

***PROGRAMACION POR EL METODO DE LINEAS DE BALANCE, FRENTE A LA  
PROGRAMACION LINEAL EN UN CASO ESTUDIO.***

JEFFERSON ALEJANDRO RIVEROS

DANIEL LEONARDO YATE AGUDELO



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD: ARQUITECTURA

PROGRAMA: TECNOLOGIA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTONICAS

BOGOTA D.C 2018

PROGRAMACION POR EL METODO DE LINEAS DE BALANCE, FRENTE A LA  
PROGRAMACION LINEAL EN UN CASO ESTUDIO.

Trabajo presentado para optar el título de  
Tecnólogo en construcciones arquitectónicas

Coordinador PTCA

Arq. Nelson Cifuentes Villalobos

Docente de proyecto

Arq. Andrea Del Pilar Lara

JEFFERSON ALEJANDRO RIVEROS

DANIEL LEONARDO YATE AGUDELO

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD: ARQUITECTURA

PROGRAMA TECNOLOGIA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTONICA

BOGOTA, D.C 2018

## Tabla de Contenido

Resumen .....	1
Abstract .....	2
Introducción .....	3
Objetivo General .....	4
Objetivos Específicos .....	4
Antecedentes .....	5
Ecuador y Perú.....	6
Marco Teórico .....	7
Programación .....	8
Definir objetivos: .....	8
Lista de actividades: .....	9
Secuencia de actividades: .....	9
Tabla de secuencias: .....	10
Representación gráfica: .....	11
Diagrama De Gantt .....	12
Planeación por el método de Gantt para el control de la carga de trabajo.....	14
Historia: .....	15
Ventajas y Desventajas del Método de Gantt: .....	15
Metodología Graficación por Barras de Gantt: .....	16
Sistema de Trayectoria Crítica y el Proceso de Planeación: .....	19
Historia: .....	19
Reglas para la Elaboración del Modelo: .....	20
Red De Actividades: .....	22
Eventos: .....	23
Tipos de Eventos: .....	24
Actividad Virtual: .....	25
Trayectoria critica programación – tiempo: .....	27
Reglas para la elaboración del sistema L.P.U. ....	30
Reglas de secuencia: .....	32
Ventajas del modelo L.P.U.: .....	33

Ventajas de los sistemas de trayectoria crítica (C.P.M. /P.E.R.T. /L.P.U.):.....	35
Línea de Balance .....	36
Planeación por el método de línea de balance .....	37
Composición de la línea de balance.....	39
Representación gráfica: .....	42
Guía de implementación de la línea de balance: .....	43
Aplicación de la línea de balance en Perú: .....	45
Aplicación de la línea de balance en Ecuador: .....	47
Toma de datos .....	48
Adaptación línea de balance.....	49
Descripción: .....	49
Actividades a ejecutar:.....	49
Proceso:.....	56
Graficación: .....	59
10 Unidades Residenciales: .....	60
Conclusiones .....	65
Referencias Bibliográficas: .....	67

## Índice de figuras

Figura 01 .....	9	¡Error! Marcador no definido.
Figura 02 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 03 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 04 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 05 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 06 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 07 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 08 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 09 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 10 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 11 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 12 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 13 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 14 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 15 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 16 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 17 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 18 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 19 .....	28	¡Error! Marcador no definido.
Figura 20 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 21 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 22 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 24 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 25 .....		¡Error! Marcador no definido.
Figura 26 .....		¡Error! Marcador no definido.

### **Índice de tablas**

Tabla 01 .....	11
Tabla 02.....	20
Tabla 03.....	28
Tabla 04.....	43
Tabla 05.....	44
Tabla 06.....	51
Tabla 07 .....	51
Tabla 08.....	22
Tabla 09.....	57
Tabla 10.....	63
Tabla 11.....	63

### **Índice de Anexos**

Anexo 01: Cuadro de precedencias .....	53
Anexo 02: Programación por barras de Gantt.....	54
Anexo 03: Progr. por líneas de balance, una unidad habitacional RECTANGULOS Y TRAPECIOS.....	59
Anexo 04: Cons. final unidades habitacionales líneas de balance RECTANGULOS Y TRAPECIOS .....	62

## Resumen

Este proyecto de investigación consiste en la descripción y análisis de dos métodos de programación (lineal, no lineal) utilizados actualmente en proyectos de arquitectura. De acuerdo a esto se dio la tarea de conocer los diferentes métodos y herramientas existentes en la actualidad, como lo es el método por barras de GANTT, CPM Y PERT.

A través de la historia de la construcción los sistemas de planeación han evolucionado, pero a medida que transcurre el tiempo y estos son utilizados en distintos proyectos, se han identificado inconvenientes y desventajas en su aplicación, pero así como muchas de estas programaciones han tenido transformaciones a medida que transcurre el tiempo, nuevos sistemas de planeación han surgido, como lo es la línea de balance o también llamado balanceo de líneas, que tiene su primera aparición en el año de 1940 por un grupo de trabajadores liderado por el gerente George E. Fouch, es por ello, que se hace un conocimiento de los métodos de planeación actuales y se procede a evaluar la línea de balance como método alternativo de uso para futuras programaciones en proyectos de construcción.

Fue necesario utilizar el programa de Excel como herramienta de graficación ya que no se contó para esta investigación con un sistema especializado en líneas de balance, se recopiló la información necesaria, se completó ya que al momento de realizar la transformación a líneas de balance era necesario contar con presupuesto, cuadrillas de trabajo etc... luego de su análisis y verificación por medio de fuentes alternas respecto al tema se procedió a tomar la programación lineal, se pasó a líneas de balance y se obtuvieron sus respectivas conclusiones.

### Abstract

This research project consists of the description and analysis of two programming methods currently used in architectural projects. According to this the task of knowing the different methods and tools existing today, was given as it is the method by CPM and PERT, GANTT bars.

Through the history of the construction planning systems have evolved, but as it passes the time and these are used in various projects, identified disadvantages and disadvantages in your application, but as well as many of these schedules have had changes as time elapses, new planning systems have emerged, such as the line of balance or also called lines rolling, which is his first appearance in the year of 1940 a group of led shortly by Manager George E. Fouch, it is therefore makes a knowledge of current planning methods and proceed to evaluate the balance line as an alternative method of use for future programming in construction projects.

It was necessary to use Excel and charting tool since not was for this research with a specialized system in balance lines, collect the necessary information, is already completed at the time of the transformation to of balance lines was necessary to have budget, gangs of work etc... then proceeded to take the linear programming analysis and verification through alternative sources on the issue, joined the lines of balance and their respective were obtained conclusions.



## Introducción

En la actualidad podemos encontrar distintas formas y herramientas para programar o planear un proyecto de construcción, algunos de estos métodos son: CPM (Método de la Ruta Crítica), PDM (Método de Diagramas de Precedencias), PERT (Técnica de Programación, Evaluación y Revisión) y GANTT (método de graficación por barras de Gantt), sin embargo estas técnicas han presentado varias desventajas al aplicarse en proyectos de tipo repetitivo. Esto puede entenderse como producción continua en donde debe tenerse en cuenta un cierto periodo de tiempo para terminar cada actividad, de acuerdo a lo anterior nombrado, se estima que usar algún método alternativo de planeación podría o no mejorar estas desventajas, por ende hablaremos de las LINEAS DE BALANCE O BALANCEO DE LINEA como método variable a utilizar en las futuras programaciones de distintos proyectos.

Sabemos que, encontraremos diferentes metodologías de planeación al momento de administrar una obra, teniendo en cuenta lo anterior dicho, la investigación y el problema por identificar es, buscar y entender, el por qué en la actualidad en la ciudad de Bogotá, no se está utilizando el método de programación por líneas de balance, según diez encuestas realizadas previamente en diferentes proyectos de construcción. Ninguna de estas cuenta con este método, los diez proyectos trabajan bajo el método tradicional, por ende nace la necesidad de realizar esta investigación.

Esto se desarrolla a partir de la información de algunas programaciones hechas por el método tradicional y antecedentes de la línea de balance en diferentes proyectos de construcción, en lo cual se tomaron dos casos reales donde se contara con la información necesaria, rendimientos y costos, para así realizar una transformación de esta al método de líneas de balance, luego se hará una comparación con el método tradicional y se analizarán los resultados para así generar unas conclusiones, en donde se establecerá y explicará si es viable, más eficiente o no utilizar el método por líneas de balance.

### **Objetivo General**

Evaluar el balanceo de línea como método de planeación más efectivo y alternativo a usar frente a programaciones de tipo lineal, con la finalidad de establecer un antecedente práctico teórico en la industria de la construcción.

### **Objetivos Específicos**

Adaptar un tipo de programación lineal de un caso estudio específico al método de planeación de balanceo de líneas, como aplicativo a un proyecto de construcción.

Analizar el método de balanceo de líneas frente al sistema de programación de barras de Gantt, trayectoria crítica (CPM, PERT) y LPU, con el fin de establecer las diferencias entre este tipo de planeación.

## Antecedentes

La industria de la construcción es un sector macroeconómico debido a que incentiva directa e indirectamente varios sectores comerciales, siempre en todos los países presenta una alta tendencia al crecimiento marcadas por nuestro sistema socioeconómico, debido a esto surgen cada día un sin número de empresas constructoras y con esto aumento la competitividad en este sector.

La programación es una parte esencial en el desarrollo de proyectos inmobiliarios, tuvo sus orígenes desde 1957 por J.E. Nelly y M.R. Walker, creadores del C.P.S.S. que tiempo después fue conocido como CPM (criticar pat. método), el método era utilizado para programación y control en una factoría química.

Años después, estos dos métodos fueron conocidos exitosamente en otros países, dado es el caso, en 1962 España tuvo la posibilidad de conocer ambos métodos ocasionando la curiosidad de muchas empresas. Por tal motivo al transcurrir los años los métodos son los ejes de la programación de construcción de proyectos de ingeniería y arquitectura, al inicio de cualquier construcción de cualquier tipo, comenzaban con cualquier método para conocer de una forma específica la ejecución del proyecto.

Se debe tener en cuenta, que se pueden encontrar gran variedad de herramientas al programar y planear un proyecto de arquitectura, en este apartado se muestra un antecedente de implementación de la línea de balance, que este es nuestro caso estudio, en el desarrollo del documento se expondrá de manera clara en qué consisten estos tipos de programación, tanto lineal como por el balanceo de líneas.

## Ecuador y Perú

La programación de las obras constructivas en otros países concretamente latinoamericanos se asemeja a las técnicas de programación que se utilizan en Colombia, debido a la semejanza de nuestras culturas la transmisión de la información se reparte escuetamente por estos países colindantes. Vemos en los dos estudios de referenciación en sus respectivos trabajos de grado, tanto en el de Calampa en “Implementación De La Línea De Balance En Proyectos Inmobiliarios”(2014) en Perú y el de Hander Rodríguez Pérez en “Guía De Implementación De La Línea De Balance” en Ecuador (2016).

Basándonos en esta información que nos sirven como focos de conocimiento en otros países, podemos efectuar un seguimiento a sus metodologías de programación en el sector constructivo, a priori se establece que tanto en Ecuador y Perú los métodos de programación lineal son los más predilectos como pasa en Colombia siendo las barras de Gantt el método más difundido para programar, tanto así que en los casos analizados no solo en este documento sino también en los documentos referenciados de estos dos países todos utilizaban como método de programación las barras de Gantt.

El progreso tecnológico de las nuevas herramientas técnico-administrativas en la construcción en Ecuador, Colombia y Perú parece que comparten un mismo patrón ,a pesar de que la industria constructiva en estos países posee una alta demanda y oferta representando un brazo económico bastante fuerte para estos países representado por el PIB(producto interno bruto), su progreso es bastante nimio si se tiene en cuenta que muchos de los procesos constructivos que se llevaban a cabo hace 40 años hoy en día se siguen utilizando. Realmente lo que incentiva la poca innovación en la industria es la oferta y la demanda del mercado siendo que tanto un producto innovador, un proceso innovador, una ejecución ágil, economía etc... puede marcar la diferencia con respecto a la competencia mercantil.

## Marco Teórico

La programación en obra se puede definir con dos simples pero importantes conceptos para la construcción, actividades y tiempo, porque el fundamento de la programación en obra es trabajar con estos elementos para obtener el mayor provecho a un proyecto constructivo calculando las actividades totales del proyecto sus tiempos y su programación, esto incidirá directamente en los costos, de ahí su gran importancia en centros académicos y en la vida laboral, no hay solo un tipo de programación que podamos utilizar, en la actualidad existen diferentes técnicas y de esto variara según su implementación, las necesidades y conocimientos de cada quien, pero lo principal que se debe conocer para iniciar una programación a un proyecto de construcción es:

Determinar las actividades totales a realizar en la obra tales como, obra negra, obra blanca y actividades preliminares, enseguida se necesita calcular las cantidades que el proyecto necesita para cada actividad, después calcular los análisis de precios unitarios (APU) nos darán un presupuesto general y nos brindaran los rendimientos unitarios de cada actividad, por último es necesario calcular la duración de cada actividad.

No existe solo un tipo de programación en el mercado existen varios, la escogencia de cualquiera variara según las necesidades, predilección y conocimiento de cada persona.

## Programación

La programación se puede definir como el manejo del tiempo y el costo que conlleva ejecutar una obra de construcción, por tanto la programación trabaja con supuestos que tratan de evitar todos los problemas posibles y realizar una ejecución eficiente.

La aplicación de las herramientas de planeación es una labor permanente, algo que nunca termina, ya que hoy en día no se concibe una realización de ninguna actividad que no haya sido previamente planeada así sea tan simple como atravesar la vía, planear un día de trabajo, planear unas vacaciones o un trabajo.

De acuerdo con lo anterior los pasos en el proceso de planeación son:

1. Definir objetivos
2. Lista de actividades
3. Secuencia de las actividades
4. Representación gráfica del modelo

### Definir objetivos:

A primera vista puede parecer que definir el objetivo de un proyecto es un proceso simple, sin embargo la experiencia ha demostrado que es algo complejo, que requiere estudio, análisis, dedicación y que no se puede hacer en forma superficial ya que esto complicaría la aplicación de los pasos posteriores.

Por ejemplo, no basta con decir que el objetivo de un proyecto es sembrar un árbol, ya que es muy distinto si nos toca sembrarlo en el jardín de la casa o en el jardín público, la localización en este caso se modifica la característica del proyecto. No es lo mismo sembrar un pino de un metro, que un roble de 30 metros, las especificaciones modifican las características del proyecto.

### Lista de actividades:

Las actividades tienen un principio y un fin y consume recursos. La lista de actividades debe de ser desarrollada por el personal que va a intervenir en un proyecto, a fin de lograr que el resultado final sea un plan y no una imposición que puede crear rechazo, mientras que el plan compromete a todos los participantes.

El hacer la lista se convierte en una “lluvia de ideas”, en el cual todos intervienen con el fin de aclarar o de complementar las mismas, en las listas deben de estar incluidas todas las actividades que consideramos importantes para el desarrollo del proyecto sin importarnos el orden en el cual se cumplen ni el tiempo que consumen.

### Ejemplo:

*Figura 01*



*Figura 01:* Sentido lógico de ejecución en las actividades.  
Elaboración propia

### Secuencia de actividades:

Después de preparar la lista de todas las actividades que se requieren para el proyecto, se procede a determinar las relaciones secuenciales o secuencia entre ellas.

La secuencia nos indica el orden y la prelación de una actividad en relación a las demás. El análisis de cada actividad se debe de hacer por separado y para esto basta contestar las siguientes preguntas:

*Figura 02*

*Figura 02:* Sentido lógico ejecución de las actividades en la construcción. Elaboración propia.

### **Actividad que precede:**

Es aquella que debe de estar terminada inmediatamente antes de la actividad que estoy analizando. Por ejemplo, la actividad antes de ejecutar una obra seria comprar el lote.

### **Actividad que sigue:**

Es aquella que puede iniciarse inmediatamente después de la actividad que estoy analizando.

### **Actividad simultanea:**

Es aquella que puede desarrollarse al mismo tiempo, a otras actividades en rango de tiempo establecido, en donde la ejecución de una no afecte a la otra.

### **Tabla de secuencias:**

Consiste en tres columnas como puede ver en el cuadro de precedencias, en la columna izquierda la actividad que precede, en el centro la actividad y en la derecha la actividad que sigue.



*Tabla 01:*  
*Secuencia lógica de las actividades*

PRECEDE	ACTIVIDAD	SIGUE
Caminar hasta la puerta	Abrir la puerta	Salir a trabajar
(B)	(A)	( C)
-	B	A
A	C	-
B	Z	C

Es necesario tener una secuencia lógica de las actividades en la construcción, para conocer más a fondo el proyecto.

En la columna del centro se colocan las actividades en ejecución y para cada una se define cual es la actividad anterior a esta (precede) y la actividad siguiente a esta. Si las actividades en ejecución, tienen las mismas actividades de precedencia y siguen las mismas actividades están serán actividades simultaneas.

### **Representación gráfica:**

Los tres anteriores sistemas de representación de secuencia no nos dan como resultado un modelo que nos puedan servir como herramientas de trabajo, que sirva de guía en el tiempo de realización de cada actividad, por tal razón se crearon los siguientes modelos de programación lineal.

1. Modelo CPM/PERT
2. Modelo LPU
3. Diagrama de Gantt

## Diagrama De Gantt

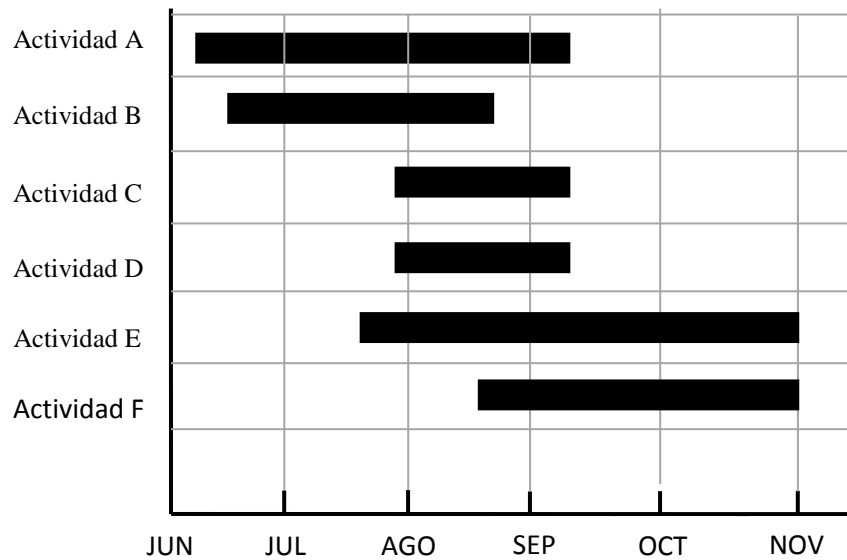
Los diagramas de Gantt llamado así por su creador Henry L. Gantt, quería solucionar el problema de la programación de actividades, en cuanto a su ejecución en tiempo real y porcentajes de realización, con el fin de identificar el periodo de duración de cada actividad, sus fechas de inicio y fechas de terminación e igualmente el tiempo necesario que requería la actividad para su ejecución. Creo una herramienta que permite la visualización de tiempo y ejecución de las actividades.

El diagrama de GANTT está compuesto por dos ejes, horizontal y vertical, en el eje horizontal se muestra el tiempo de ejecución de la actividad y el eje vertical muestra las actividades que componen el proyecto Véase gráfico 2.1

En este grafico las actividades se representan mediante una barra rectangular cuya longitud indica su duración, la ubicación de las barras definen el inicio y la finalización de cada actividad. Véase gráfico 21

### **Eje horizontal:**

Se puede definir como la escala o tiempo, identificado por la unidad más adecuada para el trabajo a programas, Hora, Día, Semana, Mes etc....

*Figura 03*

*Figura 03:* Ejemplo aplicación barras de Gantt en un plano cartesiano.  
Tomado de: PERT, GANTT y CPM. Licda. Romelia Rodríguez, fig. 2.1

### **Eje vertical:**

Se puede definir como las actividades que constituyen el trabajo a programar, A cada actividad le corresponde una barra horizontal, cuya longitud es proporcional a su duración.

### **Símbolos convencionales:**

. Se puede definir como los gráficos a utilizar según las necesidades del usuario, a continuación, se mostrarán los símbolos básicos:

1. Iniciación de una actividad
2. Terminación de una actividad
3. Línea fina que conecta las dos 'L' Invertidas. indica duración prevista de la actividad.
4. Línea gruesa. Indica la parte ya ejecutada de la actividad.

- Indica la flecha en que se procedió a la última actualización del gráfico, es decir la comparación que se hace entre las actividades previstas y las exitosamente realizadas.

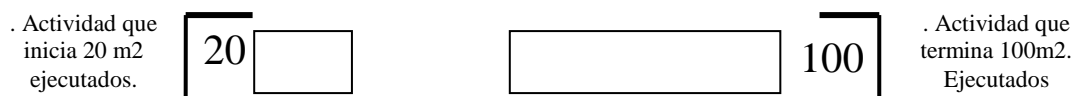
El diagrama de Gantt representa una herramienta de bajo costo y simplicidad para proyectos simples y algunos complejos, sus limitaciones son bastante evidentes en cuanto a su realización y a su lectura:

- Si una actividad se retrasa se tiene que editar toda la programación.
- En un proyecto complejo se hace muy dispendioso su lectura y su elaboración.
- No muestra ritmos de trabajo.

### Planeación por el método de Gantt para el control de la carga de trabajo

La representación de las cargas de trabajo en el método de programación de diagrama de Gantt, tiene como objetivo proporcionar una posición de carga total de trabajo aplicada a una actividad, nos permite identificar en qué periodo de tiempo el recurso estará disponible para su realización, (línea fina), y la carga total de trabajo asignada a este recurso (línea gruesa).

*Figura 04*



*Figura 04:* Nomenclatura gráfica barras de Gantt. Elaboración propia.

### **Historia:**

La planificación y programación de proyectos de grandes magnitudes unitarios no repetitivos, comenzó a llamar la atención al final de la segunda guerra mundial, donde el método de diagramas de Henry Lawrence Gantt era entonces la única herramienta de planificación disponible pero limitada, Gantt publicó en 1916 “*Work, Wages, and Profits*” un escrito donde trataba estos aspectos de planificación y otros relacionados con la productividad, en conclusión Gantt no fue pionero en el uso de esta herramienta, otros autores como Joseph Priestley en 1765 o William Playfair en 1786, ya habían recomendado ideas precursoras.

El ingeniero Karol Adamiecki en 1896 desarrolló un “Harmonograma”. Se debe hablar también de los primeros intentos desarrollados en los años 1955 y 1957 por la “Imperial Chemical Industries” y el “Central Electricity Generating Board” en donde se creó una técnica capaz de identificar la secuencia de estados más larga e irreductible para la ejecución de una tarea en línea, con lo que después se llamaría CPM, estas empresas obtuvieron ahorros en tiempos de casi un 40%.

### **Ventajas y Desventajas del Método de Gantt:**

Una ventaja que se debe rescatar del gráfico de GANTT consiste en que su representación requiere un nivel mínimo de planificación, es decir, que haya un plan, proyecto que ha de demostrarse de forma gráfica.

Las barras de GANTT resultan ser una herramienta muy óptima en las etapas iniciales de la planeación, no obstante revela dificultades cuando después de iniciarse la ejecución de la actividad y modificaciones, el gráfico se vuelve confuso. Para los ajustes (modificaciones) es importante realizar un nuevo gráfico.

En busca de una solución al anterior problema, se crearon dispositivos mecánicos, como cuadros magnéticos, fichas etc.... que hacen más fácil la actualización o modificaciones, se debe tener en cuenta en términos de planificación que existe una limitación en lo que respecta la representación de planes de cierta complejidad, la planeación por el método de Gantt, no determina condiciones para el estudio de opciones, ni tiene en cuenta los costos del proyecto, tampoco la visualización de la relación que tienen las actividades en cuanto al número de este sea grande, es una herramienta de pruebas y errores,

### **Metodología Graficación por Barras de Gantt:**

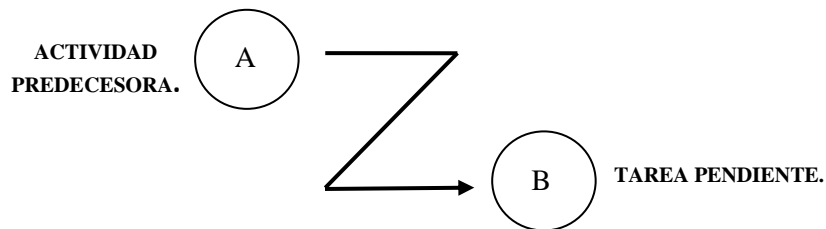
Es necesario tener en cuenta los siguientes pasos para graficar debidamente un diagrama de Gantt:

- Trazar el eje vertical y horizontal.
- Escribir los nombres de las actividades a realizar en el eje vertical.
- Proyectar los bloques de las actividades que no tienen predecesoras, se ubican de manera que, el lado izquierdo de los bloques este situado en el instante cero (su inicio).
- Luego, se proyectaran los bloques de las actividades que solo dependen de las tareas ya introducidas en el diagrama, se repite este proceso hasta haber proyectado todas las actividades.

Para este proceso se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las dependencias fin-inicio se representa alineando el final del bloque de la actividad predecesora con el inicio del bloque de la tarea dependiente, véase gráfico 2.3

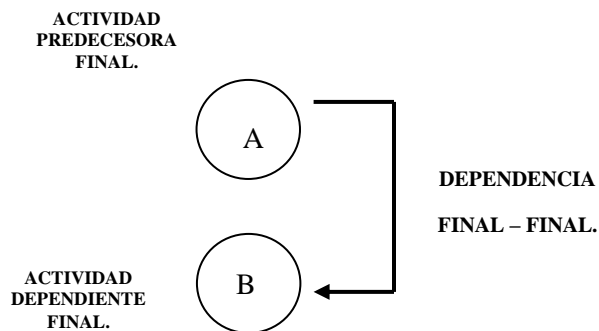
*Figura 05*



*Figura 05:* Representación inicio-fin de la actividad a ejecutar. Tomado de: PERT, GANTT y CPM...Licda. Romelia Rodríguez, fig. 2.3.

- Las dependencias final-final se representan alineando los finales de los bloques de las actividades predecesoras y dependiente, véase gráfico 2.4

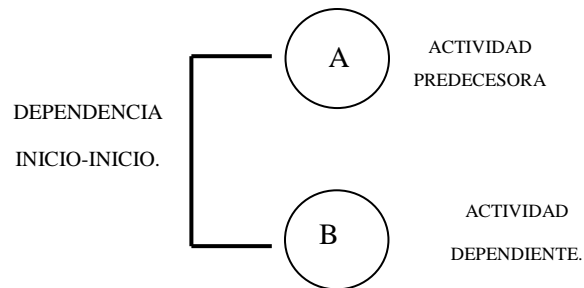
*Figura 06*



*Figura 06:* Representación fin-fin de la actividad. Tomado de: PERT, GANTT y CPM...Licda. Romelia Rodríguez, fig. 2.4.

- Las dependencias inicio-inicio se representan alineando los inicios de los bloques de cada las actividades predecesoras y dependiente, véase gráfico 2.5

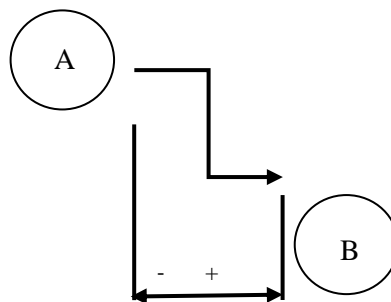
**Figura 07**



*Figura 07:* Representación inicio-inicio. Sacado de: PERT, GANTT y CPM...Licda. Romelia Rodríguez, fig. 2.5

- Los retardos se representan desplazando la actividad (bloques) hacia la derecha en el caso de que los retardos sean positivos y hacia la izquierda en cuanto los retardos sean negativos, véase gráfico 2.6

**Figura 08**



*Figura 08:* Representación de retardos positivos-negativos. Sacado de: PERT, GANTT y CPM...Licda. Romelia Rodríguez, fig. 2.6



## **Sistema de Trayectoria Crítica y el Proceso de Planeación:**

### **Historia:**

A mediados de 1957 Du Pont de Memoras de los Estados Unidos estaba interesada en ampliar cerca de 300 fábricas , lo cual implicaba un gran número de actividades , pensemos que cada ampliación tuviera 100 actividades , esto implicaba cerca de 30.000 actividades las cuales no podían ser planteadas en las gráficas de Gantt , los técnicos de la Du Pont dirigidos por los ingenieros Kelly y Walker juntos con los técnicos de la Remington Rand pensaron que la única posibilidad era utilizar la computadora e idearon un sistema que ellos denominaron C.P.M. ( Criticar Pat Método ) que traduce método del camino crítico.

A fines del año 1957 la armada de los Estados Unidos estaba enfrentada ante el problema de la producción de los submarinos atómicos armados con proyectiles Polares. Este proyecto era bastante complejo por ser un problema de investigación , además tenía cerca de 3.000 sub-contratistas , pensemos que cada uno de ellos hiciera 30 actividades , ello significaba que un proyecto de 90.000 actividades , que no podían ser planeadas por el método de barras de Gantt .Los técnicos de la armada en colaboración con la Locke , pensaron que la única posibilidad era desarrollar un sistema que pudiera trabajarse a través de la computadora e idearon un sistema que denominaron P.E.R.T. (Programa Evaluación And Revire ) que traduce “ Evaluación de Programas Y Revisión Técnica “. Este sistema le permitió a la armada terminar su proyecto dos años antes del plazo fijado, lo cual significo un éxito y una gran publicidad para el sistema.

En el momento que aparecen distintos sistemas de, se establecen unas diferencias cuantitativas entre estos dos métodos de programación, como se puede apreciar en la tabla 3.1 a continuación:

*Tabla 02:*  
*Diferencias entre CPM y PERT.*

DIFERENCIAS	
CPM	PERT
1. Determinístico	1. Probabilístico
2. Se basa en actividades	2. Se basa en eventos
3. Orientado a quien ejecuta	3. Orientado a quien controla
4. Todo tipo de proyecto	4. Proyectos de investigación

Ejemplo: Hacer una mesa para el carpintero es un concepto determinístico, para otra persona hacerla es un concepto probabilístico porque nunca ha realizado este tipo de actividad.

El C.P.M. hace hincapié en las actividades porque las conoce, El P.E.R.T. hace hincapié en los eventos u objetivos, que es lo único que puede definir pues no posee experiencia acerca del tema a trabajar.

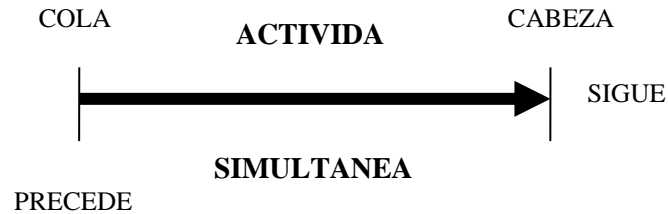
El C.P.M. es un concepto determinístico porque trabaja sobre las actividades conocidas, cosas que ya se han realizado, cosas sobre las cuales existe experiencia, P.E.R.T. trabaja sobre actividades desconocidas, cosas que no se han realizado, cosas sobre las cuales no existe experiencia.

### **Reglas para la Elaboración del Modelo:**

1. Todo sistema que recurre a modelos necesita un modelo de representación, en el caso de C.P.M. / P.E.R.T. el modelo se denomina diagrama de flechas, redes o mallas, en este

diagrama cada actividad está representada por una flecha que hace representación de una actividad solamente, por lo tanto, no es un vector representativo del tiempo representando un modelo lógico.

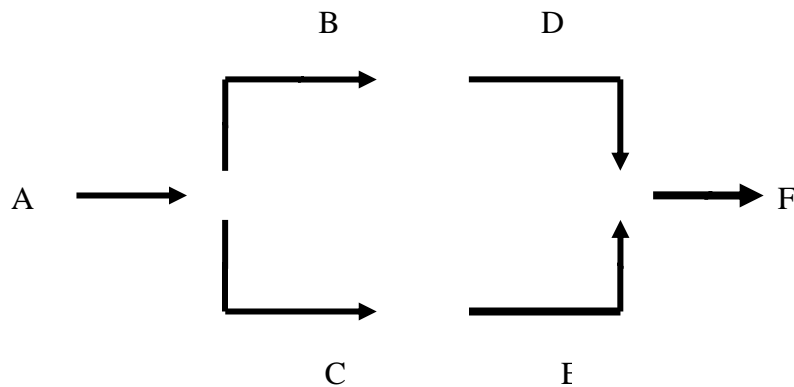
*Figura 09*



*Figura 09: Representación de la flecha. Sacado de: TRAYECTORIA CRÍTICA, Jorge Noriega Santos, fig. 4.2 Elementos De La Flecha.*

En la cola se inicia la actividad y termina la que precede. En la cabeza termina la actividad, y se inicia la que sigue. Entre la cola y la cabeza se desarrolla la actividad y estarán las actividades simultaneas.

4. Las flechas se conectan para formar un modelo de proyecto, respondiendo a las preguntas ¿qué actividades preceden?, ¿qué actividades siguen?, ¿qué actividades son simultáneas? ¿Cómo podemos apreciar bien en el siguiente grafico?

*Figura 10*

*Figura 10: Ejemplo trayectoria crítica. Sacado de: TRAYECTORIA CRITICA Jorge Noriega Santos,*

Como se puede apreciar en este modelo, que A precede a B y C; B precede a D; C precede a E, D y E precede a F.

### **Red De Actividades:**

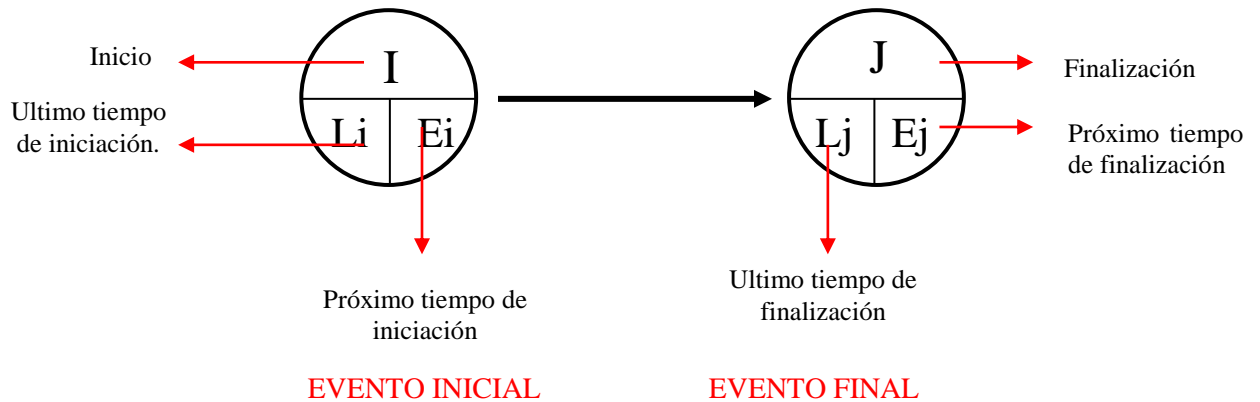
Es la representación visual del método de la ruta crítica, es el diagrama de flechas o de red de actividades, que ilustran gráficamente el conjunto de operaciones del proyecto y de sus interrelaciones entre todas las actividades.

La simbología corresponde a flechas que representan las actividades y círculos que representan los nudos o uniones que simbolizan los eventos.

La ruta crítica es la concatenación de actividades que da el mayor tiempo de duración del proyecto, es importante definir que cuando a un evento llega una sola flecha, el tiempo es el que precede pero cuando llegan dos o más flechas, el tiempo es el de mayor duración.

Dentro de la red de actividades es fundamental conocer la siguiente simbología:

*Figura 11*



*Figura 11:* Simbología de la ruta crítica. Tomado de: TRAYECTORIA CRÍTICA, Jorge Noriega Santos, fig. 4.2 Elementos De La Flecha.

- $E_i =$  Próximo tiempo de iniciación ;  $E_i = (\text{anterior}) + \text{duración anterior}$
- $L_i =$  Ultimo tiempo de iniciación ;  $L_i = L_j - \text{duración}$ .
- $E_j =$  Próximo tiempo de finalización;  $E_j = E + \text{duración (i-j)}$ .
- $L_j =$  Ultimo tiempo de finalización ;  $L_j = L_j (\text{anterior}) - \text{duración}$ .

### Eventos:

En los modelos de programación P.E.R.T. y C.P.M. existe algo denominado eventos que se representan por círculos, nudos o nodos. Por lo tanto, toda actividad parte de un evento que llamamos de principio (E.P.) y termina en un evento que llamamos de fin (E.F.)

No es posible que una actividad parta de una actividad o que llegue a otra actividad.

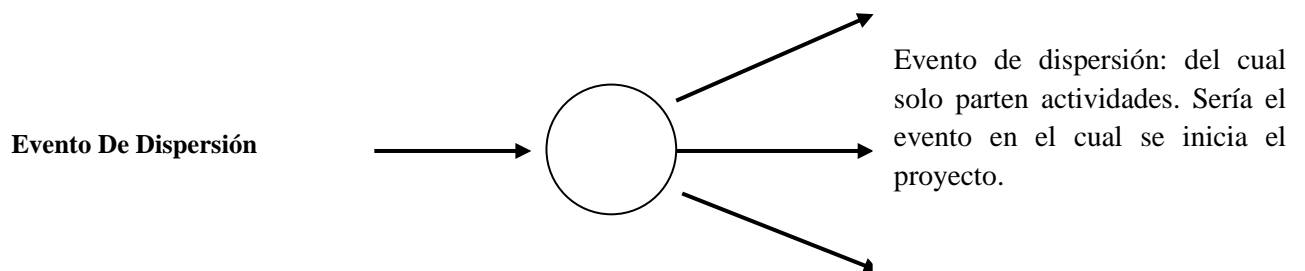
**Figura 12**



*Figura 12:* Simbologías de *eventos*. Sacado de: TRAYECTORIA CRITICA, Jorge Noriega Santos, fig., 4.4 Representación de los eventos

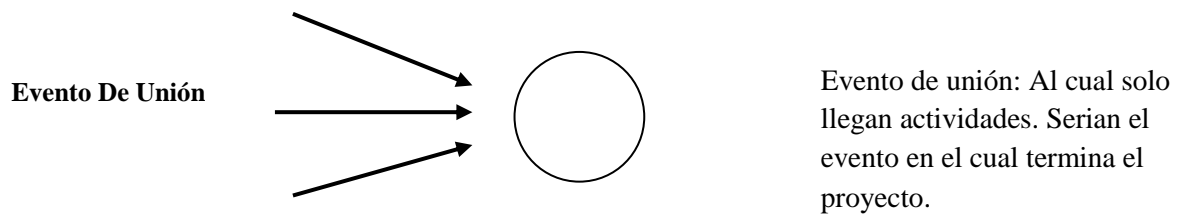
**Tipos de Eventos:**

**Figura 13**



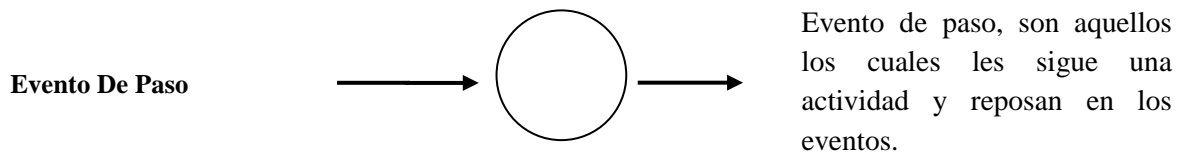
*Figura 13:* Evento de dispersión. Sacado de: TRAYECTORIA CRITICA, Jorge Noriega Santos fig., 4.5

**Figura 14**



*Figura 14:* Evento de unión. Sacado de: TRAYECTORIA CRITICA, Jorge Noriega Santos fig., 4.6.

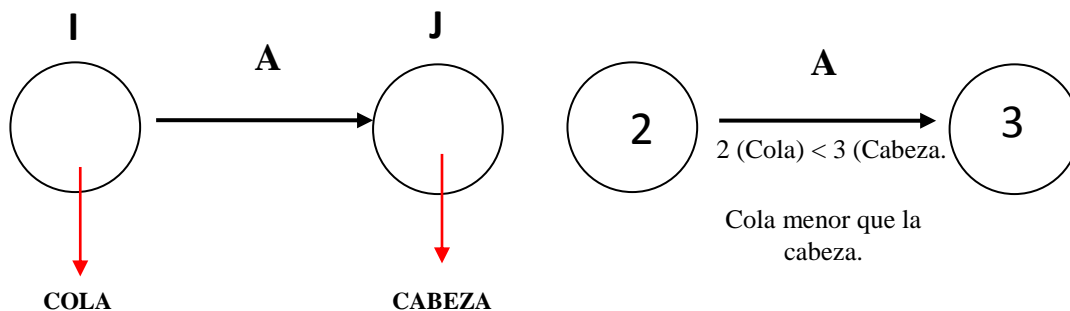
**Figura 15**



*Figura 15; Evento de paso. Sacado de: TRAYECTORIA CRÍTICA, Jorge Noriega Santos, fig. 4.7.*

Con estos elementos creamos el modelo de programación de Trayectoria Crítica que es la representación gráfica de la secuencia, los eventos se identifican con números siguiendo la regla de que si la cola de una actividad es I la cabeza es J, el valor de I deberá siempre ser menor que J.

**Figura 16**

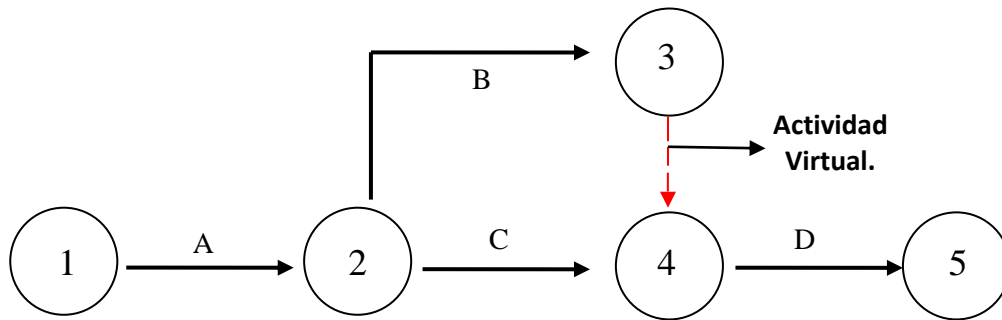


*Figura 16: Representación sistema LPU. Sacado de: TRAYECTORIA CRÍTICA, Jorge Noriega Santos, fig. 4.9*

**Actividad Virtual:**

Existe una regla de numeración que dice que entre dos eventos no puede haber más de una flecha que los una por tanto, se crea una actividad virtual que elimine la doble identificación, esta se identifica con una línea punteada como se observa a continuación:

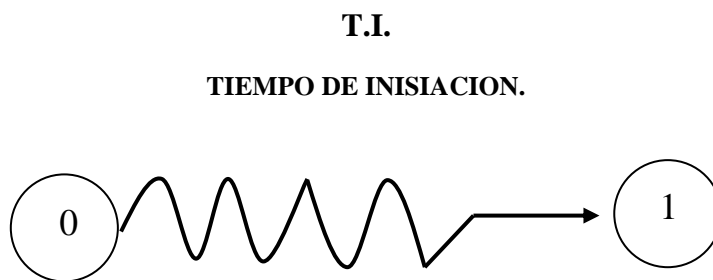
*Figura 17*



*Figura 17:* Actividad virtual. Sacado de: TRAYECTORIA CRÍTICA, Jorge Noriega Santos, fig. 4.13

Existes un concepto que se denomina tiempo de iniciación, que significa todo lo que debe estar terminado antes de iniciar el proyecto y que no lo queremos incluir en el modelo, tales como autorizaciones, permisos, etc.... este concepto se representa de la siguiente manera:

*Figura 18*



*Figura 18:* Tiempo de iniciación. Sacado de: TRAYECTORIA CRÍTICA, Jorge Noriega Santos, fig. 4.14.



### **Trayectoria crítica programación – tiempo:**

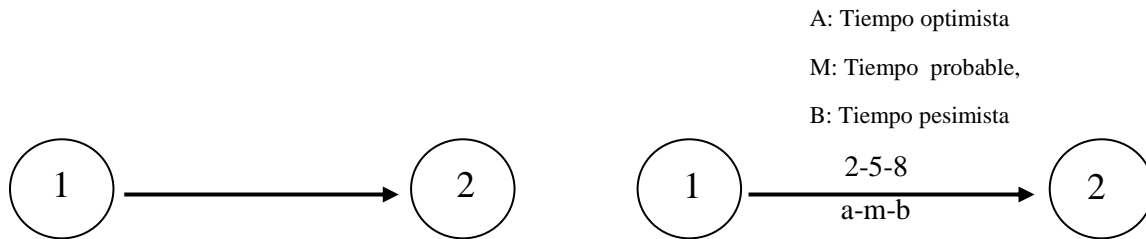
La inclusión del tiempo es una variable que nos permitirá analizar uno de los conceptos más importantes de estos sistemas que en el sistema de Trayectoria Crítica, el proceso de programación de tiempo incluye los siguientes pasos:

1. Estimación de la duración
2. Determinación de la fecha de iniciación del proyecto
3. Determinación de las fechas de iniciación de las actividades
4. Determinación de las fechas de terminación del proyecto
5. Determinación de las fluctuaciones de las actividades
6. Determinación de la Trayectoria Crítica

La estimación de la duración de las actividades se puede estimar mediante un tiempo determinístico o probabilístico, con el primer concepto se trabaja cuando se conoce la actividad, se tiene alguna experiencia sobre ella o pueden existir datos sobre rendimiento, con el segundo concepto se trabaja cuando se desconoce la actividad, no se tiene experiencia alguna sobre ella o no existen rendimientos de la actividad.

Cuando la duración es determinístico, el dato se coloca sobre la flecha y sería único; cuando es probabilístico serían tres los datos que aparecen sobre cada actividad como se muestra a continuación:

**Figura 19**



*Figura 19: Tiempo determinístico y probabilístico Sacado de: TRAYECTORIA CRÍTICA, Jorge Noriega Santos, fig.5.1*

Para cada actividad debemos definir en qué momento se puede iniciar , esto supone que no todas las actividades pueden iniciarse simultáneamente , en el proyecto , si hablamos de fechas , de iniciación existen dos fechas que son : Iniciación Primera ( IP) , e iniciación ultima ( IU) . IP es el primer instante en que se puede iniciar una actividad y IU es el último instante en que se puede iniciar la actividad.

Si existen dos iniciaciones existen dos terminaciones las cuales son: (TI) que es el primer instante en que se puede terminar la actividad y (TU) que es el último instante en que se puede terminar la actividad.

Para calcular los datos de las dos terminaciones se usan las siguientes formulas:

*Tabla 03:  
Cálculos de tiempos probabilísticos*

CALCULOS	
TP= IP + D	TU= IU + D
IP= TP - D	IU= TU - D

Sacado de: TRAYECTORIA CRÍTICA, Jorge Noriega Santos.

En resumen el cálculo de IP y TP es un recorrido hacia adelante o sea tomando las flechas de la cola a la cabeza, sumando los tiempos de duración de las actividades y tomando para la actividad siguiente la mayor terminación primera de las actividades precedentes.

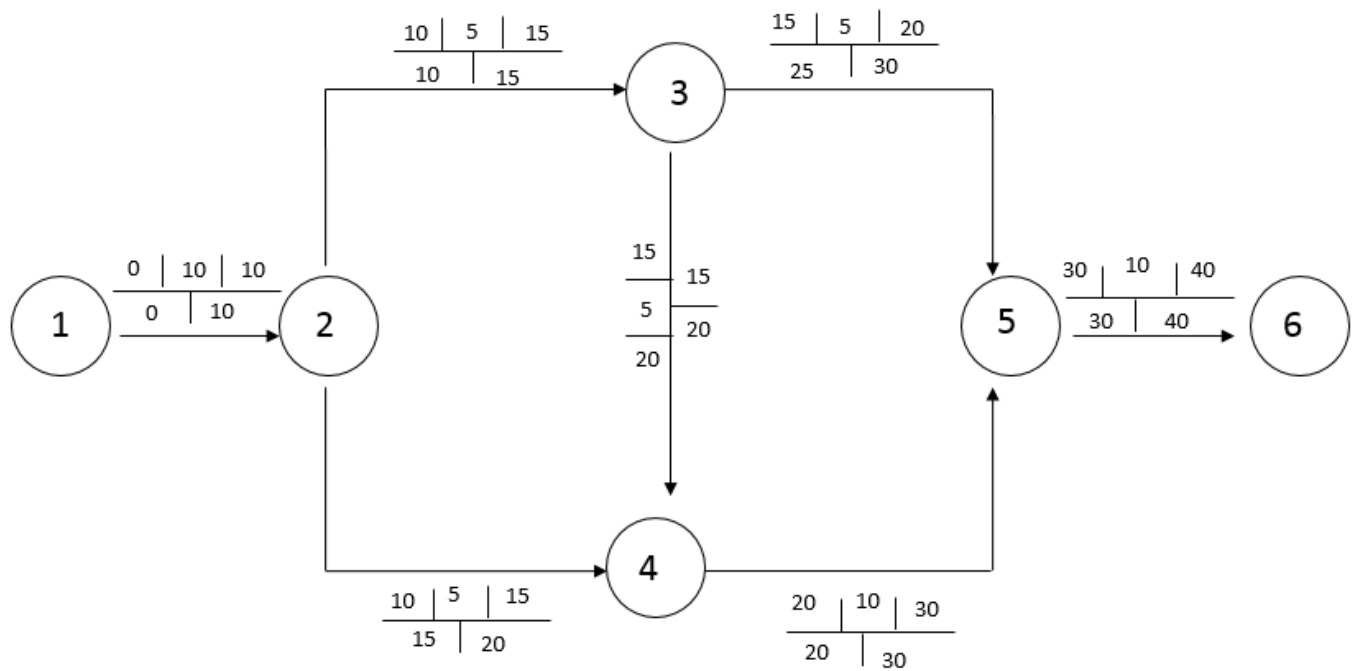
Las fluctuaciones que también reciben el nombre de holguras o buffers, se pueden definir como las márgenes que tienen las actividades, para atrasarse en su iniciación o en su terminación, sin afectar la duración total del proyecto.

La trayectoria crítica, ruta crítica o secuencia crítica la podemos definir como el camino más largo (en concepto de tiempo) del principio al fin de todo el proyecto. Todo proyecto tiene por lo menos un camino crítico, aunque pueda darse el caso de que exista más de uno y aun que todos los caminos sean críticos, en este último caso el proyecto se denomina hipercrítico.

Las actividades que tienen fluctuaciones igual a cero son críticas, y no se pueden atrasar, por el contrario las actividades de fluctuación diferente de cero son las actividades no críticas y estas se pueden atrasar sin atrasar el proyecto. Para definir la ruta crítica de un proyecto basta solamente definir las actividades críticas del proyecto, esta credibilidad de las actividades se debe indicar con una línea gruesa o una línea de otro color, con el fin de visualizar este concepto.

Se indica en la siguiente figura:

*Figura 20*



*Figura 20:* Programación de tipo PERT. Sacado de: TRAYECTORIA CRÍTICA, Jorge Noriega Santos.

**Reglas para la elaboración del sistema L.P.U.**

El sistema L.P.U. es un sistema más dinámico de mayor flexibilidad en su elaboración en comparación al sistema de trayectoria crítica y las barras de Gantt.

En este sistema la actividad se cumple en el nudo, que es representado por un círculo y esta es la diferencia fundamentan con el sistema C.P.M. y P.E.R.T.

**Figura 21**

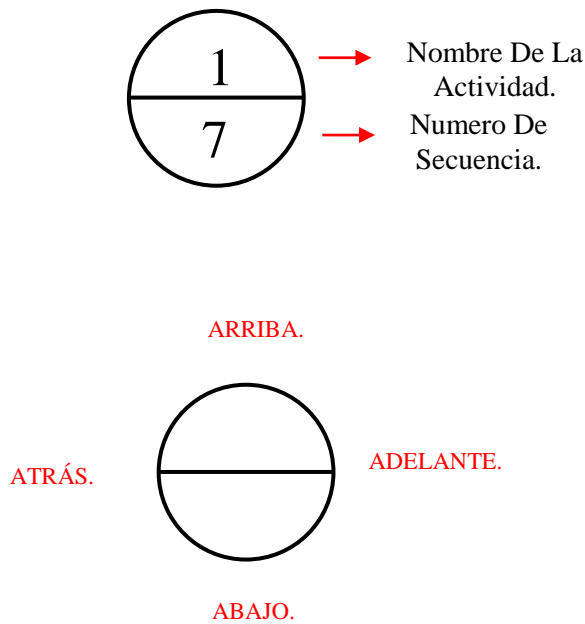


*Figura 21: Diferencias entre modelo. Sacado de: TRAYECTORIA CRÍTICA, Jorge Noriega Santos, fig. 4.16.*

La línea que une las actividades se denomina secuencia, no requiere flechas ya que L.P.U. es un modelo posicional, a diferencia del sistema de Trayectoria Critica que es un modelo direccional.

Cada uno de los nudos se dividen en dos partes: En la parte superior el nombre de la actividad y en la parte inferior el número de la secuencia, que indica el número de actividades que están dibujadas antes de esta actividad en el modelo.

**Figura 22**



*Figura 22: Figuras en el nudo. Sacado de: TRAYECTORIA CRÍTICA, Jorge Noriega Santos, fig. 17.*

**Reglas de secuencia:**

Como el modelo L.P.U. Es un modelo posicional necesitamos definir las posiciones de una actividad en relación con las demás, las posiciones son atrás, adelante, arriba y abajo. El concepto arriba – abajo es sobre la misma vertical, así:

La actividad J esta atrás de I, U esta atrás de I, D está arriba de I, T esta debajo de I, H esta delante de I y S esta delante de I, ósea que una actividad en relación a otra no puede estar si no en una de las cuatro posiciones posibles. **Figura 23**

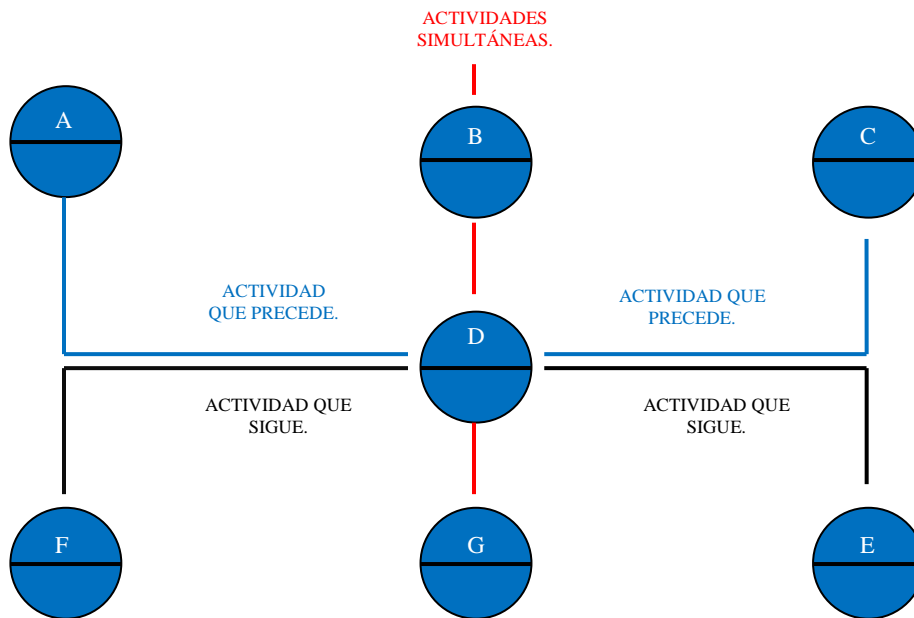


Figura 23: Concepto posicional. Sacado de: TRAYECTORIA CRÍTICA, Jorge Noriega Santos, fig. . 4.19.

1. Para que una actividad preceda a otra actividad debe estar atrás o arriba y unida con una línea.
2. Para que una actividad siga a otra actividad debe de estar adelante o abajo y unida con una línea secuencial.
3. Para que una actividad sea simultánea con otra actividad, debe de estar sobre la misma vertical sin línea de secuencia.

### **Ventajas del modelo L.P.U.:**

#### **1 Simplicidad:**

Como las actividades se cumplen en los nudos y las relaciones entre las actividades, solo son líneas de secuencia no existe el problema de las flechas que complica los modelos CPM/PERT .No existen actividades virtuales, ya que no hay problemas de doble identificación.

Los conceptos sobre la cabeza y la cola del modelo CPM/PERT son eliminados. En fin las reglas para elaborar el modelo son muchos más simples, como se pudo analizar en este capítulo.

#### **2 Facilidad De Revisión:**

Durante el desarrollo de un proyecto, pueden aparecer nuevas actividades que nos exigen su inclusión y por lo tanto la modificación del modelo, para así amoldarlo a la realidad.

Cualquier cambio del sistema PERT/CPM, implica una gran cantidad de pasos que se vuelve dispendioso a la hora de programar en la obra constructiva.

#### **3. Numeración:**

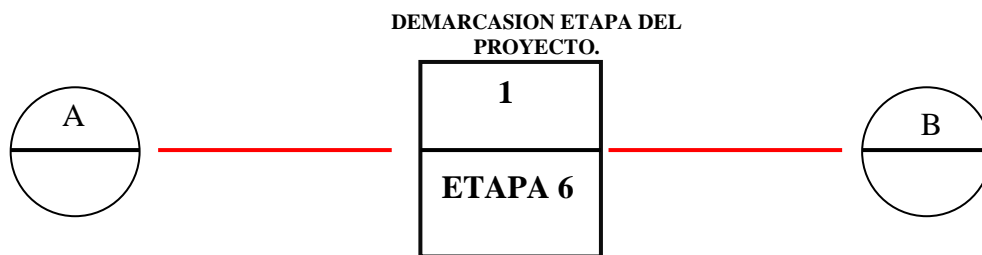
En el diagrama L.P.U., cada actividad, tiene un solo número de identificación que puede asignársele de forma permanente, lo cual nos evita cualquier tipo de problema de cambio de numeración al modificar el diagrama.

#### 4. Representación De Los Eventos:

En la explicación del sistema, decíamos que el L.P.U. está orientado hacia las actividades, pero también nosotros podemos introducir eventos en el modelo, lo cual amplía el campo de aplicación de este sistema.

El definir el modelo L.P.U. tiene la ventaja de que inmediatamente el modelo se orienta a quien orienta, porque define los puntos de control ósea todos los eventos.

*Figura 24*



*Figura 24:* Demarcación de etapas. Elaboración propia

A lo largo de toda la experiencia con el L.P.U. en diversos tipos de programación, hemos podido comprobar las ventajas, por lo cual podemos asegurar que posee mejores ventajas que el sistema de Trayectoria Critica.



**Ventajas de los sistemas de trayectoria crítica (C.P.M. /P.E.R.T. /L.P.U.):**

Estos sistemas tienen una serie de ventajas sobre el sistema tradicional de barras que cuantitativamente se podrían resumir de la siguiente manera:

1. Se puede conocer exactamente la secuencia de las actividades.
2. Se puede analizar el efecto de cualquier atraso o adelanto de una actividad.
3. Se pueden estudiar rápidamente diferentes alternativas.
4. Se pueden analizar todas las variables (tiempo, costos, recursos)
5. Podemos conocer cuáles son las actividades que se pueden atrasar sin modificar nada.
6. La efectividad del sistema es directamente proporcional al número de actividades, cuanto más actividades existen más detalles y más conocimiento del proyecto tenemos.
7. Se pueden visualizar todos los problemas y situaciones en el papel, antes de que ellos ocurran en la realidad.

## Línea de Balance

El método de planeación línea de balance o también llamado balanceo de líneas, fue desarrollado por un grupo de trabajo liderado por George E. Fouch quien era entonces el gerente de good year en 1937, para el año de 1940 Gorge aplico la línea de balance para monitorear la producción dentro de la empresa.

Aunque datos históricos nos indican que el método fue utilizado por la industria naval americana con el fin de evaluar el ritmo de flujo de producción en masa, pero fue entonces hasta después de la década de los 40 cuando la aplicación de este método se hizo más común, para citar algunos ejemplos tenemos ah: en 1968 Lumsden quien modifica la técnica y a aplica en a la programación de unas viviendas, en 1970 Khisty utiliza las líneas de balance en el sentido tradicional para un proceso de manufactura, entrenamiento de supervisores, producción y suministro de trabes de concreto pre colado , trabajos de ampliación y reparación de un puerto.

La planeación por línea de balance se convirtió en un método alternativo de programar, es por esto que desde el ámbito de la investigación grandes especialistas estudian esta técnica por la sencillez, los principios en que se basa y por las múltiples ventajas que implica su utilización, algunos de estos estudios fueron realizados por: Carr y Meyer en 1974 investigan la forma de encontrar los recursos necesarios en las líneas de balance para cualquier momento en el transcurso del proyecto, O'brien entre 1975 y 1984 concluyo que proyectos de tipo repetitivo se planean mejor con el método de línea de balance, Arditiy y Albulak en 1986 aplicaron el método de planeación a un proyecto de construcción de una carretera utilizando un kilómetro como la unidad experimentando y desarrollando un programa de obra con línea de balance que les permitió acelerar el ritmo de trabajo del proyecto original, en 1990 presenta un desarrollo formal de la línea de balance por lo que en las dos últimas décadas por lo que hasta 2010 fueron publicados los resultados de un gran número de proyectos de investigación.

Su aplicación sobresalió en Finlandia, tan importación lleo a ganar que se creó un software llamado DYNA project.

Esto hace a la línea de balance ser un método de representación gráfica de actividades en disposiciones temporales de un sistema productivo, a diferencia de los métodos de CPM, diagramas de Gantt etc... Estas actividades se representan en función al tiempo de locación, la cual potencializa el flujo de producción de forma más intuitiva y aproximada a la realidad.

La aplicación por el método de línea de balance rige los siguientes principios:

- a) Desarrollada para un número limitado de actividades
- b) Desarrollada para actividades repetitivas
- c) Es necesario establecer condiciones referentes a los equipos de trabajo en términos de horas y dimensión
- d) El ritmo de la ejecución de una actividad es representada por la inclinación de la línea de producción, la cual debe ser lineal
- e) Mantener la linealidad del ritmo de ejecución, fortaleciendo las debidas condiciones para los equipos de trabajo.

### **Planeación por el método de línea de balance**

En la industria de la construcción inmobiliaria los términos calidad, cantidad y precio toman una gran importancia, en donde los costos del inmueble entran a competir en un mercado amplio. Los clientes en determinadas ocasiones evalúan el proyecto desde todos los puntos de vistas, es por eso que la planeación y la programación de esta clase de industria se basan en el aprovechamiento de los recursos y su eficiencia para cumplir con los tiempos estipulados para su ejecución.

La línea de balance es una técnica de programación que nos permite mostrar la planeación que realiza un proyecto de construcción, como una sola línea o barra en una gráfica.

La programación por el método de líneas de balance está siendo usada en construcciones de casas y apartamentos donde cada unidad de vivienda se repite n veces.

El objetivo es identificar y analizar el orden lógico, disposición de recursos de las actividades anteriores y posteriores, para así, establecer un factor multiplicador identificando los momentos ociosos, esto para luego realizar un debido balanceo mitigando las pérdidas.

Este método se representa por una línea o barra colocada en diagonal según la duración, las cuales se pueden mover, modificando los rendimientos de acuerdo a nuestra necesidad. Esas líneas no se pueden cruzar ya que indicaría que hay un cruce de actividades que se están ejecutando a la vez (conflictos técnicos), también podremos observar la fecha de inicio y terminación de cada tarea, determinando cuando termina una y puede empezar otra.

Para la correcta realización de esta programación se debe tener en cuenta el siguiente aspecto.

- Plena identificación de las actividades
- Estimación de la duración en días de cada actividad
- Establecer escala de tiempo donde todas las actividades serán realizadas
- Establecer el método de trabajo o plan.

Según lo anterior, podemos establecer que el propósito de la programación por líneas de balance como su nombre lo indica es, balancear el rango del progreso de cada actividad, así como para planear e identificar tiempos perdidos, ya que estos pueden ser utilizados en otras actividades o en su defecto adelantados a su plan inicial

### **Composición de la línea de balance**

La línea de balance es un tipo de programación flexible, dependiendo del proyecto en el que se ha de implementar, su forma de graficación es el resultado de la utilización del plano cartesiano, en donde se enfrenta tiempo y actividades, aquí se nos muestra el ritmo de trabajo a través de las pendientes de trabajo.

#### **a) Localización :**

Se establece una distribución de sectores de trabajo, para maximizar la economía y el rendimiento del trabajo.

#### **Principios De Trabajo:**

Al realizar en la mayoría de los casos trabajos en sitios fijos, pero en donde el traslado, distribución, herramienta se encuentran en puntos no fijos de trabajos se establecieron 6 principios sacados de la ingeniería industrial, y hoy implementador en la filosofía lean construction, para realizar un trabajo óptimo en términos de rendimientos:

#### **Principios de satisfacción y seguridad:**

“En igualdad de condiciones la distribución del trabajo es efectivo, satisfactorio y seguro. (Orihuela, 2013).

#### **Principio de integración en conjunto:**

Óptima distribución de la integración de las actividades entre la maquinaria, los operarios, las herramientas entre otros. Orihuela, 2013).

**Principio de la mínima distancia recorrida:**

En igualdad de condiciones, la distribución planteada se sujetara a este principio cuando los materiales recorran las menores distancias dentro de las aéreas de trabajo. Orihuela, 2013).

**Principio de la circulación o flujo de materiales:**

La mejor distribución de materiales permitirá que los procesos y aéreas de trabajo se encuentren mejor organizadas y procesos de las actividades secuenciales o precedentes. Orihuela, 2013).

**Principio de espacio cubico:**

La economía se obtiene utilizando todo el espacio disponible tanto en sentido vertical y sentido horizontal. Orihuela, 2013).

**Principio de la flexibilidad:**

En igualdad de condiciones la distribución que permita realizar ajustes o mejoras dentro de las aéreas de trabajo, con los menores costos e inconvenientes. Orihuela, 2013).

**b) Las actividades principales e Hitos:**

Una vez definida la estructura y la distribución del proyecto es necesario determinar el tipo de actividades que lo componen y graficar los resultados obtenidos.

Las actividades que componen todo el proyecto en cada una de sus etapas , se puede desglosar en actividades de primer y de segundo nivel , por ejemplo una actividad de primer nivel podría ser , un pórtico estructural , la actividad secundaria seria pórticos verticales y horizontales , y una actividad terciaria seria refuerzo metálico , formaleta .

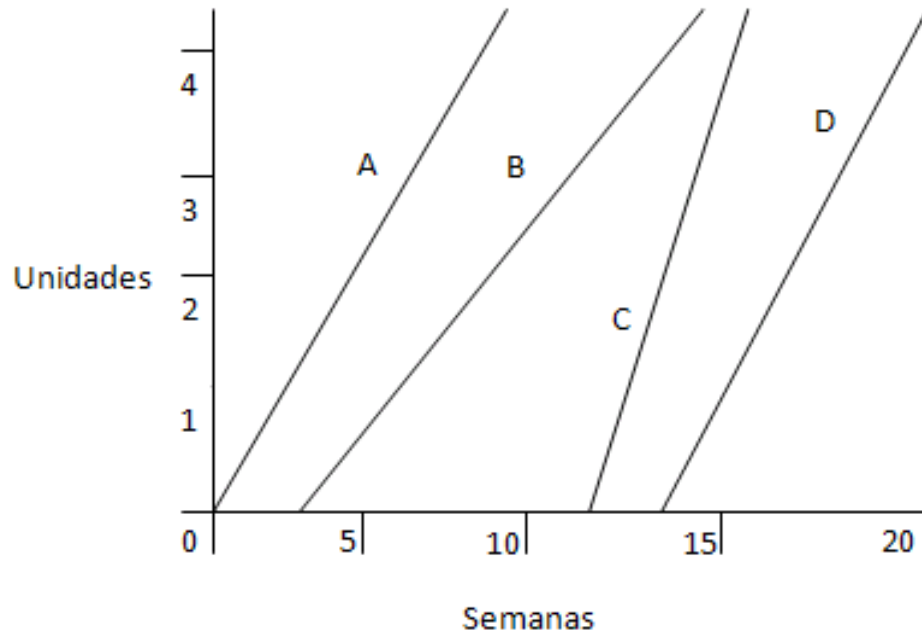
**c) Plazo:**

El plazo del proyecto se encuentra en función de las cantidades de trabajo requeridas y de la asignación de recursos oportunamente, para alcanzar el tiempo óptimo al menor costo.

**d) Ritmo del proyecto:**

El ritmo del proyecto es el resultado de la pendiente de las líneas de balance. La pendiente depende de la tangente del Angulo que3 estas líneas forman en donde mayor sea la inclinación de la línea que representa la actividad, mayor será el ritmo de trabajo.

*Figura 25*



*Figura 25:* Grafica en la programación por líneas de balance  
Fuente: Arcila.

### Representación gráfica:

La línea de balance es una herramienta de programación que facilita el observar el trabajo que se realiza de una manera más sencilla que el resto de herramientas de programación, la visualización de una sola línea o barra de una gráfica.

Cálculos aplicados a la línea de balance:

El cálculo básico dentro del método de línea de balance es obtener su pendiente, de forma gráfica se lo expresa de la siguiente manera:-

$$R: \frac{N - 1}{T - t_0}$$

En donde:

- R: Ritmo de trabajo
- N: Número de unidades en construcción
- $t_0$ : Tiempo de la primera unidad de construcción
- t: Tiempo total de todas las unidades de construcción

act	Actividad a realizar.
H	Horas - hombre necesarias para ejecutar la actividad.
C	Tamaño o número de personas necesarias para integrar cada cuadrilla.
G	Requerimiento teórico de recursos.
g	Asignación real de recursos.
R	Rendimiento teórico.
D	Duración de las actividades.
T	Tiempo transcurrido entre el inicio de la primera sección a la última.
B	Buffer, tiempo de espera entre actividades.



Las fórmulas que se utilizaran para su elaboración son las siguientes:

*Tabla 04:  
Nomenclatura Línea De Balance*

ct	Secuencia lógica de las actividades.
H	Resultante de la experiencia personal.
C	Resultante de la experiencia personal...
G	$:(RXH)/(hxd)$ donde h : Número de horas trabajadas al día d : Número de días trabajados en la semana
r	$:(G \times R) / G$
T	$:(n-1)xd/r$ n : Número de unidades por construir

Fuente: Arcila, programación de obras con la línea de balance 2012

### Guía de implementación de la línea de balance:

#### -Pasos:

En este punto se procederán a definir los pasos concretos para la elaboración de la línea de balance (Arcila, Programación de obras con la técnica de líneas de balance 2012).

#### -Paso 1:

Elaborar un diagrama lógico y consecuente de actividades, posteriormente como resultado el grafico tendrá lógica.

#### -Paso 2:

Considerar adecuadamente las horas-hombre de cada actividad, esto nos dará como resultado el menor retraso posible de las actividades.

**-Paso 3:**

Asumir un tiempo de espera condicionado, esto se le conoce como buffers, el cual ayudara a prevenir el cruce de actividades.

**-Paso 4:**

Poseer el rendimiento que se necesita en esta actividades para poder finalizar la construcción en el tiempo establecido, El rendimiento se lo extrae del análisis de precios unitarios, caso contrario deberá ser calculado.

**-Paso 5:**

*Tabla 05:  
Tabla asignación de recursos Línea De Balance.*

CT.	H-H Por Actividad	Tamaño De La Cuadrilla	Requerimiento teórico de recursos	Asignación Real De Recursos	Rendimiento Real	Duración De La Actividad	Tiempo Transcurrido Del Inicio De La 1r Sección Al Inicio De La Ultima	Buffer
D	H	C	G	g	r	D	T	b

Fuente: Arcila, programación de obras con la línea de balance 2012

**-Paso 6:**

Efectuar la gráfica con los resultados de la columna T.

**-Paso 7:**

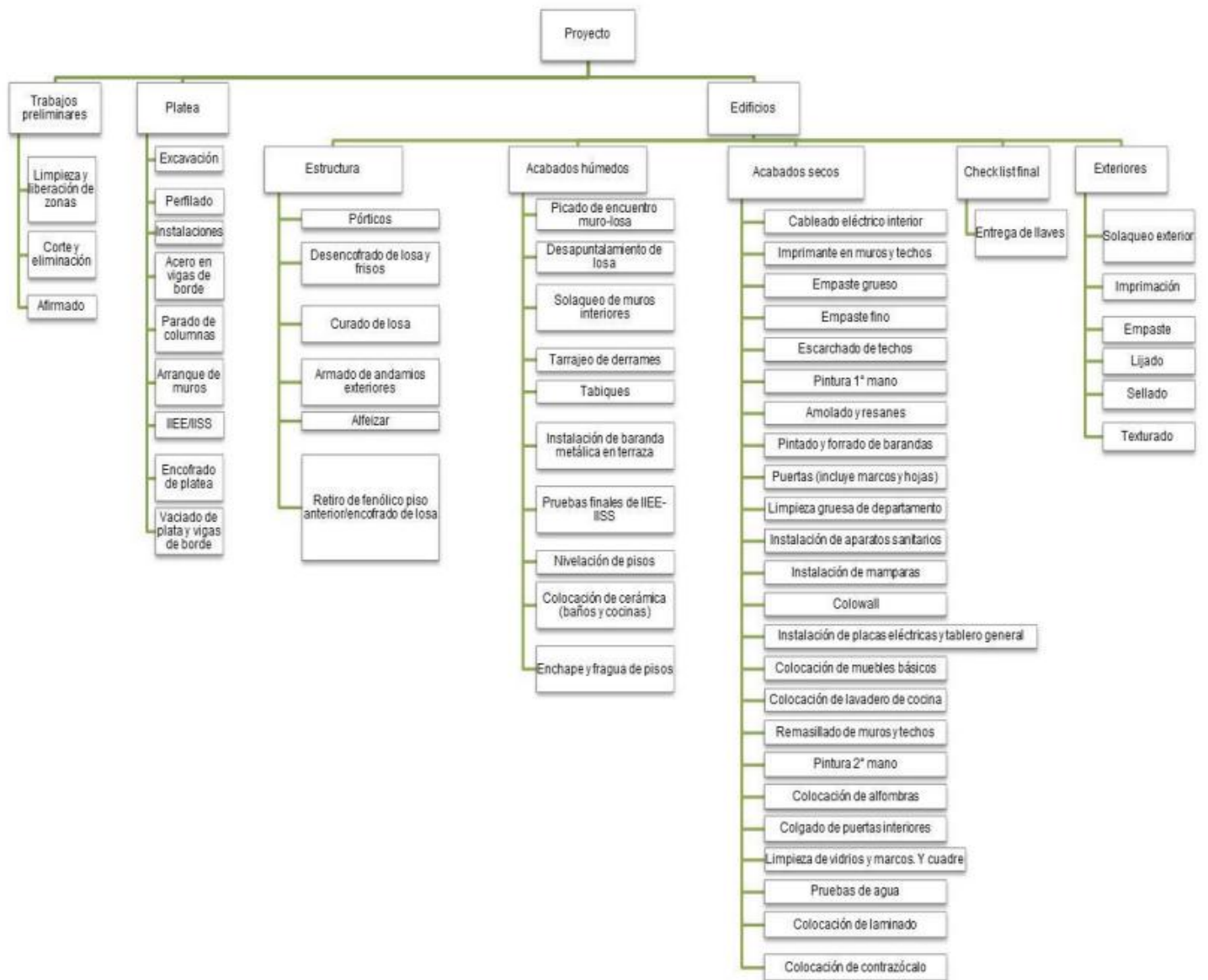
Una vez obtenida la gráfica se deberá analizar cada actividad y ver si va de acuerdo con el plazo de ejecución de la construcción, caso contrario se deberá de tener en cuenta diferentes alternativas de acuerdo al plazo dado.

### **Aplicación de la línea de balance en Perú:**

En el Perú la introducción del método de programación por el método de línea de balance es bastante reciente igual que en Colombia, no contando hasta hace relativamente muy poco tiempo con publicaciones teóricas que fundamenten su funcionalidad ni muchos menos con gran cantidad de aplicaciones en sector constructivo.

Efectivamente en Perú como en Colombia el paso a paso de la ejecución de un proyecto es el mismo, teniendo a priori un análisis detallado de las actividades a ejecutar previo al inicio de cualquier obra constructiva, parece ser que sirve en estos tres países como una guía para no llevar a cabo a la deriva en los proyectos, se realizan una tabla de precedencias donde se identifica una secuencia lógica de ejecución, lo que varía es su simbología y la descripción de las actividades y detalles mínimos a la hora de la ejecución de algunas actividades propios de el gentilicio del lugar.

Como podemos observar a continuación en un desglose de actividades de una obra de construcción citada por Sarah Stephan Calampa Vega del Perú, verificamos lo establecido, aunando en que el progreso y el desarrollo de cada actividad constructiva en esta parte de Latinoamérica es prácticamente la misma tanto en su parte administrativa como en la ejecución.



### **Aplicación de la línea de balance en Ecuador:**

Por otro lado en Ecuador según lo expuesto por Handel Rodrigo Terán Pérez en su trabajo de grado “Guía de implementación de la línea de balance en la programación de proyectos inmobiliarios“ el panorama expuesto no difiere mucho al de Perú y Colombia siendo que el avance tecnológico en la construcción en su parte administrativa y técnica se nota por momentos estancada y su utilización se vuelve repetitiva con los mismos métodos de ejecución y administración, delegando a un nuevo tipo de programación al lugar de los supuestos en el cual lo conocido es siempre lo mejor y más efectivo.

En su estructura básica de programación de obra en este país no varía en el marco de que la ejecución y la planeación se ejecutan desde el mismo modo con el objetivo general de realización en el menor tiempo posible, al menor costo posible, con la mejor calidad posible, estableciendo las actividades en capítulos de ejecución y asignándoles una fuerza de trabajo para su cumplimiento.

### **Toma de datos**

Para llevar a cabo la recopilación de datos sobre la planeación lineal y línea de balance fue necesario describir cada uno de los métodos existentes de tal manera que se desarrolló la descripción de CPM, LPU, barras de GANTT y LDB (líneas de balance), nombrando características, ventajas y desventajas, aplicación y representación.

Es importante resaltar el método de planeación lineal ya que de acuerdo con esta información se desarrolló una comparación de este con el método de líneas de balance. Los métodos de planeación mencionados siguen siendo usados actualmente en programaciones de proyectos de arquitectura, teniendo en cuenta que las barras de Gantt es el método tradicional más utilizado según las encuestas inicialmente hechas.

Esta investigación se llevó a cabo para determinar que, la línea de balance como método alternativo resulta más eficiente o no al momento de planear una obra de construcción, pero por su poca utilización o conocimiento que se tiene sobre ella, dificulta su implementación, sin embargo se citan algunos lugares donde su realización ha sido exitosa y eficiente.

## **Adaptación línea de balance**

### **Descripción:**

El proyecto a evaluar es un trabajo de un proyecto arquitectónico teórico, en este proyecto las principales características que deben de contener son las siguientes:

- Actividades a ejecutar.
- Planos arquitectónicos.
- Rendimientos y duración total de las actividades.
- Cantidades de obra.
- Programación por el método de barras de Gantt.
- División de cuadrillas.

### **Actividades a ejecutar:**

Las actividades a ejecutar tanto para el proyecto de una residencia como para el proyecto de 10 residencias es el mismo, lo único que varía son las cantidades a ejecutar en cada proyecto y necesariamente su duración y costo total. Para este caso utilizaremos las cantidades y los precios de una unidad residencial:

Para este caso se cuenta con un total de 111 actividades ejecutables que se categorizan según sea su naturaleza en 8 capítulos: Preliminares, Excavación cimentación y contra piso, Instalaciones hidrosanitarias, Instalaciones eléctricas, Estructura en concreto, Acabados, pañetes y Cubierta.

		UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	MINUTOS PARCIAL	MINUTOS TOTALES	HORAS	DÍAS	PRECIO TOTAL
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>									
1.1	DESCAPOTE Y LIMPIEZA	M2	153	0,07	5 9.822	4,2	643	11 1,3	5	1.502,752
1.2	NIVELACION DEL TERRENO CON MATERIAL DEL SITIO	M2	105	0,1	5 22.731	6	630	11 1,3	5	2.386,805
1.3	LOCALIZACION Y REPLANTEO	M2	105	0,04	5 21.600	2,4	252	4 1	5	2.267,962
1.4	CAMPAMENTO TEJA DE ZINC POR TODO EL PROYECTO	M2	40	0,2	5 89.650	12	480	8 1,0	5	3.585,982
1.5	RED ELECTRICA PROVISIONAL	GLB	1	8	5 2.685.159	480	480	8 1,0	5	2.685.159
1.6	RED HIDROSANITARIA PROVISIONAL	GLB	1	8	5 1.468.000	480	480	8 1,0	5	1.468.000
1.7	CERCA EN ALAMBRE DE PUNAS	M2	250	0,04	5 8.611	2,4	600	10 1,3	5	2.152,698
1.8	BAÑO PROVISIONAL EN OBRA	UND	2	1,5	5 835.727	90	180	3 0,4	5	1.671,453
<b>2</b>	<b>EXCAVACION CIMENTACION Y CONTRAPISO</b>									
2.1	EXCAVACION MANUAL ESPONAMIENTO .30%	M3	17,66	0,4	5 63.656	24	424	7,1 1	5	1.124,161
2.2	EXCAVACION CAJA DE INSPECCION	M3	2,42	0,4	5 63.656	24	58	1,0 0,1	5	154,047
2.3	EXCAVACION TUBERIA DE DESAGUE	M3	2,34	0,4	5 63.656	24	56	1,0 0,1	5	148,955
2.4	EXCAVACION TUBERIA DE AGUA POTABLE	M3	0,74	0,4	5 63.656	24	18	0,3 0,04	5	47,105
2.5	SOLADO CAJA DE INSPECCION E .005 CM	M3	0,045	0,28	5 164.780	17	0,8 0,01	###	5	7,415
2.6	SOLADO E .005 CM CIMENTACION	M3	1,27	0,28	5 164.780	17	21	0,4 ###	5	209,271
2.7	RELLENO COMPACTADO CIMENTACION	M3	2,83	0,3	5 25.688	18	51	1 0,11	5	72,696
2.8	RELLENO CAJA DE INSPECCION	M3	0,8	0,3	5 25.688	18	14	0,24 0,03	5	20,550
2.9	RELLENO TUBERIA DE AGUA DESAGUE	M3	2,1989	0,3	5 25.688	18	38	0,6 0,08	5	54,173
2.10	RELLENO TUBERIA DE AGUA POTABLE	M3	0,73	0,3	5 25.688	18	13	0,2 0,03	5	18,753
2.11	DESALDO DE MATERIAL	M3	14,99	0,1	5 25.688	6	90	1,5 0,19	5	385058,623
2.12	CONCRETO CICLOPEDO IN SITU	M3	14,31	0,3	5 249.328	18	258	4 0,5	5	3.567,885
2.13	SUB - BASE GRAVILLA FILTRANTE	M3	7,02	0,18	5 102.827	11	76	1,3 0,2	5	721,846
2.14	FILTRO FRANCÉS PARA GEOTEXTIL NT 1600	M3	5,85	0,3	5 122.250	18	105	1,8 0,2	5	715,161
2.15	PLACA DE CONTRAPISO CONCRETO 20.7 MPA E= 0.8 CM	M3	56,19	0,4	5 31.686	3	128	2,1 0,27	5	1.791,663
2.16	MALLA ELECTROSOLDADA M 188 INCLUIRE ALAMBRE TRASLAPOS	KG	128	0,003	5 3.367	0,18	23,0	0,38 0,05	5	430,931
<b>3</b>	<b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>									
3.1	CAJA DE INSPECCION 0,60 X 0,60 X 0,60 EN CONCRETO + TAPA	UND	2	4	5 230.471	240	480	8 1	5	460,941
3.2	CANAL LAMINA GALVANIZADA	M	14	0,17	5 43.673	10,2	143	2,4 0,3	5	611,418
3.3	TANQUE PARA AGUA 500 LITROS ( FLOTADOR )	UND	1	2	5 378.515	120	120	2 0,25	5	378,515
3.4	DUCHA CROMADA DE 1/2" CON MEZCLADOR	UND	1	0,15	5 61.245	9	9	0,15 0,02	5	61,244,7
3.5	DUCHA CROMADA DE 1/2" CON MEZCLADOR 2 PISO	UND	1	0,15	5 61.245	9	9	0,15 0,02	5	61,244,7
3.6	LAVAMANOS TIPO PEDESTAL CON GRIFERIA	UND	1	0,5	5 174.867	30	30	0,5 0,06	5	174,867
3.7	SANITARIO TIPO ACUACER BAJO CONSUMO	UND	1	0,5	5 177.167	30	30	0,5 0,06	5	177,167
3.8	ACOMETIDA HIDRAULICA EN TUBERIA PVC DE 1/2"	M2	5	0,03	5 5.880	1,8	9	0,15 0,02	5	29,399
3.9	PUNTO HIDRAULICO DE 1/2" PROM 3 M 2 PISO AGUA CALIENTE	PUNTO	4	0,17	5 41.453	10,2	41	0,7 0,09	5	166,813
3.10	PUNTO HIDRAULICO DE 1/2" PROM 3 M 1 PISO AGUA CALIENTE	PUNTO	2	0,17	5 41.453	10,2	20,4	0,34 0,04	5	82,907
3.11	PUNTO HIDRAULICO DE 1/2" PROM 3 M 2 PISO AGUA FRIA	PUNTO	6	0,17	5 41.453	10,2	61,2	1,02 0,13	5	248,730
3.12	PUNTO HIDRAULICO DE 1/2" PROM 3 M 2 PISO AGUA FRIA	PUNTO	3	0,17	5 41.453	10,2	31	0,51 0,06	5	124,360
3.13	TUBERIA DE PRESION PVC 1/2"	M	41,61	0,04	5 15.672	2,4	100	1,7 0,21	5	652,103
3.14	TUBERIA DE PRESION PVC 1/2" 2 PISO	M	13,6	0,04	5 15.672	2,4	32,6	0,5 0,07	5	213,136
3.15	LLAVE DE PASO 1/2" TIPO RED WHITE 1 PISO	UND	1	0,13	5 154.596	7,8	7,8	0,13 0,02	5	154,596
3.16	LLAVE DE PASO 1/2" TIPO RED WHITE 2 PISO	UND	1	0,13	5 154.596	7,8	7,8	0,13 0,02	5	154,596
3.17	MEJIDOR DE 1" VOLUMETRICO TIPO B	UND	1	0,2	5 341,244	12	12	0,2 0,03	5	341,244
3.18	LLAVE TSEMINAL DE COBRE ROSCADA DE 1/2"	UND	3	0,04	5 18.664	2,4	7,2	0,12 0,02	5	55,991
3.19	MEZCLADOR PARA LAVAPLATOS	UND	1	0,17	5 50.025	10,2	10,2	0,17 0,02	5	50,025
3.20	LAVAMANOS DE PARED TIPO PUSH	UND	1	0,17	5 179.925	10,2	10,2	0,17 0,02	5	179,925
3.21	SANITARIO TIPO TREVU	UND	1	0,5	5 186.885	30	30	0,5 0,06	5	186,885
3.22	BIJANTE PVC AGUA LLUVIA 4"	M	12	0,04	5 27.021	2,4	28,8	0,48 0,06	5	324,250
3.23	TUBERIA DE VENTILACION 3" INCLUIRE ACCESORIOS 1 PISO	M	2,5	0,04	5 19.965	2,4	6	0,1 0,01	5	49,913
3.24	TUBERIA DE VENTILACION 3" INCLUIRE ACCESORIOS 2 PISO	M	2,5	0,04	5 19.965	2,4	6	0,1 0,01	5	49,913
3.25	TUBERIA DE ALCANTARILLA PVC 2" 2 PISO	M	2,1	0,03	5 18.632	1,8	4	0,06 0,01	5	39,126
3.26	TUBERIA DE ALCANTARILLA PVC 2"	M	27,52	0,03	5 18.632	1,8	50	0,8 0,1	5	512,740
3.27	TUBERIA DE ALCANTARILLA PVC 4" 2 PISO	M	3,65	0,1	5 33.589	3,0	11,0	0,2 0,0	5	122,600
3.28	TUBERIA DE ALCANTARILLA PVC 4"	M	14,34	0,1	5 33.589	3,0	43	0,7 0,1	5	481,660
3.29	PUNTO SANITARIO PVC 2" 2 PISO	PUNTO	2	0,2	5 67.309	12	24	0,4 0,05	5	134,610
3.30	PUNTO SANITARIO PVC 2" 1 PISO	PUNTO	4	0,2	5 67.309	12	48	0,8 0,1	5	269,237
3.31	PUNTO SANITARIO PVC 4" 2 PISO	PUNTO	1	0,2	5 116.955	12	12	0,2 0,03	5	116,955
3.32	PUNTO SANITARIO PVC 4" 1 PISO	PUNTO	2	0,2	5 116.955	12	24	0,4 0,05	5	233,911
<b>4</b>	<b>INSTALACIONES ELECTRICAS</b>									
4.1	ACOMETIDA ELECTRICA 3#8 3/4"	M	4	0,067	5 19.626	4,0	16,1	0,3 0,03	5	78,503
4.2	COLOCACION DE TIMBRE CON PULSADOR 6 M	UND	6	0,17	5 60.241	10,2	61,2	1,02 0,13	5	362,546
4.3	SAUIDA INTERRUPTOR SENCILLO LONGITUD 4,5M 2 PISO	UND	4	0,22	5 45.633	13,2	53	0,9 0,11	5	182,531
4.4	SAUIDA INTERRUPTOR SENCILLO LONGITUD 4,5M 1 PISO	UND	5	0,22	5 45.633	13,2	66	1,1 0,14	5	228,164
4.5	SAUIDA INTERRUPTOR DOBLE LONGITUD 4,5M 1 PISO	UND	2	0,26	5 58.517	15,6	31,2	0,5 0,07	5	117,034
4.6	SAUIDA INTERRUPTOR DOBLE LONGITUD 4,5M 2 PISO	UND	1	0,26	5 58.517	15,6	16	0,3 0,03	5	58,517
4.7	SAUIDA TELEFONICA LONGITUD 6 M	UND	1	0,3	5 62.355	18	18	0,3 0,04	5	62,355
4.8	FABRILERO DE 4 CIRCUITOS INCLUIRE BREAKER	UND	1	0,45	5 121.543	27	27	0,45 0,06	5	121,547
4.9	TOMA DOBLE CON POLO A TIERRA 6 M 1 PISO	UND	12	0,13	5 50.983	7,8	94	1,6 0,2	5	611,801
4.10	TOMA DOBLE CON POLO A TIERRA 6 M 2 PISO	UND	6	0,13	5 50.983	7,8	47	0,8 0,1	5	305,901
4.11	ALAMBRADO 2 # 12 AGW	M	25	0,02	5 9.540	1,2	30	0,5 0,06	5	238,488
4.12	ALAMBRADO 2 # 12 AGW 2 PISO	M	25	0,02	5 9.540	1,2	30	0,5 0,06	5	238,488
4.13	BIJANTE DE 3/4 CABLE 3 No 12	M	6	0,2	5 66.354	12	72	1,2 0,15	5	398,121
4.14	SAUIDA DE VOZ Y DATOS 6 M	M	1	0,17	5 73.714	10,2	10,2	0,2 0,02	5	73,715
4.15	MEJIDOR ELECTRONICO TRIFASICO CON TOTALIZADOR Y CAJA	UND	1	1	5 732.208	60	60	1 0,13	5	732,208
4.16	LAMPARA INCANDESCENTE 150 W ( BOMBILLO ) INCLUIRE BOQUILLAS	UND	12	0,08	5 13.601	4,8	58	1,0 0,12	5	163,214
<b>5</b>	<b>ESTRUCTURA EN CONCRETO</b>									
5.1	VIGA DE SOBRECIMIENTO 20 .7 MPA	M3	6,56	0,77	5 793.899	46	303,1	5,1 0,6	5	5.207,977
5.2	ACERO VIGA DE SOBRECIMIENTO	KG	252	0,04	5 6.534	2,40	604,8	10 1,26	5	1.646,684
5.3	COLUMNA EN CONCRETO 20.7 MPA SIN REFUERZO 1 PISO	M3	3,01	1,08	5 820.599	65	195	3,3 0,41	5	2.470,001
5.4	COLUMNA EN CONCRETO 20.7 MPA SIN REFUERZO 2PISO	M3	1,83	1,08	5 820.599	65	119	2,0 0,2	5	1.501,696
5.5	ACERO DE REFUERZO DE COLUMNA 1 PISO	KG	541	0,04	5 6.534	2,4	1.298	22 2,7	5	3.535,143
5.6	ACERO DE REFUERZO DE COLUMNA 2 PISO	KG	330	0,04	5 6.534	2,4	792	13 1,7	5	2.156,372
5.7	ESCALERA EN CONCRETO 12.7 MPA E= 0.12 M	M3	1,377	2,2	5 598.073	132	182	3 0,4	5	823,546
5.8	PLACA ALIGERADA EN CONCRETO ENTRE PISO E = 0.30 M	M2	46	0,12	5 175.003	7,2	331	6 0,7	5	8.050,153
5.9	VIGA DE CERRAMIENTO EN CONCRETO IMPERMEABILIZADO 1 PISO	M3	2,161	0,6	5 248.215	48	79	1,3 0,16	5	407,321
5.10	VIGA DE CERRAMIENTO EN CONCRETO IMPERMEABILIZADO 2 PISO	M3	1,05	0,6	5 248.215	24	25	0,4 0,05	5	260,626
5.11	REFUERZO VIGA DE CERRAMIENTO 1 PISO DIAMETRO 10	KG	145	0,04	5 6.534	2,4	348	6 0,73	5	947,497
5.12	REFUERZO VIGA DE CERRAMIENTO 2 PISO DIAMETRO 10	KG	93,8	0,04	5 6.534	2,4	225	4 0,47	5	612,932
5.13	MAMPUESTERA 1 PISO	M2	122,7	0,3	5 73.024	18	2209	37 4,6	5	8.960,096
5.14	MAMPUESTERA 2 PISO	M2	76,79	0,6	5 73.024	36	2764	46 6	5	5.607,545
5.15	MAMPUESTERA MESON DE COCINA	M2	2,16	0,6	5 73.024	36	78	1,3 0,16	5	157,733
5.16	CONCRETO DINTEL 1 PISO	M3	0,259	0,4	5 82.246	24	6,2	0,10 0,01	5	21,302
5.17	CONCRETO DINTEL 2 PISO	M3	0,214	0,4	5 82.246	24	5,1	0,09 0,01	5	17,601
5.18	ACERO DE REFUERZO 1 PISO DIAMETRO 8 DINTEL	KG	46	0,03	5 6.534	1,8	83	1,4 0,17	5	300,585
5.19	ACERO DE REFUERZO 2 PISO DIAMETRO 8 DINTEL	KG	30,5	0,03	5 6.534	1,8	54,9	0,9 0,11	5	199,301
<b>6</b>	<b>ACABADOS</b>									
6.1	CERAMICA MAYOLICA PARA BAÑO Y 1 PISO	M2	13,6	0,1	5 32.111					



*Tabla 06.*  
*Presupuesto general* **PRESUPUESTO GENERAL**

UNIDAD RESIDENCIAL	VALOR TOTAL
UNIDAD	\$ 125.361.366
ADMINISTRACION 30%	\$ 37.608.410
IMPREVISTOS 7%	\$ 8.775.296
IVA 4%	\$ 5.014.455
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 176.759.527</b>

En este cuadro se tienen en cuenta todos los aspectos presupuestales.

Los dos consolidados que se muestran en la anterior tabla corresponden al análisis de precios del proyecto, rendimientos, cantidades de obra y presupuesto general de estos mismos, en resumidas cuentas podemos ver que:

-La construcción de cada unidad residencial se divide constructivamente en las siguientes actividades:

*Tabla 07:*  
*Categorización de las actividades.*

PRELIMINARES	EXCAVACION CIMENTACION Y CONTRAPISO	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS	PAÑETES
8 Actividades	16 Actividades	32 Actividades	6 Actividades
INSTALACIONES ELECTRICAS	ESTRUCTURA EN CONCRETO	ACABADOS	CUBIERTA
16 Actividades	19 Actividades	22 Actividades	2 Actividades

Las actividades se separaron según su naturaleza constructiva dividiéndola en capítulos, para entender mucho mejor el proyecto constructivo.

-En el cálculo de los precios por cada actividad se tuvieron en cuenta: mano de obra, materiales, equipo básico y desperdicio de este mismo para el ejercicio se utilizó una plantilla genérica que recogiera estos datos en un solo consolidado el cual se muestra a continuación:

*Tabla 08:*  
*Plantilla utilizada en los APU.*

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS								
Item:	UNIVERSIDAD		LA GRAN COLOMBIA					
ACTIVIDAD		RED HIDROSANITARIA PROVISIONAL						
Hoja N: 06	Un: G1b	COSTOS Y PRESUPUESTOS						
EQUIPO BASICO		Unidad	Marca	Rendimiento	Cantidad	VI Unidad	Sub Total	TOTAL
MANO DE OBRA		Unidad	Cantidad	Cuadrilla	Rendimiento	VI Unidad	Sub Total	TOTAL
MATERIALES		Unidad	Cantidad	VI Unitario			Sub Total	TOTAL
							Desperdicio %	
							Valor Material	
							Valor Mterial	
							Valor Equipo	
							Valor Mano O.	
							<b>TOTAL</b>	

-Para una sola unidad residencial se necesita de un total de **176.759.527\$** millones de pesos incluyendo en este presupuesto costos de administración, imprevistos e IVA que en este caso es de un  
 4%, junto  
 con el 

<b>TOTAL</b>	<b>46 d</b>	<b>\$ 176.759.527</b>
--------------	-------------	-----------------------

  
 cálculo de las actividades a ejecutar se resumen 46 días ejecutables según el calendario.

En este formato se tuvieron en cuenta aspectos imprescindibles como: mano de obra, materiales y equipos

Teniendo en cuenta los datos imprescindibles del proyecto para una programación se

muest  
ra a  
contin  
uació  
n el  
result  
ado  
de  
estos  
aplica  
dos a  
una  
progr  
amaci  
ón de  
tipo  
lineal  
en  
este  
caso  
por  
barras  
de  
Gantt,  
junto  
con el  
cuadr

CUADRO DE PRESEDENCIAS		
PRECEDE	ACTIVIDAD	SIGUE
Cerramiento provisional H:2.40	Cerramiento provisional H:2.40	Limpieza a manual del terreno
Limpieza manual del terreno	Replanteo y nivelacion	Replanteo y nivelacion
Replanteo y nivelacion	Excavacion manual de cimientos	Excavacion manual de cimientos
Excavacion manual de cimientos	Relleno compactado	Relleno compactado
Relleno compactado	Impermeabilizante cimentacion	Impermeabilizante cimentacion
Impermeabilizante cimentacion	Concreto ciclopedo	Concreto ciclopedo
Concreto ciclopedo	Impermeabilizacion contrapiso	Impermeabilizacion contrapiso
Impermeabilizacion contrapiso	Acero de refuerzo en sobrecimiento	Acero de refuerzo en sobrecimiento
Acero de refuerzo en sobrecimiento	Concreto sobrecimiento	Concreto sobrecimiento
Concreto sobrecimiento	Malla electrosoldada	Malla electrosoldada
Malla electrosoldada	Contrapiso en concreto	Contrapiso en concreto
Contrapiso en concreto	Alisado de pisos	Alisado de pisos
Alisado de pisos	Caja de inspeccion 60x60	Caja de inspeccion 60x60
Caja de inspeccion 60x60	Punto de desague PVC 110mm	Punto de desague PVC 110mm
Punto de desague PVC 110mm	Punto de desague PVC 50mm	Punto de desague PVC 50mm
Punto de desague PVC 50mm	Bajante de aguas lluvias 110mm	Bajante de aguas lluvias 110mm
Bajante de aguas lluvias 110mm	Tuberia de 1" Suministro	Tuberia de 1" Suministro
Tuberia de 1" Suministro	Tuberia de 4" Desague	Tuberia de 4" Desague
Tuberia de 4" Desague	Tuberia de 3" Desague	Tuberia de 3" Desague
Tuberia de 3" Desague	Punto de agua fria 1/2"	Punto de agua fria 1/2"
Punto de agua fria 1/2"	Punto de agua caliente	Punto de agua caliente
Punto de agua caliente	Valvula check	Valvula check
Valvula check	Llave de paso	Llave de paso
Llave de paso	Llave de manguera	Llave de manguera
Llave de manguera	Calefactor a gas	Calefactor a gas
Calefactor a gas	Acometida telefonica	Acometida telefonica
Acometida telefonica	Punto para salida de telefonos	Punto para salida de telefonos
Punto para salida de telefonos	Rejilla de piso 50mm	Rejilla de piso 50mm
Rejilla de piso 50mm	Lavamanos con pedestal	Lavamanos con pedestal
Lavamanos con pedestal	Inodoro	Inodoro
Inodoro	Lavaplatos	Lavaplatos
Lavaplatos	Mezclador de lavamanos	Mezclador de lavamanos
Mezclador de lavamanos	Mezclador de lavaplatos	Mezclador de lavaplatos
Mezclador de lavaplatos	Duchas con mezcladora	Duchas con mezcladora
Duchas con mezcladora	Mamposteria e: 15cm	Mamposteria e: 15cm
Mamposteria e: 15cm	Bordillo de tina de baño	Bordillo de tina de baño
Bordillo de tina de baño	Mesa de cocina hormigon armado	Mesa de cocina hormigon armado
Mesa de cocina hormigon armado	Encofrado de columnas en concreto	Encofrado de columnas en concreto
Encofrado de columnas en concreto	Acero de refuerzo columnas	Acero de refuerzo columnas
Acero de refuerzo columnas	Hormigon simple columnas	Hormigon simple columnas
Hormigon simple columnas	Encofrado de escalera	Encofrado de escalera
Encofrado de escalera	Malla de refuerzo o escalera	Malla de refuerzo o escalera
Malla de refuerzo escalera	concreto para escalera	concreto para escalera
concreto para escalera	Encofrado en madera de vigas	Encofrado en madera de vigas
Encofrado en madera de vigas	Encofrado metalico entrepiso	Encofrado metalico entrepiso
Encofrado metalico entrepiso	Bloque aligerado	Bloque aligerado
Bloque aligerado	Concreto de entrepiso con vigas	Concreto de entrepiso con vigas
Concreto de entrepiso con vigas	Mamposteria e: 15cm 2 piso	Mamposteria e: 15cm 2 piso
Mamposteria e: 15cm 2 piso	Encofrado de columnas en concreto 2 piso	Encofrado de columnas en concreto 2 piso
Encofrado de columnas en concreto 2 piso	Acero de refuerzo columnas 2 piso	Acero de refuerzo columnas 2 piso
Acero de refuerzo columnas 2 piso	Hormigon simple columnas 2 piso	Hormigon simple columnas 2 piso
Hormigon simple columnas 2 piso	Punto de iluminacion	Punto de iluminacion
Punto de iluminacion	Punto de iluminacion conmutada	Punto de iluminacion conmutada
Punto de iluminacion conmutada	Breakers de 1 polo de 63 AMP	Breakers de 1 polo de 63 AMP
Breakers de 1 polo de 63 AMP	Puntos de tomacorriente	Puntos de tomacorriente
Puntos de tomacorriente	Timbre	Timbre
Timbre	Acometida telefonica	Acometida telefonica
Acometida telefonica	Pañete exterior impermeable 1 piso	Pañete exterior impermeable 1 piso
Pañete exterior impermeable 1 piso	Pañete interior 1 piso	Pañete interior 1 piso
Pañete interior 1 piso	Pintura acabados interiores 1 piso	Pintura acabados interiores 1 piso

o de precedencias necesario para su ejecución:

[Anexo 01: Cuadro de precedencias](#)

[Anexo 02: Programación por barras de Gantt](#)



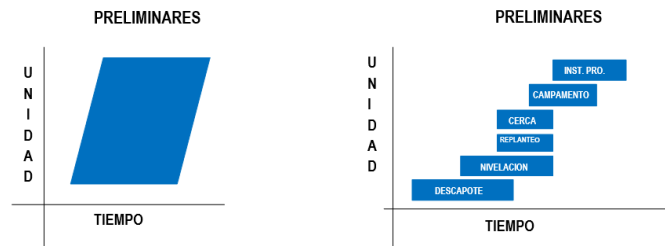
**Proceso:**

Teniendo la base de tipo applicativa procedimos a aplicar el tipo de programación de tipo no lineal Línea De Balance, teniendo en cuenta aspectos como tiempo transcurrido entre una actividad y otra, asignación de recursos representados en cuadrillas utilizadas y uno de los aspectos principales la aplicación del sistema Last Planner que nos permite llevar a cabo un control más detallado de nuestra obra de tipo presupuestas, de recursos y de tiempo.

Last planner en general nos muestra algunas especificaciones necesarias para la ejecución de cada actividad, por ejemplo desde los diseños y especificaciones de la obra su revisión en obra, el cálculo de sus cantidades hasta compra de materiales, realización de pólizas y aprobación de estos mismos lo cual nos dice claramente de un trabajo de planeación que se lleva a cabo mucho antes de iniciar su construcción como prerrequisitos de cada actividad.

FECHA DE INICIO	LLEGADAS DE DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES DE LA OBRA	REVISIÓN DE DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES	CANTIDADES DE LA OBRA	COTIZACIONES	ELABORACION CUADRO COMPARATIVO	REVISIÓN CUADRO COMPARATIVO CON DIRECTOR	REVISIÓN CUADRO ANÁLISIS	APROBACION CUADRO GERENCIA	ELABORACION ORDEN DE COMPRA	EMISION DE POLIZAS	APROBACION DE CONTRATOS
-----------------	---	---	-----------------------------	--------------	--------------------------------------	---	--------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------	-------------------------------

Utilizando la misma información utilizada en las barras de Gantt, procedimos a ejecutar el diseño de las Líneas De Balance, como particularidad de diseño podemos ver dos tipos de graficación una por trapecios y otra por rectángulos que más allá que sea una diferencia de diseño muestra dos tipos de lectura totalmente diferentes que se muestran a continuación:

*Figura 26*

*Figura 26:* Tipos de graficación en las Líneas De Balance. Sacado de: Elaboración propia.

Se evidencio dos tipos de ilustración para las líneas de balance, como se muestra en la figura número dos, su diferencia radica en el control de ejecución de las actividades, en la figura uno vemos que el trapecio representa las actividades preliminares pero más allá de esto no nos permite saber cuándo inicia una actividad en específico y cuando termina la otra lo cual hace tornar esta programación inexacta en términos de tiempo y de ejecución, por el contrario en la figura dos se muestran varios rectángulos que representan las actividades preliminares, pero en diferencia de la figura número uno nos muestra el termino e inicio de actividad y en su forma general se representa en una línea lo cual no falta al sistema de graficación de las Líneas De Balance.

Para la realización de este tipo de programación no lineal utilizamos las bases de este proyecto que también se utilizaron en la programación lineal, respetando las precedencias de cada actividad el número de actividades, pero para este caso aplicativo y como norma de las Líneas de Balance se agruparon dependiendo de su naturaleza.

Con el cuadro resumido de actividades vemos la primera diferencia sustancial respecto a las barras de Gantt, en la cual el total de actividades era de 114 y en la programación por Líneas De Balance al agruparlas nos dieron un total de 37 actividades

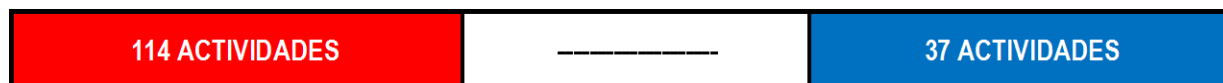
*Tabla 09:  
Agrupación de las actividades.*

37 Actividades

PRELIMINARES	EXCAVACION CIMENTACION Y CONTRAPISO	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS	PAÑETES
8 Actividades	5 Actividades	3 Actividades	3 Actividades
INSTALACIONES ELECTRICAS	ESTRUCTURA EN CONCRETO	ACABADOS	CUBIERTA
2 Actividades	5 Actividades	8 Actividades	3 Actividades

El plano necesario para realizar las Líneas De Balance, se dividió en tiempo como en las barras de Gantt pero además en su parte izquierda se dividió para la elaboración de una unidad residencial en; primer piso, segundo piso y cubierta, para las 10 unidades residenciales cambio dividiéndose en casa uno, casa dos, casa tres..... casa diez, lo que nos permite una ubicación de espacio y tiempo real dentro de la obra constructiva.

En términos de tiempo de trabajo se establecieron 6 días a la semana hábiles de trabajo de





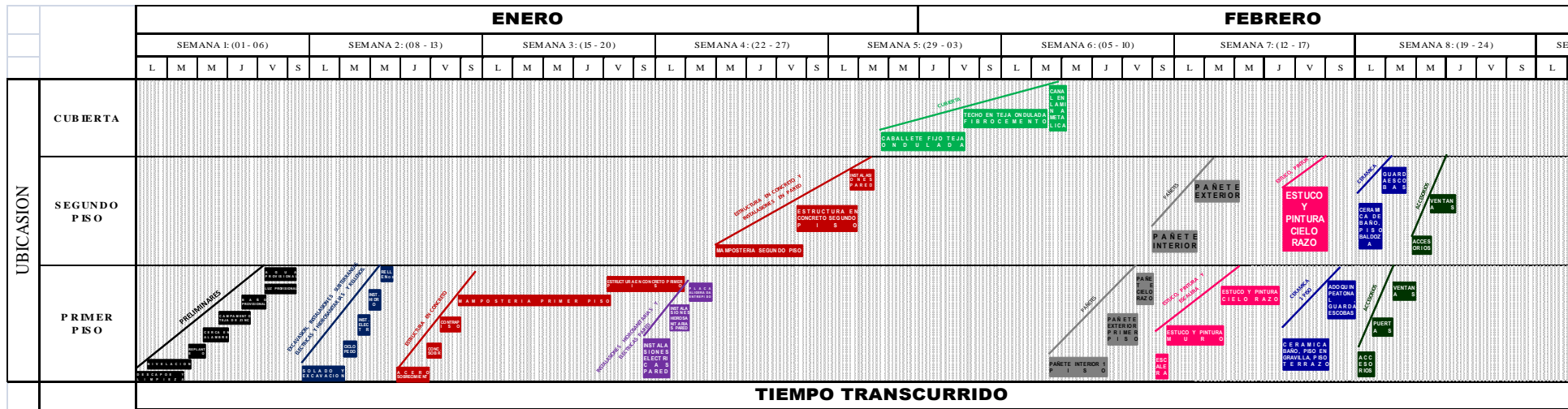
los cuales 5 de estos días contenían 8 horas laborables y 1 de ellos el sábado solo 6 horas de trabajo, se descansaban los domingos y los festivos calendarios, las semanas transcurridas en cuanto a numeración fueron tomadas del año calendario 2018 y sus días hábiles, haciendo corte de obra cada 15 días señalado con una línea gris en la gráfica cada 7 días para una mejor ilustración,

En general hay actividades que no son muy representativas pero que son muy importantes de graficar aunque estas no conformen por si solas un trapecio o un rectángulo se puede graficar con una flecha como es el ejemplo de desarmado de parales de entrepiso que se hace 14 días después de la fundida del entrepiso, o como el desalojo de materiales, aseo, pruebas al concreto y a las tuberías.

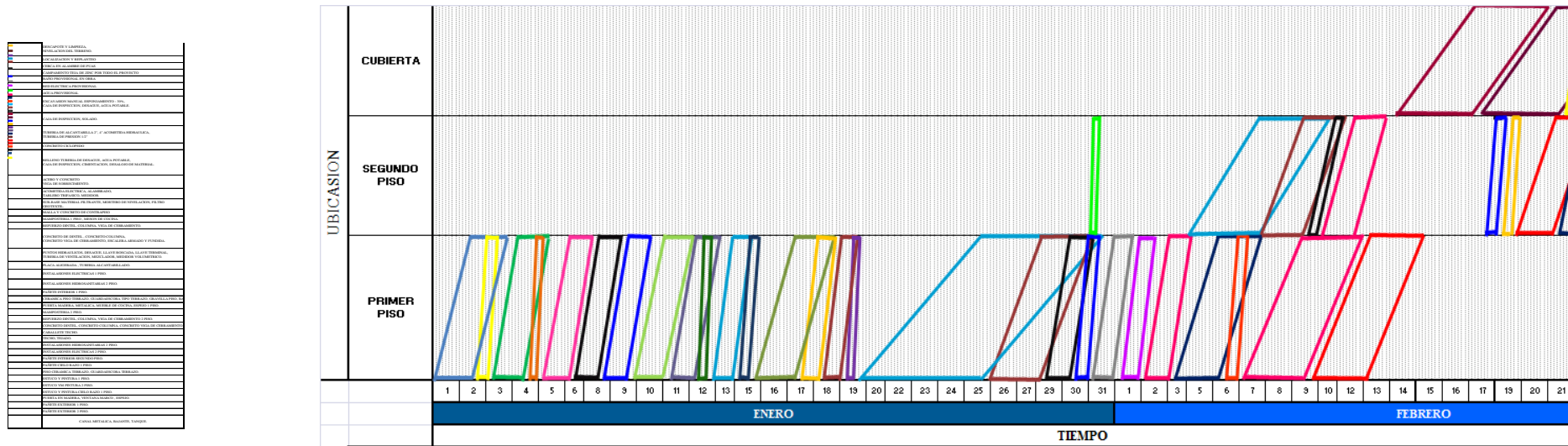
### **Graficación:**

Para ejercicio de comparación se realizaron las Líneas De Balance con los dos métodos existentes de ilustración de rectángulos y trapecios.





Anexo 03: Programación por líneas de balance, una unidad habitacional RECTANGULOS Y TRAPECIOS



Un problema resuelto además de utilizar varios rectángulos para graficar las actividades es que se tiene certeza de a que rectángulo pertenece cada actividad ya que tiene su nomenclatura adentro y se elimina la engorrosa tarea de tener un cuadro aparte que nos indique el color del trapecio a que actividad pertenece.

La comparación en términos de tiempo que surgió de la comparación de las Líneas De Balance y7 las Barras De Gantt dieron los siguientes:

**Figura 27**



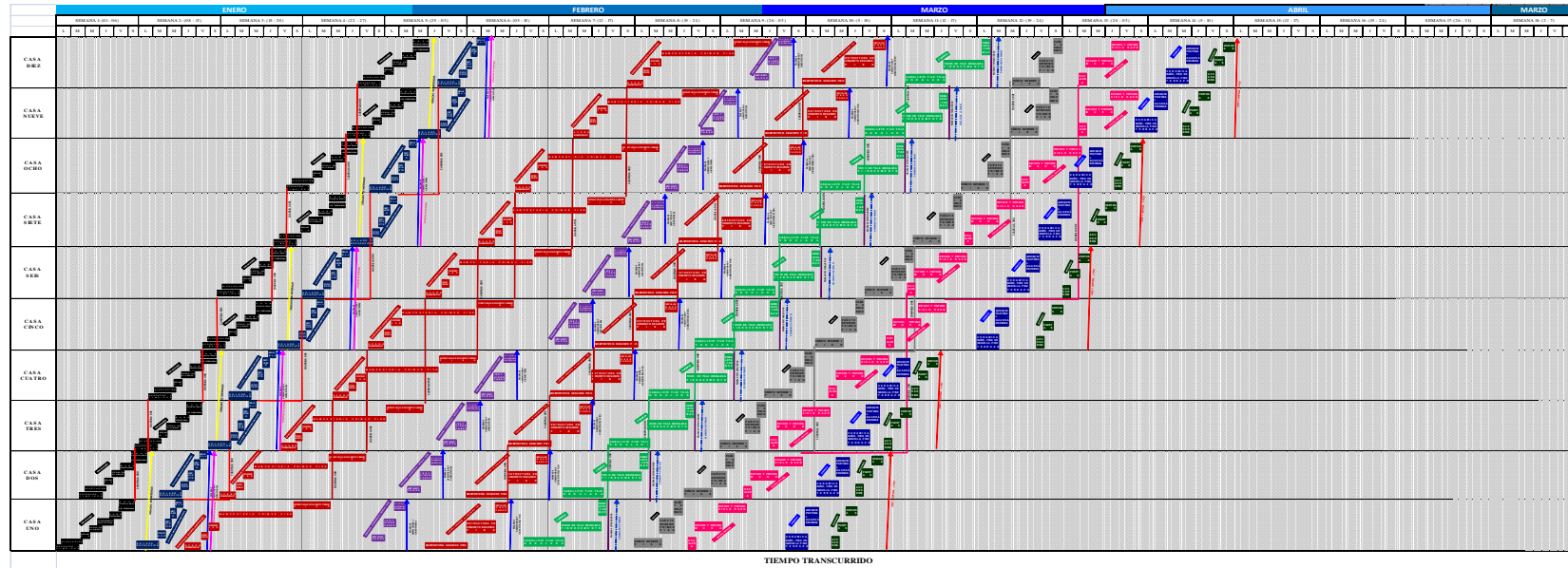
*Figura 27: Diferencia de tiempos en ejecución. Tomado de: Elaboración propia.*

### **10 Unidades Residenciales:**

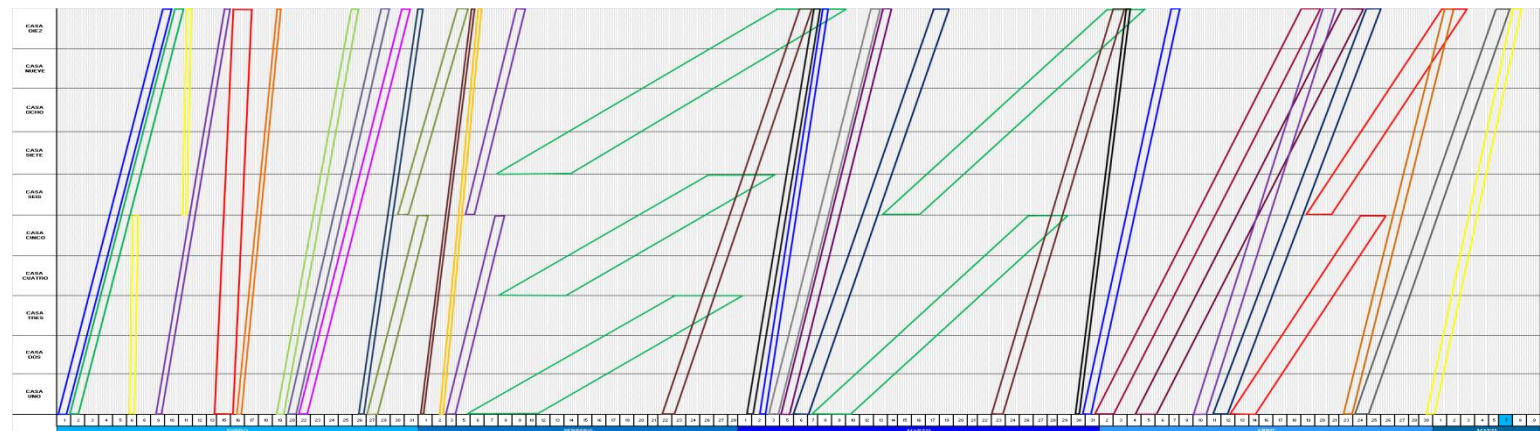
La aplicación de las Líneas De Balance en la construcción de 10 unidades residenciales del mismo tipo forma parte de la comparación del tipo de programación lineal con el no lineal, se utilizó la misma información obtenida para una unidad residencial, lo único que cambio es la asignación de recursos traducido en cuadrillas, programación de las actividades, y cantidades de obra, pero en efecto la tabla de precedencias, cantidades, APUS etc.... fueron exactamente los mismos para evitar cuestiones de tipo inconvenientes.

A continuación mostramos el consolidado obtenido de las 10 casas en construcción y la tabla de presupuesto general que esta misma presenta como medio de información presupuestal y de tiempo.

		UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	MINUTOS PARCIAL	MINUTOS TOTALES	HORAS	DIAS
<b>PRELIMINARES</b>									
M2	DESCAPOTE Y LIMPIEZA	M2	1530	0,07	\$ 17.058	4,2	6426	107	13,4
M2	NIVELACION DEL TERRENO CON MATERIAL DEL SITIO	M2	1050	0,1	\$ 45.239	6	6300	105	13,1
M2	LOCALIZACION Y REPLANTEO	M2	1050	0,04	\$ 21.600	2,4	2520	42	5
M2	CAMPAMENTO TEJA DE ZINC POR TODO EL PROYECTO	M2	60	0,2	\$ 89.650	12	720	12	1,5
GLB	RED ELECTRICA PROVISIONAL	GLB	3	8	\$ 3.658.695	480	1440	24	3,0
GLB	RED HIDROSANITARIA PROVISIONAL	GLB	3	8	\$ 2.450.000	480	1440	24	3,0
M2	CERCA EN ALAMBRE DE PUAS	M2	250	0,04	\$ 8.611	2,4	600	10	1,3
UND	BAÑO PROVISIONAL EN OBRA	UND	4	1,5	\$ 835.727	90	360	6	0,8
<b>EXCAVACION CIMENTACION Y CONTRAPISO</b>									
M3	EXCAVACION MANUAL ESPONJAMIENTO : 30%	M3	170,66	0,4	\$ 184.317	24	4096	68,3	9
M3	EXCAVACION CAJA DE INSPECCION	M3	24,2	0,4	\$ 184.317	24	581	9,7	1,2
M3	EXCAVACION TUBERIA DE DESAGUE	M3	23,4	0,4	\$ 184.317	24	562	9	1,2
M3	EXCAVACION TUBERIA DE AGUA POTABLE	M3	7,4	0,4	\$ 184.317	24	178	3,0	0,37
M3	SOLADO CAJA DE INSPECCION E : 0,05 CM	M3	0,45	0,28	\$ 164.780	17	7,6	0,13	0,016
M3	SOLADO E = 0,05 CM CIMENTACION	M3	12,7	0,28	\$ 164.780	17	213	3,6	0,44
M3	RELLENO COMPACTADO CIMENTACION	M3	28,3	0,3	\$ 25.688	18	509	8	1,06
M3	RELLENO CAJA DE INSPECCION	M3	8	0,3	\$ 25.688	18	144	2,40	0,3
M3	RELLENO TUBERIA DE AGUA DESAGUE	M3	21	0,3	\$ 25.688	18	378	6,3	0,79
M3	RELLENO TUBERIA DE AGUAPOTABLE	M3	7,3	0,3	\$ 25.688	18	131	2,2	0,27
M3	DESALJO DE MATERIAL	M3	149,9	0,1	\$ 25.688	6	899	15,0	1,87
M3	CONCRETO CICLOPEDO IN SITU	M3	143,1	0,3	\$ 249.328	18	2576	43	5,4
M3	SUB - BASE GRAVILLA FILTRANTE	M3	70,2	0,18	\$ 102.827	11	758	12,6	1,6
M3	FILTRO FRANCÉS PARA GEOTEXTIL NT 1600	M3	58,5	0,3	\$ 122.250	18	1053	17,6	2,2
M2	PLACA DE CONTRAPISO CONCRETO 20.7 MPA E: 0,8 CM	M3	561,9	0,04	\$ 31.886	2,3	1281	21,4	2,669
KG	MALLA ELECTROSOLDADA M 188 INCLUYE ALAMBRE	KG	1280	0,003	\$ 3.367	0,18	230,4	3,84	0,48
<b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>									
UND	CAJA DE INSPECCION 0,60 X 0,60 X 0,60M EN CONCRETET	UND	20	4	\$ 230.471	240	4800	80	10
M	CANAL LAMINA GALVANIZADA	M	140	0,17	\$ 43.673	10,2	1428	23,8	2,975
UND	TANQUE PARA AGUA 500 LITROS ( FLOTADOR )	UND	10	2	\$ 378.515	120	1200	20	2,5
UND	DUCHA CROMADA DE 1/2" CON MEXCLADOR	UND	10	0,15	\$ 61.245	9	90	1,5	0,19
UND	DUCHA CROMADA DE 1/2" CON MEXCLADOR 2 PISO	UND	10	0,15	\$ 61.245	9	90	1,5	0,19
UND	LAVAMANOS TIPO PEDESTAL CON GRIFERIA	UND	10	0,5	\$ 174.867	30	300	5	0,625
UND	SANITARIO TIPO ACUACER BAJO CONSUMO	UND	10	0,5	\$ 177.167	30	300	5	0,625
M2	ACOMETIDA HIDRAULICA EN TUBERIA PVC DE 1/2"	M2	50	0,03	\$ 5.880	1,8	90	1,5	0,1875
PUNTO	PUNTO HIDRAULICO DE 1/2" PROM 3 M 2 PISO AGUA CA	PUNTO	40	0,17	\$ 41.453	10,2	408	6,8	0,85
PUNTO	PUNTO HIDRAULICO DE 1/2" PROM 3 M 1 PISO AGUA CA	PUNTO	20	0,17	\$ 41.453	10,2	204	3,4	0,425
PUNTO	PUNTO HIDRAULICO DE 1/2" PROM 3 M 1 PISO AGUA FR	PUNTO	60	0,17	\$ 41.453	10,2	612	10,2	1,275
PUNTO	PUNTO HIDRAULICO DE 1/2" PROM 3 M 2 PISO AGUA FR	PUNTO	30	0,17	\$ 41.453	10,2	306	5,1	0,6375
M	TUBERIA DE PRESION PVC 1/2"	M	416,1	0,04	\$ 15.672	2,4	999	16,6	2,0805
M	TUBERIA DE PRESION PVC 1/2" 2 PISO	M	136	0,04	\$ 15.672	2,4	326,4	5,4	0,68
UND	LLAVE DE PASO 1/2" TIPO RED WHITE 1 PISO	UND	10	0,13	\$ 154.596	7,8	78	1,3	0,1625
UND	LLAVE DE PASO 1/2" TIPO RED WHITE 2 PISO	UND	10	0,13	\$ 154.596	7,8	78	1,3	0,1625
UND	MEDIDOR DE 1" VOLUMETRICO TIPO B	UND	10	0,2	\$ 341.224	12	120	2	0,25
UND	LLAVE TSERMINAL DE COBRE ROSCADA DE 1/2"	UND	30	0,04	\$ 18.664	2,4	72	1,2	0,15
UND	MEZCLADOR PARA LAVAPLATOS	UND	10	0,17	\$ 50.025	10,2	102	1,7	0,2125
UND	LAVAMANOS DE PARED TIPO PUSH	UND	10	0,17	\$ 179.925	10,2	102	1,7	0,2125
UND	SANITARIO TIPO TREVI	UND	10	0,5	\$ 186.885	30	300	5	0,625
M	BAJANTE PVC AGUA LLUVIA 4"	M	120	0,04	\$ 27.021	2,4	288	4,8	0,6
M	TUBERIA DE VENTILACION 3" INCLUYE ACCESORIOS 1	M	25	0,04	\$ 19.965	2,4	60	1	0,125
M	TUBERIA DE VENTILACION 3" INCLUYE ACCESORIOS 2	M	25	0,04	\$ 19.965	2,4	60	1	0,125
M	TUBERIA DE ALCANTARILLA PVC 2" 2 PISO	M	21	0,03	\$ 18.632	1,8	38	0,63	0,0788
M	TUBERIA DE ALCANTARILLA PVC 2"	M	275,2	0,03	\$ 18.632	1,8	495	8,3	1,032
M	TUBERIA DE ALCANTARILLA PVC 4" 2 PISO	M	36,5	0,1	\$ 33.589	3,0	109,5	1,8	0,2
M	TUBERIA DE ALCANTARILLA PVC 4"	M	143,4	0,1	\$ 33.589	3,0	430	7,2	0,9
PUNTO	PUNTO SANITARIO PVC 2" 2 PISO	PUNTO	20	0,2	\$ 67.309	12	240	4	0,5
PUNTO	PUNTO SANITARIO PVC 2" 1 PISO	PUNTO	40	0,2	\$ 67.309	12	480	8	1
PUNTO	PUNTO SANITARIO PVC 4" 2 PISO	PUNTO	10	0,2	\$ 116.955	12	120	2	0,25
PUNTO	PUNTO SANITARIO PVC 4" 1 PISO	PUNTO	20	0,2	\$ 116.955	12	240	4	0,5
<b>INSTALACIONES ELECTRICAS</b>									
M	ACOMETIDA ELECTRICA 3#8 3/4"	M	40	0,067	\$ 19.626	4,0	160,8	2,7	0,335



*Anexo 04: Consolidado final unidades habitacionales por líneas de balance RECTANGULOS Y TRAPECIOS*



En el consolidado podemos ver información sustancial que nos da una luz acerca del presupuesto y del tiempo de ejecución del proyecto, junto al presupuesto general de este mismo en donde se incluye imprevistos, IVA y gastos de administración:

*Tabla 10:*  
*Presupuesto general 10 unidades residenciales.*

<b>PRESUPUESTO GENERAL</b>	
<b>UNIDAD RESIDENCIAL</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
10 UNIDADES	\$ 1.910.447.106
ADMINISTRACION 30%	\$ 573.134.132
IMPREVISTOS 7%	\$ 133.731.297
IVA 4%	\$ 76.417.884
<b>VALOR TOTAL</b>	<b>\$ 2.693.730.420</b>
<b>VALOR UNIDAD</b>	<b>\$ 269.373.042</b>

Este valor corresponde al proyecto de 10 unidades residenciales.

<b>85 DIAS</b>
----------------

*Tabla 11.*  
*Presupuesto total.*

<b>\$ 2.693.730.420</b>	<b>\$ 269.373.042</b>
<b>VALOR TOTAL</b>	<b>VALOR UNIDAD</b>

Este valor representa el valor total necesario para construir una unidad y el otro de las diez unidades.

Podemos ver algo claramente en cuanto al precio por unidad del proyecto subió en un **34%** pasando de **176.757.729\$** millones de pesos a **269.373.042\$** millones de pesos, esto lo podemos intuir claramente en la asignación de recursos y en la programación del proyecto ya que se aumentaron sustancialmente los rendimientos de algunas actividades con el objetivo de terminar mucho más rápido, así pues el aumento de mano de obra y costos de administración, IVA y de imprevistos fueron los responsables de este aumento.

Hay que tener en cuenta un aspecto muy claro de la programación que dependiendo de la necesidad de la constructora, cliente etc..... Si su objetivo es terminar rápido, con el menor costo posible, con la mayor calidad posible los valores tiempo-presupuesto variaran siempre ha de tratar de buscar un equilibrio entre estos dos supuestos.

Según la programación de estas 10 unidades residenciales podemos ver que cada unidad residencial se terminara teóricamente cada 8.5 días, pero esto no repercute directamente ya que estas actividades son progresivas y simultaneas, todo esto dependerá en gran medida del programador de turno y su criterio de cómo puede llevarse mejor la obra para beneficios de todos.

La implementación de cuadrillas extras para este caso fue obligatoria ya que de lo contrario su rendimiento hubiera afectado el rendimiento del todo el proyecto, en el grafico podemos detallar si se utilizó solo una cuadrilla o más y si es el caso cuando termina e inicia cada actividad, también se agregaron actividades circunstanciales como desalojo, quite de parales etc....

La actividad con menor rendimiento y que requirió de la implementación de cuadrillas extras fue la estructuras en concreto y mampostería ya que constituye la materia pilar de la edificación, observamos que es la única que se sale del parámetro en términos de rendimientos a diferencia de las otras actividades que conforman una constante en la gráfica.

Se tuvo en cuenta también la carga de trabajo en el sitio de ejecución en cuestiones de cuantas personas están trabajando en el ares ya que esto constituye una nota importante para el programador.



## Conclusiones y Recomendaciones

Las líneas de balance como método de programación no lineal, se recomiendan ser utilizadas en proyectos que contengan actividades de tipo repetitivo, ya que en estos proyectos es donde podemos identificar sustancialmente las cualidades y ventajas de esta programación, la cual puede otorgar mayor o menor utilización de recursos, simultaneidad de actividades, edición de actividades y agrupación de actividades, por lo que permite hacer mucho más legible el gráfico, permitiendo así una mayor interpretación, reinterpretación y aplicación en la ejecución de esta.

Según el análisis realizado, se evidencio una deficiencia bastante clara, este tipo de programación no cuenta con un camino crítico, ya que su conformación no permite la realización de este, lo recomendable es utilizar como complemento para establecer la ruta crítica otro tipo de programación como el sistema PERT, CPM o LPU. Sin embargo, esto constituye un serio inconveniente de trabajo, ya que implicaría utilizar otro sistema lo que haría el desarrollo de la programación por líneas de balance más extenso.

A lo largo de la presente investigación logró demostrarse dos formas de representación de la línea de balance, Por rectángulos y por trapecios- según una comparación realizada entre estas dos formas, se concluyó que es más efectivo realizar la graficación por rectángulos ya que, eliminan los defectos que presentan los trapecios. Los rectángulos utilizan una nomenclatura más clara, cada uno se identifica con el nombre de la actividad y no es de uso obligatorio un color para cada uno, además en los trapecios no es muy claro establecer en que momento inicia o termina una actividad ya que aquí se agrupan las actividades de misma índole y se representan en una sola forma, lo que presenta un inconveniente ya que no permite una clara lectura del inicio y fin de la actividad.

Dentro del análisis expuesto las líneas de balance no son ajenas al termino presupuesto-tiempo que tanto se utilizan en la programación, lo particular de este tipo de sistema no lineal, es que podemos identificar el ritmo real del trabajo y ser más detallados en la asignación de recursos a este mismo, es decir, podemos observar gráficamente que sucedería si en una actividad X le agregáramos una cuadrilla nueva y si esta al subir su rendimiento o bajarlo nos ayuda en pro del proyecto o si por el contrario nos retrasaría la ejecución de alguna actividad, de igual modo se puede llevar un control minucioso de los trabajadores en la obra ya que en tiempo y espacio podemos saber en dónde debería de estar x o y cuadrilla.

Dentro de las programaciones de tipo lineal algunas actividades secundarias que necesariamente no se grafican como lo es en las barras de Gantt, se pueden representar en las Líneas De Balance por medio de líneas delgadas que nos indiquen la actividad secundaria a ejecutar, como lo es por ejemplo quitar los parales del entrepiso, prueba de estanqueidad, toma de testigos etc.

Al utilizar el sistema Last Planner como complemento a las Líneas De Balance se puede tener un seguimiento más estricto de la programación, identificando que actividades inician antes, garantizando así todos los recursos y actos administrativos necesarios. De acuerdo con lo anterior nombrado la programación por Last Planner no solo permite una correcta realización de presupuesto y obtención de materiales sino también de las cantidades y compra de pólizas respectivas de estas mismas.

Se identifica una desventaja en las Líneas De Balance como método de programación en la ejecución de una sola unidad, principalmente porque al agrupar las actividades hace que este grafico sea redundante y carezca de particularidades para la ejecución de una sola construcción habitacional, se tiene como opción no agrupar ninguna actividad y ejecutar cada una con una flecha, rectángulo o trapecio. Lo anterior haría el grafico algo ilegible aun cuando tuviera nomenclatura, la aplicación de asignación de recursos no sería tan evidente al ser actividades simultáneas y consecutivas.

### Referencias Bibliográficas:

ARDITI, David, Onur TOKDEMIR y Kangsuk SUH 2001 Effect of learning on line of balance scheduling. INTERNATIONALJOURNAL OF PROJECT MANAGMENT.

LORIA, José 2011 Programación de Obras con la Técnica de la Línea de Balance.

José Humberto Arcila 2012 Programación de Obras con la Técnica Líneas De Balance México, México.

Pablo Orihuela. 2013 Aplicación del Método de la Línea de Balance ala Planificación Maestra. Monterrey, México.

Romelia Rodríguez, 2012 PERT, GANTT y CPM.

Jorge Noriega Santos, 2010 Trayectoria Crítica

Luis Fernando Botero Botero, 2013 Lean Construction

Luis Fernando Botero Botero, María Villa Álvarez 2003 Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos arquitectónicos.

Marcela Vera Gomez, 2013 Línea de balance aplicada a proyectos de construcción, Bucaramanga Colombia.

Sarah Estephany Calampa Vega, 2014, Aplicación de la Línea de Balance en el sistema Last Planner en proyectos de edificaciones”, Lima Peru