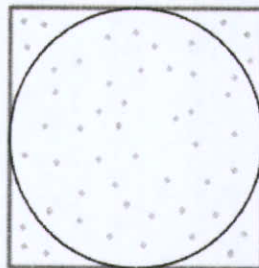


Ilustración 2-3

4. Contar todos los puntos, después contar los que bajan dentro del círculo, el área del círculo se estima así:

Área de Círculo (est)=Área del Cuadro-(Puntos dentro del círculo/Todos los Puntos)

Cuanto más grande es el número de puntos, mayor es la exactitud de la estimación.



Ilustración 2-4

Para la utilidad de nuestro modelo será utilizado como una metodología para realizar el cálculo de las duraciones de los tiempos de las actividades, a partir de definir el tipo de distribución estadística relacionada con el proyecto.

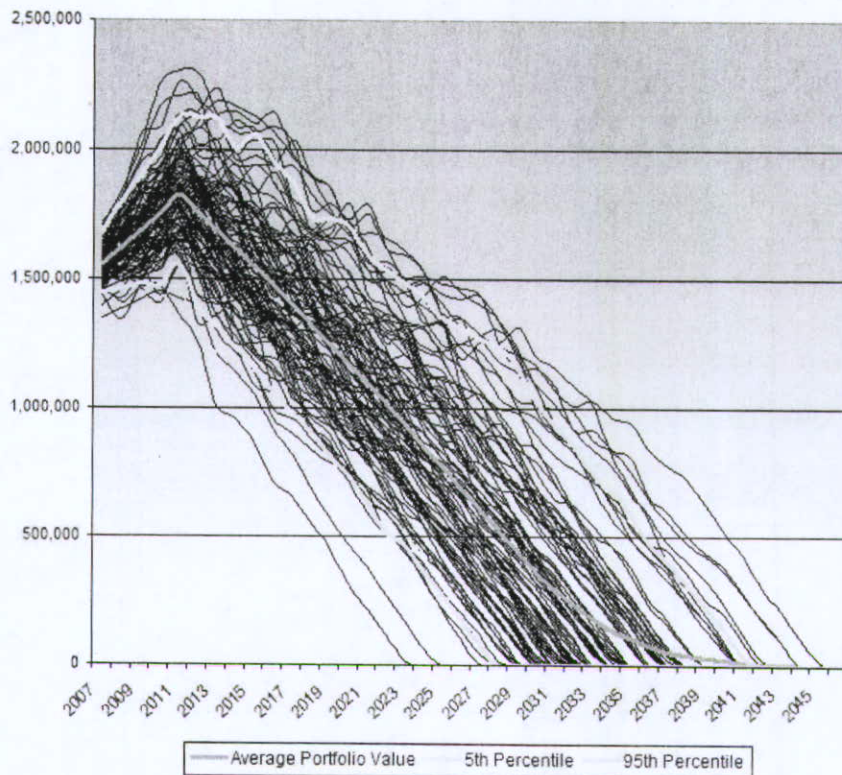


Ilustración 2-5

Realizando un número de iteraciones a partir de números aleatorios y dándonos como resultado el comportamiento de dicho concepto y su media a ser aplicada.

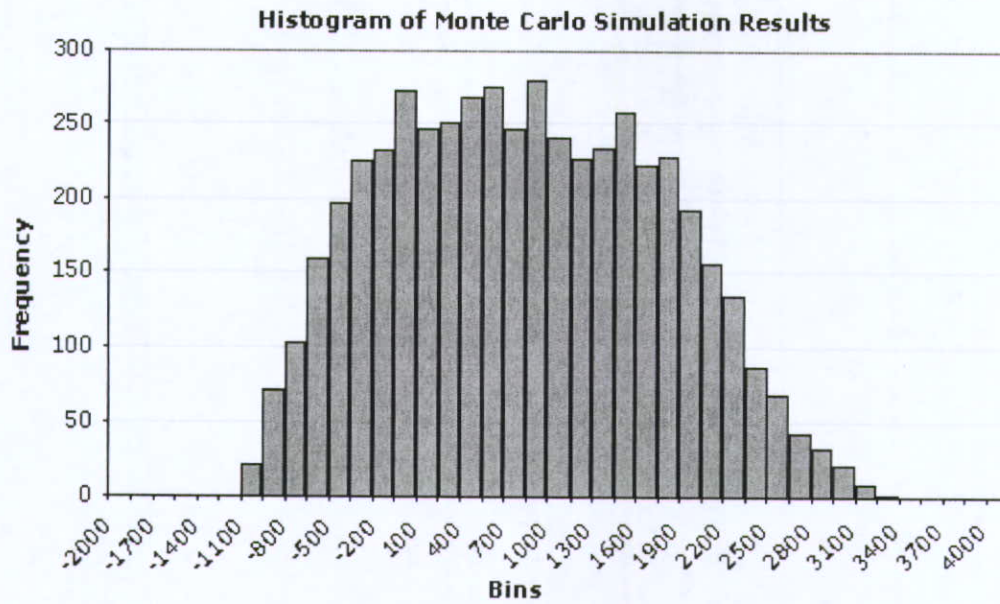


Ilustración 2-6

Realizando una uniformización a partir de la unión de puntos.

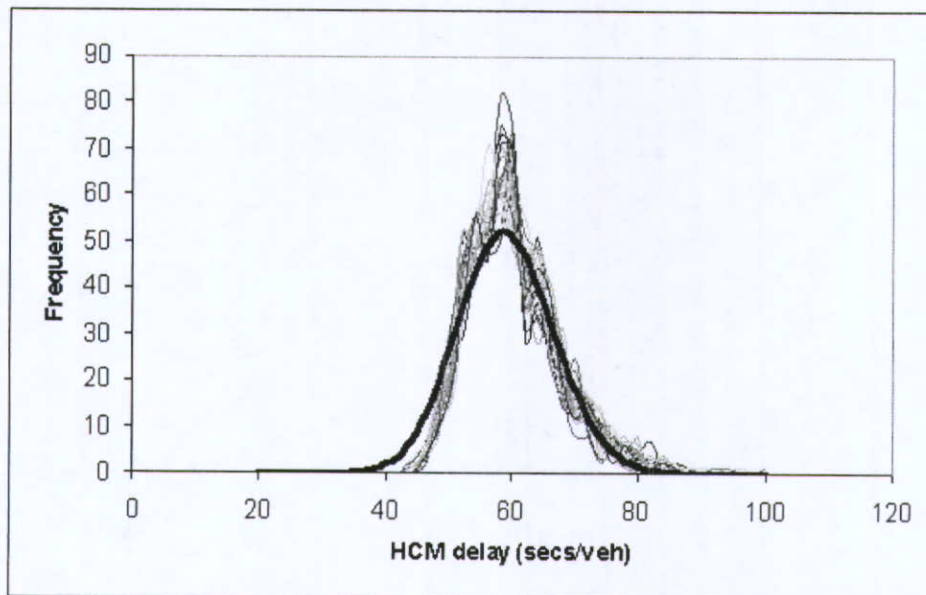


Ilustración 2-7

## 2.7 Distribuciones Estadísticas

Dentro de los usos de la probabilidad y estadística encontramos al llamado grupo de distribuciones, A continuación se lista las distribuciones estadísticas más usuales como son (ordenadas alfabéticamente):

- Beta.
- Binomial.
- Cauchy.
- Chi-cuadrada.
- Exponencial
- Gamma.
- Geométrica
- Gumbel.
- Logarítmica Normal
- Logística
- Normal.
- Pareto
- Rayleigh.
- Triangular.
- Uniforme (continua o lineal).
- Wald.

Para nuestro dentro del desarrollo de la siguiente tesis se utilizaran las siguientes distribuciones: Uniforme, Normal, Triangular, Exponencial y Beta (la Gama por su similitud con la Beta, se selecciono solo un tipo de estas).

### 2.7.1 Distribución Uniforme (Continua o Lineal)

La distribución uniforme describe una variable donde la probabilidad de que ocurra cualquier valor entre un rango definido por el máximo y el mínimo su valor es igual.

Una importante aplicación para la distribución normal es en generador de número aleatorio que utilice curvas de probabilidad acumulada para convertir una variable uniforme a una variable aleatoria.

Una distribución continua con un mínimo de 0 y un máximo de 1 se refiere comúnmente al estándar de distribución uniforme.

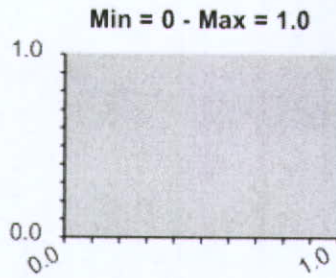


Ilustración 2-8

### 2.7.1.1 Parámetros

Parámetro	Descripción	Características
Min.	Valor Mínimo	Una holgura $> -\infty$ y $< \infty$
Máx.	Valor Máximo	Una holgura $> -\infty$ y $< \infty$ y $> \min$

Funciones:

$$P(x) = \frac{1}{(max - min)}$$

$$F(x) = \frac{(x - min)}{(max - min)}$$

$$G(p) = min + P \cdot (max - min)$$

Propiedades

- Media =  $(min + max) / 2$
- Mediana = Media
- Varianza =  $(max - min)^2 / 12$
- Tendencia = 0
- Curtosis = 1.8

El perfil de  $P(x)$  no cambiara con los parámetros, con la tendencia y la curtosis son valores compuestos.

Se muestra como ejemplo la siguiente grafica en la cual se muestra que en cualquier paso del tiempo el valor probabilístico siguen siendo los mismos.

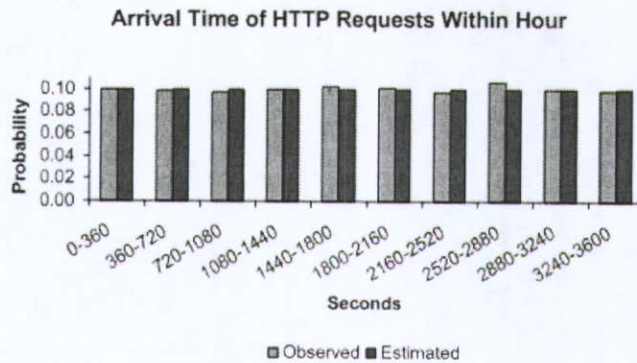


Ilustración 2-9

### **2.7.1.2 Generación de Números Aleatorios**

La generación de números aleatorios (referido como R) para una distribución continua uniforme puede ser realizada transformando una variable uniforme continua estándar (referido como U) con la función inversa de la probabilidad:

$$r=g(u)$$

El estilo básico del código, la función será muy similar a la siguiente:

$$r=\text{min}+\text{rnd}*(\text{max}-\text{min})$$

Es la ecuación utilizada en la programación de EXCEL para distribución uniforme.

### **2.7.1.3 Parámetros de Estimación**

Las ecuaciones del momento para igual, para los parámetros del mínimo y del máximo se obtiene cambiando las ecuaciones para la media y la varianza:

$$\text{min} = \text{media} - \sqrt{3} \times \text{DesvEstandar}$$

$$\text{min} = \text{media} + \sqrt{3} \times \text{DesvEstandar}$$

.....

## **2.7.2 Distribución Normal**

La distribución Normal es uno de los elementos de base de la estadística. No sólo se utiliza extensivamente en modelar, es también la base de muchas de las teorías estadísticas. Es una de las primeras distribuciones en adquirir una definición formal, generada por el trabajo de Abraham de Moivre a inicios del siglo 18.

### **2.7.2.1 Aplicaciones**

Es utilizada en aplicaciones científicas y técnicas donde está la variación en las observaciones debido a una sola causa. Un uso común es la distribución de los errores de medida en resultados experimentales y la variación de dimensiones componentes en procesos de manufactura.

Bajo ciertas condiciones, la distribución normal se utiliza como aproximación para otras distribuciones, tales como el binomial y la Poisson.

### **2.7.2.2 Teorema del Límite Central**

Una expresión del teorema de límite central se relaciona con la distribución de la media de las muestras graficadas de las poblaciones que no son necesariamente distribuciones normales en si mismas. Con el incremento del tamaño de la muestra, la distribución de las medias de la muestra tenderá hacia la normal. Esto hace a la distribución normal

importante en una amplia gama de los procesos de la medida, ésta se expresa en el error de estándar de la media.

### 2.7.2.3 Perfiles

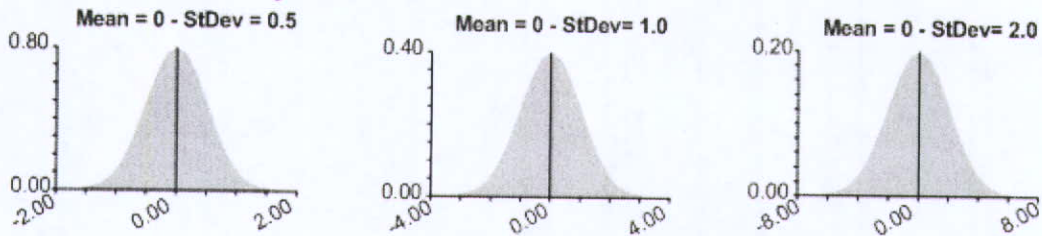


Ilustración 2-10

### 2.7.2.4 Parámetros

Parámetro	Descripción	Características
Media	Media de Población	Una rango $> -\infty$ and $< \infty$
Desv. Est	Desviación Estándar de la Población	Valor $> 0$

### 2.7.2.5 Rango

El rango de la distribución normal es de  $-\infty$  a  $+\infty$ , sin embargo, para límites practicas se usara 3.9 desviaciones estándar a cualquier lado de la media.

### 2.7.2.6 Funciones

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{1}{DesvEst \cdot \sqrt{2}} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{x - media}{DesvEst}\right)^2\right)$$

$$f(x) = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \operatorname{erf}\left(\frac{x - media}{DesvEst \cdot \sqrt{2}}\right)\right) - o - \Phi \cdot \left(\frac{x - media}{DesvEst}\right)$$

Donde  $\operatorname{erf}(x)$  es la función de error y  $\Phi(x)$  es la función de Laplace.

Un método para obtener la probabilidad inversa de la función es usar la ecuación usando técnicas de solución como una bisección continua en la conjunción de la función  $f(x)$  con interacciones en los valores de  $x$  que corresponda a los valores requeridos de  $P$ .

### 2.7.2.7 Propiedades

Moda = Media

Mediana = Media

Varianza = Desv Est<sup>2</sup>

Tendencia = 0

Curtosis = 3

En la siguiente ilustración se muestra una media de 20, con una desviación estándar de 0.25.

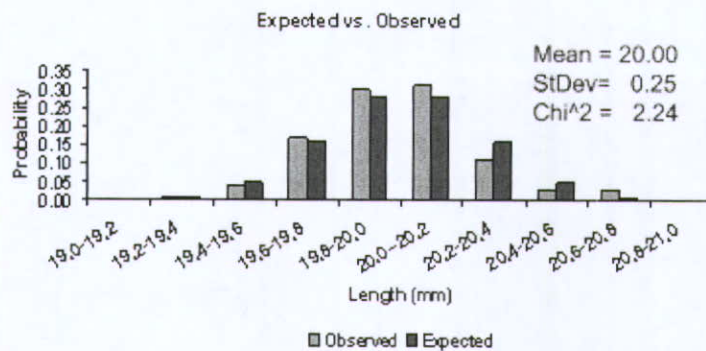


Ilustración 2-11

### 2.7.2.8 Generación de Números Aleatorios

La carencia de una función inversa de la probabilidad significa que el método para transformar para generar números aleatorios no uniformes de un uniforme estándar uno que no es eficiente. Un método común de generar números al azar de una distribución normal estándar es el algoritmo de Box-Muller que genera pares de números al azar normales estándares ( $r_1$  y  $r_2$ ) a partir de dos números al azar uniformes del estándar ( $u_1$  y  $u_2$ ):

$$r_1 = \sqrt{-2 \cdot \log(u_1)} \cdot \text{sen}(2\pi u_2)$$

$$r_2 = \sqrt{-2 \cdot \log(u_1)} \cdot \text{cos}(2\pi u_2)$$

El estilo básico de pseudo código para un número aleatorio estándar normal es como se muestra abajo.

$$r1 = \text{Sqr}(-2 * \text{Log}(\text{rnd}())) * \text{Seno}(2 * \text{PI} * \text{rnd}())$$

$$r1 = \text{Sqr}(-2 * \text{Log}(\text{rnd}())) * \text{Coseno}(2 * \text{PI} * \text{rnd}())$$

**Son las ecuaciones utilizadas en la programación de EXCEL para distribución normal.**

El número normal estándar puede ser escalado a partir de los valores de la media y la desviación estándar:

$$r1 = \text{media} + r1 * \text{DesvEst}$$

Un refinamiento común es el generar números aleatorios en pares y usar una bandera para determinar si un Nuevo par debe ser generado o si el valor anterior debe ser utilizado.

### 2.7.2.9 Parámetros de Estimación

Los parámetros para una distribución normal son la media y la desviación estándar. El igualando el momento y el máximo en el óptimo de las ecuaciones son los mismos:

$$\text{media} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{i-1} x_i$$

$$\text{varianza} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{i-1} (x - \bar{x})^2$$

$$\text{Desviación\_Estandar} = \sqrt{\text{varianza}}$$

### 2.7.3 Distribución Exponencial

La distribución exponencial describe el intervalo entre los acontecimientos cuando el número medio de acontecimientos por la unidad de la serie continua tiene una distribución de Poisson.

Así como se muestra el ejemplo descrito a continuación.

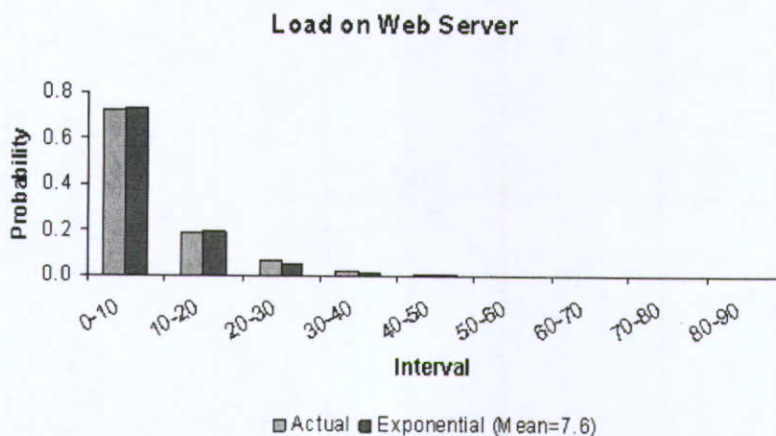


Ilustración 2-12

### 2.7.3.1 Tendencia

Desgraciadamente la mayoría de las distribuciones, donde la tendencia complica sensiblemente el análisis, la tendencia a la izquierda de una distribución exponencial, cambia de puesto simplemente la media, la moda y el punto medio por la cantidad de la tendencia.

### 2.7.3.2 Perfiles

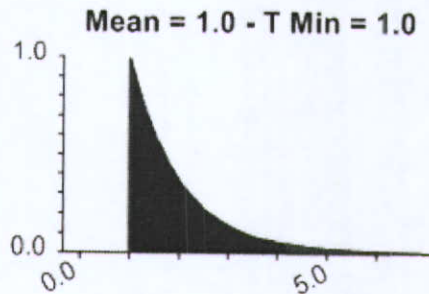


Ilustración 2-13

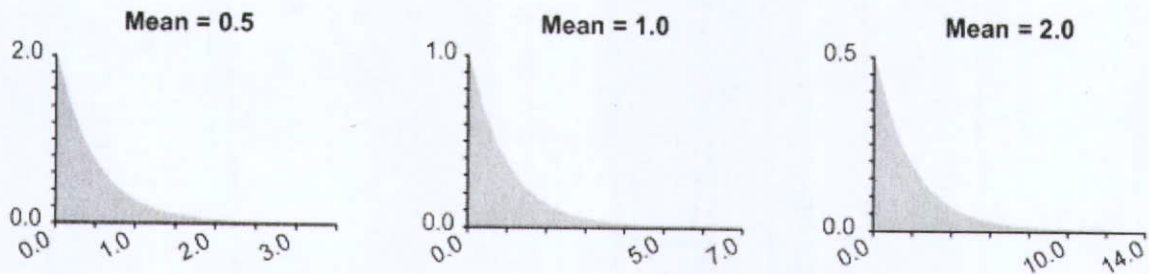


Ilustración 2-14

Las medidas de dispersión se mantienen sin cambiar.

### 2.7.3.3 Parámetros

Parámetro	Descripción	Características
Media	La media del intervalo entre los eventos. También referido a la escala de los parámetros.	Valor $> 0$

#### 2.7.3.4 Funciones

$$P(x) = \frac{1}{\text{media}} \cdot \exp\left(\frac{-x}{\text{media}}\right)$$

$$F(x) = 1 - \exp\left(\frac{-x}{\text{media}}\right)$$

$$G(p) = \text{media} \cdot \log\left(\frac{1}{1-p}\right) - o - \text{media} \cdot \log(1-p)$$

#### 2.7.3.5 Propiedades

Moda	= 0
Mediana	= G(0.5)
Varianza	= Media <sup>2</sup>
Tendencia	= 2
Curtosis	= 9

#### 2.7.3.6 Generación de Números Aleatorios

La distribución exponencial los números aleatorios (r) pueden ser generados por la transformación de una distribución estándar uniforme (u).

$$r=g(u)$$

Para propósitos de programación, la fórmula de g es simplemente:

$$r=-\text{media} \times \log(u)$$

Esto es porque 1-u y u son ambos números aleatorios uniformemente distribuidos, esto provee la oportunidad de dispensar la operación de sustracción. En un estilo pseudo básico, la función se vería así:

$$r = -\text{mean} * \log(\text{rnd}())$$

Es la ecuación utilizada en la programación de EXCEL para distribución exponencial.

#### 2.7.3.7 Parámetros de Estimación

El igualar el momento y el máximo deseado en los parámetros de ecuación de la estimación son los mismos:

$$\text{media} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{i-1} x_i$$

## 2.7.4 Distribución Triangular

Distribución triangular es típicamente usada como

La distribución triangular se utiliza típicamente como descripción subjetiva de una población para quien haya solamente datos limitados de la muestra. Se basa en un conocimiento del mínimo y el máximo y una conjetura inspirada en cuanto a lo que pudo ser el valor modal. A pesar de ser una descripción simplista de una población, es una distribución muy útil para modelar los procesos donde la relación entre las variables se sabe, pero los datos son escasos (posiblemente debido al alto costo de la recolección de datos).

También se utiliza como alternativa a la distribución beta en el PERT, el CPM y formas similares de herramienta de la administración de proyecto.

### 2.7.4.1 Perfiles

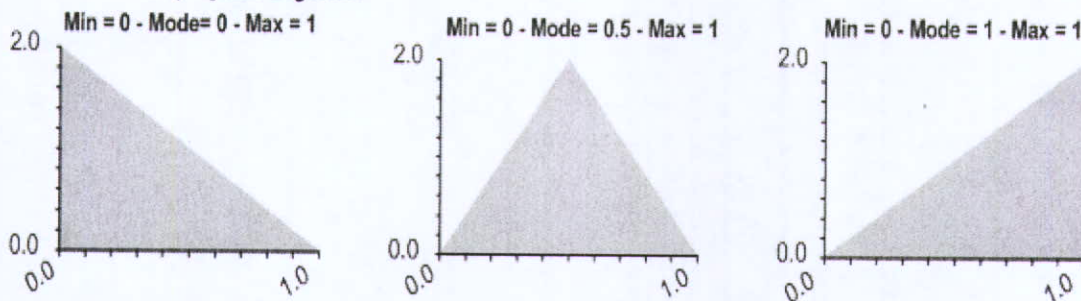


Ilustración 2-15

## 2.7.5 Parámetros

Parámetro	Descripción	Característica
min	Valor Mínimo	Valor $> -\infty$ y $\leq$ moda
moda	Valor Modal	Valor $\geq$ min o $\leq$ max
max	Valor Máximo	Valor $\geq$ moda y $< \infty$

## 2.7.6 Rango

El rango esta determinado por los parámetros mínimos y máximos.

### 2.7.7 Funciones

$P(x)$

$$x = moda \quad \frac{2}{(max - min)}$$

$$x < moda \quad \frac{2 \cdot (x - min)}{(max - min) \cdot (moda - min)}$$

$$x > moda \quad \frac{2 \cdot (max - x)}{(max - min) \cdot (moda - min)}$$

$F(x)$

$$x = moda \quad \frac{(moda - min)}{(max - min)}$$

$$x < moda \quad \frac{(x - min)^2}{(max - min) \cdot (moda - min)}$$

$$x > moda \quad 1 - \frac{(max - x)^2}{(max - min) \cdot (moda - min)}$$

$G(p)$

$$p = \frac{(moda - min)}{(max - min)} = moda$$

$$p < \frac{(moda - min)}{(max - min)} = min - \sqrt{p \cdot (max - min) \cdot (moda - min)}$$

$$p > \frac{(moda - min)}{(max - min)} = min - \sqrt{p \cdot (max - min) \cdot (max - moda)}$$

### 2.7.8 Propiedades

$$media = \frac{min + moda + max}{3}$$

$$mediana = G(0.5)$$

$$varianza = \frac{min^2 + moda^2 + max^2 - min \cdot moda - min \cdot max - moda \cdot max}{18}$$

Curtosis=2.4

A continuación se muestra un ejemplo:

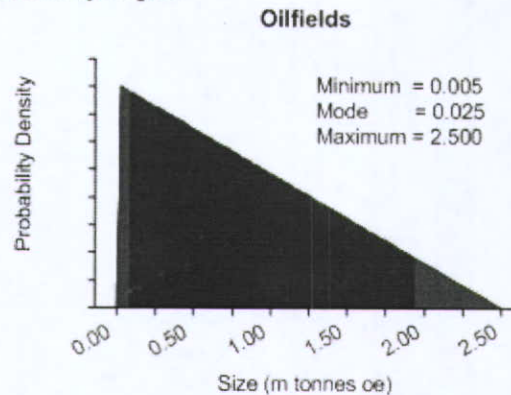


Ilustración 2-16

### 2.7.9 Parámetros de Estimación

Los parámetros de una distribución triangular se pueden derivar directamente de los datos que se piensa para describir o para modelar. Con tal que los datos no contengan ningún punto anómalo, el mínimo y el máximo pueden ser obtenidos clasificando los valores en orden ascendente y seleccionando los primeros y pasados puntos. A menos la moda se está fijando subjetivamente, hay varias maneras de determinar el modo incluyendo:

Usando un algoritmo de bisección sucesiva.

Generador de Números Aleatorios

La generación de los números aleatorios (designado como R) para una distribución triangular puede ser realizada transformando una variable uniforme continua en un rango de 0 a 1 (referido como U) con la función inversa de la probabilidad de la distribución:

$$r=g(u)$$

Usando el estilo básico de código, la función es similar a:

$$u=rnd()$$

**si  $u \leq (moda-min)/(max-min)$  entonces**

$$r=min+sqr(u*(max-min)*(moda-min))$$

**de lo contrario**

$$r=max-sqr((1-u)*(max-min)*(max-moda))$$

**Son las ecuaciones utilizadas en la programación de EXCEL para distribución triangular.**

Almacenar el valor de la función del número al azar en el "u" variable es importante porque la mayoría de la vuelta de la función del número al azar un nuevo valor ellos se llama cada vez. Sin el uso de la variable de "u", la declaración utilizaría un valor para ramificar y otro para el cálculo.

## 2.8 Distribución Beta

La distribución Beta modela los acontecimientos se obliga que ocurran dentro de un intervalo definido por un valor mínimo y máximo. Por esta razón, la distribución Beta se utiliza extensivamente en PERT, CPM y otro planeaciones del proyecto/sistemas de control para describir el tiempo a la terminación de una tarea. La sección abajo describe el uso de las aproximaciones del PERT.

### 2.8.1 Parámetros

Parámetro	Descripción	Característica
Min	Valor mínimo	Va de $-\infty$ and $< \infty$
Max	Valor máximo	Va de $-\infty$ and $< \infty$
Forma a (a)	Factor de Forma	Va de $> 0$
Forma b (b)	Factor de Forma	Va de $> 0$

### 2.8.2 Rango

El rango de la distribución es desde el mínimo hasta el máximo.

### 2.8.3 Perfiles

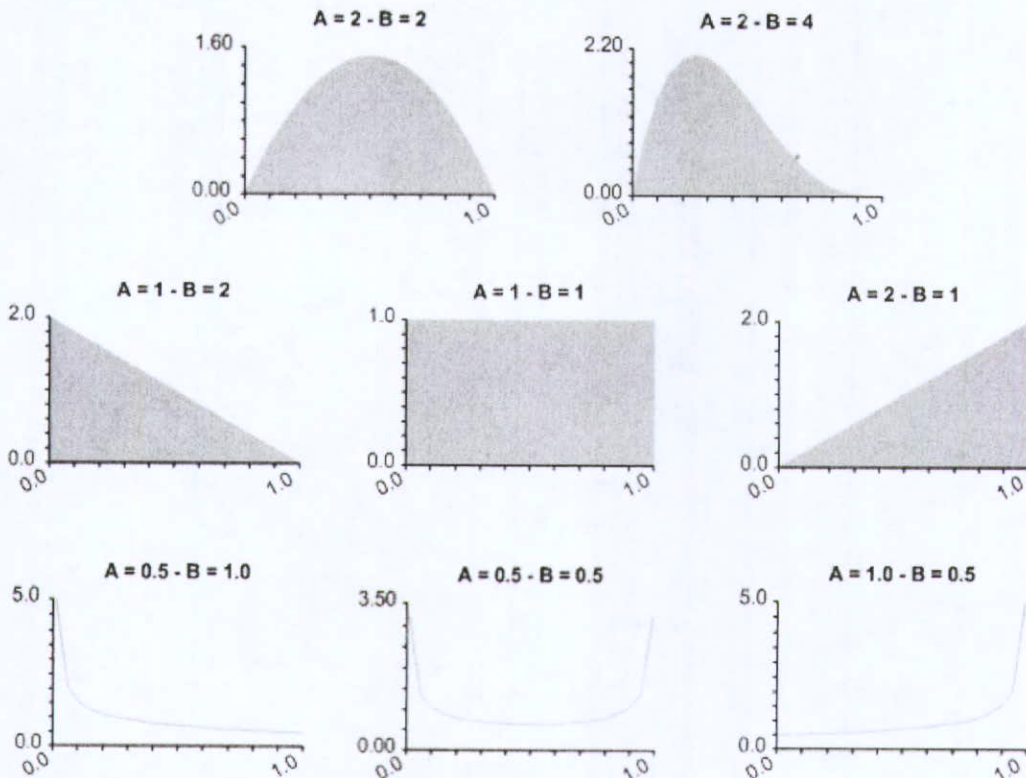


Ilustración 2-17

## 2.8.4 Funciones

$$P(x) = \frac{(x - \min)^{a-1} \cdot (\max - x)^{b-1}}{B(a, b) \cdot (\max - \min)^{a+b-1}}$$

$$F(x) = \min + B_i \cdot (a, b, x) \cdot (\max - \min)$$

La función Bi es la función Beta Incompleta y B es la función Beta. En la función de la densidad de la probabilidad, el papel de la función beta es normalizar la función, tal que el área debajo de la curva es una.

## 2.8.5 Propiedades

$$\text{Media} = \min + \frac{a}{(a+b)} \cdot (\max - \min)$$

Moda

$$a > 1 \ \& \ b > 1 = \min + \frac{(a-1)}{(a+b-2)} \cdot (\max - \min)$$

$$a = 1 \ \& \ b > 1 = \min$$

$$a = 1 \ \& \ b = 1 = n/a \text{ (pdf es constante)}$$

$$a > 1 \ \& \ b \geq 1 = \max$$

$$a < 1 \ \& \ b \geq 1 = \min$$

$$a < 1 \ \& \ b < 1 = \max \text{ y } \min \text{ (bimodal)}$$

$$a \geq 1 \ \& \ b < 1 = \max$$

$$\text{Varianza} = \frac{a \cdot b}{(a+b)^2 \cdot (a+b+1)} \cdot (\max - \min)^2$$

$$\text{Tendencia} = \frac{2 \cdot (b-a)}{a+b+2} \cdot \sqrt{\frac{a+b+1}{a \cdot b}}$$

$$\text{Curtosis} = \frac{3 \cdot (a+b+1) \cdot (a \cdot b \cdot (a+b-6) + 2 \cdot (a+b)^2)}{a \cdot b \cdot (a+b+2) \cdot (a+b+3)}$$

Cuando la forma a y la forma b son ambos iguales a uno, la distribución llega a ser equivalente a una distribución uniforme, que no tiene valor modal. Cuando forma a y la forma b son ambos menos de uno, la distribución llega a ser bimodal, con valores modales en el valor mínimo y máximo.

La mediana se deriva de usar varios métodos numéricos.

### 2.8.6 Las Aproximaciones en PERT

La comunidad de la administración de proyectos ha desarrollado las aproximaciones para la media y la desviación estándar de una distribución beta que permiten que sea manejada con dos parámetros, más bien que cuatro. El proceso para modelar una tarea para el PERT o el análisis similar que usa estas aproximaciones es descrito más abajo:

#### Paso 1

Adquirir la estimación por el mínimo, moda (más probable) y tiempo máximo a la terminación, las figuras para este ejemplo están:

Min            10.0 días programados

Moda           13.5 días programados

Max            20.0 días programados

#### Paso 2

Utilice las aproximaciones PERT, para estimar la media y la desviación estándar.

$$media = \frac{min + 4moda + max}{6}$$

$$Desv. Est = \frac{max - min}{6}$$

Para nuestro ejemplo los valores son:

Media=            14.00

Desv. Est=        1.67

#### Paso 3

Utilizar las ecuaciones del momento que emparejan en las cuales el mínimo y los valores máximos se saben para calcular los factores de la forma que son constantes con la media y la desviación estándar.

$$Forma a = \left( \frac{media - min}{max - min} \right) \left( \frac{(media - min)(max - media)}{Desv. Est^2} - 1 \right)$$

$$Forma b = \left( \frac{max - media}{max - min} \right) \cdot Forma a$$

Para nuestro ejemplo los valores son:

Forma\_a      3.05

Forma\_b      4.57

La grafica y la tabla demuestran q la distribución y alguno de los parámetros, con una distribución triangular, es una solución alternativa para la comparación.

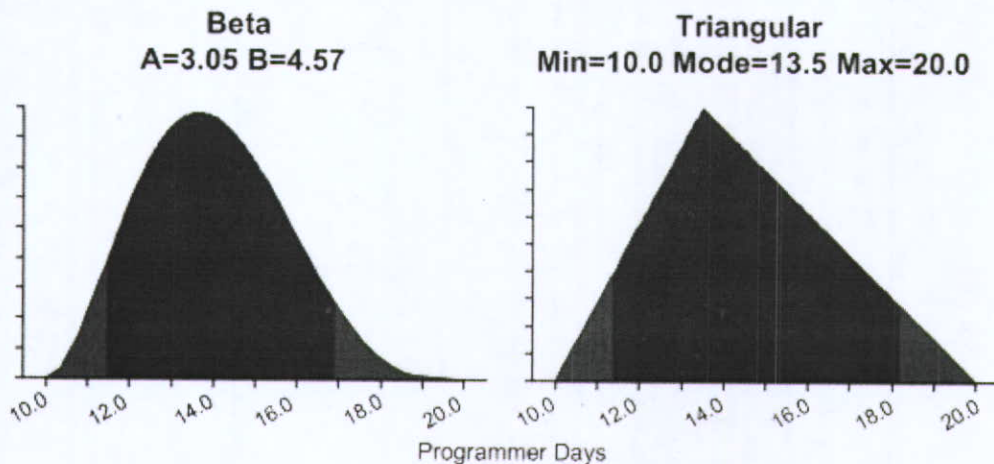


Ilustración 2-18

	<b>Beta</b>	<b>Triangular</b>
Media	14.00	14.50
Moda	13.65	13.5
Desv. Est.	1.67	2.07
Q1 (25%)	12.75	12.96
Q2 (50% - Median)	13.91	14.30
Q3 (75%)	15.17	15.97

La media, la moda y la desviación de estándar en la tabla anterior se derivan de los factores del mínimo, máximo y de los factores de forma (a & b) que resultaron del uso de las aproximaciones del PERT.

## **2.9 Asignación de Recursos**

La red de análisis para la operación de las secuencias de las actividades, si se siguen, nos traerá el completar del proyecto. Si la duración estimada de las actividades que no exceda y no se presenten pérdida de tiempos por retraso, el proyecto debe de ser terminado a tiempo. Observando que la programación mas posible la disponibilidad tanto de equipos y mano de obra a partir de la duración estimada. El análisis comprar estos requerimientos contra la disponibilidad de recursos en forma de la factibilidad física de revisión desde el plan de proyección y de construcción.

### **2.9.1 Factibilidad Física de un Planeación de Red**

El proyecto se encuentra con el grupo de actividades interrelacionadas, cada una con su actividad estimada. Usando estas técnicas, del tiempo temprano, tiempo tardío, y el calculo las holguras. Estos cálculos están basados en la asunción de cuales actividades deben comenzar antes y cuales son las predecesoras y el nivel de terminación o conclusión que se requiere para poder iniciar la actividad predecesora. En la práctica, sin embargo, el completar el proyecto requiere el uso de varios recursos, que nos dan el límite de la disponibilidad influyendo directamente la duración del proyecto.

Después de cada etapa de planeación (inicial, preliminar, control y detalle), es necesario hacer una pregunta, "¿Son todos los recursos disponibles?" entonces, el plan puede ser usado; sin embargo, en la mayoría de la vida real del proyecto los recursos son limitados y por tanto se deben de imponer a la programación de las actividades.

Si, en la etapa de planeación inicial, es deseable tener todos los requerimientos del ingeniero de diseño para tener una planeación, una asignación de recursos ejercitada de que se pueda utilizar el número diferentes tipos de ingenieros de diseño con sus requerimientos. En la etapa preliminar son necesarios revisar el número de dibujantes para la elaboración de planos de estructura y el número de soldadores requeridos para la fabricación del tanque de acero (como ejemplo). Y la revisión si el dibujante y el soldador que se requiere si son escasos se deben de considerar el suministro de estos dos tipos personas.

En la etapa de control, es bastante usual el conocer tanto el equipo que se requiere para el proyecto si esta disponible en la localidad. Mas adelante, cuando se acepten las redes o cronograma del contratista en su plan de etapa de detalle, es ventajoso revisar si el contratista cuenta con una lista detallada de sus recursos. La pregunta a ser respondida es saber si cualquiera de los recursos que están es su alcance son los adecuados para el trabajo para cumplir con los planes.

Así se pueden ver las asignaciones de recursos como una parte esencial de la planeación. Esta respuesta a la pregunta de si los recursos adecuados están disponibles para implementar el plan. Cualquiera puede desarrollar un plan, pero solo será de utilidad si puede ser trasladado al trabajo actual. Solo puede ser puesto en practica solo si los requerimientos de los recursos están disponibles.

La disponibilidad de los recursos esta sobre impuesta por la ruta crítica de la duración del proyecto bajo dos condiciones:

- Recursos limitados (duración variable del proyecto). Es cuando la disponibilidad del limite de recursos y el deseo de evaluar el impacto la escasez en la duración del proyecto.
- Recursos ilimitados (duración compuesta del proyecto). Cuando no exista problema en la disponibilidad de los recursos, el problema recae en ver la cantidad óptima de recursos y en que momento deben de estar en la obra.

Cada uno de estos casos serán expuestos a detalle.

### **2.9.2 Asignación de Recursos Limitados**

La asignación de recursos limitados a diferentes actividades es comúnmente conocida como "Recursos Forzados al Itinerario". Este tipo de técnica esta diseñado para producir itinerarios o programas que no requieran mas recursos que los disponibles en cualquier parte del periodo. El proyecto tiene que completarse usando los recursos obtenidos aun si las duraciones se han excedido en la espera de dichos recursos.

El problema de los recursos limitados se puede resolver de dos diferentes maneras. La primera categoría es incluir el procedimiento de heurística que son diseñados para producir una buena factibilidad para los recursos basados en el itinerario. La segunda categoría, en contraste, consiste en producir un diseño para obtener el itinerario óptimo basado en los tiempos de los recursos de los materiales.

### **2.9.3 La aproximación Heurística**

Que se requiere para una aproximación de heurística en algunos criterios básicos con un proceso con cuales recursos deben ser asignados con eficiencia. Este criterio presenta un grupo determinado de reglas de prioridades. La combinación de prioridades y las reglas de prioridad es conocida como la aproximación de heurística.

Varias reglas de prioridades pueden ser utilizadas para resolver el problema de los recursos forzados o comprimidos. El número de requerimientos de recursos para cada una de las actividades están mostrados en el recuadro inferior de la fecha descrito en la actividad. Asumiendo que la disponibilidad del recurso esta limitado a un máximo de cuatro. Si es deseado que una asignación de recursos para elegir una actividad donde se presente el menor retraso, la actividad 1 – 2 obtiene preferencia. La actividad 1 – 4 tiene preferencia para la asignación para realizar su actividad por la larga cantidad de recursos o los días de suministro. Si la menor inmediata tiene preferencia, la actividad 1- 3 es la prioritaria, si la que tenga el tiempo de final tardío mas retardado heurística es escogida, la actividad 1 – 2 será la actividad primera de asignar recursos. Alguna de las reglas comunes de prioridades se enlista a continuación. Los recursos se asignan a actividades que:

- 1) Las actividades con inicio menor en el tiempo.
- 2) Las actividades con el mínimo de inicios tardíos en el tiempo.
- 3) Las actividades con el mínimo de los inicios temprano en el tiempo.
- 4) Las actividades con el mínimo final tardío en el tiempo.
- 5) Las actividades que tengan menores holguras.
- 6) Las actividades que tenga las más largas duraciones.
- 7) Las actividades que tenga la menor duración.

- 8) Las actividades que tengan menores sucesores.
- 9) Las actividades que tengan más sucesoras.
- 10) Las actividades que tengan menos relaciones con otras actividades.
- 11) Las actividades que tengan menos trabajos en esperas no dependientes.
- 12) Las actividades que tengan menos sucesores inmediatas
- 13) Las actividades q tengan menos sucesoras.
- 14) Que tiene que iniciar primero considerando los recursos.
- 15) Que tiene la menor holgura para su sucesor.
- 16) Que tenga la más larga trayectoria.
- 17) Que tenga el primer final.
- 18) Quien tenga el requerimiento mas largo de recursos.
- 19) Quien tenga el requerimiento mas largo recursos en los días.
- 20) Quien tenga el requerimiento mas largo de espera recursos en días.

En general, no se posible decir cual combinación de esta regla de prioridades te dará el mejor resultada para un proyecto determinado. Un grupo de reglas para las prioridades se desarrollan pobremente para un problema dado puede funcionar mal para otro tipo de problemas. Sin embargo, la siguiente combinación es la que se mostrara como base.

- Localice los recursos de las actividades que tienen menos holgura.
- Localice las actividades que requieran el mayor número de días de suministros.
- Localice las actividades usando el mayor número de recursos (mano de obra, materiales o maquinaria).
- Localice la actividad que requiere el mayor tiempo de espera tras el requerimiento de los materiales.
- Si son similares, localice la actividad que tenga la menor secuencia (valor  $i - j$ ).

Estas reglas de prioridad pueden ser usadas a lo largo de las dos alternativas de metodología. Estas son para el método en serie y para el método en paralelo.

#### **2.9.4 Método en Serie y Paralelo para la asignación de Recursos**

La básica de la asignación de recursos son un método basado en los trabajos de calendario por balanceo necesitan saber cual es la disponibilidad de tiempo de los recursos. El método en serie cumple esto la asignación de actividades en serie (una actividad a la vez en el tiempo desde el inicio hasta el final). El método paralelo asigna recursos por actividades un día a la vez. Una actividad debe ser asignado sus recursos pero retrasado para el siguiente día, debe otra actividad usando recursos a la par. Asignación de recursos para dos diferentes condiciones, usando ambos métodos es algo q nos daría resultados distintos, y debe de ser considerado reasignar la duración del proyecto.

#### **2.9.5 Nivelación de Recursos**

La nivelación del recurso es una manera de fijar la relocalización de un recurso. Generalmente, los recursos se nivelan de dos maneras (Primavera Systems, Inc, 1992):

- Por el retraso de una tarea hasta el recurso asignado tiene tiempo para trabajar en ella.
- Partiendo una tarea para hacer la parte de una tarea cuando esté planeada y el resto de él es hecho más adelante cuando el recurso asignado tiene tiempo.

Puedes retrasar o partir tareas tú mismo, o puedes tener proyecto 2003 del Microsoft Office lo haces para ti, usando el recurso que nivela la característica. Además, hay otros métodos que puedes utilizar para balancear la carga de trabajo del recurso. Los métodos que eliges reducir la relocalizaciones dependen de las limitaciones de tu proyecto, incluyendo presupuesto, disponibilidad del recurso, fecha del final, y la cantidad de flexibilidad disponible para programar tareas (Ilustración 2-19).

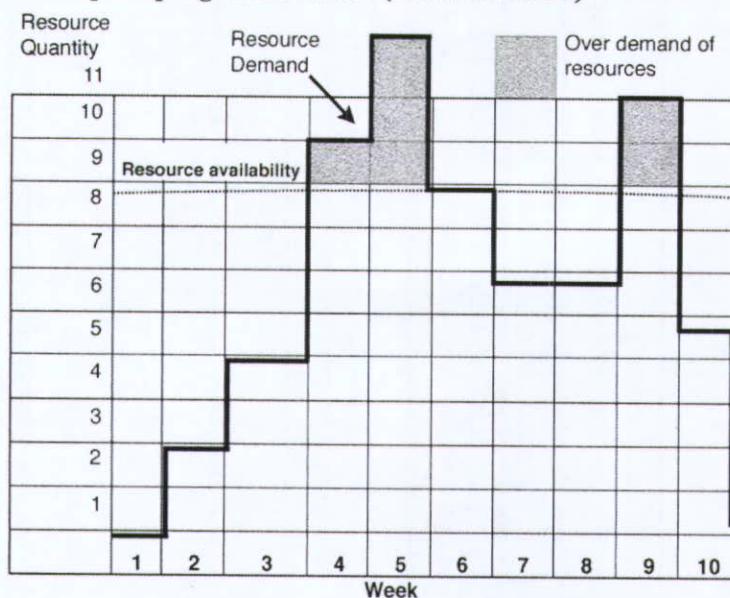


Ilustración 2-19

### 2.9.5.1 Como Relocalizar un Recurso

La relocalización de recurso se hacer más trabajoso asumiendo que puede ser hecho únicamente en el tiempo disponible del recurso. Cuando el proyecto programar tareas, calcula el horario basado en los requisitos de la tarea, no la disponibilidad de los recursos asignados.

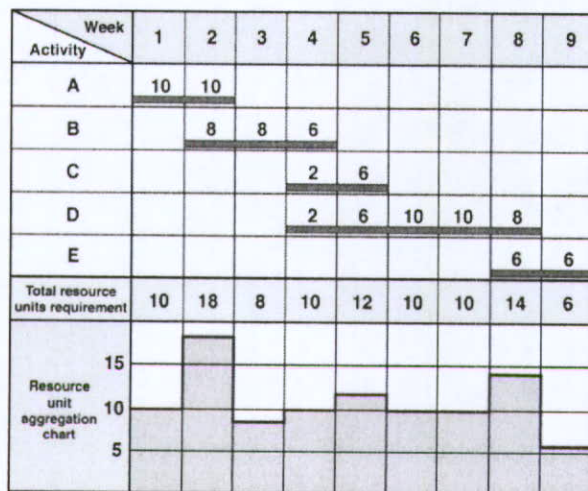


Ilustración 2-20

Las relocalizaciones pueden resultar del siguiente:

Un recurso asignado para trabajar a tiempo completo en más de una tarea al mismo tiempo, por ejemplo, si asignas un recurso a dos tareas de ocho horas por cada uno iniciando el mismo día, después el recurso es relocalizado porque solamente una tarea de ocho horas se puede lograrse en ese día. Ver la carga de trabajo de un recurso. Y mirar el número de las tareas asignadas durante tiempos de relocalización.

El incremento de la duración de las tareas, si aumentas la duración, después la cantidad de una tarea de trabajo que se le asignó un aumento del recurso también y puede el recurso tener que hacer demasiado trabajo contemporáneamente. Ver la carga de trabajo de un recurso, revisando el número de horas del trabajo asignado a cada día.

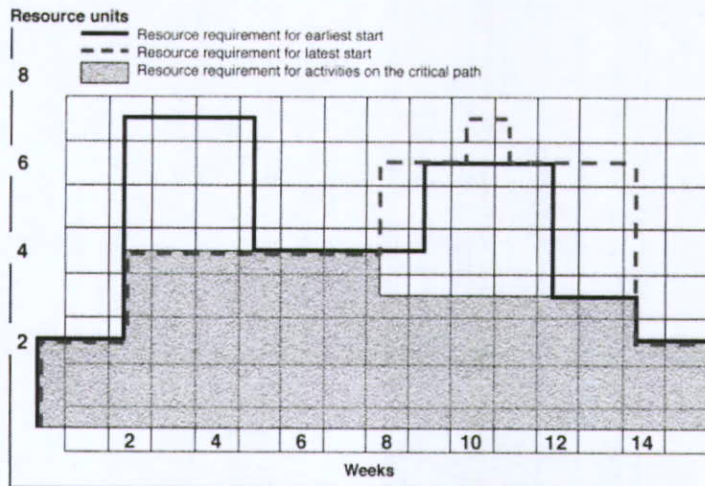


Ilustración 2-21

La disminución de la disponibilidad de un material, la disponibilidad de un recurso se reduce a partir de unidades de la 100% hasta las unidades del 50% porque está trabajando por horas. O, un tiempo no productivo más específico se incorpora en el calendario del recurso, tal como lunes hasta el viernes 1: 00 P.M. a 5:00 P.M. Para descubrir si el recurso ha disminuido disponibilidad de la unidad, en el menú de la visión, hoja del recurso del teclado. Mirar el campo máximo de las unidades para el recurso. Si el campo máximo de las unidades demuestra a 100%, en el menú de la visión, uso del recurso del teclado. En el menú del formato, chascar los detalles, y después chascar la disponibilidad restante. La mirada en la disponibilidad restante en cada día el recurso se asigna el trabajo. Para ver si el tiempo no productivo se incorpora en el calendario del recurso, chascar el nombre del recurso, chascar la información del recurso, y después chascar la hora laborable cuadro buscan hora laborable disminuida en el calendario del recurso.

Un contorno del trabajo se le aplica una asignación, un recurso se asigna a una tarea con una duración un día y un contorno delantero-cargado del trabajo. El trabajo sobre la tarea programar en los incrementos que emparejan el patrón del contorno del trabajo que comienza en la fecha del comienzo de la tarea, o la asignación se ha corregido para crear un contorno de encargo del trabajo. Para ver si un contorno del trabajo se aplica, en el menú

de la visión, uso de la tarea del tecleo. Chascar el recurso asignado a la tarea, chascar la información de la asignación, y después chascar la mirada general de cuadro en la caja del contorno del trabajo. Si una asignación no tiene ningún contorno del trabajo, se selecciona completamente en la caja del contorno del trabajo.

Un recurso asignado a una grupo de tarea, así como unos o más sub-tareas si asignas un recurso a tiempo completo a una tarea sumaria y después asignas el mismo recurso a tiempo completo a los sub-tareas individuales bajo esa tarea sumaria, el recurso es relocalización innecesariamente porque él se asigna el resumen de todos los sub-tareas, así como el trabajo de unos o más sub-tareas.

Como regla general, debes evitar de asignar recursos a las tareas sumarias. Pero puedes hacer tanto si el tiempo del recurso en el grupo de tareas aumenta mientras que la duración total de los sub-tareas aumenta. Asignar un recurso a una tarea sumaria es una manera eficiente de dar la responsabilidad del recurso de todos los sub-tareas. Sin embargo, si el tiempo del recurso en el grupo de tareas permanece igual sin importar cómo la duración total de las sub-tareas cambia, entonces el recurso se debe asignar a los sub-tareas individuales, y no a la tarea sumaria. Para ver si un recurso se asigna a la tarea sumaria y a una o más de sus sub-tareas, en el menú de la visión, uso del recurso del tecleo. Mirar en el campo conocido del recurso para las tareas y las sub-tareas suman.

El proyecto que no explica el tiempo adicional un recurso pasa en una tarea que puedes explicar la relocalización, más bien que los resuelve, agregando en horas extras.

Siendo este mismo tema, visto para un alcance a detalle para otra tesis para poder desarrollar a detalle cada una de técnicas y teorías para la nivelación y asignación de recursos.

*CAPÍTULO 3*  
**MEDICIÓN**

### 3.1 Tamaño de población y muestra (investigado y calculado)

Las muestra probabilísticas son esenciales en los diseños de investigación transversales (no experimentales, encuestas), donde se pretende hacer estimaciones de variables en la población (inferir). Los datos recolectados se analizan con pruebas estadísticas.

Los elementos muestrales tendrán valores muy parecidos a los de la población, donde la precisión de la estimación dependerá del error de muestreo. Entonces la pregunta sería, ¿Cuántos objetos o sujetos tengo que evaluar para que mi muestra sea representativa de mi Universo o población?.

Definir:

- $N$  = población, conjunto de elementos de mi Universo.
- $n$  = tamaño de la muestra.
- $Y$  = valor promedio de la variable que nos interesa conocer (desconocido)
- $y$  = estimado promedio en la muestra que podemos determinar

$Sem$  = desviación (error) estándar de la muestra (indica la variación de  $y$  en la muestra).

$Sem^2$  = varianza de la muestra determinada en términos probabilísticos =  $p(1-p)$

$p$  = probabilidad de ocurrencia de  $y$ .

$Sep^2 = V^2$  = varianza de la población

Donde  $V$  es la diferencia entre " $Y$ " y " $y$ ".

Establecer la desviación estándar ( $V$ ) de la población que deseamos (diferencia entre el promedio de la población y nuestro estimado en la muestra), así como la desviación estándar de la muestra ( $Sem$ ) en función de la probabilidad de ocurrencia de  $y$  ( $p$ ).

$$n' = \frac{Sem^2}{V^2} = \text{tamaño provisional de la muestra} = \frac{\text{varianza de la muestra}}{\text{varianza de la población}}$$

Corregir el tamaño de la muestra, conociendo el tamaño de la población.

$$n = \frac{n'}{1 + n'/N}$$

Suponer que vamos a investigar la variable “y” en las empresas constructoras de Jalisco de la CMIC, a diciembre de 2006 con 702 socios acreditados, considerando una delimitación únicamente del sector “SECTOR INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO” que tienen más de 164 empresas acreditadas, por tanto nuestra N=164.



Consideremos un error estándar de la población como 0.05, esto es que  $Y-y=0.05$ , “que la diferencia en promedio de la variable de interés medida en mi muestra con respecto a la media de la población sea igual (o menor) a 0.05”, por lo que de mis 164 empresas, 95 veces mi estimación sea la correcta.

Además propongamos que existe una probabilidad del 85% de ocurrencia de y en nuestra muestra, esto es, que en el 85 % de los casos medidos en la muestra, el valor medido de la variable sea y (en función de estudios previos o experiencia propia).

Desviación estándar de la muestra

$$Sem^2 = p(1 - p) = 0.85(1 - 0.85) = .1275$$

Varianza de la población

$$V^2 = (0.05)^2 = 0.0025$$

Tamaño provisional de la población

$$n' = \frac{Sem^2}{V^2} = \frac{0.1275}{0.0025} = 51$$

Ajustando al tamaño de la población

$$n = \frac{n'}{1 + n'/N} = \frac{51}{1 + 51/164} \approx 39$$

Con esta muestra de 39, se procedió a un tipo de levantamiento por cuota.

### **3.2 Todas las variables que piensa medir en la encuesta y a quien va dirigida**

Se pretende medir las siguientes variables para poder ser analizadas.

- Conocimiento de la Programación de Obra.
- Uso de la Programación de Obra para Programar Flujos y Recursos.
- Conocimiento de otro tipo de programaciones fuera del tipo Lineal o Uniforme.
- Uso que se le dan a la Programación de Obra.
- Compara el conocimiento de las distribuciones contra el conocimiento de otro tipo de programaciones.

### 3.3 Diseño de la encuesta

La encuesta a realizar incluye las siguientes preguntas dentro de las cuales, se busca llegar a obtener el mayor número de certeza utilizando este sistema.

La siguiente encuesta es con finalidades académica para poder lograrse el nivel de maestro y de uso de investigación.

Solicitando en cada uno de los datos personales del encuestado como son:

Nombre:

Empresa:

Dirección:

Teléfono:

Puesto:

Nivel Académico:

1. Conoce la programación de obra.
  - a) Muy bien.
  - b) Bien.
  - c) Regular.
  - d) Poco.
  - e) Nada.
2. Conoce la utilidad del uso de la programación de obra.
  - a) Muy bien.
  - b) Bien.
  - c) Regular.
  - d) Poco.
  - e) Nada.
3. Conoce como desarrollar la programación de obra.
  - a) Muy bien.
  - b) Bien.
  - c) Regular.
  - d) Poco.
  - e) Nada.
4. Sabe leer una programación de obra.
  - a) Muy bien.
  - b) Bien.
  - c) Regular.
  - d) Poco.
  - e) Nada.
5. Sabe realizar la programación a nivel concepto o partida.
  - a) Muy bien.
  - b) Bien.
  - c) Regular.
  - d) Poco.
  - e) Nada.
6. Conoce la programación de obra de tipo lineal o uniforme.
  - a) Muy bien.
  - b) Bien.
  - c) Regular.
  - d) Poco.
  - e) Nada.
7. Conoce otro método de programación fuera de la lineal o uniforme.  
Respuesta Abierta.
8. Conoce la distribución Uniforme.
  - a) Muy bien.
  - b) Bien.
  - c) Regular.
  - d) Poco.
  - e) Nada.

9. Conoce la distribución Exponencial.
- Muy bien.
  - Bien.
  - Regular.
  - Poco.
  - Nada.
10. Conoce la curva de distribución Normal.
- Muy bien.
  - Bien.
  - Regular.
  - Poco.
  - Nada.
11. Conoce la distribución Triangular.
- Muy bien.
  - Bien.
  - Regular.
  - Poco.
  - Nada.
12. Conoce la distribución Beta.
- Muy bien.
  - Bien.
  - Regular.
  - Poco.
  - Nada.
13. Con el uso de la programación de obra, lo ha utilizado para algún uso.  
Respuesta Abierta.
14. Ha usado la programación de obra para realizar la programación de flujos.
- Todas las ocasiones
  - En usualmente.
  - En ocasiones.
  - Pocas Veces.
  - Nunca.
15. Ha usado la programación de obra para determinar los tiempos de los recursos materiales.
- Todas las ocasiones
  - En usualmente.
  - En ocasiones.
  - Pocas Veces.
  - Nunca.
16. Sabe como determinar la programación de recursos materiales.
- Muy bien.
  - Bien.
  - Regular.
  - Poco.
  - Nada.
17. Ha usado la programación de obra para determinar el total de la plantilla de personal.
- Todas las ocasiones
  - En usualmente.
  - En ocasiones.
  - Pocas Veces.
  - Nunca.
18. Sabe como determinar la cantidad del personal necesario en la obra usando la programación de obra.
- Muy bien.
  - Bien.
  - Regular.
  - Poco.
  - Nada.

19. Sabe como determinar la programación ruta crítica de un proyecto.
- a) Muy bien.
  - b) Bien.
  - c) Regular.
  - d) Poco.
  - e) Nada.
20. Sabe como realizar simulaciones, con iteraciones.
- a) Muy bien.
  - b) Bien.
  - c) Regular.
  - d) Poco.
  - e) Nada.

### **3.4 Aplicación de Encuesta**

La encuesta va a ser realizada de tipo de cuota, utilizando a las personas al alcance del tesista, para poder alcanzar el numero de observaciones, de igual manera fue solicitado a una mitad de la muestras a empresas y trabajadores afiliados a la CMIC sin tener relación con el tesista.

Dicha decisión fue tomada, con la decisión de buscar dentro de las empresas a las personas indicadas que realizan la programación de obra y de recursos, y no dejarlo al alcance de que cualquier persona con poco conocimiento sobre el tema pudiera dar su opinión, esto hace que nuestra tendencia vaya hacia el lado de mayor conocimiento sobre el tema y también ha acotado a un numero limitado de personas de la CMIC de forma aleatoria, pero también mas dirigida hacia el tratar de tener un conocimiento mas preciso de cómo están usando la programación de obra, y buscar dar utilidad a uso de programación de obra utilizando distribuciones no uniformes y si de tipo matemático / estadístico.

El sesgo presentado no es de manera significativa y se pueden obtener valores con alto grado de acierto, disminuyendo lo más posible en nuestro grado de error factible nuestra muestra.

### 3.5 Tabla de Resultados

Los datos recolectados son los siguientes mismos que se pueden observar en el siguiente

Tabla 3-1

	Muy bien.	Bien.	Regular.	Poco.	Nada.	Todas las ocasiones	En usualmente.	En ocasiones.	Pocas Veces.	Nunca.
1) Conoce la programación de obra.	10.00	25.00	5.00	-	-	-	-	-	-	-
2) Conoce la utilidad del uso de la programación de obra.	13.00	23.00	3.00	1.00	-	-	-	-	-	-
3) Conoce como desarrollar la programación de obra.	9.00	19.00	11.00	1.00	-	-	-	-	-	-
4) Sabe leer una programación de obra.	12.00	22.00	4.00	2.00	-	-	-	-	-	-
5) Sabe realiza programación a nivel concepto o partida.	15.00	14.00	10.00	1.00	-	-	-	-	-	-
6) Conoce la programación de tipo lineal o uniforme.	13.00	18.00	6.00	1.00	2.00	-	-	-	-	-
7) Conoce otro método de programación fuera de la lineal.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8) Conoce la distribución Uniforme.	3.00	13.00	11.00	8.00	5.00	-	-	-	-	-
9) Conoce la distribución Exponencial.	2.00	6.00	8.00	10.00	14.00	-	-	-	-	-
10) Conoce la curva de distribución Normal.	3.00	15.00	10.00	6.00	6.00	-	-	-	-	-
11) Conoce la distribución Triangular.	2.00	9.00	9.00	2.00	18.00	-	-	-	-	-
12) Conoce la distribución Beta.	1.00	4.00	7.00	9.00	19.00	-	-	-	-	-
13) Con el uso de la programación de obra, lo ha utilizado para algún uso.	-	-	-	-	-	-	-	1.00	-	-
14) Ha usado la programación de obra para realizar la programación de flujos.	-	-	-	-	-	1.00	12.00	17.00	5.00	5.00
15) Ha usado la programación de obra para determinar los tiempos de los recursos materiales.	-	-	-	-	-	1.00	14.00	10.00	10.00	4.00
16) Sabe como determinar la programación de recursos materiales.	4.00	15.00	15.00	2.00	4.00	-	-	-	-	-
17) Ha usado la programación de obra para determinar el total de la plantilla de personal.	-	-	-	-	-	1.00	11.00	17.00	5.00	6.00
18) Sabe como determinar la cantidad del personal necesario en la obra usando la programación de obra.	2.00	18.00	13.00	2.00	5.00	-	-	-	-	-
19) Sabe como determinar la programación ruta crítica de un proyecto.	12.00	15.00	10.00	2.00	1.00	-	-	-	-	-
20) Sabe como realizar simulaciones, con iteraciones.	3.00	7.00	11.00	9.00	10.00	-	-	-	-	-

resumen:

Para ver a detalle pulsar [Tabla de Resultados.xlsx](#)

#### 3.5.1 Observaciones y Comentarios

Se puede comentar que en algunos casos se presentaron inconsistencias en las cuales comentaban conocimiento de distribuciones con alta complejidad y poco conocimiento en las distribuciones más básicas como el tipo uniforme.

Se encontró personas con alto conocimiento en la programación de obra y se mostraron bastante interesados en poder usar la programación de obra utilizando una distribución distinta al del tipo uniforme.

En el caso de dos personas tenían un alto conocimiento, en cuanto al uso de programación de recursos y de flujos, pero limitado a la programación de tipo uniforme, solicitando una copia del modelo que se presentara a continuación para poder ser utilizado dentro de la obra.

En las observaciones recibidas fuera del tipo cuenta, que son las recibidas por personales directos de la CMIC, se noto las más bajas calificaciones bajando los porcentajes dentro de las graficas, pero dando una mayor certidumbre a nuestro muestreo.

Los usos en los cuales tenían para la programación de obra, se dejo abierto a que cada encuestado diera el número de usos que este mismo creyera conveniente, por tanto el número de observaciones a los usos no dan igual a las 40 muestras realizadas.

Ha sido de una gran utilidad, el poder conocer el medio de la industria de la construcción y el ver el interés que despertó dentro de todos los encuestados para poder conocer el uso de una programación utilizando variables con simulaciones, y distribuciones no solo limitado al tipo uniforme, de las 40 muestras, tres cuartas partes de esta han solicitado una copia del modelo para poder ponerlo en practica y tener mayor sensibilidad dentro de sus planeaciones y programaciones. Y lo más importante les ha despertado la intención de conocer más sobre este tema.

### **3.6 Diseño de Modelo**

Modelo de Programación con simulaciones matemáticas y el uso de distribuciones.

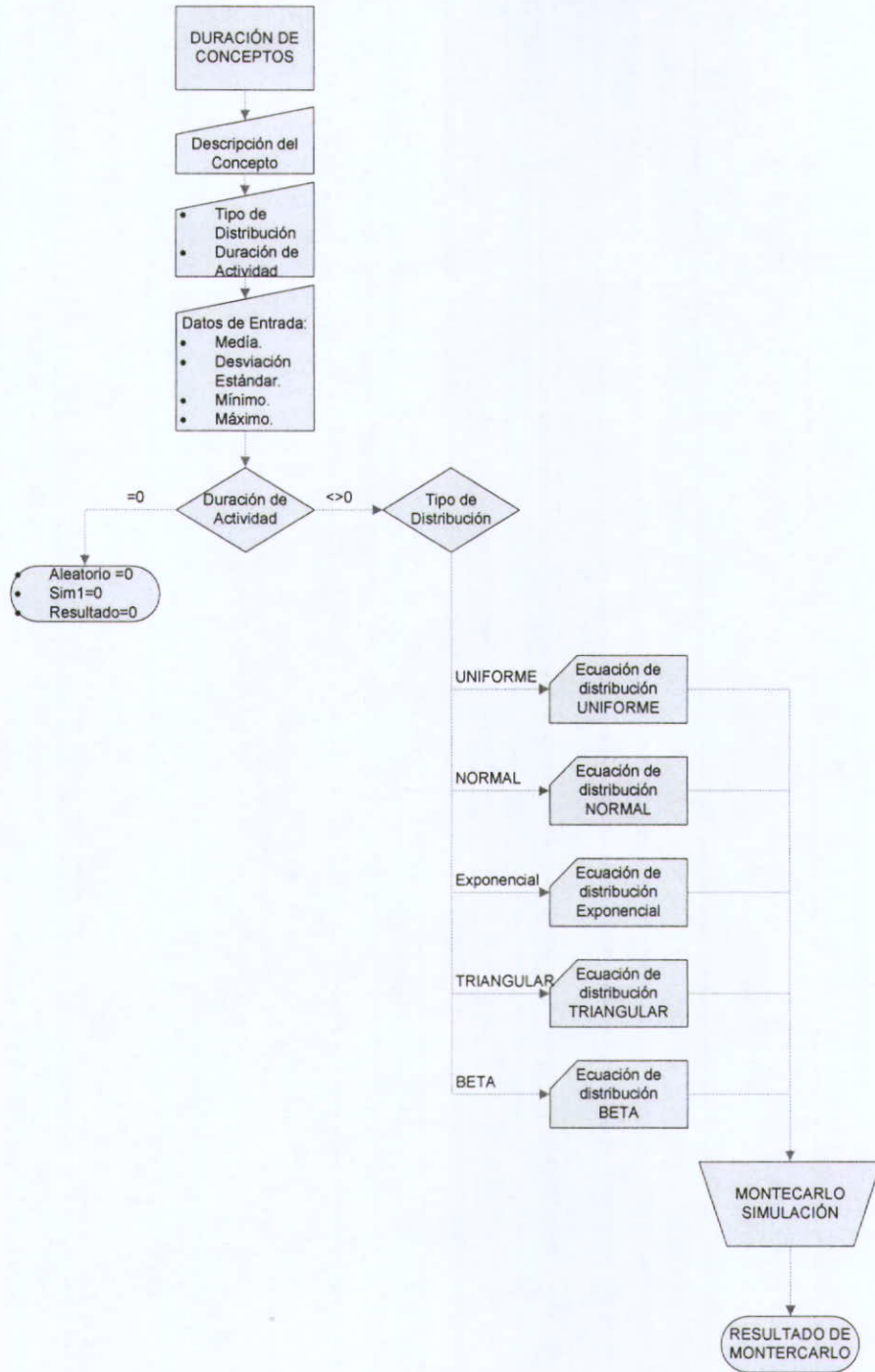
#### **3.6.1 Duración de Actividades Utilizando Método de Monte Carlo**

Tomando como base lo indicado dentro del marco teórico, el proceso de Monte Carlo, es realizar simulaciones y en la cual se muestra un número definido de iteraciones en la cual se buscara obtener la duración de las actividades a nivel concepto o puede llegar a nivel partida.

Se seleccionara una actividad en la cual se definirá un tipo de distribución, la duración determinada por la experiencia de los Project Manager del área respectiva, y utilizando la distribución basados en la experiencia del mismo junto con sus desviaciones que se le han presentado en antiguos proyectos.

Tras tener estos datos, se manejaran números aleatorios que nos darán resultados con los datos previamente alimentados, en un numero de iteraciones definidas por el usuario, para nuestro caso se tomara 500, y se utilizara la función de "Tabla de Datos" (herramienta de Excel), para lograr las simulaciones de forma ágil y sin necesidad de generar 500 simulaciones independientes con su aleatorio. Posteriormente se tomara la media de la simulación como el dato a ser seleccionado, para el objetivo de nuestro alcance se considerara hasta nivel día únicamente (aunque se puede llegar hasta nivel de rendimiento con decimales de precisión).

# SIMULADOR DE MONTE CARLO PARA DETERMINACIÓN DE DURACIÓN DE ACTIVIDADES SELECCIONANDO LA DISTRIBUCIÓN MATEMÁTICA PARA EL PROCESO



Ejemplo:

Clave	Descripción	Duración	Distribución	Media	Desv. Est	Mínimo	Máximo	Aleatorio	Sim-1
1	CIMBRA PARA DALA DE CIMENTACION	5	NORMAL	5	2			0.74	4.90
2	ARMADO DE DALA	7	EXPONENCIAL	3				0.53	0.84
3	COLADADO DE DALA	4	LINEAL					-	4.00
4	DESCIMBRADO	11	TRIANGULAR	5	0	0	11	0.89	8.30
5	ARMADO DE CASTILLOS	10	BETA					0.91	3.25
6	CIMBRA DE CASTILLOS EN MURO	5	EXPONENCIAL	3				0.93	0.10

Dentro de estos resultado se muestra la actividades y dentro de las dos celdas que son las de aleatorio y las de simulaciones se muestra la siguiente formula como se muestra en el Excel.

La función Utilizada en la Columna Sim-1, es la siguiente en la cual se puede observar que las ecuaciones son las vistas en el marco teórico únicamente basado en el dato aleatorio como una parte primordial dentro del proceso de simulación de Monte Carlo

Esto mismo se puede ver en el archivo disco anexo a esta tesis, con el nombre de Modelo de simulación.XLS

Una vez obtenido el primer dato de la simulación se procederá al uso de la herramienta de "Tabla de Datos", se enumera desde el 1 hasta el 500 (como caso de modelo, el numero es definido por el usuario), se ahí se selecciona toda la primer columna (donde se encuentra referenciada la primer simulación y llegando hasta la columna numerada con el numero, y se seleccionara la función de "Tabla de Datos" (para tipo de orden por renglón, en nuestro caso), y una vez seleccionada esta función se realizar la simulación de 500 corridas, sin necesidad de estar haciendo una copia continua de las ecuaciones.

#### Datos de Simulación

	Promedio	1	2	3	498	499	500
Concepto 1	5.17	3.43	6.73	6.85	4.18	3.41	6.97
Concepto 2	1.23	0.24	1.29	0.09	0.47	1.63	0.02
Concepto 3	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Concepto 4	5.31	6.25	6.85	8.96	3.97	7.59	8.63
Concepto 5	5.07	1.26	4.91	1.60	3.75	4.83	7.10
Concepto 6	1.26	1.69	1.25	3.56	1.55	0.03	0.26
Concepto 7	-	-	-	-	-	-	-

Finalmente se tomara el valor del promedio de las 500 iteraciones. Este mismo dato será utilizado como la duración a ser utilizada en nuestra programación de obra (para nuestra simulación se considerara como numero entero).

### 3.6.2 Catálogo de Conceptos

Se definirá en una pestaña, los insumos materiales, mano de obra, herramienta y maquinaria, y los subcontratos (en dado caso de presentarse), marcando su unidad y su precio unitario para cada uno de estos. Cabe mencionar que los precios de mano de obra deben de ser incluyendo el factor de salario real, para tener el costo directo completo.

En los cuales nos dará un listado bastante completo listo para ser utilizado dentro de nuestra programación de insumos y de flujo a un mayor detalle utilizando cualquier tipo de distribución.

### **3.6.3 Programación de Obra y Cálculo de Distribuciones Matemáticas**

Para la determinación de la programación de obra, se ha tomado el ejercicio realizado en el diplomado de Excel Expert para realizar la programación de obra a nivel días (Gonzalez, 2007), el mismo que fue desarrollado para ser utilizando usando distribuciones de tipo Uniforme o Lineal, agregando a este modelo el determinar a nivel insumos el tipo de distribución de su comportamiento.

Se presentara a nivel detallado como se ha obtenido el calculo de la distribución solo se mencionara un poco de los detalles de la programación de obra (Gonzalez, 2007), respetando la autoría de la misma haciendo unas pequeñas modificaciones para poder ser adaptado al tipo de programación de obra utilizando los distintos tipos de distribuciones estadísticas o matemáticas, explicadas dentro del capítulo 2 (Distribución Uniforme, Normal, Exponencial, Triangular y Beta). Cabe mencionar que para la determinación de la programación de obra no se mostraran Macros en Excel, para que la misma información sea más fácil de entender para el lector.

Al final como resultado final de la programación de obra, se realizara una suma condicional por tipo de insumo, para poder determinar los volúmenes de los materiales por fecha y finalmente multiplicando el producto de la suma por el importe de los insumos (Del catalogo de conceptos), para de esta manera hacer la determinación de flujos.

Los pasos a seguir son los siguientes:

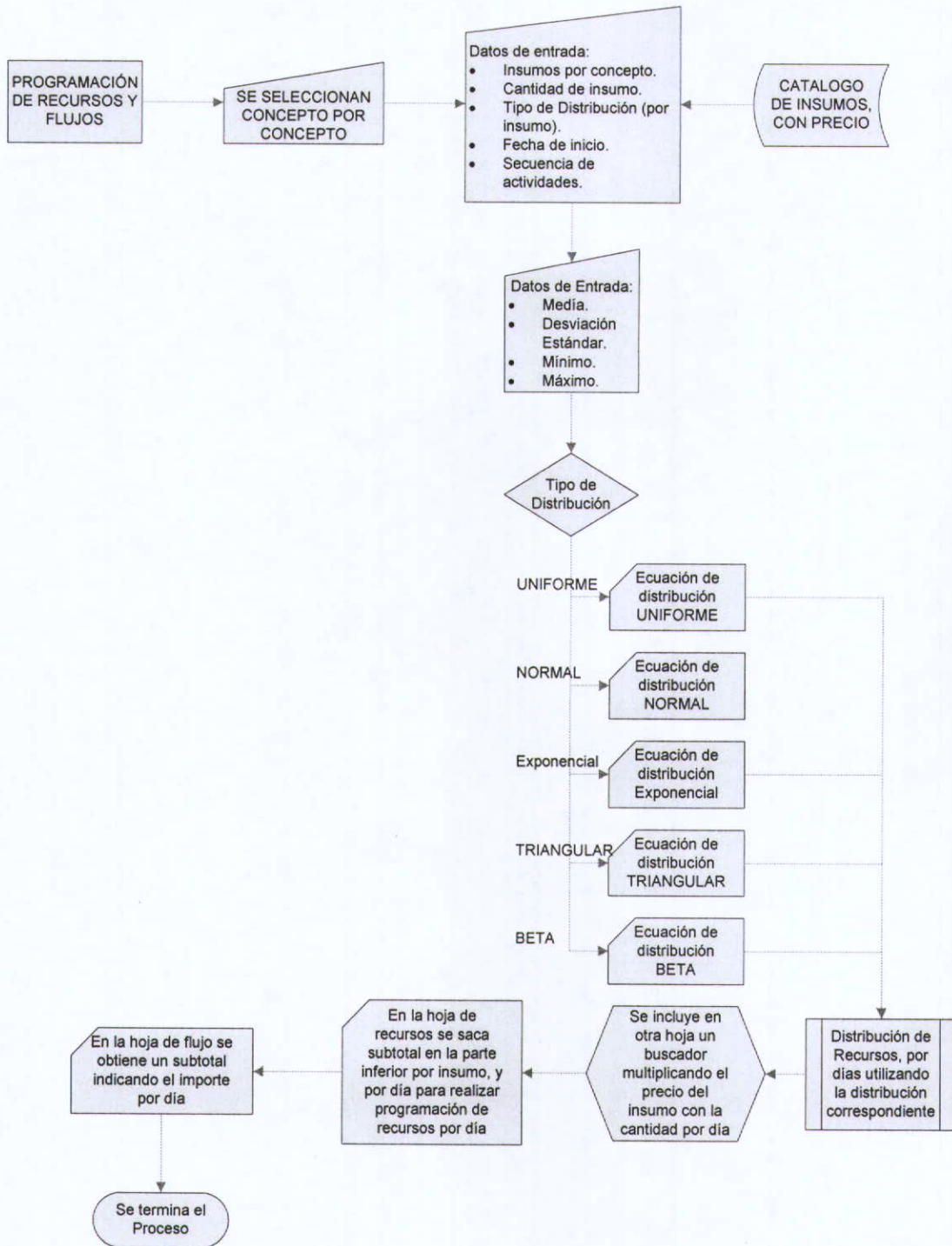
#### ***3.6.3.1 Programación de obra, recursos y flujos utilizando la plataforma de EXCEL***

Dentro de la hoja de programación de obra, se insertara el concepto que fue analizado en la hoja de simulación de Monte Carlo (con su duración determinada), a este mismo insumo se le seleccionara el tipo de insumo y la cantidad requerida del mismo para realizar dicha actividad.

Tras la selección del tipo de insumo se seleccionara la distribución para dicha actividad, mostrando como será el comportamiento de dicho insumo durante la ejecución de la duración de la actividad.

A continuación se presenta un diagrama de flujo viendo de forma simplificada como realizar una programación de recursos y flujos utilizando la plataforma de EXCEL.

## PROGRAMACIÓN DE RECURSOS Y FLUJOS UTILIZANDO DISTRIBUCIONES ESTADÍSTICAS, Y PROGRAMANDO OBRA, RECURSOS Y FLUJO



Para los mismos se necesita determinar los siguientes datos para cada tipo de distribución.

- Distribución Uniforme o Lineal.
  - Datos:
    - Duración (Determinada por Monte Carlo).
- Distribución Normal.
  - Datos:
    - Duración (Determinada por Monte Carlo).
    - Media.
  - Variable:
    - Desviación Estándar (Es determinada mediante un buscar objetivo utilizando la ecuación para la distribución como se mostrara a detalle en las ecuaciones).
- Distribución Exponencial.
  - Datos:
    - Duración (Determinada por Monte Carlo).
  - Variable:
    - Media (Es determinada mediante un buscar objetivo utilizando la ecuación para la distribución como se mostrara a detalle en las ecuaciones).
- Distribución Triangular.
  - Datos:
    - Duración (Determinada por Monte Carlo).
    - Media.
- Distribución Beta.
  - Datos:
    - Duración (Determinada por Monte Carlo).
    - Alfa (Datos tomados al revisar la pestaña de Beta en la cual muestra el comportamiento de la grafica al cambiar alfa y beta).
    - Beta (Datos tomados al revisar la pestaña de Beta en la cual muestra el comportamiento de la grafica al cambiar alfa y beta).
    - A y B, se establecieron los valores de 0 y 1 respectivamente, para poder reducir el número de variables dentro de este problema.

Realización de la programación tras incluir estos datos, se determino en las pestaña de Programación de Actividades, realizar una ecuación en las cuales lo importante era ver el % de área que le correspondía de su distribución para cada fecha en la que ha sido definida.

Y se definió la siguiente ecuación para Excel:

=SI(\$F3=0,0,SI(S\$2>\$G3,0,SI(\$F3="Lineal", \$E3/\$G3,SI(\$F3="Normal",SI(S\$2>=\$H3, SI(S\$2=\$H3,DISTR.NORM(S\$2,\$H3,\$J3,1)\*\$E3,SI(ESNOD(BUSCARH(\$H3-(S\$2-\$H3),\$S\$2:\$AE\$249,\$A3,0)),0,BUSCARH(\$H3-(S\$2-\$H3),\$S\$2:\$AE\$249,\$A3,0))), DISTR.NORM(S\$2,\$H3,\$J3,1)\*\$E3),SI(\$F3="Exponencial",SI(S\$2<=\$G3,- \$I3\*LOG(S\$2/\$G3),0),SI(\$F3="triangular",SI(S\$2<=\$L3,(\$N3/(\$L3-\$K3)\*(S\$2-\$K3)+(\$N3/(\$L3-\$K3)\*(R\$2-\$K3)))/2,(\$N3-\$N3/(\$M3-\$L3)\*(S\$2-\$L3)+ SI(R\$2<=\$L3,(\$N3/(\$L3-\$K3)\*(R\$2-\$K3)),\$N3-\$N3/(\$M3-\$L3)\*(R\$2-\$L3))/2), SI(S\$2<=\$G3,DISTR.BETA(S\$2/\$G3,\$O3,\$P3,0,1)\*\$E3-SI(R\$2=0,0, DISTR.BETA(R\$2/\$G3,\$O3,\$P3,0,1)\*\$E3,0))))))

Cabe mencionar que para la determinación de las áreas tanto de la distribución Beta y Triangular, se utilizaron para la primera la opción de la función distr.beta la cual nos daba el acumulado del área respectivo el % buscado. En tanto para la distribución Triangular se utilizo trigonometría para determinar el área por debajo de la distribución y el respectivo % buscado.

Para el caso de la distribución normal una vez que ya se tiene la corrida, se debe de realizar un buscar objetivo para determinar la desviación estándar requerida para poder tener la toda las cantidades incluidas dentro del rango de tiempo.

El mismo caso es para la distribución exponencial pero el dato a ser buscado con el buscar objetivo del valor de la media, para poder alcanzar la cantidad requerida dentro del rango de duración.

Tabla 3-2

Concepto	Insumo	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00
CIMBRA PARA DALA DE CIMENT	Madera	4.17	12.50	20.83	29.17	37.50	45.83	45.83	37.50	29.17	20.83	12.50	4.17	-
Cimentación	Calhídra	484.10	640.87	815.58	1,000.00	815.58	640.87	484.10	-	-	-	-	-	-

Una vez determinada la distribución por tipo de insumo, se pasara a un buscarh de los valores que se requieren, dentro de la modificación para poder traer los valores dentro de la programación de obra.

=SI(Q\$10>=\$E11,SI(Q\$10<=\$G11,BUSCARH(Q\$10-\$E11+1,'Programacion de actividades'\$S\$2:\$PB\$151,\$A11-\$A\$10+1,0),0),0)

Y al final se utiliza una suma condicionante por tipo de insumo y dando como resultado el producto de los mismo.

El resultado de este modelo nos entrega las cantidades a nivel insumo por fechas de obra y nos da el flujo que representa cada una de dichas actividades para ser realizadas y ejecutadas en tiempo y momento.

*CAPÍTULO 4*  
***ANÁLISIS***

#### **4.1 Introducción**

Dentro de este capítulo se hará la revisión entre los datos recabados la muestra junto y se correrá el modelo para analizarlo con la realidad, comparando los datos arrojados programación de recursos y flujos con una distribución uniforme o de tipo lineal, contra la programación de los mismos conceptos programados utilizando simulaciones matemáticas (Monte Carlo y su respectiva grafica de distribución).

Viendo el alcance que se presenta tanto en una como en otra, dando a ver las ventajas y desventajas del uso de una programación de recursos y de flujos utilizando métodos matemáticos en lugar de la forma convencional que utilizando la distribución uniforme o de tipo lineal.

Se vera la factibilidad de este proceso a partir de correr el modelo explicado.

#### **4.2 Método de análisis**

El método a seguir para la realización del análisis, será en dos pasos, en la cual en una parte mostraremos los índices a analizar dentro del muestreo de la sociedad constructora de Guadalajara, con respecto a la programación de obra, su uso, conocimiento y frecuencias.

Como paso dos dentro del análisis se presentara una simulación a nivel recursos de 30 conceptos con sus respectivos insumos, comparando la programación tradicional, contra el uso de distribuciones estadísticas.

### 4.3 Análisis de muestra

#### 4.3.1 Grafica de Resultado del Conocimiento de la Programación de Obra

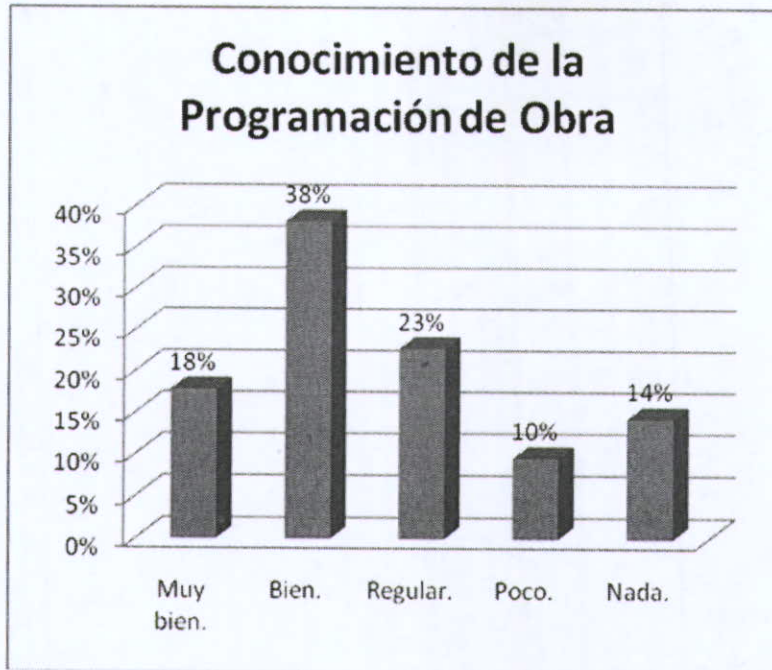


Ilustración 4-1

Este análisis nos muestra el alto conocimiento para realizar la programación de obra dando un 56% del uso de la programación en un nivel alto. Esto da la oportunidad a poder ampliar más el uso de este conocimiento.

#### 4.3.2 Uso de la Programación para el Cálculo de Flujos y Recursos

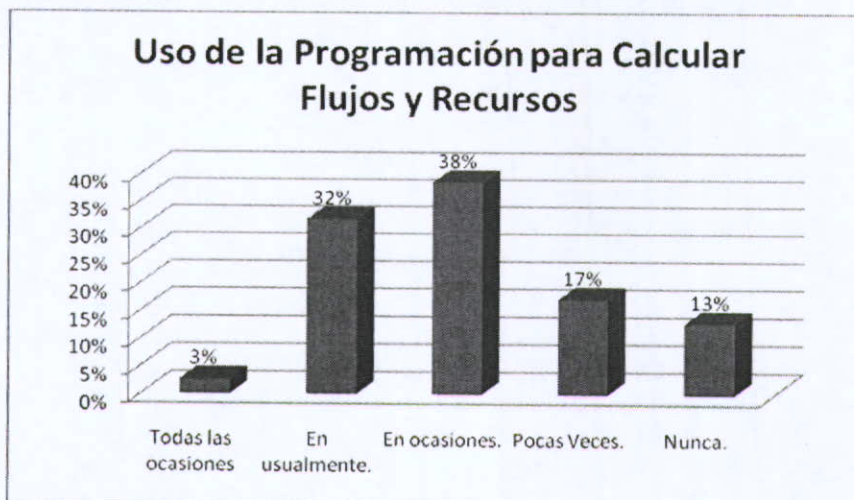


Ilustración 4-2

Dentro del resultado observado, da como dato que una tercera parte de la muestra utiliza de manera frecuente la programación de obra para no solo programar obra, sino para poder dar resultados de la programación de flujos y de recursos, de la misma manera en la que ocasionalmente da otra tercera parte de la muestra, esto nos dice que la programación de flujos y recursos utilizando la programación de obra es alta, y si es usada ocasionalmente, fue mencionado por los encuestados, es debido a la magnitud del proyecto para obras de tamaño menor, que no tienen tanto cuidado en dichos rublos.

#### 4.3.3 Conocimiento de Distribuciones (Uniforme, Exponencial, Triangular, Normal y Beta)

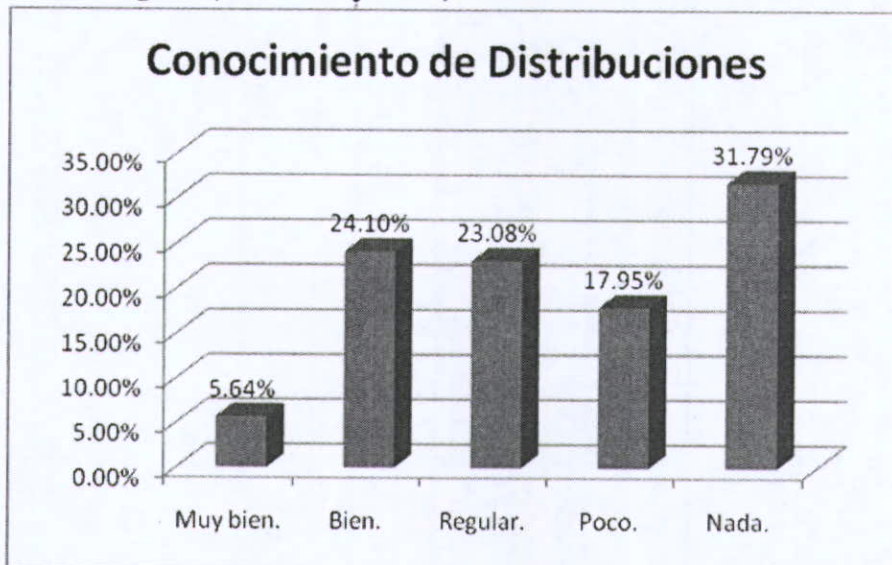


Ilustración 4-3

Los resultados nos muestran que una tercera parte de los encuestados tienen un nivel medio alto en cuanto al conocimiento de las distribuciones, pero las mismas no han sido utilizadas para analizar la programación de obra, de flujos y recursos desde otra perspectiva, esto dando ventaja a que el medio conoce las herramientas pero no las ha podido aplicar para su beneficio.

La otra tercera parte tiene un nivel medio bajo, en ocasiones con poco interés para poder desarrollar dicha herramienta, ya que la misma programación de obra aun de forma lineal o uniforme no ha sido explotada como ellos quisieran y no ven la necesidad de elevar mas aun el nivel de su conocimiento hasta no llegar a un dominio mayor de la programación de forma lineal.

#### 4.3.4 Usos de la Programación de Obra

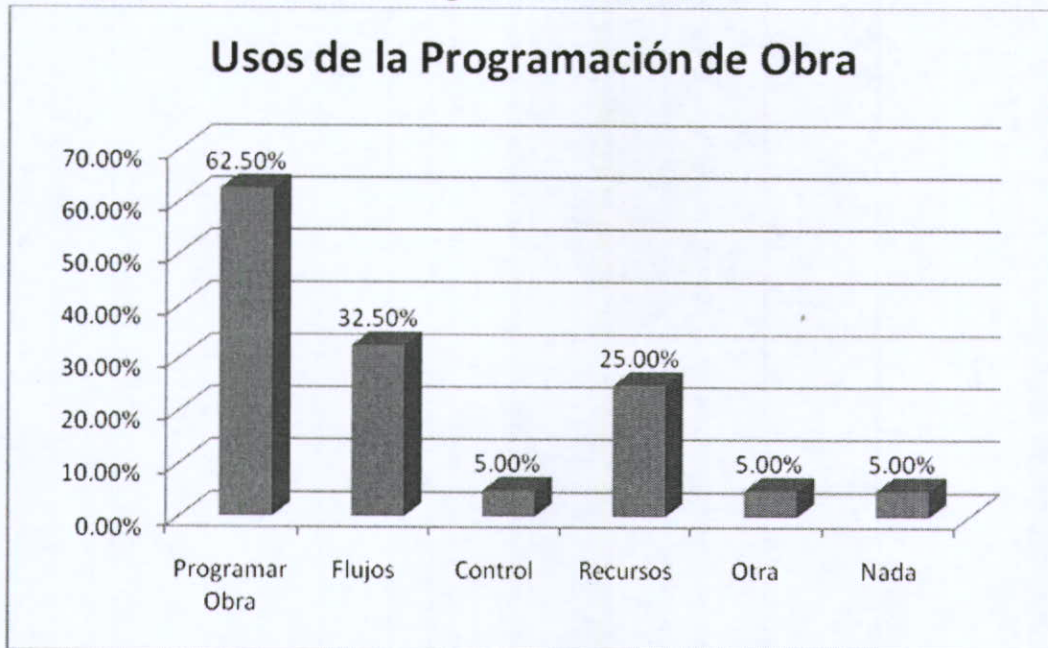


Ilustración 4-4

Dentro de este Reporte podemos observar claramente que fuera de la propia programación de obra como análisis y control de los tiempos de obra, la revisión de los flujos y recursos representan más del cuarenta por ciento de los usos, lo cual da como referencia, la gran utilidad que le dan a esta herramienta para el cálculo de los flujos y la determinación del suministro de recursos, y su manejo.

Dando como observación que para este grafico, se basa en la pregunta 13 que como se indico tiene más de una respuesta, ya que se dejo en libertad del encuestado a listar el uso que él hacia sobre esta herramienta.

**4.3.5 Compara el conocimiento de las distribuciones contra el conocimiento de otro tipo de programaciones.**

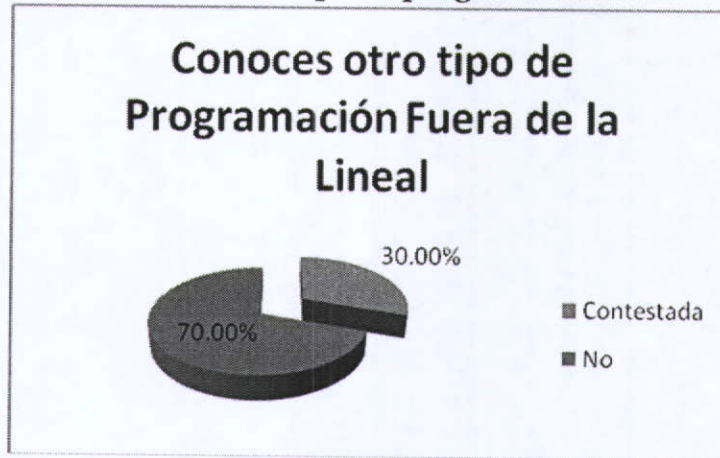


Ilustración 4-5

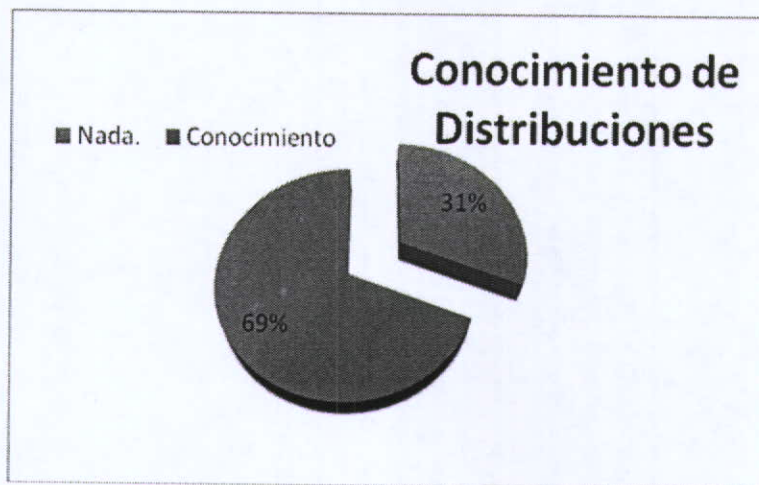


Ilustración 4-6

Comparando si se conoce otro tipo de programaciones fuera de lo lineal contra el conocimiento de los tipos de distribución de tipo Uniforme, Triangular, Exponencial, Normal y Beta nos da como resultado una relación inversa entre el uso y el conocimiento, esto quiere decir que el uso de las distribuciones fuera de la lineal no han sido utilizadas por desconocerse la utilidad de estas mismas como una herramienta para programación de obra.

De manera internacional el uso de estas herramientas son muy utilizadas, pero en nuestro medio son pocas veces usadas por no tener la información y el conocimiento a la mano, dando un gran grado de acción al uso de distribuciones estadísticas y cálculos utilizando simulaciones de Monte Carlo para poder tener una mayor precisión dentro de la programación de obra, de flujos y de recursos.

#### 4.4 Modelación de l Programa de Obra

Para este estudio se ha escogido una obra de corto tiempo de ejecución para poder cumplir con los requerimientos de la tesis y poder ver su comportamiento de la misma.

El primer paso será realizar la simulación de Montecarlo para determinar la duración de las actividades, a partir del catalogo de conceptos y dando los datos de entrada necesarios para realizar dicha simulación.

El segundo paso será realizar la programación de los recursos por conceptos y la determinación del flujo. La programación ser realizara de dos formas uno es de la forma común que el uso de distribuciones uniformes o lineal, y la segunda es utilizando el diverso tipo de distribuciones que mencionamos en el capitulo 3, como son Normal. Uniforme, Triangular, Exponencial y Beta.

Dando al final una comparación entre ambas propuestas. A continuación se presenta el plano de planta de la obra seleccionada.

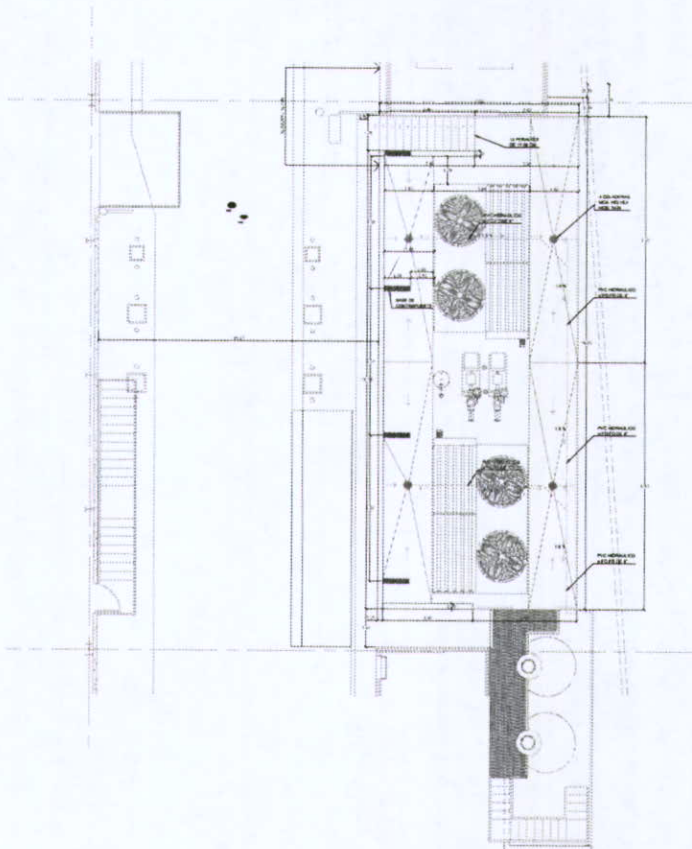


Ilustración 4-7

El catálogo de conceptos se describe a continuación con los volúmenes de obra.

Tabla 4-1

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Duración Propuesta
1	TRAZO Y NIVELACION	m2	135.36	1
2	DEMOLICION A MANO DE MUROS DE TABIQUE DE BLOCK DE 21 CMS DE ESPESOR SIN RECUPERACIÓN, HASTA UNA ALTURA DE 3.5 MTS	m2	40.00	3
3	DESMANTELAMIENTO DE MALLA TIPO CICLON Y POSTERIA, A UNA ALTURA DE HASTA 3.5 MTS	m2	50.00	4
4	EXCAVACION CON MAQUINARIA PESADA	m3	337.77	1
5	RELLENO DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION, COMPACTADO AL 95%, CON BAILARINA, CAPAS DE 20 CM	m3	227.70	5
6	CARGA CON MAQUINARIA DE MATERIAL PRODUCTO DE EXC	M3	85.15	1
7	Excavación de Pilas de 60 cm de Diámetro con Maquinaria por Rivera Construcciones. No incluye Ademe. Costo unitario considerando 4.5 mts de profundidad promedio.	ml	4.50	4
8	Traslado del Equipo de Excavación al Sitio de Obra (Excavadora de Pilas)	lote	0.25	10
9	Retro-Excavadora Case ó similar incluye Operador y Diesel	hora	2.00	1
10	Concreto Premezclado Bombeado f'c = 250 kg/cm² R.N. en Cimentaciones y Losas. Incluye Bombeo, Mano de Obra, Vibrado, Desperdicios.	m3	2.74	1
11	Acero de Refuerzo fy = 4,200 kg/cm² del # 3. Incluye amarrado con Alambre Recocido #16, Habilitado y Colocado en Cimentaciones, P. Baja y 1er. Nivel	kg	106.94	4
12	Acero de Refuerzo fy = 4,200 kg/cm² del # 6. Incluye amarrado con Alambre Recocido #16, Habilitado y Colocado en Cimentaciones, P. Baja y 1er. Nivel	kg	385.71	8
13	Descabezado de pilas de varios diámetros, Incluye : Equipo, herramienta y mano de obra así como retiro de Escombro	m3	0.14	1
14	Cimbra Terminado Común en Costados de Contra-Trabes, a base de Duela de Lámina y Madera. Incluye aplicación de Desencofrante y Descimbrado.	m2	12.00	2
15	Cimbra Aparente en Columnas Cilíndricas con altura sencilla, a base de Sonotubo. Incluye Descimbrado y 60 cm de Diámetro.	ml	4.50	2
16	Retiro de material producto de Despalme, Corte ó Excavación; incluye carga con Máquina y tiro libre fuera de la Obra. Volúmen medido en Banco.	m3	1.75	1
17	ACERO ESTRUCTURAL CON SOLDADURA ELECTRICA 7018 CON GRADO DE DIFICULTAD EN AZOTEA.	kg	8,100.00	12
18	SYC DE LAMINA LOSA ACERO MARCA GALVAK, TIPO GALVADECK 25-635, DE 91 CM	ml	152.50	6
19	PERNO DE ANCLAJE PARA LOSA ACERO CON CANAL DE 3" X 10 CM, INCLUYE MATERIAL MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA	pieza	108.00	2
20	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACION DE 3/8" (NO.3)	ton	0.76	1
21	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=250 KG/CM2 EN ZAPATAS, CONTRATRABES, TRABES DE LIGA, DADOS, LOSAS PLANAS, MUROS DE CIMENTACION, MUROS	m3	12.86	1
22	CIMBRA COMUN DALAS Y CASTILLOS	m2	7.66	1
23	PINTURA DE ESMALTE EN ESTRUCTURA METALICA DE LA MCA. SHERWING WILLIAM	m2	200.50	4
24	SYC DE TANQUE CISTERNA DE 10,000 INCLUYE BASE PARA ASIENTO DE TANQUE	pieza	2.00	1
25	MURO DE BLOCK DE 11x14x28 A SOGA, JUNTEADO CON MORTERO CEM-ARENA 1:3 ACABADO COMUN	m2	15.98	1
26	MURO DE BLOCK DE 11x14x28 A TEZON, JUNTEADO CON MORTERO CEM-ARENA 1:3 ACABADO COMUN	m2	116.70	4
27	CIMBRA COMUN DALAS Y CASTILLOS	m2	50.86	3
28	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACION DE 3/8" (NO.3)	ton	1.99	6
29	CONCRETO F'c=200 KG/CM2, NORMAL AGREG. 3/4 FABRICADO EN OBRA CON REVOLVEDORA, INCLUYE ACARREOS A 1ERA ESTACION	m3	15.24	1
30	BARANDAL CON TUBO DE DIFERENTES DIAMETROS DE ACERO AL CARBON, CEULA 30, CON PRIMER SHERWING WILLIAMS	kg	974.32	4
31	PINTURA DE ESMALTE EN ESTRUCTURA METALICA DE LA MCA. SHERWING WILLIAM	m2	38.18	3

#### 4.4.1 Duración de actividades utilizando simulación de Monte Carlo.

La primera iteración es la mostrada en a continuación, en la cual se selecciona el tipo de distribución y se incluyen los primeros datos para realizar la simulación 1.

Tabla 4-2

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Duración	Distribución	Media	Dev. Est	Mínimo	Máximo	Aleatorio	Sim-1	Resultado
1	TRAZO Y NIVELACION	m2	135.36	1	LINEAL	5	2			-	1.00	1.00
2	DEMOLICION A MANO DE MUROS DE TABIQUE DE BLOCK DE 21 CMS DE ESPESOR SIN RECUPERACION, HASTA UNA ALTURA DE 3.5 MTS	m2	40.00	3	TRIANGULAR	3		2	4	0.60	0.89	1.00
3	DESMANTELAMIENTO DE MALLA TIPO CICLON Y POSTERIA, A UNA ALTURA DE HASTA 3.5 MTS	m2	50.00	4	EXPONENCIAL	10				0.40	3.93	4.00
4	EXCAVACION CON MAQUINARIA PESADA	m3	337.77	1	LINEAL	5	0	0	11	-	1.00	1.00
5	RELLENO DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION, COMPACTADO AL 95%, CON BAILARINA, CAPAS DE 20 CM	m3	227.70	5	TRIANGULAR	4		2	5	0.59	3.88	4.00
6	CARGA CON MAQUINARIA DE MATERIAL PRODUCTO DE EXC	M3	85.15	1	LINEAL	3				-	1.00	1.00
7	EXCAVACION DE PILAS DE 60 CM DE DIAMETRO CON MAQUINARIA POR RIVERA CONSTRUCCIONES. NO INCLUYE ADEME. COSTO UNITARIO CONSIDERANDO 4.5 MTS DE PROFUNDIDAD PROMEDIO.	ml	4.50	4	TRIANGULAR	2		0	5	0.86	1.46	2.00
8	TRASLADO DEL EQUIPO DE EXCAVACION AL SITIO DE OBRA (EXCAVADORA DE PILAS)	lote	0.25	10	EXPONENCIAL	5				0.12	4.63	5.00
9	RETRO-EXCAVADORA CASE Ó SIMILAR INCLUYE OPERADOR Y DIESEL	hora	2.00	1	LINEAL					-	1.00	1.00
10	CONCRETO PREMEZCLADO BOMBEO F'c = 250 KG/CM² R. N. EN CIMENTACIONES Y LOSAS. INCLUYE BOMBEO, MANO DE OBRA, VIBRADO, DESPERDICIOS.	m3	2.74	1	LINEAL					-	1.00	1.00
11	ACERO DE REFUERZO FY = 4,200 KG/CM² DEL # 3. INCLUYE AMARRADO CON ALAMBRE RECOCIDO #16, HABILITADO Y COLOCADO EN CIMENTACIONES, P. BAJA Y 1ER. NIVEL	kg	106.94	4	NORMAL	3.5	1			0.50	2.72	3.00
12	ACERO DE REFUERZO FY = 4,200 KG/CM² DEL # 6. INCLUYE AMARRADO CON ALAMBRE RECOCIDO #16, HABILITADO Y COLOCADO EN CIMENTACIONES, P. BAJA Y 1ER. NIVEL	kg	385.71	8	NORMAL	9	1.5			0.56	8.01	9.00
13	DESCABEZADO DE PILAS DE VARIOS DIAMETROS, INCLUYE EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA ASÍ COMO RETIRO DE ESCOMRO	m3	0.14	1	LINEAL					-	1.00	1.00
14	CIMBRA TERMINADO COMÚN EN COSTADOS DE CONTRA-TRABES, A BASE DE DUELA DE LÁMINA Y MADERA. INCLUYE APLICACIÓN DE DESENCOFRANTE Y DESCIMBRADO.	m2	12.00	2	EXPONENCIAL	5				0.95	0.10	1.00
15	CIMBRA APARENTE EN COLUMNAS CILÍNDRICAS CON ALTURA SENCILLA, A BASE DE SONOTUBO. INCLUYE DESCIMBRADO Y 60 CM DE DIAMETRO.	ml	4.50	2	EXPONENCIAL	5				0.75	0.62	1.00
16	RETIRO DE MATERIAL PRODUCTO DE DESPALME, CORTE Ó EXCAVACION; INCLUYE CARGA CON MÁQUINA Y TIRO LIBRE FUERA DE LA OBRA. VOLÚMEN MEDIDO EN BANCO.	m3	1.75	1	LINEAL					-	1.00	1.00
17	ACERO ESTRUCTURAL CON SOLDADURA ELECTRICA 7018 CON GRADO DE DIFICULTAD EN AZOTEA.	kg	8,100.00	12	NORMAL	10	2.5			0.47	8.01	9.00
18	SYC DE LAMINA LOSA ACERO MARCA GALVAK, TIPO GALVADECK 25-635, DE 91 CM	ml	152.50	6	NORMAL	6	2			0.58	4.78	5.00
19	PERNO DE ANLAJE PARA LOSA ACERO CON CANAL DE 3" X 10 CM, INCLUYE MATERIAL MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA	pieza	108.00	2	LINEAL					-	2.00	2.00
20	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACION DE 3/8" (NO.3)	ton	0.76	1	LINEAL					-	1.00	1.00
21	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=250 KG/CM2 EN ZAPATAS, CONTRA-TRABES, TRABES DE LIGA, DADOS, LOSAS PLANAS, MUROS DE CIMENTACION, MUROS	m3	12.86	1	LINEAL					-	1.00	1.00
22	CIMBRA COMUN DALAS Y CASTILLOS	m2	7.66	1	EXPONENCIAL	2				0.98	0.02	1.00
23	PINTURA DE ESMALTE EN ESTRUCTURA METALICA DE LA MCA. SHERWING WILLIAM	m2	200.50	4	NORMAL	4	1			0.88	4.24	5.00
24	SYC DE TANQUE CISTERNA DE 10,000 INCLUYE BASE PARA ASIENTO DE TANQUE	pieza	2.00	1	LINEAL					-	1.00	1.00
25	MURO DE BLOCK DE 11X14X28 A SOGA, JUNTEADO CON MORTERO CEM-ARENA 1:3 ACABADO COMUN	m2	15.98	1	NORMAL	1	0.5			0.67	0.86	1.00
26	MURO DE BLOCK DE 11X14X28 A TEZON, JUNTEADO CON MORTERO CEM-ARENA 1:3 ACABADO COMUN	m2	116.70	4	NORMAL	3	0.5			0.43	2.61	3.00
27	CIMBRA COMUN DALAS Y CASTILLOS	m2	50.86	3	EXPONENCIAL	4				0.69	0.64	1.00
28	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACION DE 3/8" (NO.3)	ton	1.99	6	NORMAL	5	1			0.77	5.06	6.00
29	CONCRETO F'c=200 KG/CM2, NORMAL AGREG. 3/4 FABRICADO EN OBRA CON REVOLVEDORA, INCLUYE ACARREOS A 1ERA ESTACION	m3	15.24	1	LINEAL					-	1.00	1.00
30	BARANDAL CON TUBO DE DIFERENTES DIAMETROS DE ACERO AL CARBON, CEULA 30, CON PRIMER SHERWING WILLIAMS	kg	974.32	4	BETA	2				0.16	3.69	4.00
31	PINTURA DE ESMALTE EN ESTRUCTURA METALICA DE LA MCA. SHERWING WILLIAM	m2	38.18	3	NORMAL	3	1			0.21	3.30	4.00

Con el uso de una tabla de análisis de datos se realiza las 500 iteraciones para determinar la duración de las actividades.

Tabla 4-3

	Promedio	1	2	3	498	499	500
Concepto 1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Concepto 2	1.66	2.52	0.95	2.34	0.83	0.65	0.59
Concepto 3	4.26	1.57	2.23	0.24	1.38	6.32	5.06
Concepto 4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Concepto 5	2.44	0.91	3.10	0.41	0.92	2.32	3.96
Concepto 6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Concepto 7	1.67	2.41	0.71	2.88	0.75	1.67	0.14
Concepto 8	2.04	1.66	0.11	0.86	2.66	1.54	1.40
Concepto 9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Concepto 10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Concepto 11	3.51	2.86	3.40	3.14	3.45	2.79	3.68
Concepto 12	9.05	10.73	7.85	7.91	10.20	8.65	8.23
Concepto 13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Concepto 14	2.06	1.39	0.24	4.39	1.82	0.01	0.68
Concepto 15	2.23	1.05	0.75	1.33	4.30	5.02	0.68
Concepto 16	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Concepto 17	10.17	10.61	10.50	12.17	11.38	8.82	10.24
Concepto 18	6.11	6.28	5.55	6.35	6.16	6.37	7.80
Concepto 19	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Concepto 20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Concepto 21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Concepto 22	0.90	1.19	0.76	2.19	0.15	0.69	0.19
Concepto 23	4.00	3.92	4.25	3.48	3.53	4.22	4.16
Concepto 24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Concepto 25	1.05	1.84	0.60	1.95	0.61	1.02	1.04
Concepto 26	3.03	3.54	2.61	3.06	2.81	2.91	3.96
Concepto 27	1.71	3.31	1.19	3.50	5.36	0.02	2.38
Concepto 28	5.06	5.09	4.28	4.47	5.67	4.60	4.44
Concepto 29	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Concepto 30	2.05	0.92	2.42	2.27	1.05	0.40	8.46
Concepto 31	2.97	3.10	2.36	2.35	2.26	2.22	2.44

Los resultados promedios son los considerados como el valor propio de la simulación, dentro una simulación con gran número de iteraciones, tiende en su proceso a convertirse en un tipo de curva normal en su comportamiento individual.

El resultado obtenido dentro de este proceso es el utilizado para la modelación de obra tanto para el tipo convencional del uso uniforme, como el de uso de distribuciones estadísticas o matemáticas vistas en el capítulo 2 de esta tesis.

#### 4.4.2 Modelación de obra con distribuciones estadísticas o únicamente con uniforme o lineal.

Tomando los datos obtenidos de la simulación de Monte Carlo, se determina las duración de las mismas actividades, se determina el inicio y termino de las actividades, sus predecesores y se procede a realizar la programación de obra.

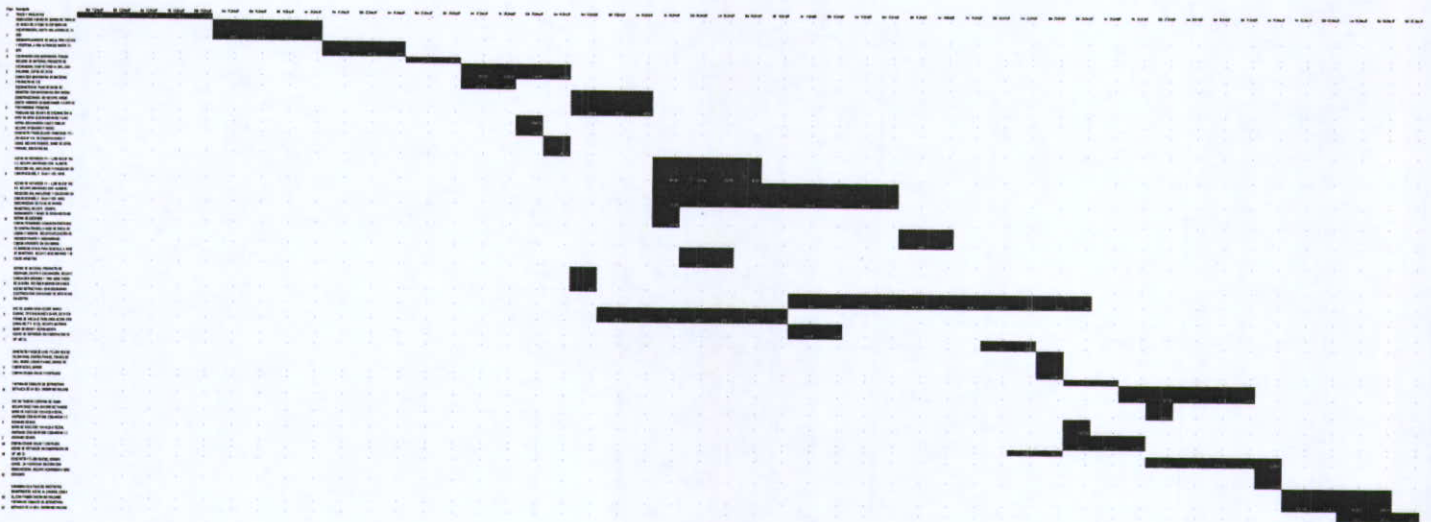
Tabla 4-4

Clave	Descripción	Importe	Inicia	Duración	Termino	Predecesor	Traslape
A	TRAZO Y NIVELACION DEMOLICION A MANO DE MUROS DE TABIQUE DE BLOCK DE 21 CMS DE ESPESOR SIN RECUPERACION. HASTA UNA ALTURA DE 3.5	2,494.68	11/Sep/2007	5.00 dias	15/Sep/2007		
B	MTS DESMANTELAMIENTO DE MALLA TIPO CICLON Y POSTERIA. A UNA ALTURA DE HASTA 3.5	1,605.20	17/Sep/2007	4.00 dias	20/Sep/2007	A	
C	MTS	992.00	21/Sep/2007	3.00 dias	24/Sep/2007	B	
D	EXCAVACION CON MAQUINARIA PESADA RELLENO DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION, COMPACTADO AL 95%, CON	10,855.93	25/Sep/2007	2.00 dias	26/Sep/2007	C	
E	BALLARINA, CAPAS DE 20 CM CARGA CON MAQUINARIA DE MATERIAL PRODUCTO DE EXC	16,770.11	27/Sep/2007	4.00 dias	01/Oct/2007	D	
F	EXCAVACION DE PILAS DE 60 CM DE DIAMETRO CON MAQUINARIA POR RIVERA CONSTRUCCIONES. NO INCLUYE ADEME. COSTO UNITARIO CONSIDERANDO 4.5 MTS DE PROFUNDIDAD PROMEDIO	9,312.86	27/Sep/2007	2.00 dias	28/Sep/2007	D	
G	TRASLADO DEL EQUIPO DE EXCAVACION AL SITIO DE OBRA (EXCAVADORA DE PILAS)	1,873.89	02/Oct/2007	3.00 dias	04/Oct/2007	E	
H	RETRO-EXCAVADORA CASE O SIMILAR INCLUYE OPERADOR Y DIESEL	1,035.13	29/Sep/2007	1.00 dias	29/Sep/2007	F	
I	CONCRETO PREMEZCLADO BOMBEADO F'c = 250 KG/CM <sup>2</sup> R. N. EN CIMENTACIONES Y LOSAS. INCLUYE BOMBEO, MANO DE OBRA, VIBRADO, DESPERDICIOS.	591.50	29/Sep/2007	1.00 dias	29/Sep/2007	F	
J	ACERO DE REFUERZO FY = 4,200 KG/CM <sup>2</sup> DEL # 3. INCLUYE AMARRADO CON ALAMBRE RECOCIDO #16, HABILITADO Y COLOCADO EN CIMENTACIONES, P. BAJA Y 1ER. NIVEL	3,463.00	01/Oct/2007	1.00 dias	01/Oct/2007	I	
Q	ACERO DE REFUERZO FY = 4,200 KG/CM <sup>2</sup> DEL # 6. INCLUYE AMARRADO CON ALAMBRE RECOCIDO #16, HABILITADO Y COLOCADO EN CIMENTACIONES, P. BAJA Y 1ER. NIVEL	1,689.65	05/Oct/2007	4.00 dias	09/Oct/2007	G	
L	DESCABEZADO DE PILAS DE VARIOS DIAMETROS, INCLUYE, EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA ASÍ COMO	5,577.37	05/Oct/2007	9.00 dias	16/Oct/2007	G	
M	RETIRO DE ESCOMRO CIMBRA TERMINADO COMUN EN COSTADOS DE CONTRA-TRABES, A BASE DE DUELA DE LÁMINA Y MADERA. INCLUYE APLICACIÓN DE DESENCOFRANTE Y DESCIMBRADO	230.64	05/Oct/2007	1.00 dias	05/Oct/2007	G	
N	CIMBRA APARENTE EN COLUMNAS CILÍNDRICAS CON ALTURA SENCILLA, A BASE DE SONOTUBO, INCLUYE DESCIMBRADO Y 60 CM DE DIAMETRO.	168.96	17/Oct/2007	2.00 dias	18/Oct/2007	L	
O	RETIRO DE MATERIAL PRODUCTO DE DESPALME, CORTE O EXCAVACIÓN; INCLUYE CARGA CON MÁQUINA Y TIRO LIBRE FUERA DE LA OBRA. VOLÚMEN MEDIDO EN BANCO.	196.67	02/Oct/2007	1.00 dias	02/Oct/2007	J	
P	ACERO ESTRUCTURAL CON SOLDADURA ELECTRICA 7018 CON GRADO DE DIFICULTAD EN AZOTEA.	208,656.00	11/Oct/2007	11.00 dias	24/Oct/2007	R	
R	SYC DE LAMINA LOSA ACERO MARCA GALVAK, TIPO GALVADECK 25-635, DE 91 CM PERNO DE ANCLAJE PARA LOSA ACERO CON CANAL DE 3" X 10 CM. INCLUYE MATERIAL	27,945.63	03/Oct/2007	7.00 dias	10/Oct/2007	P	
S	MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA	2,700.00	11/Oct/2007	2.00 dias	13/Oct/2007	R	
T	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACION DE 3/8" (NO.3)	11,137.54	20/Oct/2007	2.00 dias	22/Oct/2007	Q	1.00
U	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=250 KG/CM <sup>2</sup> EN ZAPATAS, CONTRA-TRABES, TRABES DE LIGA, DADOS, LOSAS PLANAS, MUROS DE CIMENTACION, MUROS	19,049.13	23/Oct/2007	1.00 dias	23/Oct/2007	T	
V	CIMBRA COMUN DALAS Y CASTILLOS	1,043.29	24/Oct/2007	2.00 dias	25/Oct/2007	U	
W	PINTURA DE ESMALTE EN ESTRUCTURA METALICA DE LA MCA. SHERWING WILLIAM	4,832.05	26/Oct/2007	6.00 dias	01/Nov/2007	V	
X	SYC DE TANQUE CISTERNA DE 10,000 INCLUYE BASE PARA ASIENTO DE TANQUE MURO DE BLOCK DE 11X14X28 A SOGA, JUNTEADO CON MORTERO CEM-ARENA 1:3	14,409.80	27/Oct/2007	1.00 dias	27/Oct/2007	Z	
Y	ACABADO COMUN MURO DE BLOCK DE 11X14X28 A TEZON, JUNTEADO CON MORTERO CEM-ARENA 1:3	2,919.23	24/Oct/2007	1.00 dias	24/Oct/2007	U	
Z	ACABADO COMUN	43,864.03	24/Oct/2007	3.00 dias	29/Oct/2007	U	
AA	CIMBRA COMUN DALAS Y CASTILLOS	6,927.13	22/Oct/2007	2.00 dias	23/Oct/2007	AB	10.00
AB	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACION DE 3/8" (NO.3)	29,162.77	27/Oct/2007	5.00 dias	01/Nov/2007	Z	
AC	CONCRETO F'c=200 KG/CM <sup>2</sup> , NORMAL AGREG. 3/4 FABRICADO EN OBRA CON REVOLVEDORA. INCLUYE ACARREOS A 1ERA ESTACION	15,826.44	01/Nov/2007	1.00 dias	01/Nov/2007	AB	1.00
AD	BARANDAL CON TUBO DE DIFERENTES DIAMETROS DE ACERO AL CARBON, CELLA 30, CON PRIMER SHERWING WILLIAMS	28,937.30	02/Nov/2007	4.00 dias	06/Nov/2007	AC	
AE	PINTURA DE ESMALTE EN ESTRUCTURA METALICA DE LA MCA. SHERWING WILLIAM	920.14	05/Nov/2007	3.00 dias	07/Nov/2007	AD	2.00

El modelo se manda a una pagina paralela para determina la duración de las actividades, y la distribución de los recursos, se presenta a continuación el ejemplo utilizando el flujo de dinero como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-5

Codigo	Concepto	Cantidad	Distribución	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00
A	TRAZO Y NIVELACION	2,494.68	NORMAL	119.10	504.57	1,247.34	504.57	119.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	DEMOLICION A MANO DE M	1,605.20	TRIANGULAR	200.65	601.95	601.95	200.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	DESMANTELAMIENTO DE MA	992.00	EXPONENCIAL	580.96	290.48	120.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D	EXCAVACION CON MAQUINA	10,855.93	NORMAL	5,427.97	5,427.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E	RELLENO DE MATERIAL PRO	16,770.11	BETA	851.61	4,389.05	7,140.40	4,389.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	CARGA CON MAQUINARIA D	9,312.86	NORMAL	4,656.43	4,656.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
G	Excavación de Pilas de 60 cm	1,873.89	NORMAL	468.47	936.95	468.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H	Traslado del Equipo de Excav	1,035.13	LINEAL	1,035.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I	Retro-Excavadora Case ó sim	591.50	LINEAL	591.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
J	Concreto Premezclado Bomb	3,463.00	LINEAL	3,463.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q	Acero de Refuerzo fy = 4,200	1,689.65	TRIANGULAR	211.21	633.62	633.62	211.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L	Acero de Refuerzo fy = 4,200	5,577.37	TRIANGULAR	123.94	371.82	619.71	867.59	1,115.47	1,084.49	774.63	464.78	154.93	0.00	0.00
M	Descabezado de pilas de vari	230.64	LINEAL	230.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N	Cimbra Terminado Común en	168.96	NORMAL	84.48	84.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	Cimbra Aparente en Column	1,983.65	NORMAL	991.83	991.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P	Retiro de material producto	196.67	LINEAL	196.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q	ACERO ESTRUCTURAL CON S	208,656.00	NORMAL	2.43	74.44	1,162.32	9,453.67	41,471.14	104,328.00	41,471.14	9,453.67	1,162.32	74.44	2.43
R	SYC DE LAMINA LOSA ACERO	27,945.63	BETA	290.98	1,757.51	3,922.40	5,947.61	6,995.14	6,226.95	2,805.04	0.00	0.00	0.00	0.00
S	PERNO DE ANCLAJE PARA LO	2,700.00	NORMAL	1,350.00	1,350.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T	ACERO DE REFUERZO EN CIM	11,137.54	NORMAL	5,568.77	5,568.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U	CONCRETO PREMEZCLADO F	19,049.13	LINEAL	19,049.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V	CIMBRA COMUN DALAS Y CA	1,043.29	NORMAL	521.65	521.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
W	PINTURA DE ESMALTE EN ES	4,832.05	NORMAL	230.69	977.32	2,416.03	977.32	230.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X	SYC DE TANQUE CISTERNA D	14,409.80	LINEAL	14,409.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y	MURO DE BLOCK DE 11x14x	2,919.23	LINEAL	2,919.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Z	MURO DE BLOCK DE 11x14x	43,864.03	BETA	4,873.78	21,119.72	17,870.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AA	CIMBRA COMUN DALAS Y CA	6,927.13	NORMAL	3,463.57	3,463.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AB	ACERO DE REFUERZO EN CIM	29,162.77	NORMAL	1,392.27	5,898.43	14,581.39	5,898.43	1,392.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AC	CONCRETO F'C=200 KG/CM2	15,826.44	LINEAL	15,826.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AD	BARANDAL CON TUBO DE DI	28,937.30	EXPONENCIAL	14,287.46	8,134.18	4,534.75	1,980.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AE	PINTURA DE ESMALTE EN ES	920.14	NORMAL	230.03	460.07	230.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Dentro de esta tabla se seleccionaron la distribución de los recursos utilizando distribuciones estadísticas de acuerdo al comportamiento de cada concepto, basándose en los históricos y la experiencia de los supervisores. Se muestra el acumulado a continuación:

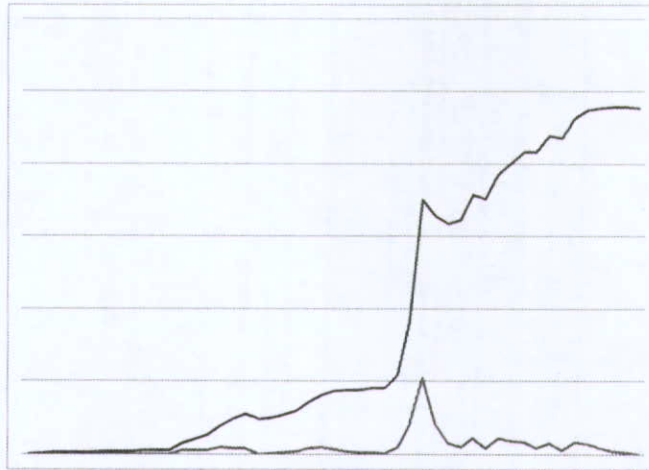


Ilustración 4-8

En esta tabla se realiza la distribución de los recursos a partir de su duración esto determinado por su tipo de distribución individual marcada para cada uno, y en la siguiente tala se muestra como se comporta con solo con el manejo de la distribución de tipo lineal o uniforme.

Tabla 4-6

Codigo	Concepto	Cantidad	Distribución	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00
A	TRAZO Y NIVELACION	2,494.68	LINEAL	498.94	498.94	498.94	498.94	498.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	DEMOLICION A MANO DE M	1,605.20	LINEAL	401.30	401.30	401.30	401.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	DESMANTELAMIENTO DE MA	992.00	LINEAL	330.67	330.67	330.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D	EXCAVACION CON MAQUINA	10,855.93	LINEAL	5,427.97	5,427.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E	RELLENO DE MATERIAL PROI	16,770.11	LINEAL	4,192.53	4,192.53	4,192.53	4,192.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	CARGA CON MAQUINARIA D	9,312.86	LINEAL	4,656.43	4,656.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
G	Excavación de Pilas de 60 cm	1,873.89	LINEAL	624.63	624.63	624.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H	Traslado del Equipo de Excav	1,035.13	LINEAL	1,035.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I	Retro-Excavadora Case ó sim	591.50	LINEAL	591.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
J	Concreto Premezclado Bomb	3,463.00	LINEAL	3,463.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q	Acero de Refuerzo fy = 4,200	1,689.65	LINEAL	422.41	422.41	422.41	422.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L	Acero de Refuerzo fy = 4,200	5,577.37	LINEAL	619.71	619.71	619.71	619.71	619.71	619.71	619.71	619.71	619.71	619.71	0.00
M	Descabezado de pilas de vari	230.64	LINEAL	230.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N	Cimbra Terminado Común en	168.96	LINEAL	84.48	84.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	Cimbra Aparente en Columna	1,983.65	LINEAL	991.83	991.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P	Retiro de material producto	196.67	LINEAL	196.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q	ACERO ESTRUCTURAL CON S	208,656.00	LINEAL	18,968.73	18,968.73	18,968.73	18,968.73	18,968.73	18,968.73	18,968.73	18,968.73	18,968.73	18,968.73	18,968.73
R	SYC DE LAMINA LOSA ACERC	27,945.63	LINEAL	3,992.23	3,992.23	3,992.23	3,992.23	3,992.23	3,992.23	3,992.23	0.00	0.00	0.00	0.00
S	PERNO DE ANCLAJE PARA LG	2,700.00	LINEAL	1,350.00	1,350.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T	ACERO DE REFUERZO EN CIM	11,137.54	LINEAL	5,568.77	5,568.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U	CONCRETO PREMEZCLADO F	19,049.13	LINEAL	19,049.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V	CIMBRA COMUN DALAS Y CA	1,043.29	LINEAL	521.65	521.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
W	PINTURA DE ESMALTE EN ES	4,832.05	LINEAL	805.34	805.34	805.34	805.34	805.34	805.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X	SYC DE TANQUE CISTERNA D	14,409.80	LINEAL	14,409.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y	MURO DE BLOCK DE 11x14x	2,919.23	LINEAL	2,919.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Z	MURO DE BLOCK DE 11x14x	43,864.03	LINEAL	14,621.34	14,621.34	14,621.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AA	CIMBRA COMUN DALAS Y CA	6,927.13	LINEAL	3,463.57	3,463.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AB	ACERO DE REFUERZO EN CIM	29,162.77	LINEAL	5,832.55	5,832.55	5,832.55	5,832.55	5,832.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AC	CONCRETO F'c=200 KG/CM2	15,826.44	LINEAL	15,826.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AD	BARANDAL CON TUBO DE DI	28,937.30	LINEAL	7,234.33	7,234.33	7,234.33	7,234.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AE	PINTURA DE ESMALTE EN ES	920.14	LINEAL	306.71	306.71	306.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

En esta modelación los recursos se pone igual valor a cada día y esto genera que todos los días a nivel concepto tenga el mismo valor.

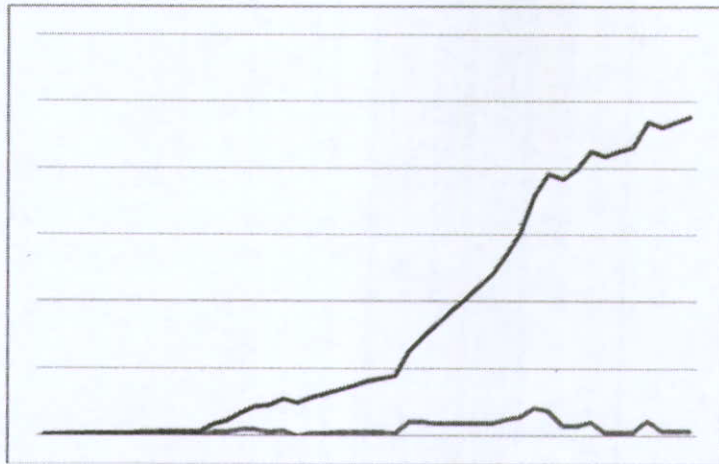


Ilustración 4-9

Ambas modelaciones son buenas para una programación de recursos, pero una te da mayor grado de certidumbre que la otra ya q esta basada en la experiencia y los conocimientos que cada empresa a generado.

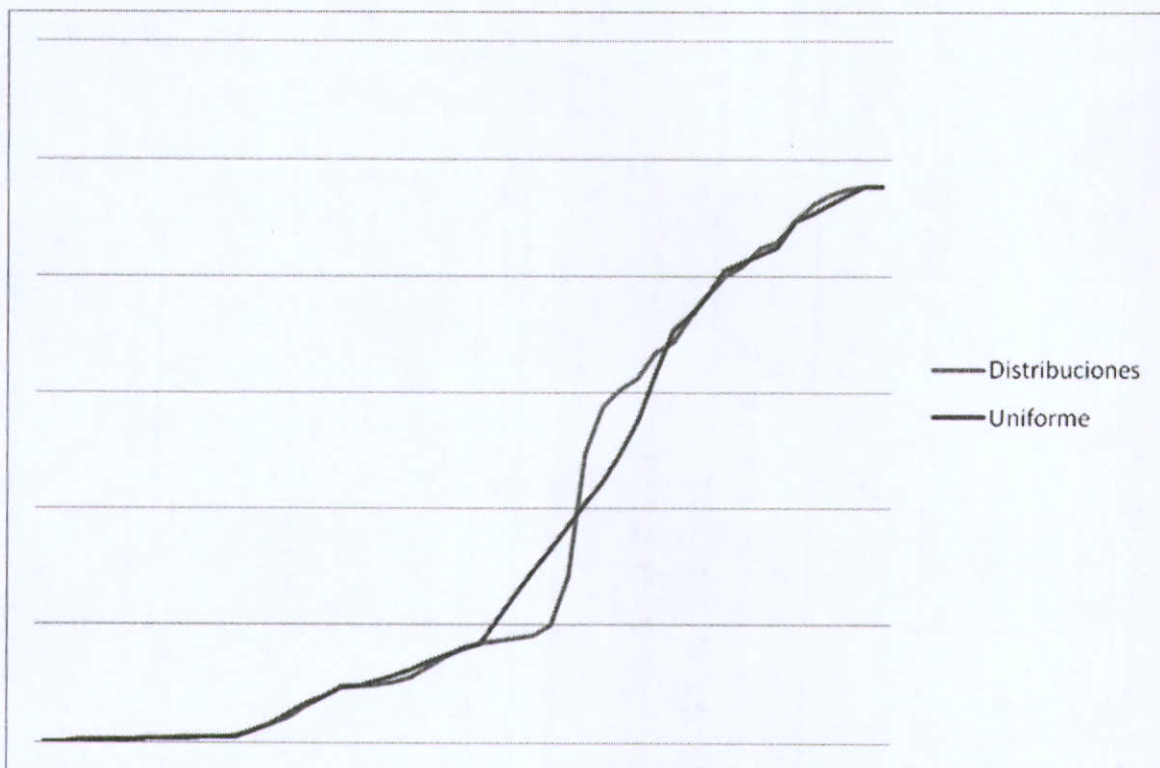


Ilustración 4-10

La comparación entre ambos modelos, en la cual la uniforme se presenta muy continua, pero a diferencia la que utiliza las distribuciones estadísticas o matemáticas te da una mayor precisión y muestra como se tiene un punto en la parte media de la grafica y nos

indica el requerimiento de mas recursos en esa parte que lo que una programación lineal esta requiriendo, y después ambas se estabilizan y convergen en el mismo punto.

Ambas son importantes, y fundamentales para tener un buen control de obra, compras y presupuesto. Donde el siguiente paso a seguir es una nueva línea de investigación que es la nivelación de recursos, un tema fundamental para la industria de la construcción de nuestros tiempos.

*CAPÍTULO 5*  
**CONCLUSIONES**

## **5.1 Conclusiones de los Objetivos Buscados**

Dentro de los objetivos buscados dentro de la tesis se ha encontrado unas grandes posibilidades para el uso de las distribuciones matemáticas, en lugar de únicamente la lineal.

Los objetivos y sus resultados:

- Demostrar que se programa la obra de forma lineal en la industria de la construcción de Guadalajara.
  - La programación de obra en un 95% de los casos utilizan el tipo de distribución uniforme.
  - Creando una gran posibilidad de explotar este poco uso para poder ser atractivo a cualquier constructora o dependencia, el uso de programaciones de obra utilizando distribuciones estadísticas o matemáticas.
  
- Se buscará que se tienen conocimientos de otro tipo de distribuciones pero la industria de la construcción en Guadalajara desconoce sus usos o no ha visto a esta herramienta como una posibilidad para poder realizar programación de obra.
  - Dentro del punto 4.3.3 se muestra como es que la tendencia de la muestra indica como la sociedad constructora en Guadalajara tiene el conocimiento básico de lo que son las distribuciones estadísticas o matemáticas, pero la misma no muestra en su comparación contra el uso de otro tipo de programación fuera de la uniforme o línea.

- Que nos indicándonos la gran oportunidad que se presenta en la industria de la construcción en la cual con el conocimiento mínimo se puede explotar el uso de este tipo de distribuciones y calculo de duraciones para obtener una mayor precisión desde la etapa preliminar y en el desarrollo de la obra.
- Ver el campo de acción tan grande que se nos presenta en la industria de la construcción en la cual tras el uso de programaciones con distribuciones uniformes o lineales, darles a la comunidad la perspectiva de una herramienta con mayor índice de precisión.
  - Como se vio en el punto anterior el campo existe, solo es la necesidad de generar cultura en la industria, la posibilidad de presentar esta tesis o algún seminario mostrando las ventajas del uso de este tipo de programación.
  - Dando a la comunidad de la construcción de Guadalajara la venta hacia el uso de herramientas estadísticas y matemáticas para poder tener una mayor certidumbre en la duración de las actividades y en la distribución tanto de flujo como de recursos.
  - La sociedad lo esta necesitando y no ha existido alguien que pueda presentar esto y el implementar métodos prácticos y sencillos a bajo costo para que pueda quedar al alcance cualquier tipo de constructoras.
- Dar herramientas para conocer otros tipos de distribuciones para poder realizar la programación de obra.
  - Se ha mostrado como con herramientas que cualquier empresa cuenta se puede generar su propio programa de obra, este mismo puede ser hecho con las cualidades o restricciones que cada uno mismo busque, lo importante es mejorar nuestros procesos constructivos.
- Ver la versatilidad de que cualquier persona pudiera realizar su propia programación de obra utilizando distribuciones matemáticas, haciendo su propio simulador y programador.
  - Como se observo en el punto 4.4.3 nos da una diferencia en flujos y en programación de recursos el asignar actividades utilizando distribuciones matemáticas o estadísticas comprándolas contra la clásica distribución lineal o uniforme.
  - Dentro de los recursos se encuentra un detalle de volúmenes para ser utilizado, mismos que son de datos utilizados por el departamento de compras para poder realizar mejores negociaciones.
  - El control de almacenes se ve beneficiado con el uso de estas herramientas para poder determinar volúmenes y áreas con tiempos de salidas.

## **5.2 Conclusiones de la Hipótesis planteada**

“La programación de obra es determinada por métodos de distribuciones lineales o uniformes, cuando existen otras distribuciones pero no se conoce que pueden ser utilizadas para este fin, y en pocas ocasiones la misma programación de obra se utiliza para determinar la programación de flujos y de recursos”. Siendo comprobada por los dos métodos que se siguieron para realizar la investigación tanto el de muestreo como el de desarrollo de simulador.

La teoría de una distribución lineal o uniforme nos indica que para una actividad se va a distribuir con el mismo valor a cada uno de los días para poder completar la actividad, en tanto que el detalle de las distribuciones estadísticas, uno define el comportamiento que tendrá dicha distribución, con la gran ventaja de uno decidir el grado de sensibilidad de las curvas y las probabilidades de acercamiento son altas.

El uso de este tipo de herramientas tanto para la determinación de la duración de las actividades como para determinar la correcta distribución de los recursos y a partir de los mismos la determinación de los flujos. Esto puede ser utilizado para cualquier etapa de la programación de obra.

Y produciendo esta herramienta una programación de las requisiciones, tiempos de entrega de material, almacenamiento, volumen de reserva en bodegas, y eficientar todos los procesos de construcción ya que tanto la mano de obra, como los materiales están disponibles y sin asignar un sobre costo para que pueda estar todo en el momento de la ejecución.

### **5.3 Futuras Líneas de Investigación**

Los temas que parten de esta investigación para poder desarrollar futuras líneas de investigación.

- Tema de Nivelación de Recursos. Un tema de por si bastante amplio y profundo en la cual la teoría de tener siempre los recursos en el momento preciso de la obra y cuidando la falta de desabasto, pueda afectar lo menos posible a la obra. Existiendo plataformas como Primavera que ya lo tienen incluidas y hasta Project aunque de una manera menos precisa en su nivelación y asignación de recursos.
- Estudio de modelo planteado en esta tesis por tipos de obra, para encontrar sensibilidad entre las distribuciones. El tener la sensibilidad de cómo se comporta por tipo de actividad y cual es la distribución mas cercana al comportamiento de una cada
- El alcance de la programación simulada, para poder determinar reasignación de recursos. Dentro de la cual una modelación a detalle de cada obra te da un detalle muy acercado a la realidad para poder tener un departamento de compras y un departamento de construcción, con una relación mucho mas productiva.

## ***BIBLIOGRAFÍA***

## BIBLIOGRAFÍA

**Ahuja, Hira N., Dozzi, S.P. y Abourizk, S.M. 1994.** *Project Management, Techniques in Planning and Controlling Construction Projects*. Toronto : John Wiley & Son, Inc., 1994.

*Approximating the Criticality Indices of the Activities in Pert Networks.* **Dodin, Bajis M. y Elmaghraby, Salah E. 1985.** 2, s.l. : The Institute of Management Science, 1985, Vol. 31.

**Arbesú, Joaquín Esteban. 2004.** Administración y Finanzas: Organización. [En línea] 6 de Enero de 2004. [www.monografias.com](http://www.monografias.com).

**Brighton Webs Books.** Statistical and Data Services for Industry. [En línea] [Citado el: 29 de Agosto de 2007.] <http://www.brighton-webs.co.uk/index.asp>.

**Charvat, Jason. 2003.** *Project Management Methodologies Selecting, Implementing and Supporting Methodologies and Processes for Projects*. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2003.

**Coulson, Roy y H., C. CaveHerbert. 1965.** *A Source Book for Medieval Economic History*. New York : Biblo & Tannen, 1965.

*Describing a Beta Probability Distribution Function for Construction Simulation.* **Schexnayder, Cliff, Knutson, Kraig y Fente, Javier. 2005.** Febrero, s.l. : Journal of Construction Engineering and Management, 2005.

*Due Date-Based for Activity Importance in Stochastic Activity Networks.* **Bowman, R. A. 2001.** Netherlands : Kluwer Academic Publishers, 2001.

*Enhanced Resource Leveling Techniques for Project Scheduling.* **Kim, Jaejum, y otros. 2007.** Seoul Korea : Journal of Asian Architecture and Buildign Engineering, 2007, Vol. 466.

*General Purpose Systems for Effective Construction Simulation.* **Martinez, Julio C. y Ioannou, Potios G. 1999.** Julio/Agosto269, s.l. : Journal of Construction Engineering and Management, 1999.

**Gonzalez, Pedro. 2007.** *Programación de Obra, a Nivel Día*. Guadalajara, Jalisco, México : s.n., Julio de 2007. Curso Excel Expert, Universidad Panamericana.

**Institute, Project Management. 2000.** *Project Management Body of Knowledge*. Newtown Square, Pennsylvania USA : Project Management Institute, Inc., 2000.

**Kerzne, Harold. 2001.** *Mode, Strategic Planning for Project Management Using a Project Management Maturity*. New York, New York : John Wiley & Sons, Inc., 2001.

**Kerzner, Harlod. 2003.** *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. 8va Ed.* s.l. : Wiley, 2003.

**Kerzner, Harold. 2001.** *Strategic Planning for Project Management, Using Project Management Maturity Model.* New York, New York : John Wiley & Sons, Inc., 2001.

**Krysicki, W. 1999.** *On Some New Properties of the Beta Distribution".* 1999.

*Monte Carlo Methods and the Pert Problem.* **Slyke, Richard M. Van. 1963.** Berkeley, California : INFORMS, 1963.

*Monte Carlo Simulation of Construction Cost Using Subjective Data: Comment.* **Fellows, Richard. 1996.** Bath, UK : Construction Management and Economics, 1996, Vol. 14.

*Monte Carlo Techniques for Stochastic Pert Network Analysis.* **John M. Burt, Jr. y Garman, Mark B. 1971.** 3, s.l. : INFOR, 1971, Vol. 9.

**Primavera Systems, Inc. 1992.** *Manual de Consulta, Primavera Project Planner.* Archamps, Francia : Primavera Systems, Inc, 1992.

**SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 1999.** HISTOGRAM Statement. [En línea] 1999. [Citado el: 5 de Agosto de 2007.] <http://www.asu.edu/it/fyi/dst/helpdocs/statistics/sas/sasdoc/sashtml/qc/chap4/sect8.htm>.

*Simplified CPM/PERT Simulation Model.* **AbouRizk, S.M. y Lu, Ming. 2000.** Mayo/Junio, s.l. : Journal of Construction Engineering and Management, 2000.

*Some Bivariate Beta Distributions.* **Nadarajah, Saralees y Kotz, Samuel. 2005.** 5, Nebraska, Lincoln : Taylor & Francis Group, 2005, Vol. 39. ISSN 0233-1888.

**Son, John Wiley &. 2003.** *Project Management Methodologies Selecting, Implementing, and Supporting Methodologies and Processes for Projects.* Hoboken, New Jersey. : Published by John Wiley & Sons, Inc, 2003.

*The Beta Distribution as a Latent Response Model for Ordinal Data (I): Estimation of Location and Dispersion Parameters.* **Tamhane, Ajit C., Ankenman, Bruce E. y Yang, Ying. 2001.** s.l. : Taylor & Francis Group, 2001, Vol. 72.

**The MathWorks, Inc. 2007.** MATLAB Function Reference. *The Mathworks Accelerating the peace of engineering and science.* [En línea] 2007. [http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/techdoc/index.html?/access/helpdesk/help/techdoc/ref/beta.shtml&http://search.yahoo.com/search?ei=UTF-8&rd=r1&meta=vc%3Dmx&fp\\_ip=MX&p=beta+function](http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/techdoc/index.html?/access/helpdesk/help/techdoc/ref/beta.shtml&http://search.yahoo.com/search?ei=UTF-8&rd=r1&meta=vc%3Dmx&fp_ip=MX&p=beta+function).

*Theory of Constraints Project Management,* . **Jacob, Dee Bradbury y Jr., William T. McClelland. 2001.** Connecticut, New Haven : AGI Goldratt Institute, 2001.

**Weisstein, Eric W. 2005.** "Beta Function." *MathWorld--A Wolfram Web Resource.* [En línea] 8 de Marzo de 2005. [Citado el: 4 de Julio de 2007.] <http://mathworld.wolfram.com/BetaFunction.html>.

**Wildeman, R. Max. 1992.** *Project and Program Risk Management.* Newtown Square, Pennsylvania : Project Managment Institute, 1992.

