



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA CIVIL

TRABAJO DE DISERTACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA DE DISERTACIÓN:

**GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LÍNEA DE BALANCE EN
LA PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS INMOBILIARIOS.**

AUTOR:

HANDEL RODRIGO TERÁN PÉREZ

DIRECTOR:

ING. JUAN MERIZALDE

QUITO-ECUADOR

2016

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi fortaleza en todo momento.

A mi padre, por ser quien me motivo a luchar hasta el final.

A mi madre, por sembrar valores que perduren por la eternidad.

A mi hermano, por ser ejemplo integro en cada circunstancia.

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS	iii
INDICE DE GRAFICOS	v
INDICE DE TABLAS	vi
CAPÍTULO I GENERALIDADES	1
1.1. Justificación	1
1.2. Planteamiento del problema.....	1
1.3. Objetivos	2
1.4. Alcance.....	2
1.5. Marco teórico	3
1.5.1. ANTECEDENTES.....	3
1.5.2. MARCO TEÓRICO.....	3
1.5.3. MARCO CONCEPTUAL.....	4
1.6. Hipótesis.....	5
1.7. Operacionalización de la investigación	5
1.8. Marco metodológico	6
CAPÍTULO II PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS INMOBILIARIOS	7
2.1 Antecedentes	7
2.2 Conceptos generales.....	9
2.2.1 Proyecto inmobiliario.....	9
2.2.2 Planificación de obra.....	9
2.2.3 Planeación de obra.	9
2.2.4 Programación de obra	10
2.2.5 Control de obra.....	10
2.3 Métodos de programación.....	10
2.3.1 Método de barras de Henry Gantt	10
2.3.1.1 Definición	10
2.3.1.2 Principios fundamentales	11
2.3.1.3 Ventajas	11
2.3.1.4 Ejemplo.....	12
2.3.2 Método de la Ruta Crítica (C.P.M)	12
2.3.2.1 Definición.	12
2.3.2.2. Metodología.	13
2.3.2.2.1. Planeación y programación.....	13
2.3.2.2.2. Definición del proyecto:	13
2.3.2.2.3. Lista de actividades:	13

2.3.2.2.4. Matrices	14
2.3.3. Método PERT	19
2.3.3.1 Definición	19
2.3.3.2 Metodología	19
2.3.3.3. Ventajas y Usos:	21
2.3.3.4. Ejemplo.....	22
2.3.4. Método LPU.....	22
2.3.4.1. Definición:	22
2.3.4.2. Metodología:	23
2.3.4.3 Ventajas	24
CAPÍTULO 3: SISTEMA LÍNEA DE BALANCE	25
3.1. Introducción	25
3.1.1 Antecedentes	25
3.1.2 Generalidades.....	26
3.2. Estructura	27
3.2.1. Composición de la Línea de Balance	27
3.2.2. Representación gráfica.....	30
3.2.3 Cálculos aplicados a la línea de balance.	32
3.3. Usos.....	34
3.4. Ventajas.....	35
3.5. Línea de Base y su relación con la programación tradicional.	36
3.6. Guía de Implementación del sistema LDB.	37
3.6.1 Pasos.....	37
3.6.2 Ejemplo de aplicación.....	38
CAPÍTULO 4: EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LDB.....	42
4.1. Análisis proyecto en curso “Casas Park”	42
4.1.1. Análisis de la programación tradicional.....	44
4.1.2. Reformulación de la programación con LDB.	56
4.1.3 Análisis de la programación LDB.....	70
4.1.4 Comparación entre programaciones.....	71
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
5.1. CONCLUSIONES	73
5.2. RECOMENDACIONES	75

INDICE DE GRAFICOS

GRÁFICO 1. DIAGRAMA DE GANTT	12
GRÁFICO 2. SIMBOLOGÍA DE RED DE ACTIVIDADES.....	15
GRÁFICA 3. MATRIZ DE SECUENCIA	17
GRÁFICO 4. RED DE ACTIVIDADES	18
GRÁFICO 5. SIMBOLOGÍA LPU	23
GRÁFICO 6. CONDICIONES LPU	24
GRÁFICO 7. PROGRAMA DE VIVIENDA CON LA LÍNEA DE BALANCE	30
GRÁFICO 8. PROGRAMA ACTUALIZADO DE VIVIENDA CON LA LÍNEA DE BALANCE.....	31
GRÁFICO 9. DETERMINACIÓN DEL RITMO DE TRABAJO “R”	32
GRÁFICO 10. SECUENCIA LÓGICA DE ACTIVIDADES	39
GRÁFICO 11. GRÁFICA DE LA LÍNEA DE BALANCE PARA EL PROYECTO EVALUADO.	41
GRÁFICA 12. DIAGRAMA DE RED ETAPA 1.....	48
GRÁFICA 13. DIAGRAMA DE RED ETAPA 2.....	49
GRÁFICA 14. DIAGRAMA DE GANTT DE OBRAS PRELIMINARES Y MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	51
GRÁFICA 15. DIAGRAMA DE GANTT DE ESTRUCTURA.....	51
GRÁFICA 16. DIAGRAMA DE GANTT DE ALBAÑILERÍA E INSTALACIONES HIDROSANITARIAS.	52
GRÁFICA 17. DIAGRAMA DE GANTT DE INSTALACIONES ELECTRICAS.	52
GRÁFICA 18. DIAGRAMA DE GANTT DE ACABADOS.	53
GRÁFICA 19. DIAGRAMA DE GANTT DE OBRAS PRELIMINARES Y MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	53
GRÁFICA 20. DIAGRAMA DE GANTT DE ESTRUCTURA.....	54
GRÁFICA 21. DIAGRAMA DE GANTT DE ALBAÑILERÍA E INSTALACIONES HIDROSANITARIAS.	54
GRÁFICA 22. DIAGRAMA DE GANTT DE INSTALACIONES ELECTRICAS.	55
GRÁFICA 23. DIAGRAMA DE GANTT DE ACABADOS.	55
GRÁFICA 24.LDB ESTRUCTURA.....	59
GRÁFICA 25.LDB ALBAÑILERIA	60
GRÁFICA 26.LDB INSTALACIONES HIDROSANITARIAS.	61
GRÁFICA 27.LDB INSTALACIONES ELÉCTRICAS	62
GRÁFICA 28.LDB ACABADOS.	63
GRÁFICA 29.LDB ESTRUCTURA.....	66
GRÁFICA 30.LDB ALBAÑILERIA.	67
GRÁFICO 31.LDB INSTALACIONES HIDROSANITARIAS.	68
GRÁFICO 32.LDB INSTALACIONES ELÉCTRICAS.	68
GRÁFICA 33.LDB ACABADOS.	69

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. DIAGRAMA DE GANTT	12
TABLA 2. MATRIZ DE SECUENCIA	17
TABLA3. RED DE ACTIVIDADES	18
TABLA 4. CÁLCULO DE HOLGURAS	19
TABLA 5. CÁLCULO DE VARIANZA	22
TABLA 6. SIMBOLOGÍA DE LA LÍNEA DE BALANCE	33
TABLA 7. FORMULACIÓN DE LA LÍNEA DE BALANCE	33
TABLA 8. LISTA DE ACTIVIDADES, EJEMPLO LÍNEA DE BALANCE.	39
TABLA 9. CÁLCULOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA GRÁFICA DE LÍNEA DE BALANCE.....	40
TABLA 10. CUADRO RESUMEN ETAPA 1	45
TABLA 11. CUADRO RESUMEN ETAPA 2	46
TABLA 12. PARÁMETROS DE LDB.	56
TABLA 13.LÍNEA DE BALANCE ETAPA 1	57
TABLA 14.DATOS PARA GRÁFICO DE LÍNEA DE BALANCE ETAPA 1.....	58
TABLA 15.LÍNEA DE BALANCE ETAPA 2	64
TABLA 16.DATOS PARA GRÁFICO DE LÍNEA DE BALANCE ETAPA 2.....	65

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1. Justificación

Mediante una guía de implementación del sistema Línea de balance en la programación de proyectos inmobiliarios, se tendrá una alternativa al momento de programar un proyecto inmobiliario. En su mayoría los proyectos inmobiliarios en Ecuador se programan mediante el método de diagramas de Gantt, dando como resultado un solo tiempo de posible finalización del proyecto inmobiliario.

Con la realización de esta disertación de tesis se podrá comprender los beneficios y ventajas al momento de programar un proyecto inmobiliario con el sistema línea de balance.

1.2. Planteamiento del problema

En la actualidad cada empresa constructora tiene como un objetivo principal, que cada proyecto que este ejecutándose se lo finalice en el menor tiempo posible, sean proyectos viales, ampliaciones y adecuaciones, construcciones nuevas, etc.

Muchas veces los constructores están obligados a hacer una reprogramación de obra, debido a que los tiempos estimados para la ejecución de cada trabajo no llegaron a cumplirse. Analizando con el sistema “Línea de Balance” la programación de obra,

se podrá tener un tiempo estimado de finalización del proyecto diferente, el cual se ajustará a lo que realmente pasa.

1.3. Objetivos

General:

Establecer una guía metodológica para la utilización del sistema línea de balance en la programación de proyectos inmobiliarios.

Específicos:

- Comparar el método tradicional de programación de obra y el sistema línea de balance.
- Demostrar que el sistema línea de balance sirve como herramienta para la programación de un proyecto inmobiliario.
- Analizar la programación de obra de un proyecto en curso y replantearlo con el sistema línea de balance.

1.4. Alcance

El trabajo se enfocará en realizar una guía metodológica y práctica del sistema línea de balance para su utilización en la programación de proyectos inmobiliarios. Se analizará un proyecto en curso.

1.5. Marco teórico

1.5.1. ANTECEDENTES

El método de la Línea de Balance (LDB) fue desarrollado por un grupo de trabajo encabezado por George E. Fouch durante la década de 1940, para monitorear la producción en la Goodyear Tire & Rubber Company durante la segunda guerra mundial. También fue utilizado exitosamente para programar la gigantesca movilización de la Marina de los Estados Unidos de Norteamérica durante ese conflicto bélico, y posteriormente en la guerra de Corea. A partir de entonces ha tenido un sinnúmero de aplicaciones en la industria de la construcción, siendo las primeras experiencias documentadas las siguientes: en 1968 Lumsden modifica la técnica y la aplica a la programación de viviendas; en 1970 Khisty utiliza LDB en el sentido clásico de un proceso de manufactura, tales como el entrenamiento de una gran cantidad de supervisores de obra, la producción y el suministro de trabes de concreto precolado y trabajos de ampliación y reparación de un puerto. (Arcila, Programación de obra con la técnica "Línea de Balance", 2012)

1.5.2. MARCO TEÓRICO

Al momento de definir “Línea de Balance” algunos autores lo hacen de la siguiente manera:

- LDB es una técnica de programación que permite mostrar el trabajo que se realiza en un proyecto de construcción como una sola línea o barra, en una gráfica. (Gómez, 2013)

- LDB es un método de representación gráfica de actividades en disposiciones temporales de un sistema productivo dado que se disgrega en diferentes locaciones. (Vega, 2014)

1.5.3. MARCO CONCEPTUAL

Proyecto inmobiliario:

Es cualquier proyecto que involucre una obra de construcción sobre un bien, involucra la compra de un terreno y la construcción de sus instalaciones para servicios básicos.

Tipos de proyectos

- Según la finalidad del estudio.

Dentro de este tipo de proyecto se analizan algunos aspectos como: la rentabilidad del proyecto y de los recursos que se utilizarían en su construcción.

- Según el objeto de inversión.

Este tipo de proyecto trata de distinguir la creación de nuevas empresas, negocios, proyectos entre otros y utiliza una estructura de costos determinados en los beneficios que se generan al realizar la inversión en el proyecto.

Planeación

Planeación es “El estudio y selección de alternativas sobre pronósticos de operaciones futuras”. (Salazar, 2008)

Entre los aspectos más relevantes para llevar a cabo una correcta planeación del proyecto se encuentran los siguientes: (Salazar, 2008)

- Estudios y diseños detallados
- Especificaciones técnicas
- Presupuesto: Cantidades de obra, costos
- Recursos disponibles: maquinaria, equipo, mano de obra, materiales.
- Duración del proyecto, fecha de entrega de la obra.
- Programación de obra: lista de actividades, secuencias y modelo a utilizar.
- Organigrama del proyecto.

Programación

La programación es el método para establecer la duración, costos y plazos de las actividades de la planificación, adjudicando a cada uno de los pasos fechas de construcción y destacar las relaciones que existen entre ellas. (Mendoza, 2006)

Los métodos más utilizados en la programación de obra esta:

- CPM
- GANTT
- PERT
- LDB

1.6. Hipótesis

El sistema “Línea de Balance” se puede utilizar como herramienta en la programación de obra.

1.7. Operacionalización de la investigación

La implementación del Sistema “Línea de Balance” se podrá evaluar a través de un indicador: Tiempo estimado de ejecución del proyecto.

1.8. Marco metodológico

En la programación de proyectos inmobiliarios y el sistema línea de balance se investigará diferentes textos con respecto al tema. En el capítulo de ejemplos de implementación del sistema línea de balance se analizará un proyecto, en donde el proyecto ya cuenta con una programación general del proyecto, pero se reformulará la programación de acuerdo al sistema línea de balance con su respectivo análisis.

CAPÍTULO II PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS INMOBILIARIOS

2.1 Antecedentes

La industria de la construcción es diversa, con una alta tendencia de crecimiento marcada por las condiciones actuales de la sociedad. Los cambios producidos desde hace algunos años promovieron un desarrollo urbanístico de la ciudad, que se centra principalmente en el desarrollo de proyectos inmobiliarios: habitacionales, comerciales o de inversión.

El sector inmobiliario se encuentra en auge y creciendo constantemente por la gran demanda inmobiliaria, que es evidente en las grandes ciudades como es el caso de Quito. Este sector se encuentra estimulado por la apertura de créditos bancarios con tasas de interés atractivas que ofertan los bancos además de contar con un crédito hipotecario del IESS, lo que facilita la compra de los inmuebles y satisface, en gran manera, una necesidad vital como es el caso de la vivienda.

Con estos componentes el mercado inmobiliario en la ciudad de Quito presenta un sin número de ofertas de todo tipo generando una competencia extrema entre los constructores que buscan constantemente optimizar sus recursos en cada uno de sus proyectos; sistemas alternativos de construcción y servicios de post venta y garantía que atraigan a nuevos clientes, que cada vez son más exigentes al momento de adquirir una vivienda independientemente de la clase social que provengan. Este

sector se encuentra ligado directamente con el entorno macroeconómico y con las inversiones que realiza el estado por ser de gran envergadura y la solvencia financiera que son necesarias al momento de construir centrales hidroeléctricas, carreteras, puentes, programas habitacionales entre las más conocidas.

Al año siguiente los investigadores Booz, Allen y Hamilton de la oficina naval de proyectos especiales desarrollaron el método PERT (Program Evaluation and Review Technique), el método se creó para tener control de los tiempos de realización de las diferentes actividades de los proyectos espaciales, debido que existía la necesidad que cada actividad terminara dentro de los intervalos de tiempos disponibles. (Gestiopolis, 2015)

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 (critical path planning and scheduling) que tiempo después fue conocido como CPM (critical path method), 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 oportunidad de conocer ambos métodos, ocasionando curiosidad de muchas empresas, porque el manejo de tiempo y recursos en sus empresas no eran eficientes, porque estaban acostumbrados a trabajar de forma independiente, tanto, tiempo y recursos de una empresa.

Por tal motivo al transcurrir los años los métodos son los ejes de la programación de construcción de proyectos de ingeniería, al inicio de una construcción de cualquier

tipo, comenzaban con cualquier método para conocer de una forma específica la ejecución del proyecto.

2.2 Conceptos generales

2.2.1 Proyecto inmobiliario

Es la proyección arquitectónica, económica, financiera, y técnica de una o varias edificaciones en una determinada propiedad con fines comerciales o sociales, ejecutados por la empresa privada o en asociación con el sector público.

2.2.2 Planificación de obra.

Es el conjunto de actividades tendentes a simular la realización de un trabajo, ordenándolo de la manera más eficientemente posible y previendo todas las acciones necesarias para la ejecución del mismo (losalamosltda, 2015).

2.2.3 Planeación de obra.

La planeación de obra se basa en la planificación de la misma, al utilizar herramientas o técnicas de las actividades involucradas en el proyecto, con la finalidad de incrementar la eficiencia en cada uno de los procesos, evitando problemas o anticipándose a posibles errores que sean imposibles de resolver. (gestiopolis, 2015)

2.2.4 Programación de obra

La programación de la obra se encuentra dentro del marco de tiempo, implica el cálculo de cada actividad desde su inicio hasta su terminación para la culminación exitosa del proyecto.

2.2.5 Control de obra

El control de la obra se basa en la recopilación de información de los avances del proceso de construcción, compara los resultados obtenidos con los programados y realiza los ajustes necesarios para alcanzar los objetivos planteados.

2.3 Métodos de programación

2.3.1 Método de barras de Henry Gantt

2.3.1.1 Definición

“El diagrama de Gantt es una útil herramienta gráfica cuyo objetivo es mostrar el tiempo programado para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado”. (Rios-Vazquez, 2015)

2.3.1.2 Principios fundamentales

Este método fue creado por Henry L. Gantt en 1917 popularizó este diagrama en Occidente, es utilizado para la planificación de proyectos complejos (superiores a 25 actividades). (Bases de Datos, 2015)

Este diagrama muestra el origen y el final de las diferentes unidades mínimas de trabajo y los grupos de tareas o las dependencias entre las unidades mínimas de trabajo. (Bases de Datos, 2015)

Para crear un diagrama de Gantt cada tarea es representada por una línea, mientras que las columnas representan el tiempo (días, semanas, meses, etc); que van en función de la duración del proyecto. (Bases de Datos, 2015)

El tiempo asignado para cada tarea se muestra en la barra horizontal, cuyo extremo izquierdo determina la fecha de inicio prevista y el extremo derecho la fecha de finalización estimada. (Academia, 2015)

Las tareas se ubican en cadenas secuenciales o se las puede realizar simultáneamente; existe un factor adicional que son los acontecimientos (eventos que no involucran a las tareas o unidades de trabajo) pero son puntos de conexión en el proyecto como por ejemplo:

Realización de documentos, reuniones, productos terminados entre otros.

2.3.1.3 Ventajas

- La ventaja de este método es la representación gráfica y porcentual del proyecto en general.
- La implementación de este método es rápido y fácil, usualmente utilizada en la mayoría de proyectos de diversa índole.

- Este método es de fácil lectura y comprensión para las distintas unidades de trabajo y miembros del proyecto.

2.3.1.4 Ejemplo

A continuación se presentará el diagrama de Gantt sobre la construcción de una vivienda unifamiliar en general:

TABLA 1. DIAGRAMA DE GANTT

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PREDECESOR	DURACIÓN (SEMANAS)
A	Cimentación	-	1
B	Estructura	A	2
C	Mampostería	B	2
D	Instalaciones	C	1
E	Acabados	D	2

GRÁFICO 1. DIAGRAMA DE GANTT

DESCRIPCIÓN	DURACIÓN							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Cimentación								
Estructura								
Mampostería								
Instalaciones								
Acabados								

2.3.2 Método de la Ruta Crítica (C.P.M)

2.3.2.1 Definición.

El método de la Ruta Crítica es considerado un proceso administrativo (planear, organizar, dirigir y controlar) cada una de las actividades de un proyecto, utilizando

algoritmos para determinar tiempos y plazos en la planificación del proyecto, que se desarrolla durante el tiempo crítico al costo óptimo.

2.3.2.2. Metodología.

2.3.2.2.1. Planeación y programación

Durante esta fase se establecerá el desarrollo de cada una de las actividades, procesos, tiempos, secuencias, costos, etc; para diseñar la red de camino crítico para el proyecto.

2.3.2.2.2. Definición del proyecto:

Se desarrolla en una fase pre-operativa al proyecto con la finalidad de determinar sus objetivos, los cuales pueden estar enmarcados en satisfacer una necesidad, encontrar una solución alterna o ver la viabilidad económica, entre otras.

2.3.2.2.3. Lista de actividades:

Describir cada una de las actividades físicas o intelectuales que forman parte de los procesos involucrados en el proyecto; las actividades se definen como una serie de operaciones ejecutadas por una o varias personas de forma continua, con tiempos determinados de inicio y finalización en las distintas etapas del proyecto.

2.3.2.2.4. Matrices

Matriz de secuencia

Se establece a través de dos tipos de procedimiento:

a.- Por antecedentes.

Intervienen los responsables de los procesos que involucran ciertas actividades que deberán terminar para cumplir con la lista de actividades que componen el proyecto.

Si no existe un antecedente o responsable se considera una actividad inicial.

b.- Por secuencia.

Los responsables de los procesos establecen cuales actividades se deben terminar primero para completar la lista de actividades que componen el proyecto; para el efecto se inicia con una actividad en 0, que nos indicará nuestro punto de partida.

Matriz de Tiempos.

Esta matriz establece el tiempo de duración de cada una de las actividades del proyecto; para establecer los tiempos de duración en las actividades se considera el método más eficiente con el tiempo óptimo y los recursos disponibles.

Red de actividades.

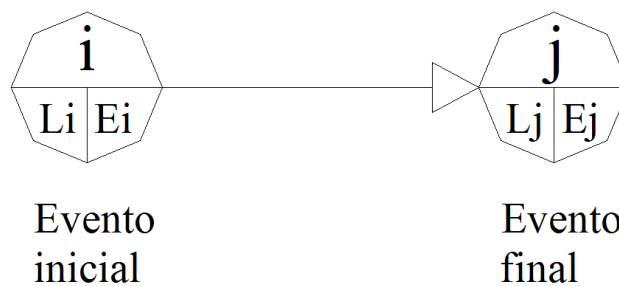
Es la representación visual del método de la ruta crítica, es el diagrama de flechas o red de actividades, que ilustran gráficamente el conjunto de operaciones del proyecto y sus interrelaciones.

La simbología corresponde a flechas que representan actividades y círculos que representan nudos o uniones que simbolizan 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:

GRÁFICO 2. SIMBOLOGÍA DE RED DE ACTIVIDADES.



En donde:

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

También existen ciertas condiciones, como por ejemplo:

- Si $E_i = E_j$, $L_i = L_j$ se considera actividad ficticia (es decir $t=0$).
- Si $E_i = L_i$, $E_j = L_j$ se considera actividad crítica.
- Si $E_i \neq E_j$, $L_i \neq L_j$ se consideran actividad normal.
- Si $E_i = L_i = L_j = E_j$ se consideran actividades críticas y ficticias

Para el cálculo dentro de la red de actividades se debe tomar en cuenta las siguientes de definiciones:

- **Holgura**

Es el tiempo de reserva que se usa frente una eventualidad o circunstancia.

- **Holgura total(HT)**

Tiempo disponible en el cual una actividad podrá retardar su iniciación o demorar su duración sin que afecte la duración total del proyecto.

$$HT = Lj - Ei - \text{duración}$$

- **Holgura libre(HL)**

Tiempo disponible en el cual una actividad puede retardar su iniciación o demorar su duración sin que afecte la iniciación más temprana de las actividades que dependan de ella.

$$HL = Ej - Ei - \text{duración}$$

2.3.2.3. Ventajas y Usos

La ventaja de este método es su gran capacidad de flexibilidad y adaptación, desde la fase pre operativa del proyecto hasta la planeación e instalación del mismo.

Es un resumen del proyecto que finaliza con la imagen general del mismo, permitiendo identificar rápidamente inconsistencias en la planificación de actividades y realizar las respectivas correcciones con el mínimo de errores.

El método es dinámico a medida que el proyecto avanza y se presentan circunstancias adversas o imprevistas, la ruta crítica facilita replantear o reprogramar el proyecto, de igual manera cuando se presenta una oportunidad para acelerar la programación del proyecto, indicándonos que actividades o procesos están involucrados para mejorar los resultados esperados.

Este método es aplicable en una gran cantidad de industrias como:

Textil, manufacturera, construcción, consultoría, estudios en general etc.

2.3.2.4. Ejemplo

En el ejemplo siguiente determinar la matriz de secuencia, red de actividades, ruta crítica y el cálculo de holguras, si el proyecto dispone de las siguientes actividades:

Matriz de secuencia

TABLA 2. MATRIZ DE SECUENCIA

ACTIVIDAD	PREDECESOR
A	-
B	A
C	B
D	C
E	A
F	E
G	F

GRÁFICA 3. MATRIZ DE SECUENCIA

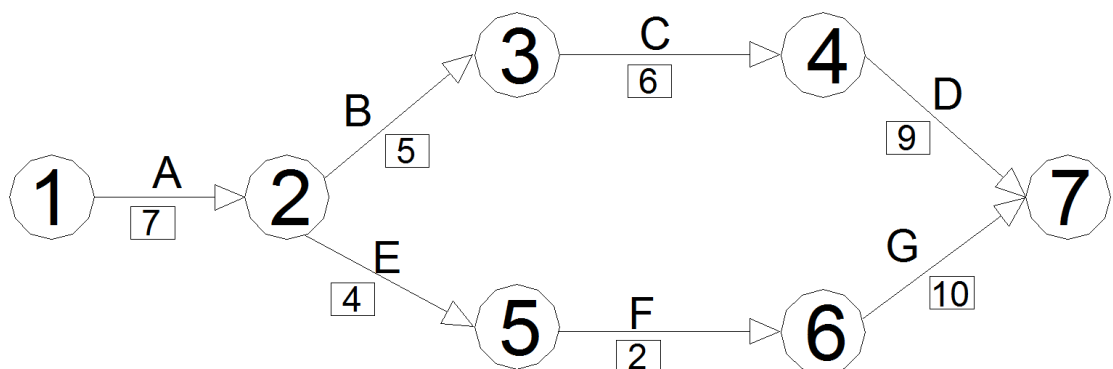
MATRIZ DE SECUENCIA							
	A	B	C	D	E	F	G
A	INICIAL	X			X		
B			X				
C				X			
D		FINAL					
E						X	
F							X
G		FINAL					

Red de actividades

TABLA3. RED DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	EVENTO	DURACIÓN
A	"1-2"	7
B	"2-3"	5
C	"3-4"	6
D	"4-7"	9
E	"2-5"	4
F	"5-6"	2
G	"6-7"	10

GRÁFICO 4. RED DE ACTIVIDADES



Existen dos rutas:

Primera ruta: 1-2-3-4-7

Segunda ruta: 1-2-5-6-7

En base al tiempo de cada actividad la primera ruta se denominara “la Ruta Crítica”, la cual está formada por actividades que suman la duración total mayor del proyecto.

Por lo que su tiempo de duración es de 27.

Cálculo de Holguras

TABLA 4. CÁLCULO DE HOLGURAS

EVENTO	DURACIÓN	Ei	Ej	Li	Lj	HT	HL
"1-2"	7	0	7	0	7	0	0
"2-3"	5	7	12	7	12	0	0
"2-5"	4	7	11	11	15	4	0
"3-4"	6	12	18	12	18	0	0
"4-7"	9	18	27	18	27	0	0
"5-6"	2	11	13	15	17	4	0
"6-7"	10	13	23	17	27	4	4

2.3.3. Método PERT

2.3.3.1 Definición

Es una técnica que facilita la dirección de un proyecto a través de la representación gráfica de una red de tareas, que al concatenarlas permiten alcanzar los objetivos del proyecto.

2.3.3.2 Metodología

La metodología empleada por este método es la siguiente:

- **Tareas o actividades**

Establece una lista de actividades necesarias para la realización exitosa del proyecto, representadas gráficamente por flechas, asignándoles un código y un tiempo de duración, el orden cronológico o secuencial de las actividades no se establece aún en esta etapa.

- **Etapas**

Determina el tiempo de inicio y el final de cada tarea, a través de un orden de precedencia de las actividades descritas anteriormente, se tabula las actividades de acuerdo a su orden, la representación gráfica de la etapa es un círculo.

- **Tareas Ficticias**

Están representadas por una flecha punteada que indica las limitaciones de las cadenas de tareas entre ciertas etapas.

Dentro de la metodología para poder programar a través de la red tipo PERT, hay que resaltar que este tipo de metodología se basa en un tiempo estimado, que se lo define de la siguiente forma:

$$te = \frac{to + 4tm + tp}{6}$$

En donde:

“te” es el tiempo estimado.

“to” es la duración optimista.

“tm” es la duración más probable.

“tp” es la duración pesimista.

Este método tiene la ventaja de conocer el tipo de probabilidad existente de finalización del proyecto, el cual se define así:

$$Z = \frac{Ts - Tet}{\sqrt{\epsilon Var}}$$

En donde:

“Z” es la probabilidad.

“Ts” es la duración estimada del proyecto en su totalidad.

“Tet” es la duración calculada.

“Var” es la varianza, que se calcula de la siguiente forma:

$$Var = \left(\frac{tp - to}{6}\right)^2$$

2.3.3.3. Ventajas y Usos:

Este método facilita la coordinación de proyectos con un gran número de actividades, representándolos gráficamente en una red de tareas consecutivas.

La ruta crítica establecida dentro de este método es más visible, indica que actividades no se pueden retrasar para no afectar la fecha de terminación del proyecto; las actividades que no son parte de la ruta crítica tienen un tiempo de holgura lo que permite retrasarlas, sin afectar la fecha de terminación del proyecto.

El método tiene un campo de acción amplio en el sector privado como de gobierno, es flexible y adaptable a cualquier tipo de proyecto, entre los destacables podemos encontrar:

- Construcción de centrales
- Construcción de carreteras
- Edificación de casas y edificios
- Consultoría
- Auditoría
- Aeronáutica
- Investigación de mercados

2.3.3.4. Ejemplo

Calcular la probabilidad que el proyecto finalice en 21 días, con las siguientes actividades.

TABLA 5. CÁLCULO DE VARIANZA

ACTIVIDAD	to	tm	tp	te	Ei	Ej	Li	Lj	HT	HL	Var
"1-2"	1	2	9	3	0	3	0	3	0	0	1.77
"2-3"	2	2	8	3	3	6	4	7	1	0	-
"2-5"	1	7	7	6	3	9	3	9	0	0	1
"3-4"	3	5	7	5	6	11	7	12	1	0	-
"4-7"	4	6	10	6	11	17	12	18	1	1	-
"5-6"	2	5	8	5	9	14	9	14	0	0	1
"6-7"	4	4	4	4	14	18	14	18	0	0	0

$$Z = \frac{T_s - T_{et}}{\sqrt{\epsilon \text{ Var}}}$$

$$Z = \frac{21 - 18}{\sqrt{3.77}}$$

$$Z = 1.54$$

La probabilidad que finalice el proyecto es del 100%.

2.3.4. Método LPU

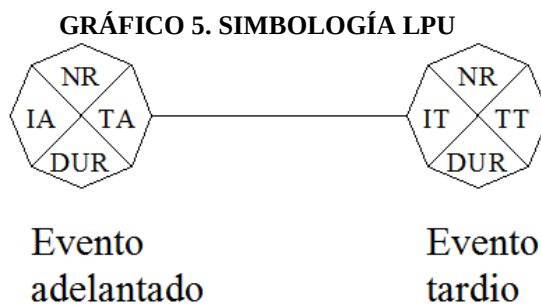
2.3.4.1. Definición:

LPU significa línea unión punto o círculo, este método se encuentra relacionado con los anteriores al dirigir un proyecto, a través de una red gráfica con ciertos tipos de cambio en su simbología, precediendo las actividades para alcanzar el objetivo del proyecto.

2.3.4.2. Metodología:

La metodología empleada es igual al método PERT con ciertos cambios en la simbología, y en esta metodología desaparecen las actividades ficticias.

Su simbología es la siguiente:



En donde:

- NR es número.
- DUR es duración.
- IA es iniciación adelantada.
- IT es iniciación tardía.
- TA es terminación adelantada.
- TT es terminación tardía.

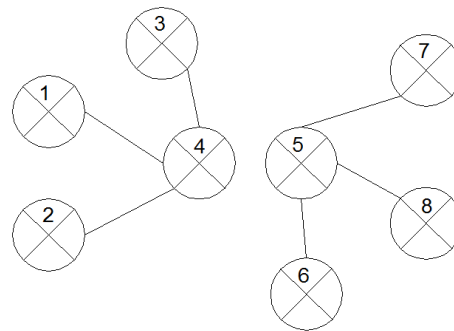
Debido a que el método no contiene flechas como los otros métodos estudiados, es importante indicar las secuencias y dependencias de las actividades por su posición relativa.

Este método estudia su convención de la siguiente forma:

- Para que una actividad preceda a otra debe estar atrás o arriba y unida a ella por una línea de secuencia (ejemplo A, Gráfico 6) (Castro, 2004).

- Para que una actividad siga a otra debe estar adelante o abajo y unida a ella por una línea de secuencia (ejemplo B, Gráfico 6) (Castro, 2004).
- Para que una actividad sea simultánea con otra debe estar sobre la misma vertical y sin línea de secuencia que las una (ejemplo C, Gráfico 6) (Castro, 2004).

GRÁFICO 6. CONDICIONES LPU



- Ejemplo A: 1, 2, 3 preceden 4.
- Ejemplo B: 6, 7, 8 siguen a 5.
- Ejemplo C: 1 y 2; 7 y 8 son simultáneas.

2.3.4.3 Ventajas

La ventaja más representativa de esta metodología es la facilidad con la que una vez realizado el diagrama de nodos se puede modificar, esto quiere decir que se puede añadir nuevas actividades, sin tener que alterar el diagrama original.

CAPÍTULO 3: SISTEMA LÍNEA DE BALANCE

3.1. Introducción

3.1.1 Antecedentes

El método de la línea de balance inició en el año de 1940 por un grupo de trabajadores liderados por George E. Fouch, los cuales utilizaron este método para controlar la producción en Goodyear Tire & Rubber Company, en medio de la segunda guerra mundial. También el método fue utilizado por la Marina de Estados Unidos en la guerra de Corea. (Arcila, Programación de obras con la técnica de la línea de balance, 2012)

Posteriormente tiene su utilización en el sector de la construcción, la primera fue en 1968 en donde Lumsden modifica la metodología que solo se utilizaba en el sector industrial para poder ser utilizado en el sector de la construcción de viviendas. En 1970 Khisty le da un sentido más profundo utilizando el método para el control de la construcción de un puerto, tal fue la innovación que controlaba desde la mano de obra hasta el suministro de concreto precolado. (Arcila, Programación de obras con la técnica de la línea de balance, 2012)

Desde la década de 1970 empezaron diferentes constructores a utilizar este método, tales como: O' Brien en 1975 que determinó que la construcción de edificaciones repetitivas se lo realizaba mejor con esta metodología de programación. Tanto fue el crecimiento que no solo se utilizaba en edificaciones, sino que se extendió para la construcción de carreteras, tal es el caso que en 1986 Arditiy y Albulak disminuyeron el tiempo de ejecución de un proyecto. (Arcila, Programación de obras con la técnica de la línea de balance, 2012)

A partir de 1990 la metodología de línea de balance tiene un desarrollo formal, dando como resultados diversos proyectos de construcción que fueron

optimizados gracias a esta metodología. (Arcila, Programación de obras con la técnica de la línea de balance, 2012)

La industria de la construcción inmobiliaria, ha crecido considerablemente en los últimos años, lo cual ha incrementado la oferta y la demanda en la viviendas unifamiliares, la Programación de Obra ha permitido a la mayoría de empresas constructoras iniciar proyectos con altos estándares en lo que a este campo se refiere. La Línea de Balance es un método convencional de la programación, el objetivo principal del Sistema de Líneas de Balance es incrementar la eficiencia en las operaciones repetitivas involucradas en la construcción de viviendas.

3.1.2 Generalidades

La programación de las LDB (Líneas de Balance) es una técnica utilizada por un gran número de empresas constructoras, debido a que permite representar gráficamente el proyecto en una sola línea o barra en una gráfica.

Esta técnica permite analizar las tareas repetitivas que son necesarias para la construcción de distintas edificaciones en casas o departamentos, dependiendo el número de edificaciones que componen el proyecto.

El LDB permite analizar dentro de un orden lógico cada actividad repetitiva, asignando los recursos necesarios para su realización, identificando que recursos están subutilizados para realizar las correcciones pertinentes e incrementar la producción.

Existen ciertos parámetros para la programación efectiva de esta técnica:

- Identificación de las actividades
- Estimación de la duración de cada actividad usualmente es en días
- Establecer escala de tiempo donde todas las actividades serán realizadas
- Determinar el método o plan de trabajo

En términos generales este método LDB, como su nombre lo indica otorga balance a las actividades de los distintos procesos, incrementando el progreso en los rangos de producción; disminuyendo los tiempos muertos en las tareas y controlando las actividades del proyecto.

3.2. Estructura

3.2.1. Composición de la Línea de Balance

La línea de balance es flexible de acuerdo al tipo de proyecto en el cual se va a implementar el método, en el presente caso se considera la construcción de edificaciones, considerando los resultados gráficos de las pendientes y el ritmo de trabajo óptimo para alcanzar los objetivos principales del proyecto, se han determinado los siguientes factores:

- a) Localización.-** En este punto LDB se enfoca en distribuir óptimamente los sectores de trabajo, para maximizar la economía del proyecto, mejorar los rendimientos e incrementar la seguridad y satisfacción de los trabajadores.

El grado de facilidad que otorgue esta distribución arquitectónica y estructural permitirá un diseño óptimo y eficiente para el desarrollo del proyecto en cada una de sus etapas.

Por la naturaleza del proyecto se aplica la distribución por posición fija porque todos los materiales, obreros, maquinaria y herramientas, tienen que trasladarse hacia cada uno de los sectores o áreas de trabajo que son inamovibles, por tal razón y considerando la ingeniería industrial se ha considerado 6 principios básicos para una buena área de trabajo: (Orihuela, 2013)

- **Principio de la satisfacción y la seguridad:** En igualdad de condiciones la distribución del trabajo es efectivo, satisfactorio y seguro. (Orihuela, 2013)
- **Principio de la integración de conjunto:** La óptima distribución es la que integra la relación de actividades entre la maquinaria, los operarios, herramientas entre otros, mejorando el compromiso de cada uno de los involucrados. (Orihuela, 2013)
- **Principio de la mínima distancia recorrida:** En igualdad de condiciones, la distribución planteada se sujetará a este principio cuando los materiales recorran la menor distancia dentro de las áreas de trabajo. (Orihuela, 2013)
- **Principio de la circulación o flujo de materiales:** En igualdad de condiciones la mejor distribución permitirá que las áreas de trabajo o procesos se encuentren ordenados en forma secuencial o precedente. (Orihuela, 2013)
- **Principio del espacio cúbico:** La economía se obtiene utilizando todo el espacio disponible tanto en sentido vertical como horizontal. (Orihuela, 2013)
- **Principio de la flexibilidad:** En igualdad de condiciones la distribución que permita realizar ajustes o mejoras dentro de las áreas 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 el proyecto en cada una de sus etapas o niveles, se desglosan en actividades de nivel superior o inferior.

Para complementar estos conceptos se presenta el siguiente caso:

Una actividad de primer nivel puede ser el pórtico estructural de concreto de hormigón armado, un desglose de segundo nivel podría ser dividir este pórtico en elementos verticales y horizontales, un desglose de tercer nivel podría ser dividir cada uno de estos elementos en actividades de acero, instalaciones, encofrado y concreto. (Orihuela, 2013)

c) El plazo.

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

Se toma como referencia la base de datos de proyectos de similares características para calcular el plazo. (Orihuela, 2013)

d) El tiempo unitario.

Tiempo en ejecutar la unidad que se repite, se calcula usando las redes gráficas del método CPM. (Orihuela, 2013)

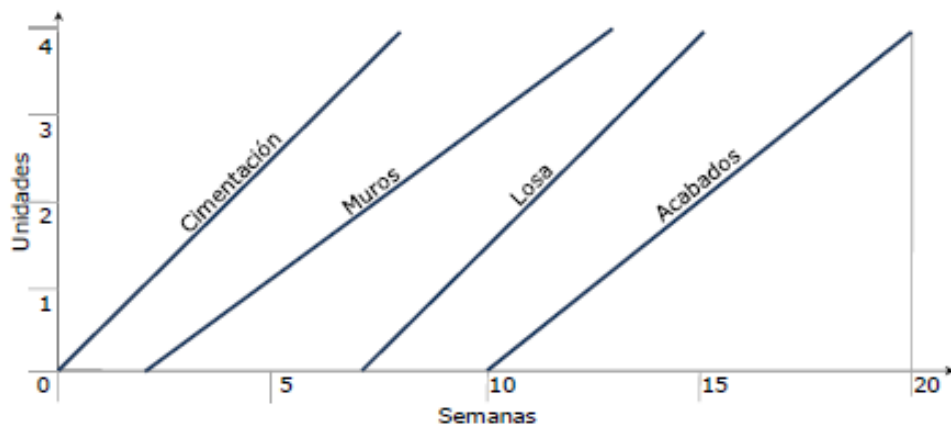
e) Ritmo del proyecto.

El ritmo del proyecto es el resultado de la pendiente de las líneas de balance. La pendiente depende de la tangente del ángulo que estas líneas forman con el eje horizontal y se calcula dividiendo el número total de unidades a considerar menos una, entre el tiempo total del proyecto menos el tiempo que demora en ejecutarse la unidad que se repite, cuanto mayor sea la pendiente de las líneas de balance, más acelerado será el ritmo del proyecto, por consiguiente, mayor será la velocidad de construcción y menor será su plazo de ejecución. (Orihuela, 2013)

3.2.2. Representación gráfica

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

GRÁFICO 7. PROGRAMA DE VIVIENDA CON LA LÍNEA DE BALANCE



Fuente: Arcila, Programación de obras con la técnica de la línea de balance, 2012

En las gráficas de Línea de Balance se pueden agrupar actividades de la construcción, esto se puede hacer mediante el método gráfico, el cual facilita juntar actividades semejantes entre ellas.

La expresión gráfica se lo realiza de la siguiente manera:

- En el eje “x” se representa el tiempo.
- En el eje “y” se representa el número de unidades a construirse.

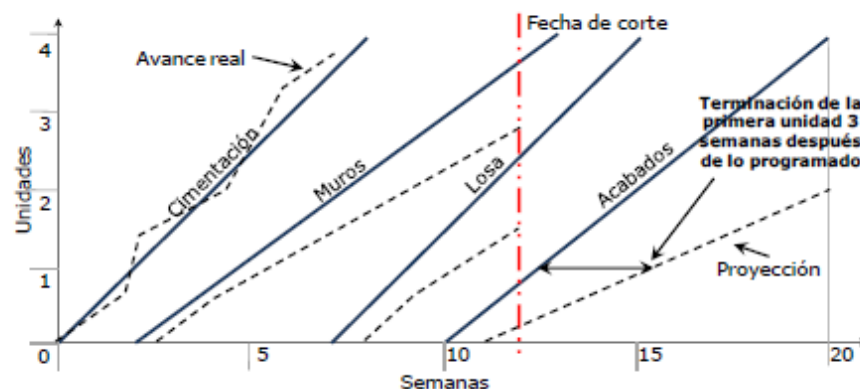
Es importante notar que en este eje se puede variar los patrones de medición, por ejemplo se pueden ubicar metros lineales, metros cuadrados y metros cúbicos, dependiendo de la actividad.

En esta gráfica se puede ver como un proyecto avanza de una forma ideal, en donde cada actividad tiene un ritmo parejo y equilibrado, es decir la programación de la construcción se lo realizó en condiciones favorables y óptimas.

También existe la posibilidad de representar el avance de un proyecto de una forma real, esto quiere decir, con los inconvenientes que pueden surgir mediante la construcción de un proyecto inmobiliario.

Mediante la siguiente gráfica se observa cómo se evalúa el avance real comparado con la programación inicial.

GRÁFICO 8. PROGRAMA ACTUALIZADO DE VIVIENDA CON LA LÍNEA DE BALANCE



Fuente: Arcila, Programación de obras con la técnica de la línea de balance, 2012

En esta grafica se puede comparar la programación inicial con el avance de obra real al término de la fecha corte, que es la semana 12 del proyecto. Se puede ver con

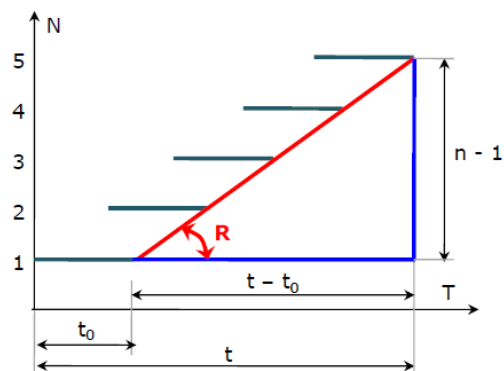
claridad que la única actividad que cumple con la programación inicial es el rubro cimentación, con respecto a las otras actividades, se observa un retraso, en donde se debe tomar las medidas correctivas para que las actividades puedan cumplir con el tiempo de ejecución del proyecto.

3.2.3 Cálculos aplicados a la línea de balance.

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

GRÁFICO 9. DETERMINACIÓN DEL RITMO DE TRABAJO “R”.

Fuente: Arcila, Programación de obras con la técnica de la línea de balance, 2012



$$R = \frac{n - 1}{t - t_0}$$

En donde:

- R = Ritmo de trabajo de construcción.
- n = Número de unidades de construcción.

- t_o = tiempo de la primera unidad de construcción.
- t = tiempo total de todas las unidades de construcción.

La notación que se utilizará es la siguiente:

TABLA 6. SIMBOLOGÍA DE LA LÍNEA DE BALANCE

Act	= Actividad a realizar.
H	= Horas-hombre necesarias para ejecutar cada actividad.
C	= Tamaño o número de personas necesarias para integrar una cuadrilla para cada actividad en cuestión.
G	= Requerimiento teórico de recursos.
g	= Asignación real de recursos.
R	= Rendimiento teórico.
r	= Rendimiento real.
D	= Duración de la actividad.
T	= Tiempo transcurrido entre el inicio de la primera sección al inicio de la última sección de una actividad.
b	= Buffer, tiempo de espera entre actividades para que éstas no se interfieran.

Fuente: Fuente: Arcila, Programación de obras con la técnica de la línea de balance, 2012

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

TABLA 7. FORMULACIÓN DE LA LÍNEA DE BALANCE

Act	La secuencia de actividades, o red, se determina de acuerdo a un orden lógico de interacción entre las mismas.
H	Resultante de la experiencia personal, tabuladores, libros, manuales, etc.
C	Resultante de la experiencia personal, tabuladores, libros, manuales, etc.
G	$= (R \times H) / (h \times d)$ donde: h = Número de horas que se trabaja en un día. d = número de días que se trabaja en una semana.
r	$= (g \times R) / G$ El valor de g deberá ser redondeado en función del valor de G; y siempre deberá ser múltiplo de G.
D	$= H / (h \times C)$ El valor de D deberá ser redondeado al número inmediato superior o inferior.
T	$= (n - 1) \times d / r$ donde: n = número de unidades por construir en el proyecto. El valor de T deberá ser redondeado al número inmediato superior o inferior.

Fuente: Arcila, Programación de obras con la técnica de la línea de balance, 2012

3.3. Usos.

Para tener un correcto uso de la metodología línea de balance es importante que se puedan cumplir 3 aspectos:

- a) **Cantidad.-** El número de actividades que se va a realizar debe estar financiado económicamente para poder evitar un retraso en la ejecución de cada una de ellas.
- b) **Equilibrio.-** Debe de tratar de mantenerse una igualdad en el tiempo en cada actividad que se repita.
- c) **Continuidad.-** Es fundamental contar que cada actividad cuente con todo el material, herramientas y mano de obra para su ejecución.

Algunos de los casos más comunes que se presentan al momento de utilizar línea de balance:

- a) Conocido la cantidad de unidades de construcción y el tiempo de su ejecución, verificar qué tipo de cuadrilla se debe implementar.
- b) Conocido el tiempo de finalización de cada actividad, determinar la cantidad de material.

La metodología de trabajo que contempla la línea de balance es dirigida al campo de construcciones repetitivas, por ejemplo:

- Construcción de proyectos inmobiliarios.
- Puentes
- Carreteras

También es una herramienta muy útil dentro de la ejecución de un proyecto, sus aplicaciones son:

- Reprogramación y control de obra.
- Curva de avance de obra.

3.4. Ventajas.

- Al momento de programar un proyecto inmobiliario siempre existen inconvenientes con relación al tiempo de ejecución y su continuidad con las diferentes actividades que involucran la construcción, es por tal motivo que la línea de balance es muy útil, porque en una sola gráfica, representada por una línea o una barra determina la programación de cada actividad.
- El programar un proyecto inmobiliario con línea de balance es rápido y sencillo de utilizarlo, debido a que solo se necesita el análisis de precios unitarios de cada rubro, para poder implementarlo.
- La línea de balance es fácil de interpretarlo.
- La metodología de trabajo es dinámica, debido a que se puede ir evaluando el proceso de avance por cada unidad completada, de acuerdo a la programación inicial.

- Su implementación es rápida debido a que no se tiene que calcular la ruta crítica, que otros métodos lo exigen.
- Tiene la facilidad de mostrar el impacto de un retraso de una actividad con respecto a otra.
- Tiene la capacidad de poder agrupar actividades similares en una sola línea, dando como resultado poder resumir un gran número de actividades comunes de una forma más clara.
- Un factor fundamental en este método, es poder mostrar el ritmo de ejecución de cada actividad para poder cumplir con la programación inicial.

3.5. Línea de Base y su relación con la programación tradicional.

Comparar la metodología tradicional que se ha usado por más de 70 años con la metodología línea de balance es poder notar la relación escasa que tienen entre cada una de las metodologías, por ejemplo una diferencia marcada entre utilizar CPM y PERT es la forma de estimación de la duración de sus actividades, entendiendo que el método PERT sigue el camino probabilístico, que se puede resumir de la siguiente forma: (Arcila, Programación de obras con la técnica de la línea de balance, 2012)

- Duración más probable (m).
- Duración más pesimista (b).
- Duración más optimista (a).

Mientras que el CPM se basa en una sola estimación de duración de las actividades.

La programación de un proyecto de construcción está involucrado en la etapa de planificación del mismo, el cual contempla dos aspectos fundamentales tiempo y dinero, en donde a mayor tiempo de programación del proyecto se demandará mayor inversión en la programación. Posteriormente, esto involucra que la etapa de ejecución del proyecto tampoco inicie.

Un factor que limita a la programación tradicional es la ruta crítica, dado es el caso que la finalización del proyecto depende de las actividades de la ruta crítica, porque una demora en alguna de ellas provocaría un retraso en la finalización del proyecto. (Arcila, Programación de obras con la técnica de la línea de balance, 2012)

Es importante notar que la línea de balance posee las ventajas de los métodos Gantt, CPM y PERT pero no los reemplaza, debido a su parecido en mínimos aspectos con cada uno de los métodos anteriormente estudiados. (Arcila, Programación de obras con la técnica de la línea de balance, 2012)

3.6. Guía de Implementación del sistema LDB.

3.6.1 Pasos

En este punto se procederá a definir los pasos para poder realizar una gráfica de línea de balance y poder tener su correcta interpretación. (Arcila, Programación de obras con la técnica de la línea 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 en la ejecución de las actividades.

• **Paso 3**

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

• **Paso 4**

Poseer el rendimiento que se necesita en cada actividad 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**

Elaborar en Excel una tabla que contenga las formulas antes vistas, por ejemplo:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Act	H-H por actividad	Tamaño de cuadrilla	Requerimiento teórico de recursos	Asignación real de recursos	Rendimiento real	Duración de la actividad	Tiempo transcurrido del inicio de la 1ra sección al inicio de la última	Buffer
ID	H	C	$G = \frac{R \times H}{h \times d}$	g	$r = \frac{g \times R}{G}$	$D = \frac{H}{h \times C}$	$T = \frac{(n - 1) \times d}{r}$	b

• **Paso 6**

Efectuar la gráfica con los resultados de la columna 8, este paso se podrá comprender mejor con el ejemplo que a continuación se presenta.

• **Paso 7**

Una vez obtenida la gráfica se deberá analizar cada actividad y ver si va de acuerdo al plazo de ejecución de la construcción, caso contrario se deberá tener en cuenta diferentes alternativas acorde al plazo, Por ejemplo:

- Evaluar si el rendimiento de las diferentes actividades son los adecuados, caso contrario cambiarlos.
- Estudiar si es factible la ejecución en forma simultánea de una o más actividades a la vez.

3.6.2 Ejemplo de aplicación

Elaborar la programación de obra con la técnica de la línea de balance, el proyecto inmobiliario requiere la construcción de 20 casas iguales, ubicadas en el sector del valle de los Chillos, la inmobiliaria indica la entrega de 3 casas por mes, se trabajará

5 días a la semana, en jornada normal de 8 horas laborables y para evitar la interrupción de actividades, entre ellas se dará un buffer (tiempo de espera entre actividades) de 5 días.

Datos:

- $R = 3$
- $h = 8$
- $d = 5$
- $b = 5$

TABLA 8. LISTA DE ACTIVIDADES, EJEMPLO LÍNEA DE BALANCE.

ID	Actividad	Horas-hombre por actividad	Tamaño de la cuadrilla
A	Cimentación	120	5
B	Estructura metálica	330	6
C	Mampostería	250	8
D	Instalaciones	30	4
E	Acabados	320	8

Elaboramos el diagrama de actividades, que se muestra a continuación:

GRÁFICO 10. SECUENCIA LÓGICA DE ACTIVIDADES

(Arcila, Programación de obras con la técnica de la línea de balance, 2012)

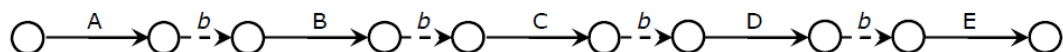
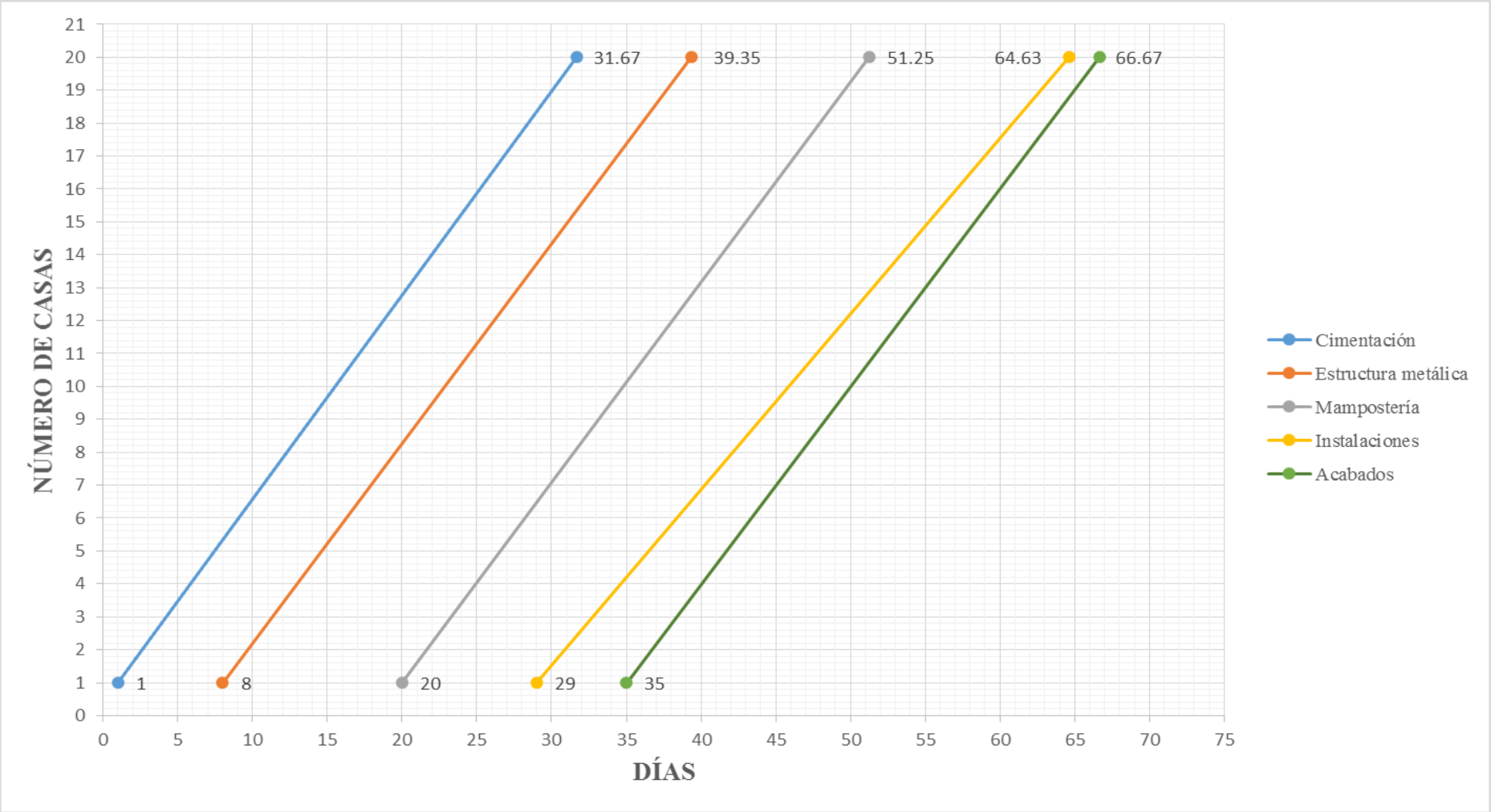


TABLA 9. CÁLCULOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA GRÁFICA DE LÍNEA DE BALANCE.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Act	H-H por actividad	tamaño de cuadrilla	Requerimiento teórico de recursos	Asignación real de recursos	Rendimiento o real	Duración de la actividad	Tiempo transcurrido del inicio de la 1era sección al inicio de la última	Buffer
ID	H	C	G	g	r	D	T	b
A	120	5	9	9	3.00	3.00	31.67	5
B	330	6	24.75	25	3.03	6.88	31.35	5
C	250	8	18.75	19	3.04	3.91	31.25	5
D	30	4	2.25	2	2.67	0.94	35.63	5
E	320	8	24	24	3.00	5.00	31.67	5

GRÁFICO 11. GRÁFICA DE LA LÍNEA DE BALANCE PARA EL PROYECTO EVALUADO.



El resultado final de poder construir 20 casas con la entrega de ellas de 3 casas por mes, es poder realizarlo en un período de 67 días laborables.

CAPÍTULO 4: EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LDB

4.1. Análisis proyecto en curso “Casas Park”.

Este capítulo analizará las diferentes metodologías de programación:

- Programación de obra a través del “Diagrama de Gantt”.
- Programación de obra a través del “Sistema Línea de Balance”.

Para lo cual se estudiará la programación de obra de un proyecto inmobiliario en curso.

El proyecto inmobiliario a estudiar será:” Casas Park”.

El conjunto residencial “Casas Park”, se encuentra ubicado en el sector de Conocoto Alto, está comprendido de 59 casas, área comunal, parqueaderos y área verde recreativa. A continuación se podrá observar la implantación general del conjunto.



4.1.1. Análisis de la programación tradicional.

La programación de obra de construcción del conjunto se lo dividió en dos etapas. La casa tipo tiene un área de construcción de 90m² en dos plantas, cada casa cuenta con servicios básicos y acabados de primera.

Para poder realizar el diagrama de Gantt y así determinar la ruta crítica del conjunto, previamente se tuvo que obtener los análisis de precios unitarios (APUs) del proyecto.

En las siguientes tablas se podrá observar los cuadros resumen de los APU:

- Etapa 1

Número de casas: 37

- Etapa 2

Número de casas: 22

TABLA 10. CUADRO RESUMEN ETAPA 1

ID	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	RENDIMIENTO	CUADRILLA	FACTOR MULTIPLICADOR	HORAS-HOMBRE	TIEMPO EN DIAS
1	CERRAMIENTO PROVISIONAL H=2.40	555.00	0.110	3.25	1	61.05	7.63
2	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	2220.00	0.015	6.06	6	33.30	4.16
MOVIMIENTO DE TIERRAS							
3	REPLANTEO Y NIVELACION	2220.00	0.010	16.4	4	22.20	2.78
4	EXCAVACIÓN MANUAL EN CIMIENTOS Y PLINTOS	482.85	0.150	12.4	4	72.43	9.05
5	RELLENO COMPACTADO	241.43	0.133	12.4	4	32.19	4.02
ESTRUCTURA							
6	REPLANTILLO H.S	22.20	0.550	10	1	12.21	1.53
16	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACION	14800.00	0.007	12.6	6	98.67	12.33
16	ACERO DE REFUERZO EN COLUMNA PB	11100.00	0.007	12.6	6	74.00	9.25
8	HORMIGON SIMPLE PLINTOS	160.95	0.335	16	2	53.92	6.74
7	HORMIGON CICLOPEO	186.85	0.400	15	2	74.74	9.34
18	ENCOFRADO TABLA DE MONTE-CADENAS	499.50	0.165	6	2	82.42	10.30
9	HORMIGON SIMPLE CADENAS	48.10	0.800	10	1	38.48	4.81
17	MALLA ELECTROSOLDADA	1480.00	0.027	6.3	3	39.47	4.93
33	CONTRAPISO H.S	1443.00	0.080	16.4	4	115.44	14.43
32	MASILLADO ALISADO DE PISOS	1443.00	0.075	6.2	2	108.23	13.53
19	ENCOFRADO METALICO DE COLUMNA PB	925.00	0.033	9.3	3	30.83	3.85
12	HORMIGÓN SIMPLE EN COLUMNAS PB	74.00	0.670	11	1	49.58	6.20
20	ENCOFRADO METALICO DE LOSA PB	1443.00	0.012	10.5	5	17.32	2.16
16	ACERO DE REFUERZO EN VIGAS Y LOSA PB	24050.00	0.007	12.60	6	160.33	20.04
15	BLOQUE DE ALIVIANAMIENTO PB	7770.00	0.007	12.3	6	55.94	6.99
21	ENCOFRADO TABLA DE MONTE- VIGA PB	247.90	0.125	6	2	30.99	3.87
14	HORMIGON EN LOSA NIVEL=2.7m	277.50	0.110	10	1	30.53	3.82
19	ENCOFRADO METALICO DE COLUMNA PA	925.00	0.033	9.3	3	30.83	3.85
12	HORMIGÓN SIMPLE EN COLUMNAS PA	74.00	0.335	22	2	24.79	3.10
20	ENCOFRADO METALICO DE LOSA PA	1443.00	0.012	10.5	5	17.32	2.16
16	ACERO DE REFUERZO EN VIGAS Y LOSA PA	23865.00	0.007	12.6	6	159.10	19.89
15	BLOQUE DE ALIVIANAMIENTO PA	7770.00	0.007	12.3	6	55.94	6.99
21	ENCOFRADO TABLA DE MONTE- VIGA PA	247.90	0.125	6	2	30.99	3.87
14	HORMIGON EN LOSA NIVEL=5.20m	314.50	0.110	10	1	34.60	4.32
31	MASILLADO EN LOSA	1443.00	0.090	9.3	3	129.87	16.23
ALBAÑILERÍA							
24	MAMPOSTERIA DE BLOQUE e=15 cm	4243.90	0.116	10.5	5	492.29	61.54
25	MAMPOSTERIA DE BLOQUE e=10 cm	1323.49	0.104	10.5	5	137.64	17.21
34	PICADO Y RESANE DE PARED PARA INSTALACIONES	925.00	0.100	4	2	92.50	11.56
22	BORDILLO DE TINETA DE BAÑO	48.10	1.100	2.1	1	52.91	6.61
23	MESA DE COCINA HORMIGÓN ARMADO	62.90	1.143	2.1	1	71.89	8.99
26	LAVANDERIA PREFABRICADA DE FIBRA	37.00	4.000	4	1	148.00	18.50
28	ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR	10806.96	0.104	10.5	5	1123.92	140.49
29	ENLUCIDO LISO EXTERIOR	2906.35	0.130	10.5	5	377.83	47.23
30	ENLUCIDO HORIZONTAL	3108.00	0.150	10.5	5	466.20	58.28
INSTALACIONES HIDROSANITARIAS							
35	CAJA DE REVISIÓN 60X60	37.00	1.429	4.2	2	52.86	6.61
36	PUNTO DE AGUA FRÍA 1/2"	333.00	0.625	8	4	208.13	26.02
37	PUNTO DE AGUA CALIENTE	74.00	1.000	4.2	2	74.00	9.25
38	VÁLVULA CHECK	37.00	0.530	1	1	19.61	2.45
39	LLAVE DE PASO	37.00	0.400	2.1	1	14.80	1.85
40	LLAVE DE MANGUERA	37.00	0.530	1	1	19.61	2.45
41	CALEFON A GAS	37.00	3.200	3.1	1	118.40	14.80
42	PUNTO DE DESAGUE DE PVC 110mm	74.00	1.000	4.2	2	74.00	9.25
43	PUNTO DE DESAGUE DE PVC 50mm	296.00	0.667	9	3	197.33	24.67
44	BAIANTE DE AGUAS LLUVIAS 110mm	284.90	0.100	3	1	28.49	3.56
45	REJILLA DE PISO 50mm	148.00	0.400	2.1	1	59.20	7.40
46	LAVAMANOS CON PEDESTAL	74.00	1.000	4	2	74.00	9.25
47	INODORO	74.00	0.745	4	2	55.13	6.89
48	LAVAPLATOS 1 POZO	37.00	1.053	4.2	2	38.95	4.87
49	MEZCLADORA PARA LAVAMANOS	37.00	2.000	3	1	74.00	9.25
50	MEZCLADORA PARA FREGADERO	37.00	1.000	2	1	37.00	4.63
51	DUCHA CON MEZCLADORA	37.00	1.053	4.2	2	38.95	4.87
INSTALACIONES ELÉCTRICAS							
53	PUNTO DE ILUMINACIÓN	481.00	0.500	8.4	4	240.50	30.06
54	PUNTO DE ILUMINACIÓN CONMUTADA	37.00	1.000	4	2	37.00	4.63
55	BREAKERS DE 1 POLO DE 63 AMP	37.00	0.400	1.1	1	14.80	1.85
56	SALIDAS ESPECIALES	74.00	0.750	4	1	55.50	6.94
57	PUNTO DE TOMACORRIENTE	555.00	0.375	12	4	208.13	26.02
58	TIMBRE	37.00	1.600	2.1	1	59.20	7.40
59	ACOMETIDA TELEFÓNICA	1239.50	0.150	8	4	185.93	23.24
60	PUNTO SALIDA PARA TELEFONOS	74.00	0.800	5.2	2	59.20	7.40
ACABADOS							
71	PINTURA CAUCHO PAREDES INTERIORES	10806.96	0.050	8	4	540.35	67.54
72	PINTURA CAUCHO PAREDES EXTERIORES	2906.35	0.058	8	4	167.12	20.89
67	CERAMICA EN PARED	671.92	0.163	8.4	4	109.19	13.65
62	CERAMICA EN PISOS	1073.00	0.168	8.4	4	179.73	22.47
64	BARREDERAS EN CERAMICA	1147.00	0.138	8	4	157.71	19.71
70	VENTANA CORREDIZA DE ALUMINIO	629.00	0.250	8	4	157.25	19.66
63	PISO FLOTANTE	1110.00	0.250	8	4	277.50	34.69
65	BARREDERAS EN PISO FLOTANTE	1147.00	0.080	8.4	4	91.76	11.47
80	CLOSET MDF	536.50	0.800	10	5	429.20	53.65
81	MUEBLE DE COCINA BAJO	74.00	2.400	10	5	177.60	22.20
82	MUEBLE DE COCINA ALTO	74.00	2.000	10	5	148.00	18.50
66	CENEFA DECORATIVA	518.00	0.400	8.4	4	207.20	25.90
61	MESON CON TABLERO POSFORMADO	62.90	1.000	2	1	62.90	7.86
73	PUERTA PRINCIPAL LACADA	37.00	1.000	2	1	37.00	4.63
74	PUERTA DE ALUMINIO	162.80	0.500	4	2	81.40	10.18
75	PUERTA TAMBORADA BLANCO 0.80M	74.00	0.500	4	2	37.00	4.63
76	PUERTA TAMBORADA BLANCO 0.90M	111.00	0.500	4	2	55.50	6.94
77	CERRADURA LLAVE LLAVE	37.00	1.000	2	2	37.00	4.63
78	CERRADURA PASILLO	111.00	0.667	3	3	74.00	9.25
79	CERRADURA BAÑO	74.00	0.667	3	3	49.33	6.17
83	ACCESORIOS DE BAÑO	74.00	1.000	4	4	74.00	9.25

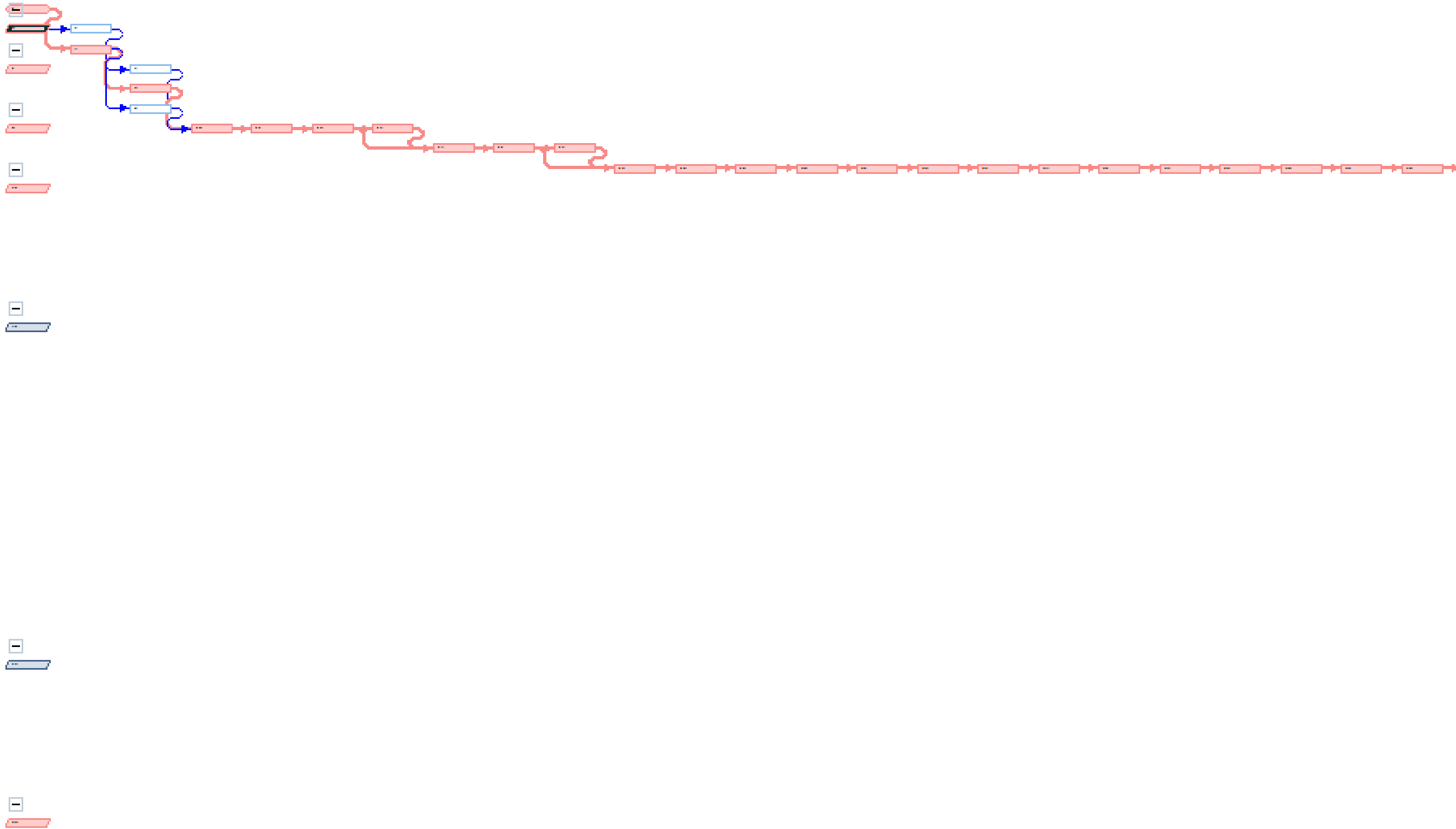
TABLA 11. CUADRO RESUMEN ETAPA 2

ID	DESCRIPCION	CANTIDAD	RENDIMIENTO	CUADRILLA	FACTOR MULTIPLICADOR PARA	HORAS-HOMBRE	TIEMPO EN DIAS
1	CERRAMIENTO PROVISIONAL H=2.40	330.00	0.110	3.25	1	36.30	4.54
2	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	1320.00	0.015	6.06	6	19.80	2.48
MOVIMIENTO DE TIERRAS							
3	REPLANTEO Y NIVELACION	1320.00	0.010	16.4	4	13.20	1.65
4	EXCAVACIÓN MANUAL EN CIMIENTOS Y PLINTOS	287.10	0.150	12.4	4	43.07	5.38
5	RELLENO COMPACTADO	143.55	0.133	12.4	4	19.14	2.39
ESTRUCTURA							
6	REPLANTILLO H.S	13.20	0.550	10	1	7.26	0.91
16	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACION	8900.00	0.007	12.6	6	58.67	7.33
16	ACERO DE REFUERZO EN COLUMNA PB	6600.00	0.007	12.6	6	44.00	5.50
8	HORMIGON SIMPLE PLINTOS	95.70	0.335	16	2	32.06	4.01
7	HORMIGON CICLOPEO	111.10	0.400	15	2	44.44	5.56
18	ENCOFRADO TABLA DE MONTE-CADENAS	297.00	0.165	6	2	49.01	6.13
9	HORMIGON SIMPLE CADENAS	28.60	0.800	10	1	22.88	2.86
17	MALLA ELECTROSOLDADA	890.00	0.027	6.3	3	23.47	2.93
33	CONTRAPISO H.S	858.00	0.080	16.4	4	68.64	8.58
32	MASILLADO ALISADO DE PISOS	858.00	0.075	6.2	2	64.35	8.04
19	ENCOFRADO METALICO DE COLUMNA PB	550.00	0.033	9.3	3	18.33	2.29
12	HORMIGÓN SIMPLE EN COLUMNAS PB	44.00	0.670	11	1	29.48	3.69
20	ENCOFRADO METALICO DE LOSA PB	858.00	0.012	10.5	5	10.30	1.29
16	ACERO DE REFUERZO EN VIGAS Y LOSA PB	14300.00	0.007	12.60	6	95.33	11.92
15	BLOQUE DE ALIVIANAMIENTO PB	4620.00	0.007	12.3	6	33.26	4.16
21	ENCOFRADO TABLA DE MONTE- VIGA PB	147.40	0.125	6	2	18.43	2.30
14	HORMIGON EN LOSA NIVEL=-2.7m	165.00	0.110	10	1	18.15	2.27
19	ENCOFRADO METALICO DE COLUMNA PA	550.00	0.033	9.3	3	18.33	2.29
12	HORMIGON SIMPLE EN COLUMNAS PA	44.00	0.335	22	2	14.74	1.84
20	ENCOFRADO METALICO DE LOSA PA	858.00	0.012	10.5	5	10.30	1.29
16	ACERO DE REFUERZO EN VIGAS Y LOSA PA	14190.00	0.007	12.6	6	94.60	11.83
15	BLOQUE DE ALIVIANAMIENTO PA	4620.00	0.007	12.3	6	33.26	4.16
21	ENCOFRADO TABLA DE MONTE- VIGA PA	147.40	0.125	6	2	18.43	2.30
14	HORMIGON EN LOSA NIVEL=-5.20m	187.00	0.110	10	1	20.57	2.57
31	MASILLADO EN LOSA	858.00	0.090	9.3	3	77.22	9.65
ALBAÑILERÍA							
24	MAMPOSTERÍA DE BLOQUE e=15 cm	2523.40	0.116	10.5	5	292.71	36.59
25	MAMPOSTERÍA DE BLOQUE e=10 cm	786.94	0.104	10.5	5	81.84	10.23
	PICADO Y RESANE DE PARED PARA INSTALACIONES	550.00	0.100				
34	BORDILLO DE TINETA DE BAÑO	28.60	1.100	2.1	1	31.46	3.93
22	MESA DE COCINA HORMIGÓN ARMADO	37.40	1.143	2.1	1	42.74	5.34
23	LAVANDERÍA PREFABRICADA DE FIBRA	22.00	4.000	4	1	88.00	11.00
26	ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR	6425.76	0.104	10.5	5	668.28	83.53
28	ENLUCIDO LISO EXTERIOR	1728.10	0.130	10.5	5	224.65	28.08
29	ENLUCIDO HORIZONTAL	1848.00	0.150	10.5	5	277.20	34.65
INSTALACIONES HIDROSANITARIAS							
35	CAJA DE REVISIÓN 60x60	22.00	1.429	4.2	2	31.43	3.93
36	PUNTO DE AGUA FRÍA 1/2"	176.00	0.625	8	4	110.00	13.75
37	PUNTO DE AGUA CALIENTE	66.00	1.000	4.2	2	66.00	8.25
38	VÁLVULA CHECK	22.00	0.530	1	1	11.66	1.46
39	LLAVE DE PASO	22.00	0.400	2.1	1	8.80	1.10
40	LLAVE DE MANGUERA	22.00	0.530	1	1	11.66	1.46
41	CALEFON A GAS	22.00	3.200	3.1	1	70.40	8.80
42	PUNTO DE DESAGUE DE PVC 110mm	66.00	1.000	4.2	2	66.00	8.25
43	PUNTO DE DESAGUE DE PVC 50mm	154.00	0.667	9	3	102.67	12.83
44	BAIANTE DE AGUAS LLUVIAS 110mm	169.40	0.100	3	1	16.94	2.12
45	REJILLA DE PISO 50mm	88.00	0.400	2.1	1	35.20	4.40
46	LAVAMANOS CON PEDESTAL	44.00	1.000	4	2	44.00	5.50
47	INODORO	44.00	0.745	4	2	32.78	4.10
48	LAVAPLATOS 1 POZO	22.00	1.053	4.2	2	23.16	2.89
49	MEZCLADORA PARA LAVAMANOS	22.00	2.000	3	1	44.00	5.50
50	MEZCLADORA PARA FREGADERO	22.00	1.000	2	1	22.00	2.75
51	DUCHA CON MEZCLADORA	22.00	1.053	4.2	2	23.16	2.89
INSTALACIONES ELÉCTRICAS							
53	PUNTO DE ILUMINACIÓN	286.00	0.500	8.4	4	143.00	17.88
54	PUNTO DE ILUMINACIÓN CONMUTADA	22.00	1.000	4	2	22.00	2.75
55	BREAKERS DE 1 POLO DE 63 AMP	22.00	0.400	1.1	1	8.80	1.10
56	SALIDAS ESPECIALES	44.00	0.750	4	1	33.00	4.13
57	PUNTO DE TOMACORRIENTE	330.00	0.375	12	4	123.75	15.47
58	TIMBRE	22.00	1.600	2.1	1	35.20	4.40
59	ACOMETIDA TELEFÓNICA	737.00	0.150	8	4	110.55	13.82
60	PUNTO SALIDA PARA TELEFONOS	44.00	0.800	5.2	2	35.20	4.40
ACABADOS							
71	PINTURA CAUCHO PAREDES INTERIORES	6425.76	0.050	8	4	321.29	40.16
72	PINTURA CAUCHO PAREDES EXTERIORES	1728.10	0.058	8	4	99.37	12.42
67	CERÁMICA EN PARED	399.52	0.163	8.4	4	64.92	8.12
62	CERÁMICA EN PISOS	1423.40	0.168	8.4	4	238.42	29.80
64	BARREDERAS EN CERÁMICA	682.00	0.138	8	4	93.78	11.72
70	VENTANA CORREDIZA DE ALUMINIO	374.00	0.250	8	4	93.50	11.69
63	PISO FLOTANTE	660.00	0.250	8	4	165.00	20.63
65	BARREDERAS EN PISO FLOTANTE	682.00	0.080	8.4	4	54.56	6.82
80	CLOSET MDF	319.00	0.800	10	5	255.20	31.90
81	MUEBLE DE COCINA BAJO	44.00	2.400	10	5	105.60	13.20
82	MUEBLE DE COCINA ALTO	44.00	2.000	10	5	88.00	11.00
66	CENEFA DECORATIVA	308.00	0.400	8.4	4	123.20	15.40
61	MESON CON TABLERO POSFORMADO	37.40	1.000	2	1	37.40	4.68
73	PUERTA PRINCIPAL LACADA	22.00	1.000	2	1	22.00	2.75
74	PUERTA DE ALUMINIO	96.80	0.500	4	2	48.40	6.05
75	PUERTA TAMBORADA BLANCO 0.80M	44.00	0.500	4	2	22.00	2.75
76	PUERTA TAMBORADA BLANCO 0.90M	66.00	0.500	4	2	33.00	4.13
77	CERRADURA LLAVE LLAVE	22.00	1.000	2	2	22.00	2.75
78	CERRADURA PASILLO	66.00	0.667	3	3	44.00	5.50
79	CERRADURA BAÑO	44.00	0.667	3	3	29.33	3.67
83	ACCESORIOS DE BAÑO	44.00	1.000	4	4	44.00	5.50

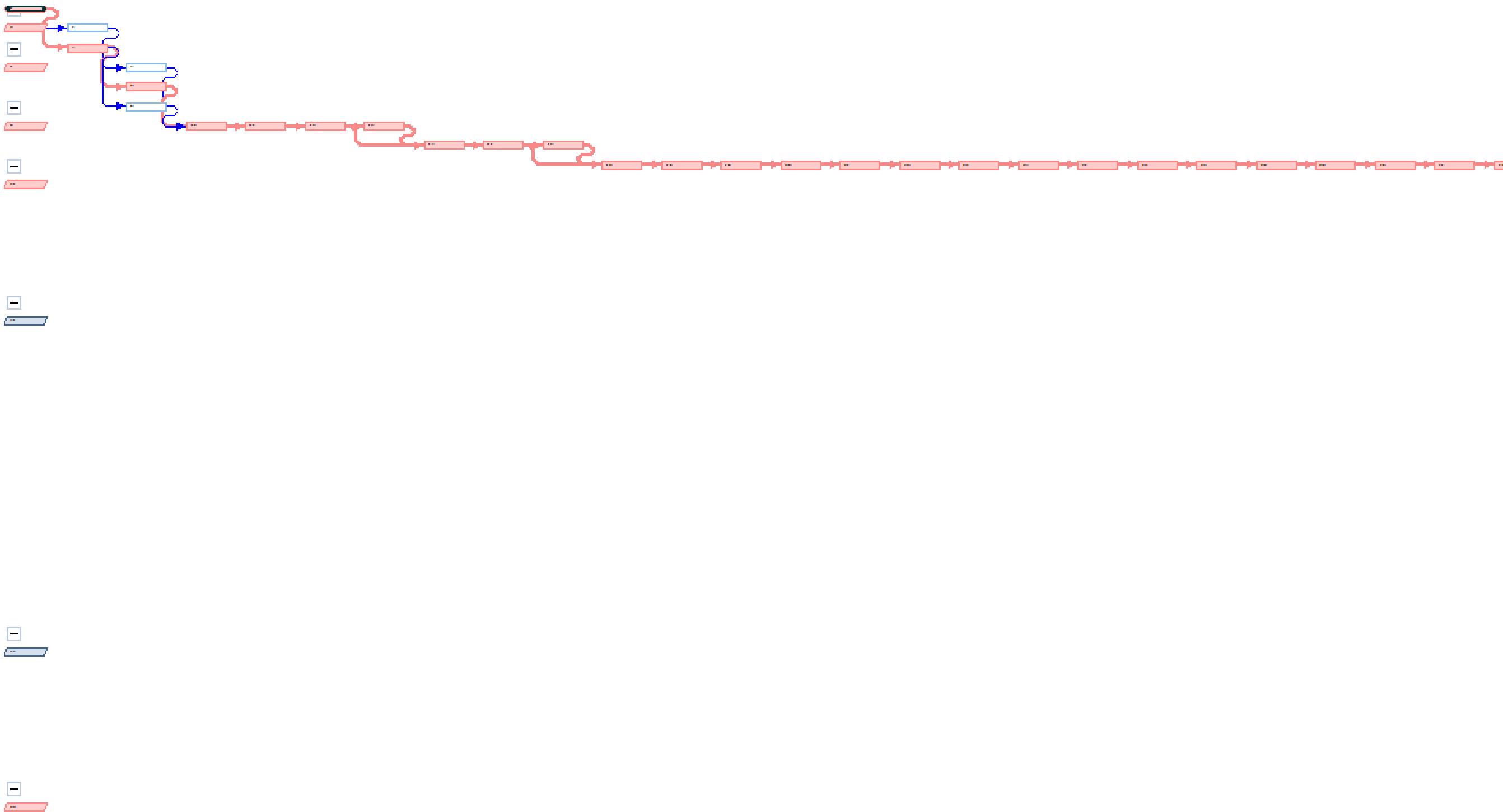
Mediante los rendimientos de los APU's, se pudo elaborar el diagrama de Gantt.

A continuación se podrá observar el diagrama de red del conjunto

GRÁFICA 12. DIAGRAMA DE RED ETAPA 1



GRÁFICA 13. DIAGRAMA DE RED ETAPA 2



Ambos diagramas de red son iguales, debido a que la construcción de las dos etapas contiene similares características de construcción. En los diagramas de red se puede diferenciar dos colores, esto representa dos características muy importantes:

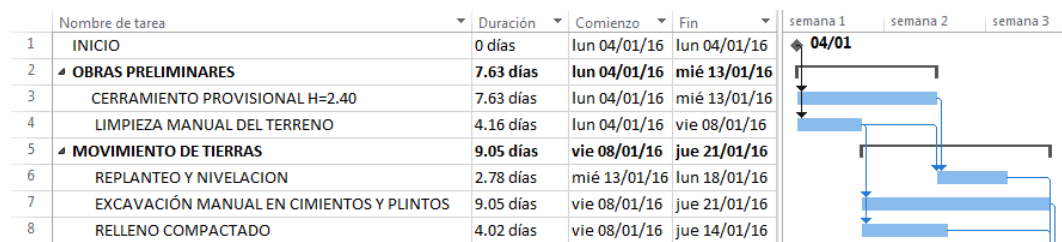
1. Las actividades que se encuentran con el color rojo, son actividades de la ruta crítica, esto quiere decir que estas actividades están condicionadas y algún retraso en su ejecución ocasionaría un retraso en la entrega total del proyecto.
2. Las actividades que se encuentran con el color azul, son actividades que no se encuentran condicionadas, esto significa, que no importaría algún retraso en su ejecución, porque no influenciaría en la entrega total del proyecto.

Para su análisis específico, se mostrará su diagrama de Gantt con su área respectiva; cada etapa se encuentra dividida de la siguiente forma:

- Obras preliminares.
- Movimiento de tierras.
- Estructura.
- Albañilería.
- Instalaciones hidrosanitarias.
- Instalaciones eléctricas.
- Acabados.

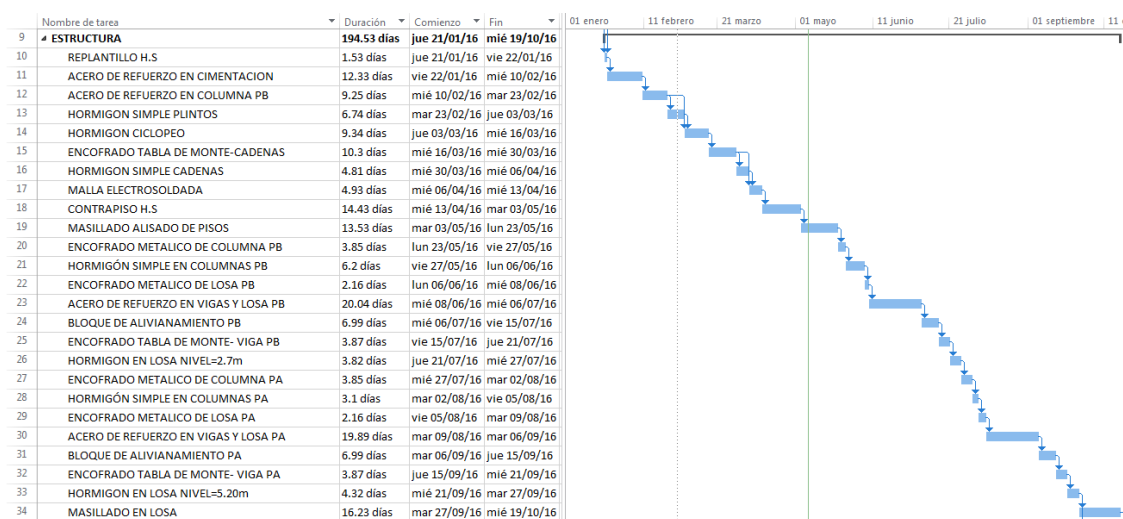
La fecha de inicio de construcción fue el 4 de enero del 2016, por lo tanto se programó de la siguiente forma:

GRÁFICA 14. DIAGRAMA DE GANTT DE OBRAS PRELIMINARES Y MOVIMIENTO DE TIERRAS.



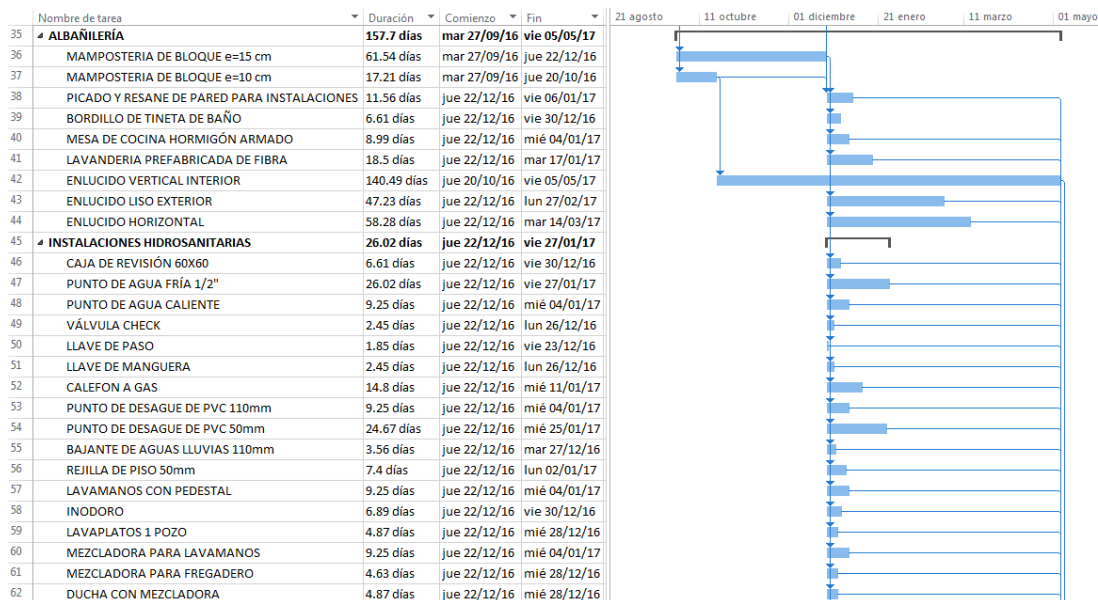
Al iniciar con la programación se planteó el trabajar simultáneamente estas dos áreas: Obras preliminares y movimiento de tierras.

GRÁFICA 15. DIAGRAMA DE GANTT DE ESTRUCTURA.



La programación de un área muy importante como es la estructura del conjunto, es valioso tener en cuenta los conceptos técnicos aprendidos, por tal motivo se puede evidenciar que todas las actividades que conforman esta área tienen dependencia con su antecesor, por tal motivo esta área conforma parte de la ruta crítica.

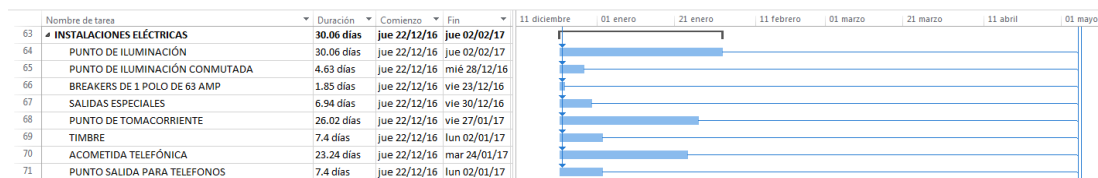
GRÁFICA 16. DIAGRAMA DE GANTT DE ALBAÑILERÍA E INSTALACIONES HIDROSANITARIAS.



Al comenzar con la construcción del área de albañilería, es importante notar que la actividad “mampostería de bloque” es dependiente en su totalidad del área de estructura.

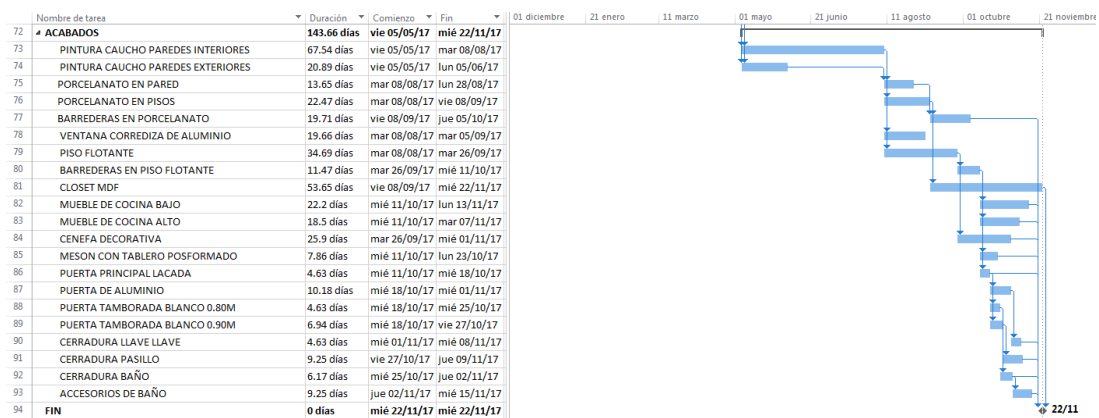
Un factor importante, se puede notar en estas dos áreas como todas sus actividades trabajan simultáneamente.

GRÁFICA 17. DIAGRAMA DE GANTT DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.



Del mismo modo que la anterior área, todas las actividades del área de instalaciones eléctricas trabajan simultáneamente.

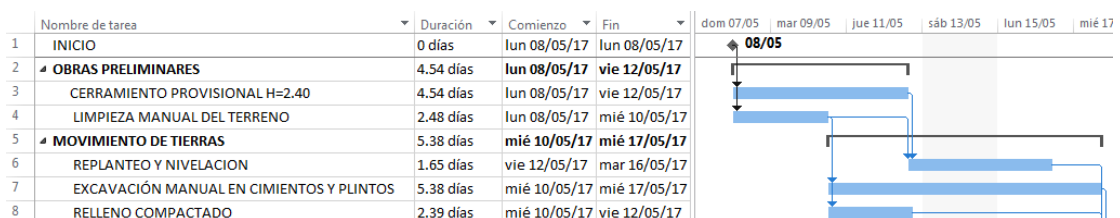
GRÁFICA 18. DIAGRAMA DE GANTT DE ACABADOS.



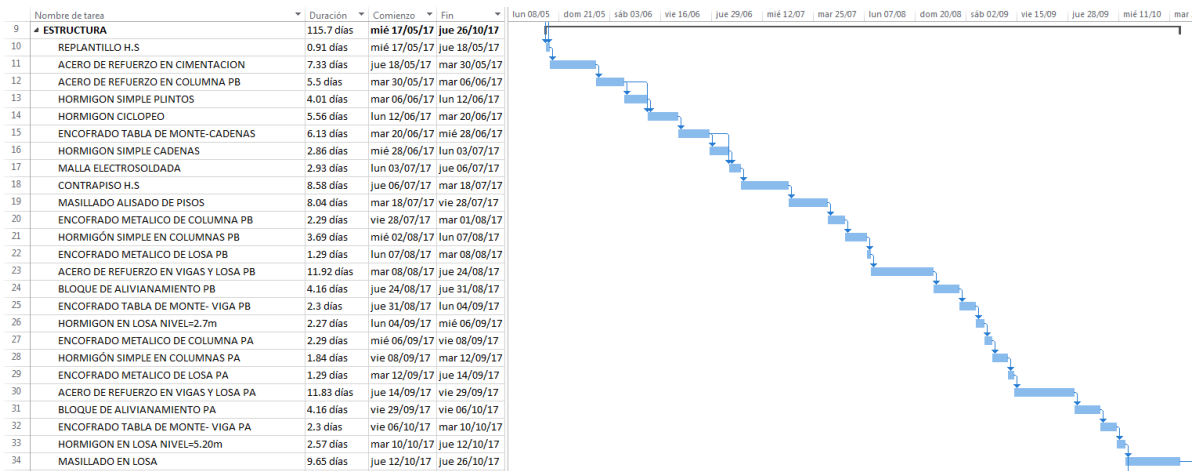
El área de acabados es la última de la etapa 1, en este sector se puede notar como pocas son dependientes entre si y la mayoría trabaja simultáneamente. La finalización de esta etapa según la programación es el 22 de Noviembre del 2017.

Los siguientes gráficos del diagrama de Gantt son de la etapa 2 del proyecto, es importante notar que la fecha de inicio de esta etapa es el 5 de Mayo del 2017, la cual corresponde a la fecha de finalización del área de albañilería de la etapa 1.

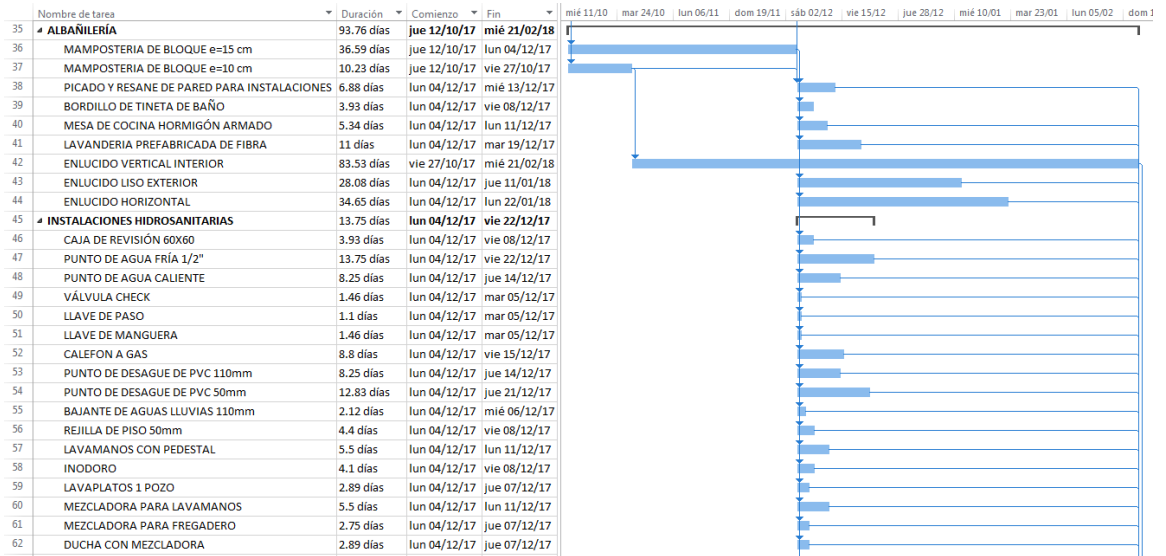
GRÁFICA 19. DIAGRAMA DE GANTT DE OBRAS PRELIMINARES Y MOVIMIENTO DE TIERRAS.



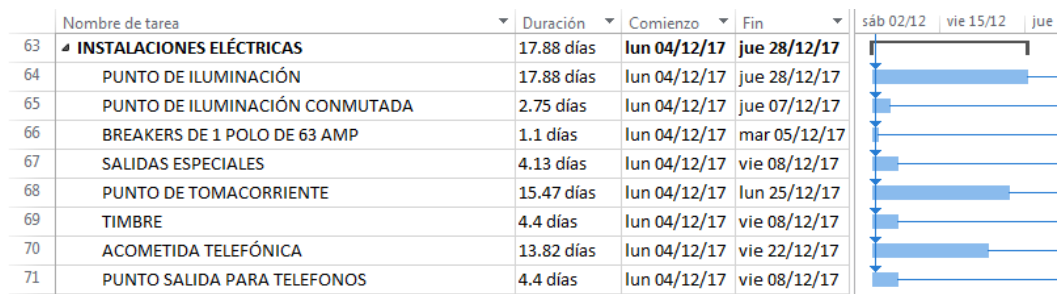
GRÁFICA 20. DIAGRAMA DE GANTT DE ESTRUCTURA.



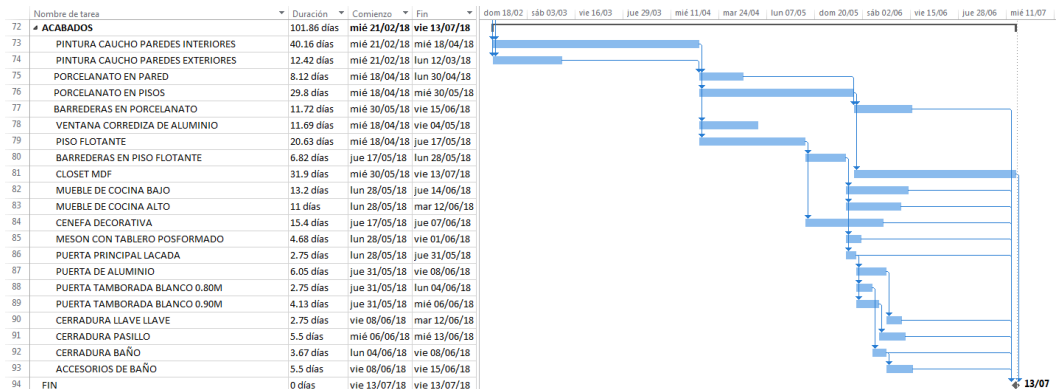
GRÁFICA 21. DIAGRAMA DE GANTT DE ALBAÑILERÍA E INSTALACIONES HIDROSANITARIAS.



GRÁFICA 22. DIAGRAMA DE GANTT DE INSTALACIONES ELECTRICAS.



GRÁFICA 23. DIAGRAMA DE GANTT DE ACABADOS.



Una vez realizada la programación de obra mediante diagramas de Gantt, se puede determinar que la fecha de finalización de la construcción será el 13 de julio del 2018, en donde comprende la construcción de 59 casas de 90m2 cada casa, en un periodo de 662 días laborables.

4.1.2. Reformulación de la programación con LDB.

Teniendo en cuenta que mediante la programación tradicional se determinó un plazo de 662 días laborables, se podrá reformular la programación de obra mediante Línea de Balance.

La reformulación de la programación de obra, se realizara teniendo en cuenta los mismos parámetros de los APU's antes visto en la tabla 10, tabla 11 y los conceptos aprendidos del capítulo 3.

Los parámetros que se utilizara en línea de balance serán los siguientes:

TABLA 12. PARÁMETROS DE LDB.

h=	8	HORAS QUE SE TRABAJA AL DÍA
d=	22	DIAS QUE SE TRABAJA EN EL MES
R=	59	59 CASAS CADA 24 MESES

El factor **R** es el condicionante de esta metodología de programación, aquel limita a que la programación de obra mediante LDB dé como resultado su finalización en dos años.

Un parámetro adicional es **b** (buffer), que en este caso se asumirá de 1 día.

A continuación las tablas y gráficos de la etapa 1 del conjunto “Casas Park”.

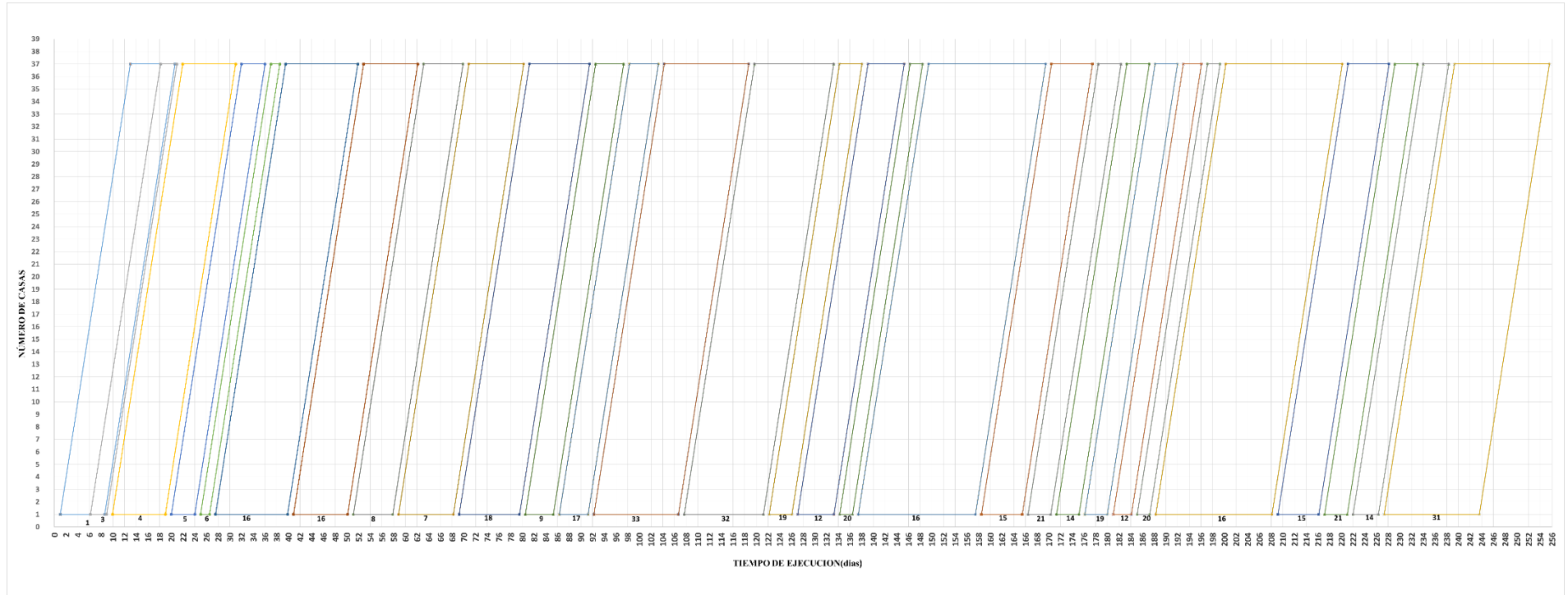
TABLA 13.LÍNEA DE BALANCE ETAPA 1

ID	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CUADRILLA	HORAS-HOMBRE	TIEMPO EN DIAS	REQUERIMIENTO TEORICO DE RECURSOS	ASIGNACIÓN REAL DE RECURSOS	RENDIMIENTO REAL	DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD	TIEMPO TRANSCURRIDO DEL INICIO DE LA 1ERA SECCIÓN AL INICIO DE LA ÚLTIMA	BUFFER
	OBRAS PRELIMINARES		C	H		G	g	r	D	T	b
1	CERRAMIENTO PROVISIONAL H=2.40	555.00	3.25	198.41	24.80	66.51	67.00	59.432	7.63	13.00	1
2	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	2220.00	6.06	201.80	25.22	67.65	68.00	59.307	4.16	13.00	1
	MOVIMIENTO DE TIERRAS										
3	REPLANTEO Y NIVELACION	2220.00	16.4	364.08	45.51	122.05	123.00	59.459	2.78	13.00	1
4	EXCAVACIÓN MANUAL EN CIMENTOS Y PLINTOS	482.85	12.4	898.10	112.26	301.07	302.00	59.183	9.05	13.00	1
5	RELLENO COMPACTADO	241.43	12.4	399.13	49.89	133.80	134.00	59.088	4.02	13.00	1
	ESTRUCTURA										
6	REPLANTILLO HS	22.20	10	122.10	15.26	40.93	41.00	59.099	1.53	13.00	1
16	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACION	14800.00	12.6	1243.20	155.40	416.75	417.00	59.035	12.33	13.00	1
16	ACERO DE REFUERZO EN COLUMNA PB	11100.00	12.6	932.40	116.55	312.57	313.00	59.082	9.25	13.00	1
8	HORMIGON SIMPLE PLINTOS	160.95	16	862.69	107.84	289.20	290.00	59.164	6.74	13.00	1
7	HORMIGON CICLOPEO	186.85	15	1121.10	140.14	375.82	376.00	59.028	9.34	13.00	1
18	ENCOFRADO TABLA DE MONTE-	499.50	6	494.51	61.81	165.77	166.00	59.081	10.30	13.00	1
9	HORMIGON SIMPLE CADENAS	48.10	10	384.80	48.10	129.00	129.00	59.002	4.81	13.00	1
17	MALLA ELÉCTROSOLDADA	1480.00	6.3	240.64	31.08	83.35	84.00	59.459	4.93	13.00	1
33	CONTRAPISO HS	1443.00	16.4	1893.22	236.65	634.66	635.00	59.032	14.43	13.00	1
32	MASILLADO ALISADO DE PISOS	1443.00	6.2	671.00	83.87	224.94	225.00	59.017	13.53	13.00	1
19	ENCOFRADO METALICO DE COLUMNA	925.00	9.3	286.75	35.84	96.13	97.00	59.536	3.85	13.00	1
12	HORMIGON SIMPLE EN COLUMNAS PB	74.00	11	545.38	68.17	182.83	183.00	59.056	6.20	13.00	1
20	ENCOFRADO METALICO DE LOSA PB	1443.00	10.5	181.82	22.73	60.95	61.00	59.048	2.16	13.00	1
16	ACERO DE REFUERZO EN VIGAS Y LOSA	24050.00	12.60	2020.20	252.53	677.23	678.00	59.067	20.04	13.00	1
15	BLOQUE DE ALIVIANAMIENTO PB	7770.00	12.3	688.11	86.01	230.67	231.00	59.083	6.99	13.00	1
21	ENCOFRADO TABLA DE MONTE- VIGA	247.90	6	185.93	23.24	62.33	63.00	59.637	3.87	13.00	1
14	HORMIGON EN LOSA NIVEL=2.7m	277.50	10	305.25	38.16	102.33	103.00	59.387	3.82	13.00	1
19	ENCOFRADO METALICO DE COLUMNA	925.00	9.3	286.75	35.84	96.13	97.00	59.536	3.85	13.00	1
12	HORMIGON SIMPLE EN COLUMNAS PA	74.00	22	545.38	68.17	182.83	183.00	59.056	3.10	13.00	1
20	ENCOFRADO METALICO DE LOSA PA	1443.00	10.5	181.82	22.73	60.95	61.00	59.048	2.16	13.00	1
16	ACERO DE REFUERZO EN VIGAS Y LOSA	23865.00	12.6	2004.66	250.58	672.02	673.00	59.086	19.89	13.00	1
15	BLOQUE DE ALIVIANAMIENTO PA	7770.00	12.3	688.11	86.01	230.67	231.00	59.083	6.99	13.00	1
21	ENCOFRADO TABLA DE MONTE- VIGA	247.90	6	185.93	23.24	62.33	63.00	59.637	3.87	13.00	1
14	HORMIGON EN LOSA NIVEL=5.20m	314.50	10	345.95	43.24	115.97	116.00	59.014	4.32	13.00	1
31	MASILLADO EN LOSA	1443.00	9.3	1207.79	150.97	404.88	405.00	59.017	16.23	13.00	1
	ALBAÑILERÍA										
24	MAMPOSTERIA DE BLOQUE e=15 cm	4243.90	10.5	492.29	61.54	165.03	166.00	59.347	5.86	13.00	1
25	MAMPOSTERIA DE BLOQUE e=10 cm	1323.49	10.5	137.64	17.21	46.14	47.00	60.098	1.64	13.00	1
34	PICADO Y RESANE DE PARED PARA	925.00	4	92.50	11.56	31.01	32.00	60.886	2.89	13.00	1
22	BORDILLO DE TINETA DE BAÑO	48.10	2.1	52.91	6.61	17.74	18.00	59.875	3.15	13.00	1
23	MESA DE COCINA HORMIGÓN ARMADO	62.90	2.1	71.89	8.99	24.10	25.00	61.206	4.28	12.00	1
26	LAVANDERIA PREFABRICADA DE FIBRA	37.00	4	148.00	18.50	49.61	50.00	59.459	4.63	13.00	1
28	ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR	10806.96	10.5	1123.92	140.49	376.77	377.00	59.036	13.38	13.00	1
29	ENLUCIDO LISO EXTERIOR	2906.35	10.5	377.83	47.23	126.66	127.00	59.160	4.50	13.00	1
30	ENLUCIDO HORIZONTAL	3108.00	10.5	466.20	58.28	156.28	157.00	59.271	5.55	13.00	1
	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS										
35	CAJA DE REVISIÓN 60x60	37.00	4.2	52.86	6.61	17.72	18.00	59.936	1.57	13.00	1
36	PUNTO DE AGUA FRÍA 1/2"	333.00	8	208.13	26.02	69.77	70.00	59.195	3.25	13.00	1
37	PUNTO DE AGUA CALIENTE	74.00	4.2	74.00	9.25	24.81	25.00	59.459	2.20	13.00	1
38	VÁLVULA CHECK	37.00	1	19.61	2.45	6.57	7.00	62.825	2.45	12.00	1
39	LLAVE DE PASO	37.00	2.1	14.80	1.85	4.96	5.00	59.459	0.88	13.00	1
40	LLAVE DE MANGUERA	37.00	1	19.61	2.45	6.57	7.00	62.825	2.45	12.00	1
41	CALEFON A GAS	37.00	3.1	118.40	14.80	39.69	40.00	59.459	4.77	13.00	1
42	PUNTO DE DESAGUE DE PVC 110mm	74.00	4.2	74.00	9.25	24.81	25.00	59.459	2.20	13.00	1
43	PUNTO DE DESAGUE DE PVC 50mm	286.00	9	197.33	24.67	66.15	67.00	59.757	2.74	13.00	1
44	BAJANTE DE AGUAS LLUVIAS 110mm	284.90	3	28.49	3.56	9.55	10.00	61.776	1.19	12.00	1
45	REJILLA DE PISO 50mm	148.00	2.1	59.20	7.40	19.85	20.00	59.459	3.52	13.00	1
46	LAVAMANOS CON PEDESTAL	74.00	4	74.00	9.25	24.81	25.00	59.459	2.31	13.00	1
47	INODORO	74.00	4	55.13	6.89	18.48	19.00	60.657	1.72	13.00	1
48	LAVAPLATOS 1 POZO	37.00	4.2	38.95	4.87	13.06	14.00	63.264	1.16	12.00	1
49	MEZCLADORA PARA LAVAMANOS	37.00	3	74.00	9.25	24.81	25.00	59.459	3.08	13.00	1
50	MEZCLADORA PARA FREGADERO	37.00	2	37.00	4.63	12.40	13.00	61.838	2.31	12.00	1
51	DUCHA CON MEZCLADORA	37.00	4.2	38.95	4.87	13.06	14.00	63.264	1.16	12.00	1
	INSTALACIONES ELÉCTRICAS										
53	PUNTO DE ILUMINACIÓN	481.00	8.4	240.50	30.06	80.62	81.00	59.277	3.58	13.00	1
54	PUNTO DE ILUMINACIÓN CONMUTADA	37.00	4	37.00	4.63	12.40	13.00	61.838	1.16	12.00	1
55	BREAKERS DE 1 POLO DE 63 AMP	37.00	1.1	14.80	1.85	4.96	5.00	59.459	1.68	13.00	1
56	SALIDAS ESPECIALES	74.00	4	55.50	6.94	18.61	19.00	60.252	1.73	13.00	1
57	PUNTO DE TOMACORRIENTE	555.00	12	208.13	26.02	69.77	70.00	59.195	2.17	13.00	1
58	TIMBRE	37.00	2.1	59.20	7.40	19.85	20.00	59.459	3.52	13.00	1
59	ACOMETIDA TELEFÓNICA	1239.50	8	185.93	23.24	62.33	63.00	59.637	2.91	13.00	1
60	PUNTO SALIDA PARA TELEFONOS	74.00	5.2	59.20	7.40	19.85	20.00	59.459	1.42	13.00	1
	ACABADOS										
71	PINTURA CAUCHO PAREDES	10806.96	8	540.35	67.54	181.14	182.00	59.280	8.44	13.00	1
72	PINTURA CAUCHO PAREDES	2906.35	8	167.12	20.89	56.02	57.00	60.030	2.61	13.00	1
67	CERAMICA EN PARED	671.92	8.4	109.19	13.65	36.60	37.00	59.641	1.62	13.00	1
62	CERAMICA EN PISOS	1073.00	8.4	179.73	22.47	60.25	61.00	59.735	2.67	13.00	1
64	BARREDERAS EN CERAMICA	1147.00	8	157.71	19.71	52.87	53.00	59.146	2.46	13.00	1
70	VENTANA CORREDIZA DE ALUMINIO	629.00	8	157.25	19.66	52.71	53.00	59.320	2.46	13.00	1
63	PISO FLOTANTE	1110.00	8	277.50	34.69	93.03	94.00	59.618	4.34	13.00	1
65	BARREDERAS EN PISO FLOTANTE	1147.00	8.4	91.76	11.47	30.76	31.00	59.459	1.37	13.00	1
80	CLOSET MDF	536.50	10	429.20	53.65	143.88	144.00	59.049	5.37	13.00	1
81	MUEBLE DE COCINA BAJO	74.00	10	177.60	22.20	59.54	60.00	59.459	2.22	13.00	1
82	MUEBLE DE COCINA ALTO	74.00	10	148.00	18.50	49.61	50.00	59.459	1.85	13.00	1
66	CENEFA DECORATIVA	518.00	8.4	207.20	25.90	69.46	70.00	59.459	3.08	13.00	1
61	MESON CON TABLERO POSFORMADO	62.90	2	62.90	7.86	21.09	22.00	61.558	3.93	12.00	1
73	PUERTA PRINCIPAL LACADA	37.00	2	37.00	4.63	12.40	13.00	61.838	2.31	12.00	1
74	PUERTA DE ALUMINIO	162.80	4	81.40	10.18	27.29	28.00	60.541	2.54	13.00	1
75	PUERTA TAMBORADA BLANCO 0.80M	74.00	4	37.00	4.63	12.40	13.00	61.838	1.16	12.00	1
76	PUERTA TAMBORADA BLANCO 0.90M	111.00	4	55.50	6.94	18.61	19.00	60.252	1.73	13.00	1
77	CERRADURA LLAVE LLAVE	37.00	2	37.00	4.63	12.40	13.00	61.838	2.31	12.00	1
78	CERRADURA PASILLO	111.00	3	74.00	9.25	24.81	25.00	59.459	3.08	13.00	1
79	CERRADURA BAÑO	74.00	3	49.33	6.17	16.54	17.00	60.649	2.06	13.00	1
83	ACCESORIOS DE BAÑO	74.00	4	74.00	9.25	24.81	25.00	59.459	2.31	13.00	1

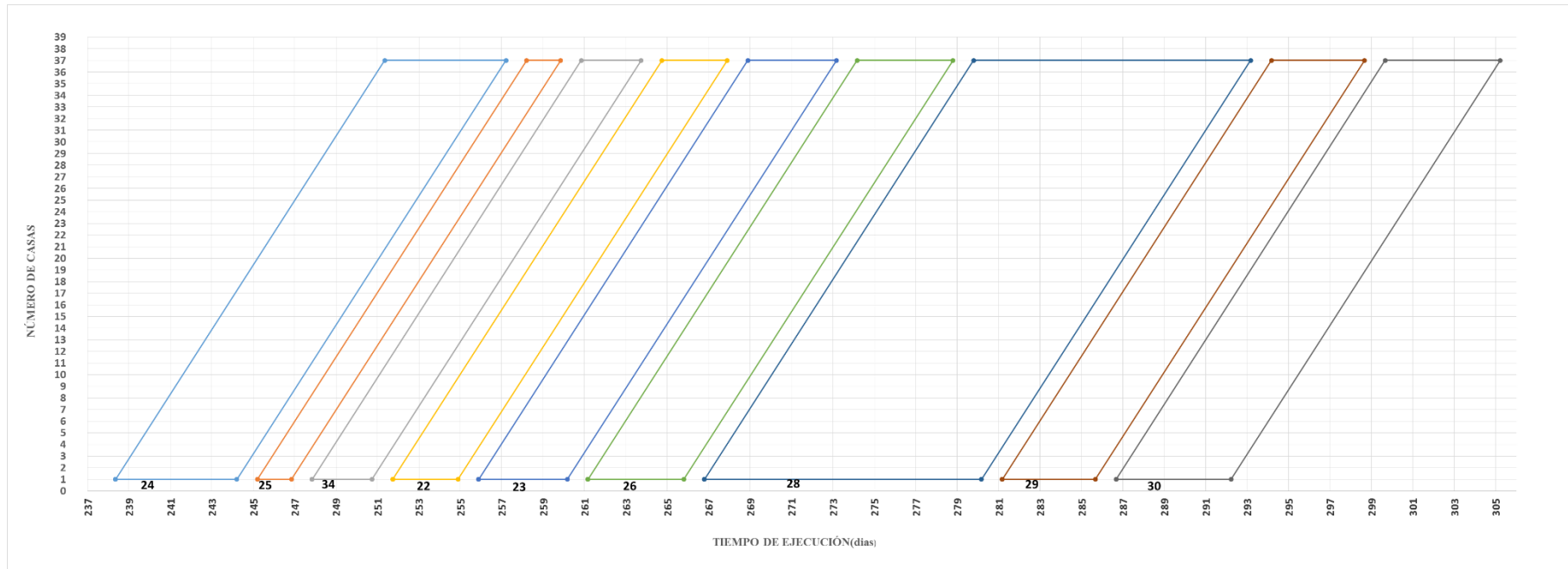
TABLA 14.DATOS PARA GRÁFICO DE LÍNEA DE BALANCE ETAPA 1

ID	DESCRIPCIÓN	DATOS PARA LA GRÁFICA LDB ETAPA 1									
	OBRAS PRELIMINARES	X1	Y1	X2	Y2	X3	Y3	X4	Y4	X5	Y5
1	CERRAMIENTO PROVISIONAL H=2.40	1.00	1	13.00	37.00	20.63	37.00	8.63	1.00	1.00	1.00
2	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	1.00	1	13.00	37.00	17.16	37.00	5.16	1.00	1.00	1.00
	MOVIMIENTO DE TIERRAS										
3	REPLANTEO Y NIVELACION	6.16	1	18.16	37.00	20.94	37.00	8.94	1.00	6.16	1.00
4	EXCAVACIÓN MANUAL EN CIMIENTOS Y PLINTOS	9.94	1	21.94	37.00	30.99	37.00	18.99	1.00	9.94	1.00
5	RELLENO COMPACTADO	19.99	1	31.99	37.00	36.01	37.00	24.01	1.00	19.99	1.00
	ESTRUCTURA										
6	REPLANTILLO HS	25.01	1	37.01	37.00	38.54	37.00	26.54	1.00	25.01	1.00
16	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACION	27.54	1	39.54	37.00	51.87	37.00	39.87	1.00	27.54	1.00
16	ACERO DE REFUERZO EN COLUMNA PB	40.87	1	52.87	37.00	62.12	37.00	50.12	1.00	40.87	1.00
8	HORMIGÓN SIMPLE PLINTOS	51.12	1	63.12	37.00	69.86	37.00	57.86	1.00	51.12	1.00
7	HORMIGÓN CICLOPEO	58.86	1	70.86	37.00	80.21	37.00	68.21	1.00	58.86	1.00
18	ENCOFRADO TABLA DE MONTE-	69.21	1	81.21	37.00	91.51	37.00	79.51	1.00	69.21	1.00
9	HORMIGÓN SIMPLE CADENAS	80.51	1	92.51	37.00	97.32	37.00	85.32	1.00	80.51	1.00
17	MALLA ELECTROSOLDADA	86.32	1	98.32	37.00	103.25	37.00	91.25	1.00	86.32	1.00
33	CONTRAPISO HS	92.25	1	104.25	37.00	118.68	37.00	106.68	1.00	92.25	1.00
32	MASILLADO ALISADO DE PISOS	107.68	1	119.68	37.00	133.21	37.00	121.21	1.00	107.68	1.00
19	ENCOFRADO METALICO DE COLUMNA	122.21	1	134.21	37.00	138.06	37.00	126.06	1.00	122.21	1.00
12	HORMIGÓN SIMPLE EN COLUMNAS PB	127.06	1	139.06	37.00	145.26	37.00	133.26	1.00	127.06	1.00
20	ENCOFRADO METALICO DE LOSA PB	134.26	1	146.26	37.00	148.43	37.00	136.43	1.00	134.26	1.00
16	ACERO DE REFUERZO EN VIGAS Y LOSA	137.43	1	149.43	37.00	169.47	37.00	157.47	1.00	137.43	1.00
15	BLOQUE DE ALIVIANAMIENTO PB	158.47	1	170.47	37.00	177.46	37.00	165.46	1.00	158.47	1.00
21	ENCOFRADO TABLA DE MONTE- VIGA	166.46	1	178.46	37.00	182.33	37.00	170.33	1.00	166.46	1.00
14	HORMIGÓN EN LOSA NIVEL=2.7m	171.33	1	183.33	37.00	187.15	37.00	175.15	1.00	171.33	1.00
19	ENCOFRADO METALICO DE COLUMNA	176.15	1	188.15	37.00	192.00	37.00	180.00	1.00	176.15	1.00
12	HORMIGÓN SIMPLE EN COLUMNAS PA	181.00	1	193.00	37.00	196.10	37.00	184.10	1.00	181.00	1.00
20	ENCOFRADO METALICO DE LOSA PA	185.10	1	197.10	37.00	199.27	37.00	187.27	1.00	185.10	1.00
16	ACERO DE REFUERZO EN VIGAS Y LOSA	188.27	1	200.27	37.00	220.15	37.00	208.15	1.00	188.27	1.00
15	BLOQUE DE ALIVIANAMIENTO PA	209.15	1	221.15	37.00	228.15	37.00	216.15	1.00	209.15	1.00
21	ENCOFRADO TABLA DE MONTE- VIGA	217.15	1	229.15	37.00	233.02	37.00	221.02	1.00	217.15	1.00
14	HORMIGÓN EN LOSA NIVEL=5.20m	222.02	1	234.02	37.00	238.35	37.00	226.35	1.00	222.02	1.00
31	MASILLADO EN LOSA	227.35	1	239.35	37.00	255.58	37.00	243.58	1.00	227.35	1.00
	ALBAÑILERÍA										
24	MAMPOSTERÍA DE BLOQUE e=15 cm	238.35	1	251.35	37.00	257.21	37.00	244.21	1.00	238.35	1.00
25	MAMPOSTERÍA DE BLOQUE e=10 cm	245.21	1	258.21	37.00	259.84	37.00	246.84	1.00	245.21	1.00
34	PICADO Y RESANE DE PARED PARA	247.84	1	260.84	37.00	263.74	37.00	250.74	1.00	247.84	1.00
22	BORDILLO DE TINETA DE BAÑO	251.74	1	264.74	37.00	267.88	37.00	254.88	1.00	251.74	1.00
23	MESA DE COCINA HORMIGÓN ARMADO	255.88	1	268.88	37.00	273.16	37.00	260.16	1.00	255.88	1.00
26	LAVANDERÍA PREFABRICADA DE FIBRA	261.16	1	274.16	37.00	278.79	37.00	265.79	1.00	261.16	1.00
28	ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR	266.79	1	279.79	37.00	293.17	37.00	280.17	1.00	266.79	1.00
29	ENLUCIDO LISO EXTERIOR	281.17	1	294.17	37.00	298.67	37.00	285.67	1.00	281.17	1.00
30	ENLUCIDO HORIZONTAL	286.67	1	299.67	37.00	305.22	37.00	292.22	1.00	286.67	1.00
	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS										
35	CAJA DE REVISIÓN 60X60	247.84	1	260.84	37.00	262.42	37.00	249.42	1.00	247.84	1.00
36	PUNTO DE AGUA FRÍA 1/2"	250.42	1	263.42	37.00	266.67	37.00	253.67	1.00	250.42	1.00
37	PUNTO DE AGUA CALIENTE	254.67	1	267.67	37.00	269.87	37.00	256.87	1.00	254.67	1.00
38	VALVULA CHECK	257.87	1	269.87	37.00	272.32	37.00	260.32	1.00	257.87	1.00
39	LLAVE DE PASO	261.32	1	274.32	37.00	275.20	37.00	262.20	1.00	261.32	1.00
40	LLAVE DE MANGUERA	263.20	1	275.20	37.00	277.66	37.00	265.66	1.00	263.20	1.00
41	CALEFON A GAS	266.66	1	279.66	37.00	284.43	37.00	271.43	1.00	266.66	1.00
42	PUNTO DE DESAGUE DE PVC 110mm	272.43	1	285.43	37.00	287.63	37.00	274.63	1.00	272.43	1.00
43	PUNTO DE DESAGUE DE PVC 50mm	275.63	1	288.63	37.00	291.37	37.00	278.37	1.00	275.63	1.00
44	BAJANTE DE AGUAS LLUVIAS 110mm	279.37	1	291.37	37.00	292.56	37.00	280.56	1.00	279.37	1.00
45	REJILLA DE PISO 50mm	281.56	1	294.56	37.00	298.08	37.00	285.08	1.00	281.56	1.00
46	LAVAMANOS CON PEDESTAL	286.08	1	299.08	37.00	301.40	37.00	288.40	1.00	286.08	1.00
47	INODORO	289.40	1	302.40	37.00	304.12	37.00	291.12	1.00	289.40	1.00
48	LAVAPLATOS 1 POZO	292.12	1	304.12	37.00	305.28	37.00	293.28	1.00	292.12	1.00
49	MEZCLADORA PARA LAVAMANOS	294.28	1	307.28	37.00	310.36	37.00	297.36	1.00	294.28	1.00
50	MEZCLADORA PARA FREGADERO	298.36	1	310.36	37.00	312.67	37.00	300.67	1.00	298.36	1.00
51	DUCHA CON MEZCLADORA	301.67	1	313.67	37.00	314.83	37.00	302.83	1.00	301.67	1.00
	INSTALACIONES ELÉCTRICAS										
53	PUNTO DE ILUMINACIÓN	247.84	1	260.84	37.00	264.42	37.00	251.42	1.00	247.84	1.00
54	PUNTO DE ILUMINACIÓN CONMUTADA	252.42	1	264.42	37.00	265.58	37.00	253.58	1.00	252.42	1.00
55	BREAKERS DE 1 POLO DE 63 AMP	254.58	1	267.58	37.00	269.26	37.00	256.26	1.00	254.58	1.00
56	SALIDAS ESPECIALES	257.26	1	270.26	37.00	272.00	37.00	259.00	1.00	257.26	1.00
57	PUNTO DE TOMACORRIENTE	260.00	1	273.00	37.00	275.16	37.00	262.16	1.00	260.00	1.00
58	TIMBRE	263.16	1	276.16	37.00	279.69	37.00	266.69	1.00	263.16	1.00
59	ACOMETIDA TELEFÓNICA	267.69	1	280.69	37.00	283.59	37.00	270.59	1.00	267.69	1.00
60	PUNTO SALIDA PARA TELEFONOS	271.59	1	284.59	37.00	286.02	37.00	273.02	1.00	271.59	1.00
	ACABADOS										
71	PINTURA CAUCHO PAREDES	305.22	1	318.22	37.00	326.66	37.00	313.66	1.00	305.22	1.00
72	PINTURA CAUCHO PAREDES	305.22	1	318.22	37.00	320.83	37.00	307.83	1.00	305.22	1.00
67	CERÁMICA EN PARED	314.66	1	327.66	37.00	329.28	37.00	316.28	1.00	314.66	1.00
62	CERÁMICA EN PISOS	317.28	1	330.28	37.00	332.96	37.00	319.96	1.00	317.28	1.00
64	BARREDERAS EN CERÁMICA	320.96	1	333.96	37.00	336.42	37.00	323.42	1.00	320.96	1.00
70	VENTANA CORREDIZA DE ALUMINIO	324.42	1	337.42	37.00	339.88	37.00	326.88	1.00	324.42	1.00
63	PISO FLOTANTE	327.88	1	340.88	37.00	345.22	37.00	332.22	1.00	327.88	1.00
65	BARREDERAS EN PISO FLOTANTE	333.22	1	346.22	37.00	347.58	37.00	334.58	1.00	333.22	1.00
80	CLOSET MDF	335.58	1	348.58	37.00	353.95	37.00	340.95	1.00	335.58	1.00
81	MUEBLE DE COCINA BAJO	341.95	1	354.95	37.00	357.17	37.00	344.17	1.00	341.95	1.00
82	MUEBLE DE COCINA ALTO	345.17	1	358.17	37.00	360.02	37.00	347.02	1.00	345.17	1.00
66	CENEFA DECORATIVA	348.02	1	361.02	37.00	364.10	37.00	351.10	1.00	348.02	1.00
61	MESON CON TABLERO POSFORMADO	352.10	1	364.10	37.00	368.03	37.00	356.03	1.00	352.10	1.00
73	PUERTA PRINCIPAL LACADA	357.03	1	369.03	37.00	371.34	37.00	359.34	1.00	357.03	1.00
74	PUERTA DE ALUMINIO	360.34	1	373.34	37.00	375.89	37.00	362.89	1.00	360.34	1.00
75	PUERTA TAMBORADA BLANCO 0.80M	363.89	1	375.89	37.00	377.04	37.00	365.04	1.00	363.89	1.00
76	PUERTA TAMBORADA BLANCO 0.90M	366.04	1	379.04	37.00	380.78	37.00	367.78	1.00	366.04	1.00
77	CERRADURA LLAVE LLAVE	368.78	1	380.78	37.00	383.09	37.00	371.09	1.00	368.78	1.00
78	CERRADURA PASILLO	372.09	1	385.09	37.00	388.17	37.00	375.17	1.00	372.09	1.00
79	CERRADURA BAÑO	376.17	1	389.17	37.00	391.23	37.00	378.23	1.00	376.17	1.00
83	ACCESORIOS DE BAÑO	379.23	1	392.23	37.00	394.54	37.00	381.54	1.00	379.23	1.00

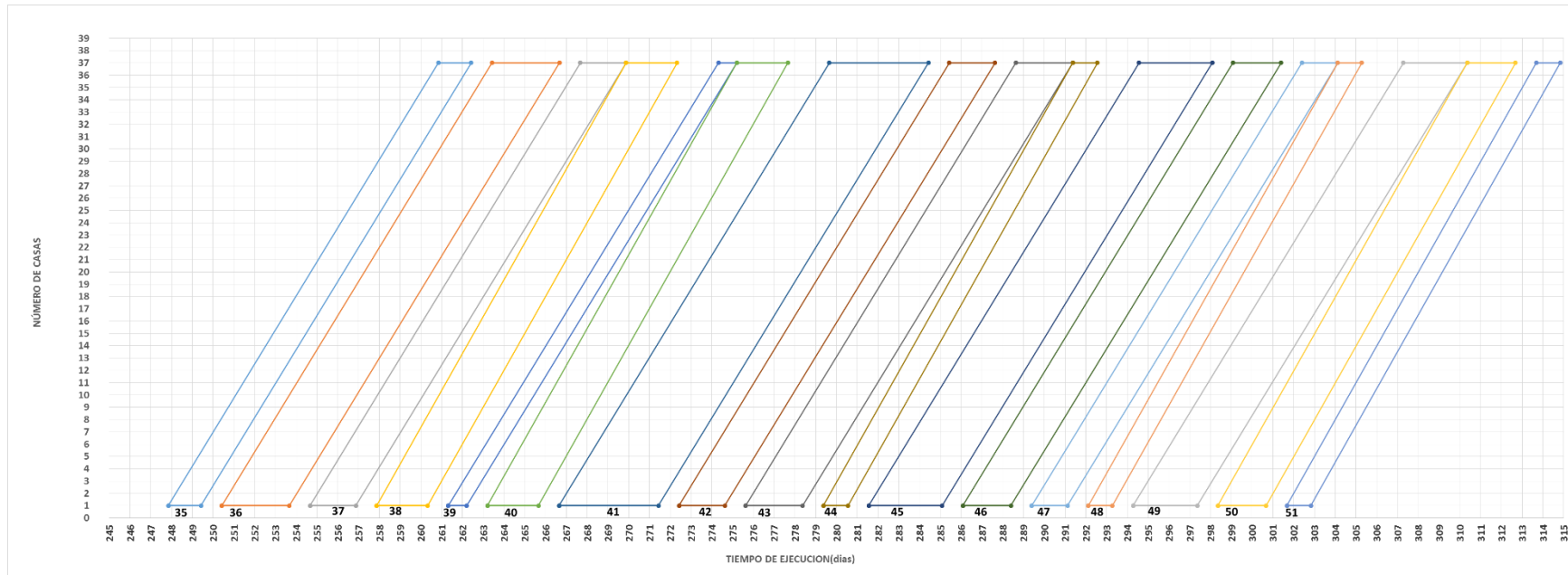
GRÁFICA 24.LDB ESTRUCTURA.



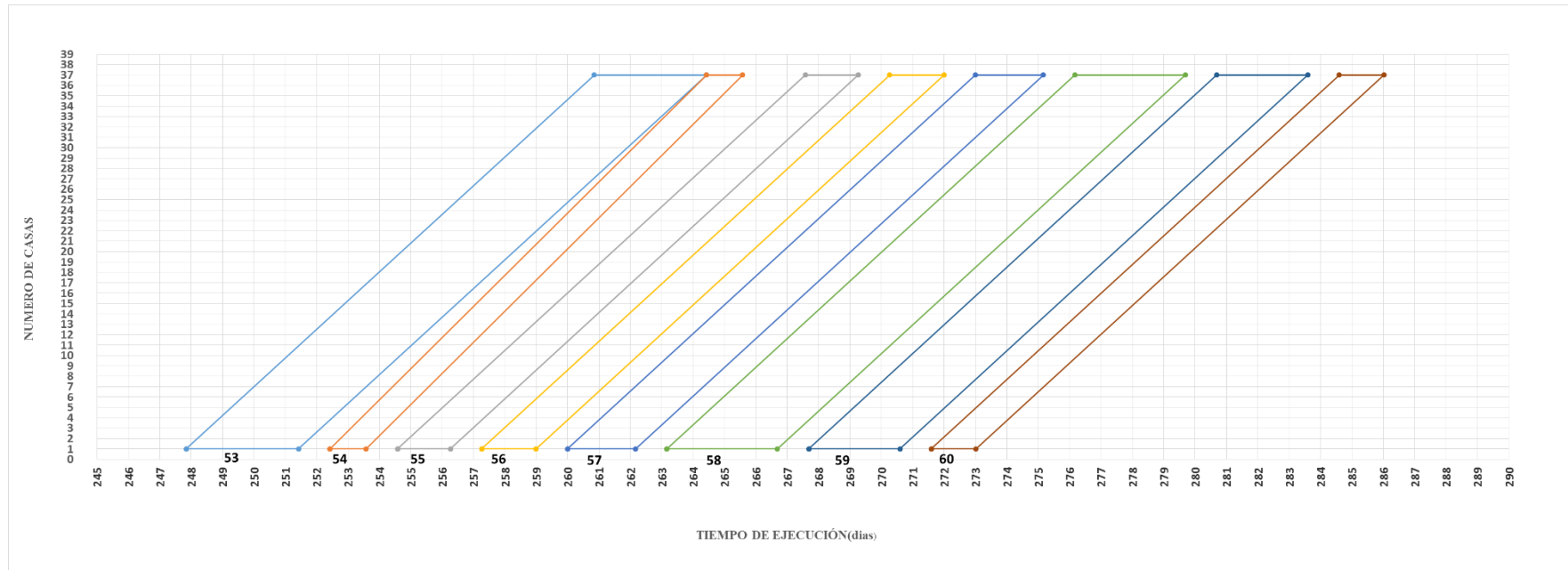
GRÁFICA 25.LDB ALBAÑILERIA



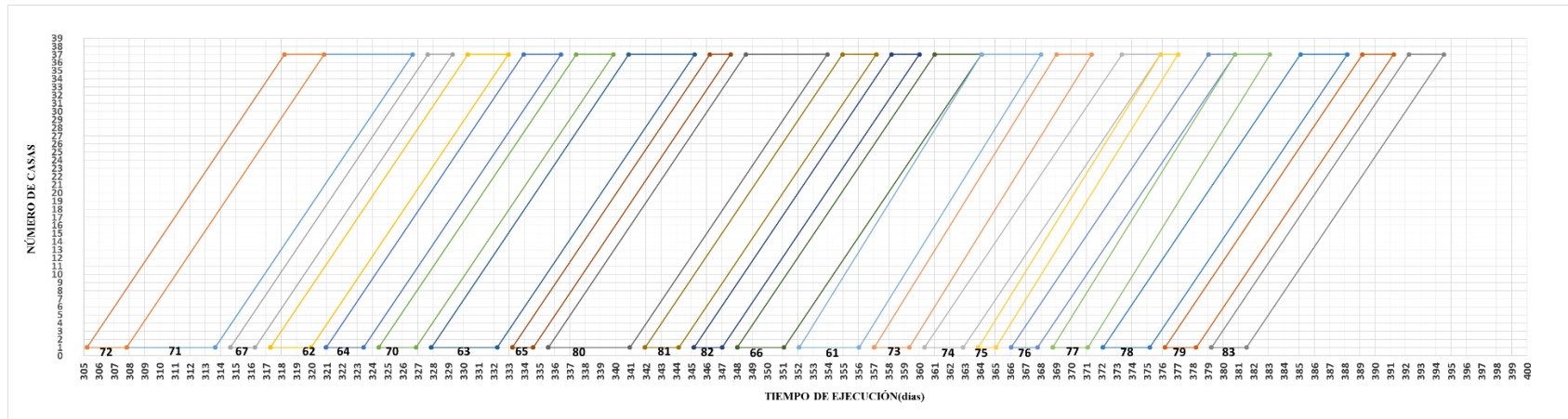
GRÁFICA 26.LDB INSTALACIONES HIDROSANITARIAS.



GRÁFICA 27.LDB INSTALACIONES ELÉCTRICAS



GRÁFICA 28.LDB ACABADOS.



A continuación las tablas y gráficos de la etapa 2 del proyecto.

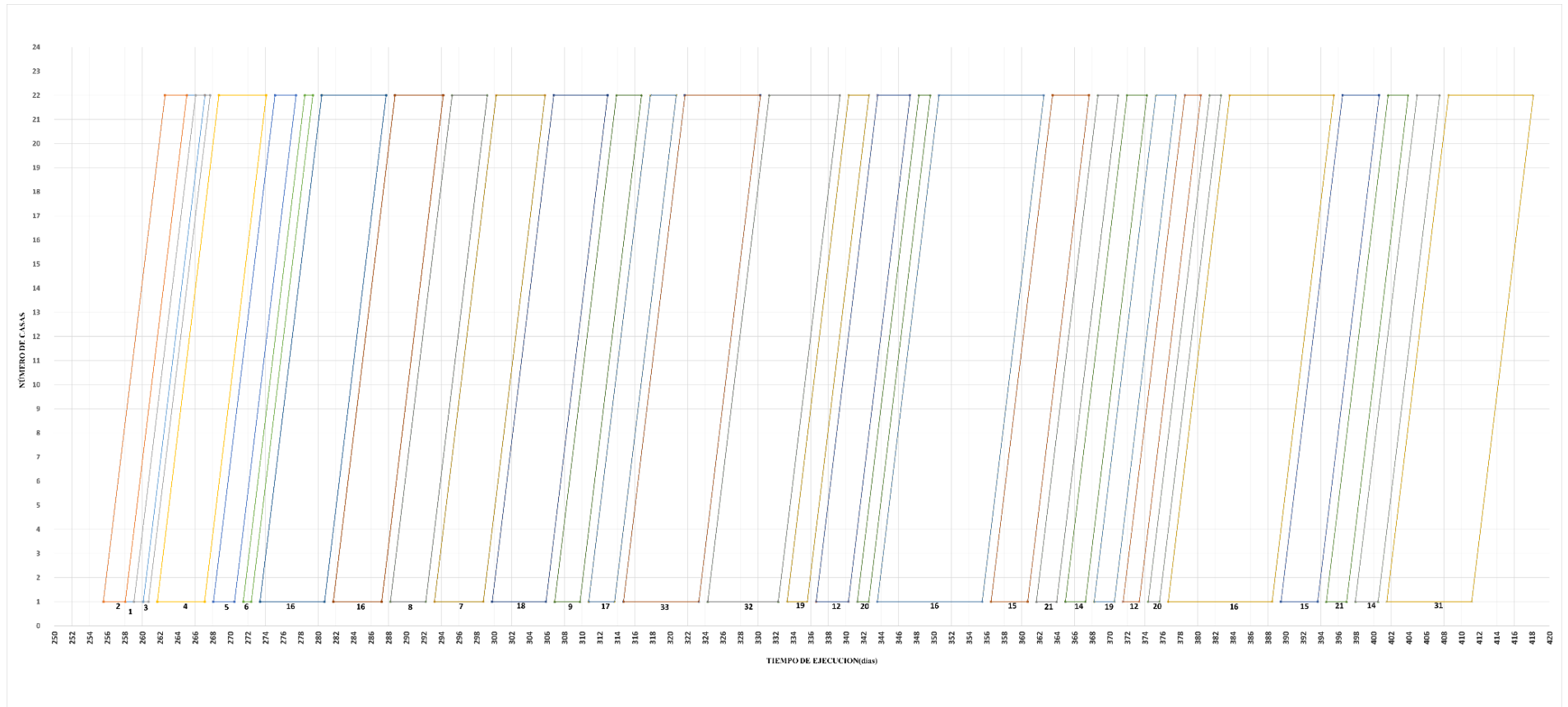
TABLA 15.LÍNEA DE BALANCE ETAPA 2

ID	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CUADRILLA	HORAS- HOMBRE	REQUERIMIENTO TEORICO DE RECUIROS	ASIGNACIÓN REAL DE RECURSOS	RENDIMIENTO REAL	DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD	TIEMPO TRANSCURRIDO DEL INICIO DE LA 1ERA SECCIÓN AL INICIO DE LA ÚLTIMA
	OBRAS PRELIMINARES		C	H	G	g	r	D	T
1	CERRAMIENTO PROVISIONAL H=2.40	330.00	3.25	117.98	39.55	40.00	59.674	4.54	7.00
2	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	1320.00	6.06	119.99	40.22	41.00	60.139	2.48	7.00
3	MOVIMIENTO DE TIERRAS								
3	REFLANTEO Y NIVELACION	1320.00	16.4	216.48	72.57	73.00	59.350	1.65	7.00
4	EXCAVACION MANUAL EN CIMIENTOS Y PLINTOS	287.10	12.4	534.01	179.01	180.00	59.325	5.38	7.00
5	RELLENO COMPACTADO	143.55	12.4	237.32	79.56	80.00	59.329	2.39	7.00
6	ESTRUCTURA								
6	REFLANTILLO H.S	13.20	10	72.60	24.34	25.00	60.606	0.91	7.00
16	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACION	8800.00	12.6	739.20	247.80	248.00	59.048	7.33	7.00
16	ACERO DE REFUERZO EN COLUMNA PB	6600.00	12.6	554.40	185.85	186.00	59.048	5.50	7.00
8	HORMIGON SIMPLE PLINTOS	95.70	16	512.95	171.96	172.00	59.015	4.01	7.00
7	HORMIGON CICLOPEO	111.10	15	666.60	223.46	224.00	59.142	5.56	7.00
18	ENCOFRADO TABLA DE MONTE-CADENAS	297.00	6	294.03	98.57	99.00	59.259	6.13	7.00
9	HORMIGON SIMPLE CADENAS	28.60	10	228.80	76.70	77.00	59.231	2.86	7.00
17	MALLA ELECTROSOLDADA	880.00	6.3	147.84	49.56	50.00	59.524	2.93	7.00
33	CONTRAPISO H.S	858.00	16.4	1125.70	377.36	378.00	59.099	8.58	7.00
32	MASILLADO ALISADO DE PISOS	858.00	6.2	398.97	133.75	134.00	59.112	8.04	7.00
19	ENCOFRADO METALICO DE COLUMNA PB	550.00	9.3	170.50	57.16	58.00	59.874	2.29	7.00
12	HORMIGON SIMPLE EN COLUMNAS PB	44.00	11	324.28	108.71	109.00	59.159	3.69	7.00
20	ENCOFRADO METALICO DE LOSA PB	858.00	10.5	108.11	36.24	37.00	60.236	1.29	7.00
16	ACERO DE REFUERZO EN VIGAS Y LOSA PB	14300.00	12.60	1201.20	402.68	403.00	59.048	11.92	7.00
15	BLOQUE DE ALIVIANAMIENTO PB	4620.00	12.3	409.15	137.16	138.00	59.362	4.16	7.00
21	ENCOFRADO TABLA DE MONTE- VIGA PB	147.40	6	110.55	37.06	38.00	60.498	2.30	7.00
14	HORMIGON EN LOSA NIVEL=2.7m	165.00	10	181.50	60.84	61.00	59.152	2.27	7.00
19	ENCOFRADO METALICO DE COLUMNA PA	550.00	9.3	170.50	57.16	58.00	59.871	2.29	7.00
12	HORMIGON SIMPLE EN COLUMNAS PA	44.00	22	324.28	108.71	109.00	59.159	1.84	7.00
20	ENCOFRADO METALICO DE LOSA PA	858.00	10.5	108.11	36.24	37.00	60.236	1.29	7.00
16	ACERO DE REFUERZO EN VIGAS Y LOSA PA	14190.00	12.6	1191.96	399.58	400.00	59.062	11.83	7.00
15	BLOQUE DE ALIVIANAMIENTO PA	4620.00	12.3	409.15	137.16	138.00	59.362	4.16	7.00
14	ENCOFRADO TABLA DE MONTE- VIGA PA	147.40	6	110.55	37.06	38.00	60.498	2.30	7.00
14	HORMIGON EN LOSA NIVEL=5.20m	187.00	10	205.70	68.96	69.00	59.037	2.57	7.00
31	MASILLADO EN LOSA	858.00	9.3	718.15	240.74	241.00	59.063	9.65	7.00
	ALBAÑILERIA								
24	MAMPOSTERIA DE BLOQUE e=15 cm	2523.40	10.5	292.71	98.13	99.00	59.526	3.48	7.00
25	MAMPOSTERIA DE BLOQUE e=10 cm	786.94	10.5	81.84	27.44	28.00	60.214	0.97	7.00
34	PICADO Y RESANE DE PARED PARA INSTALACIONES	550.00	4	55.00	18.44	19.00	60.800	1.72	7.00
22	BORDILLO DE TINETA DE BAÑO	28.60	2.1	31.46	10.55	11.00	61.538	1.87	7.00
23	MESA DE COCINA HORMIGON ARMADO	37.40	2.1	42.74	14.33	15.00	61.762	2.54	7.00
26	LAVANDERIA PREFABRICADA DE FIBRA	22.00	4	88.00	29.50	30.00	60.000	2.75	7.00
28	ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR	6425.76	10.5	668.28	224.03	225.00	59.257	7.96	7.00
29	ENLUCIDO LISO EXTERIOR	1728.10	10.5	224.65	75.31	76.00	59.541	2.67	7.00
30	ENLUCIDO HORIZONTAL	1848.00	10.5	277.20	92.93	93.00	59.048	3.30	7.00
	INSTALACIONES HIDROSANTARIAS								
35	CAJA DE REVISION 60X60	22.00	4.2	31.43	10.54	11.00	61.601	0.94	7.00
36	PUNTO DE AGUA FRIA 1/2"	176.00	8	110.00	36.88	37.00	59.300	1.72	7.00
37	PUNTO DE AGUA CALIENTE	66.00	4.2	66.00	22.13	23.00	61.333	1.96	7.00
38	VALVULA CHECK	22.00	1	11.66	3.91	4.00	60.377	1.46	7.00
39	LLAVE DE PASO	22.00	2.1	8.80	2.95	3.00	60.000	0.52	7.00
40	LLAVE DE MANGUERA	22.00	1	11.66	3.91	4.00	60.377	1.46	7.00
41	CALEFON A GAS	22.00	3.1	70.40	23.60	24.00	60.000	2.84	7.00
42	PUNTO DE DESAGUE DE PVC 110mm	66.00	4.2	66.00	22.13	23.00	61.333	1.96	7.00
43	PUNTO DE DESAGUE DE PVC 50mm	154.00	9	102.67	34.42	35.00	60.000	1.43	7.00
44	BAIANTE DE AGUAS LLUVIAS 110mm	169.40	3	16.94	5.68	6.00	62.338	0.71	7.00
45	REJILLA DE PISO 50mm	88.00	2.1	35.20	11.80	12.00	60.000	2.10	7.00
46	LAVAMANOS CON PEDESTAL	44.00	4	44.00	14.75	15.00	60.000	1.38	7.00
47	INODORO	44.00	4	32.78	10.99	11.00	59.060	1.02	7.00
48	LAVAPLATOS 1 POZO	22.00	4.2	23.16	7.76	8.00	60.799	0.69	7.00
49	MEZCLADORA PARA LAVAMANOS	22.00	3	44.00	14.75	15.00	60.000	1.83	7.00
50	MEZCLADORA PARA FREGADERO	22.00	2	22.00	7.38	8.00	64.000	1.38	7.00
51	DUCHA CON MEZCLADORA	22.00	4.2	23.16	7.76	8.00	60.799	0.69	7.00
	INSTALACIONES ELÉCTRICAS								
53	PUNTO DE ILUMINACIÓN	286.00	8.4	143.00	47.94	48.00	59.077	2.13	7.00
54	PUNTO DE ILUMINACIÓN CONMUTADA	22.00	4	22.00	7.38	8.00	64.000	0.69	7.00
55	BREAKERS DE 1 POLO DE 63 AMP	22.00	1.1	8.80	2.95	3.00	60.000	1.00	7.00
56	SALIDAS ESPECIALES	44.00	4	33.00	11.06	12.00	64.000	1.03	7.00
57	PUNTO DE TOMACORRIENTE	330.00	12	123.75	41.48	42.00	59.753	1.29	7.00
58	TIMBRE	22.00	2.1	35.20	11.80	12.00	60.000	2.10	7.00
59	ACOMETIDA TELEFÓNICA	737.00	8	110.55	37.06	38.00	60.498	1.73	7.00
60	PUNTO SALIDA PARA TELEFONOS	44.00	5.2	35.20	11.80	12.00	60.000	0.85	7.00
	ACABADOS								
71	PINTURA CAUCHO PAREDES INTERIORES	6425.76	8	321.29	107.70	108.00	59.162	5.02	7.00
72	PINTURA CAUCHO PAREDES EXTERIORES	1728.10	8	99.37	33.31	34.00	60.222	1.55	7.00
67	CERAMICA EN PARED	399.52	8.4	64.92	21.76	22.00	59.641	0.97	7.00
62	CERAMICA EN PISOS	1423.40	8.4	238.42	79.92	80.00	59.056	3.55	7.00
64	BARREDERAS EN CERAMICA	682.00	8	93.78	31.44	32.00	60.059	1.47	7.00
70	VENTANA CORREDIZA DE ALUMINIO	374.00	8	93.50	31.34	32.00	60.235	1.46	7.00
63	PISO FLOTANTE	680.00	8	165.00	55.31	56.00	59.733	2.58	7.00
65	BARREDERAS EN PISO FLOTANTE	682.00	8.4	54.56	18.29	19.00	61.290	0.91	7.00
80	CLOSET MDF	319.00	10	255.20	85.55	86.00	59.310	3.19	7.00
81	MUEBLE DE COCINA BAJO	44.00	10	105.60	35.40	36.00	60.000	1.32	7.00
82	MUEBLE DE COCINA ALTO	44.00	10	88.00	29.50	30.00	60.000	1.10	7.00
66	CENFEA DECORATIVA	308.00	8.4	123.20	41.30	42.00	60.000	1.83	7.00
61	MESON CON TABLERO POSFORMADO	37.40	2	37.40	12.54	13.00	61.176	2.34	7.00
73	PUERTA PRINCIPAL LACADA	22.00	2	22.00	7.38	8.00	64.000	1.38	7.00
74	PUERTA DE ALUMINIO	96.80	4	48.40	16.23	17.00	61.818	1.51	7.00
75	PUERTA TAMBORADA BLANCO 0.80M	44.00	4	22.00	7.38	8.00	64.000	0.69	7.00
76	PUERTA TAMBORADA BLANCO 0.90M	66.00	4	33.00	11.06	12.00	64.000	1.03	7.00
77	CERRADURA LLAVE LLAVE	22.00	2	22.00	7.38	8.00	64.000	1.38	7.00
78	CERRADURA PASILLO	66.00	3	44.00	14.75	15.00	60.000	1.83	7.00
79	CERRADURA BAÑO	44.00	3	29.33	9.83	10.00	60.000	1.22	7.00
83	ACCESORIOS DE BAÑO	44.00	4	44.00	14.75	15.00	60.000	1.38	7.00

TABLA 16.DATOS PARA GRÁFICO DE LÍNEA DE BALANCE ETAPA 2

ID	DESCRIPCIÓN	DATOS PARA LA GRÁFICA LDB ETAPA 2									
		X1	Y1	X2	Y2	X3	Y3	X4	Y4	X5	Y5
	OBRAS PRELIMINARES										
1	CERRAMIENTO PROVISIONAL H=2.40	255.58	1	262.58	22.00	267.12	22.00	260.12	1.00	255.58	1.00
2	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	255.58	1	262.58	22.00	265.05	22.00	258.05	1.00	255.58	1.00
	MOVIMIENTO DE TIERRAS										
3	REPLANTEO Y NIVELACION	259.05	1	266.05	22.00	267.70	22.00	260.70	1.00	259.05	1.00
4	EXCAVACIÓN MANUAL EN CIMENTOS Y PLINTOS	261.70	1	268.70	22.00	274.09	22.00	267.09	1.00	261.70	1.00
5	RELLENO COMPACTADO	268.09	1	275.09	22.00	277.48	22.00	270.48	1.00	268.09	1.00
	ESTRUCTURA										
6	REPLANTILLO H.S.	271.48	1	278.48	22.00	279.39	22.00	272.39	1.00	271.48	1.00
16	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACION	273.39	1	280.39	22.00	287.72	22.00	280.72	1.00	273.39	1.00
16	ACERO DE REFUERZO EN COLUMNA PB	281.72	1	288.72	22.00	294.22	22.00	287.22	1.00	281.72	1.00
8	HORMIGON SIMPLE PLINTOS	288.22	1	295.22	22.00	299.23	22.00	292.23	1.00	288.22	1.00
7	HORMIGON CICLOPEO	293.23	1	300.23	22.00	305.78	22.00	298.78	1.00	293.23	1.00
18	ENCOFRADO TABLA DE MONTE-CADENAS	299.78	1	306.78	22.00	312.91	22.00	305.91	1.00	299.78	1.00
9	HORMIGON SIMPLE CADENAS	306.91	1	313.91	22.00	316.77	22.00	309.77	1.00	306.91	1.00
17	MALLA ELECTROSOLDADA	310.77	1	317.77	22.00	320.70	22.00	313.70	1.00	310.77	1.00
33	CONTRAPISO H.S.	314.70	1	321.70	22.00	330.28	22.00	323.28	1.00	314.70	1.00
32	MASILLADO ALISADO DE PISOS	324.28	1	331.28	22.00	339.33	22.00	332.33	1.00	324.28	1.00
19	ENCOFRADO METALICO DE COLUMNA PB	333.33	1	340.33	22.00	342.62	22.00	335.62	1.00	333.33	1.00
12	HORMIGÓN SIMPLE EN COLUMNAS PB	336.62	1	343.62	22.00	347.30	22.00	340.30	1.00	336.62	1.00
20	ENCOFRADO METALICO DE LOSA PB	341.30	1	348.30	22.00	349.59	22.00	342.59	1.00	341.30	1.00
16	ACERO DE REFUERZO EN VIGAS Y LOSA PB	343.59	1	350.59	22.00	362.51	22.00	355.51	1.00	343.59	1.00
15	BLOQUE DE ALIVIANAMIENTO PB	356.51	1	363.51	22.00	367.66	22.00	360.66	1.00	356.51	1.00
21	ENCOFRADO TABLA DE MONTE- VIGA PB	361.66	1	368.66	22.00	370.97	22.00	363.97	1.00	361.66	1.00
14	HORMIGON EN LOSA NIVEL=2.7m	364.97	1	371.97	22.00	374.24	22.00	367.24	1.00	364.97	1.00
19	ENCOFRADO METALICO DE COLUMNA PA	368.24	1	375.24	22.00	377.53	22.00	370.53	1.00	368.24	1.00
12	HORMIGÓN SIMPLE EN COLUMNAS PA	371.53	1	378.53	22.00	380.37	22.00	373.37	1.00	371.53	1.00
20	ENCOFRADO METALICO DE LOSA PA	374.37	1	381.37	22.00	382.66	22.00	375.66	1.00	374.37	1.00
16	ACERO DE REFUERZO EN VIGAS Y LOSA PA	376.66	1	383.66	22.00	395.48	22.00	388.48	1.00	376.66	1.00
15	BLOQUE DE ALIVIANAMIENTO PA	389.48	1	396.48	22.00	400.64	22.00	393.64	1.00	389.48	1.00
21	ENCOFRADO TABLA DE MONTE- VIGA PA	394.64	1	401.64	22.00	403.94	22.00	396.94	1.00	394.64	1.00
14	HORMIGON EN LOSA NIVEL=5.20m	397.94	1	404.94	22.00	407.51	22.00	400.51	1.00	397.94	1.00
31	MASILLADO EN LOSA	401.51	1	408.51	22.00	418.17	22.00	411.17	1.00	401.51	1.00
	ALBAÑILERIA										
24	MAMPOSTERIA DE BLOQUE e=15 cm	407.51	1	414.51	22.00	418.00	22.00	411.00	1.00	407.51	1.00
25	MAMPOSTERIA DE BLOQUE e=10 cm PICADO Y RESANE DE PARED PARA	412.00	1	419.00	22.00	419.97	22.00	412.97	1.00	412.00	1.00
34	INSTALACIONES	413.97	1	420.97	22.00	422.69	22.00	415.69	1.00	413.97	1.00
22	BORDILLO DE TINETA DE BAÑO	416.69	1	423.69	22.00	425.56	22.00	418.56	1.00	416.69	1.00
23	MESA DE COCINA HORMIGÓN ARMADO	419.56	1	426.56	22.00	429.11	22.00	422.11	1.00	419.56	1.00
26	LAVANDERIA PREFABRICADA DE FIBRA	423.11	1	430.11	22.00	432.86	22.00	425.86	1.00	423.11	1.00
28	ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR	426.86	1	433.86	22.00	441.81	22.00	434.81	1.00	426.86	1.00
29	ENLUCIDO LISO EXTERIOR	435.81	1	442.81	22.00	445.49	22.00	438.49	1.00	435.81	1.00
30	ENLUCIDO HORIZONTAL	439.49	1	446.49	22.00	449.79	22.00	442.79	1.00	439.49	1.00
	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS										
35	CAJA DE REVISIÓN 60x60	413.97	1	420.97	22.00	421.91	22.00	414.91	1.00	413.97	1.00
36	PUNTO DE AGUA FRÍA 1/2"	415.91	1	422.91	22.00	424.63	22.00	417.63	1.00	415.91	1.00
37	PUNTO DE AGUA CALIENTE	418.63	1	425.63	22.00	427.59	22.00	420.59	1.00	418.63	1.00
38	VÁLVULA CHECK	421.59	1	428.59	22.00	430.05	22.00	423.05	1.00	421.59	1.00
39	LLAVE DE PASO	424.05	1	431.05	22.00	431.57	22.00	424.57	1.00	424.05	1.00
40	LLAVE DE MANGUERA	425.57	1	432.57	22.00	434.03	22.00	427.03	1.00	425.57	1.00
41	CALEFON A GAS	428.03	1	435.03	22.00	437.87	22.00	430.87	1.00	428.03	1.00
42	PUNTO DE DESAGUE DE PVC 110mm	431.87	1	438.87	22.00	440.83	22.00	433.83	1.00	431.87	1.00
43	PUNTO DE DESAGUE DE PVC 50mm	434.83	1	441.83	22.00	443.26	22.00	436.26	1.00	434.83	1.00
44	BAIANTE DE AGUAS LLUVIAS 110mm	437.26	1	444.26	22.00	444.97	22.00	437.97	1.00	437.26	1.00
45	REJILLA DE PISO 50mm	438.97	1	445.97	22.00	448.06	22.00	441.06	1.00	438.97	1.00
46	LAVAMANOS CON PEDESTAL	442.06	1	449.06	22.00	450.44	22.00	443.44	1.00	442.06	1.00
47	INODORO	444.44	1	451.44	22.00	452.46	22.00	445.46	1.00	444.44	1.00
48	LAVAPLATOS 1 POZO	446.46	1	453.46	22.00	454.15	22.00	447.15	1.00	446.46	1.00
49	MEZCLADORA PARA LAVAMANOS	448.15	1	455.15	22.00	456.98	22.00	449.98	1.00	448.15	1.00
50	MEZCLADORA PARA FREGADERO	450.98	1	457.98	22.00	459.36	22.00	452.36	1.00	450.98	1.00
51	DUCHA CON MEZCLADORA	453.36	1	460.36	22.00	461.05	22.00	454.05	1.00	453.36	1.00
	INSTALACIONES ELÉCTRICAS										
53	PUNTO DE ILUMINACIÓN	413.97	1	420.97	22.00	423.10	22.00	416.10	1.00	413.97	1.00
54	PUNTO DE ILUMINACIÓN CONMUTADA	417.10	1	424.10	22.00	424.79	22.00	417.79	1.00	417.10	1.00
55	BREAKERS DE 1 POLO DE 63 AMP	418.79	1	425.79	22.00	426.79	22.00	419.79	1.00	418.79	1.00
56	SALIDAS ESPECIALES	420.79	1	427.79	22.00	428.82	22.00	421.82	1.00	420.79	1.00
57	PUNTO DE TOMACORRIENTE	422.82	1	429.82	22.00	431.11	22.00	424.11	1.00	422.82	1.00
58	TÍMBRE	425.11	1	432.11	22.00	434.20	22.00	427.20	1.00	425.11	1.00
59	ACOMETIDA TELEFÓNICA	428.20	1	435.20	22.00	436.93	22.00	429.93	1.00	428.20	1.00
60	PUNTO SALIDA PARA TELEFONOS	430.93	1	437.93	22.00	438.78	22.00	431.78	1.00	430.93	1.00
	ACABADOS										
71	PINTURA CAUCHO PAREDES INTERIORES	449.79	1	456.79	22.00	461.81	22.00	454.81	1.00	449.79	1.00
72	PINTURA CAUCHO PAREDES EXTERIORES	449.79	1	456.79	22.00	458.34	22.00	451.34	1.00	449.79	1.00
67	CERAMICA EN PARED	455.81	1	462.81	22.00	463.78	22.00	456.78	1.00	455.81	1.00
62	CERAMICA EN PISOS	457.78	1	464.78	22.00	468.32	22.00	461.32	1.00	457.78	1.00
64	BARREDERAS EN CERAMICA	462.32	1	469.32	22.00	470.79	22.00	463.79	1.00	462.32	1.00
70	VENTANA CORREDIZA DE ALUMINIO	464.79	1	471.79	22.00	473.25	22.00	466.25	1.00	464.79	1.00
63	PISO FLOTANTE	467.25	1	474.25	22.00	476.83	22.00	469.83	1.00	467.25	1.00
65	BARREDERAS EN PISO FLOTANTE	470.83	1	477.83	22.00	478.64	22.00	471.64	1.00	470.83	1.00
80	CLOSET MDF	472.64	1	479.64	22.00	482.83	22.00	475.83	1.00	472.64	1.00
81	MUEBLE DE COCINA BAJO	476.83	1	483.83	22.00	485.15	22.00	478.15	1.00	476.83	1.00
82	MUEBLE DE COCINA ALTO	479.15	1	486.15	22.00	487.25	22.00	480.25	1.00	479.15	1.00
66	CENEFA DECORATIVA	481.25	1	488.25	22.00	490.08	22.00	483.08	1.00	481.25	1.00
61	MESON CON TABLERO POSFORMADO	484.08	1	491.08	22.00	493.42	22.00	486.42	1.00	484.08	1.00
73	PUERTA PRINCIPAL LACADA	487.42	1	494.42	22.00	495.80	22.00	488.80	1.00	487.42	1.00
74	PUERTA DE ALUMINIO	489.80	1	496.80	22.00	498.31	22.00	491.31	1.00	489.80	1.00
75	PUERTA TAMBORADA BLANCO 0.80M	492.31	1	499.31	22.00	500.00	22.00	493.00	1.00	492.31	1.00
76	PUERTA TAMBORADA BLANCO 0.90M	494.00	1	501.00	22.00	502.03	22.00	495.03	1.00	494.00	1.00
77	CERRADURA LLAVE LLAVE	496.03	1	503.03	22.00	504.40	22.00	497.40	1.00	496.03	1.00
78	CERRADURA PASILLO	498.40	1	505.40	22.00	507.24	22.00	500.24	1.00	498.40	1.00
79	CERRADURA BAÑO	501.24	1	508.24	22.00	509.46	22.00	502.46	1.00	501.24	1.00
83	ACCESORIOS DE BAÑO	503.46	1	510.46	22.00	511.83	22.00	504.83	1.00	503.46	1.00

GRÁFICA 29.LDB ESTRUCTURA



GRÁFICA 30.LDB ALBAÑILERIA.

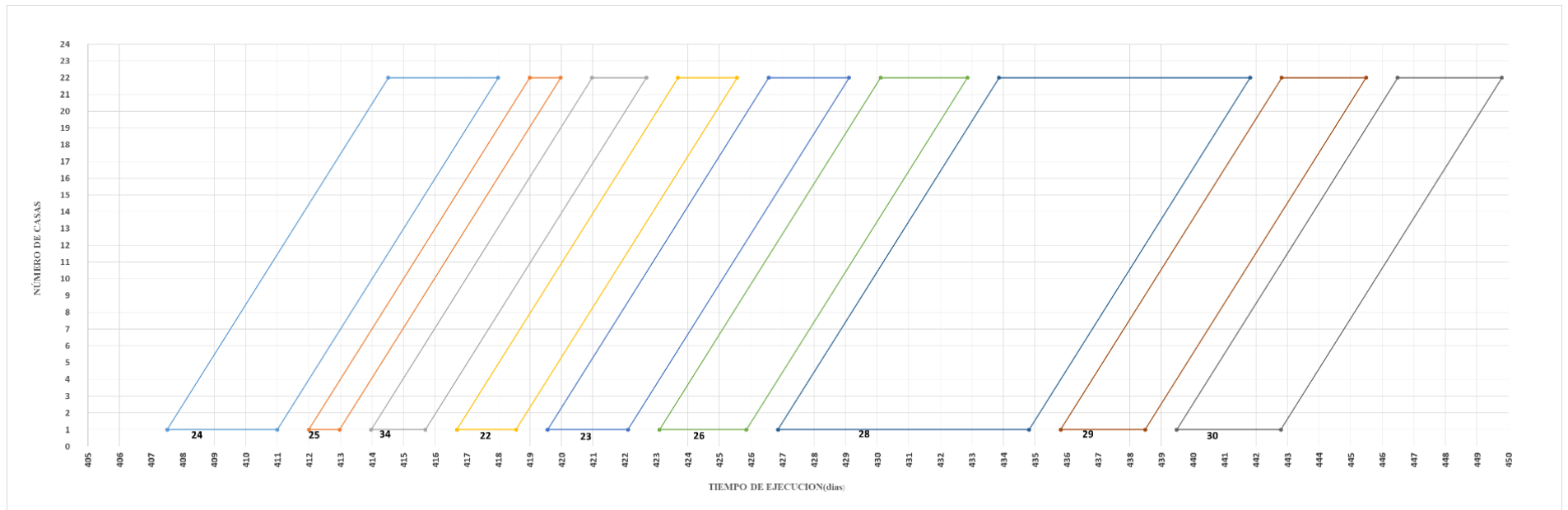


GRÁFICO 31.LDB INSTALACIONES HIDROSANITARIAS.

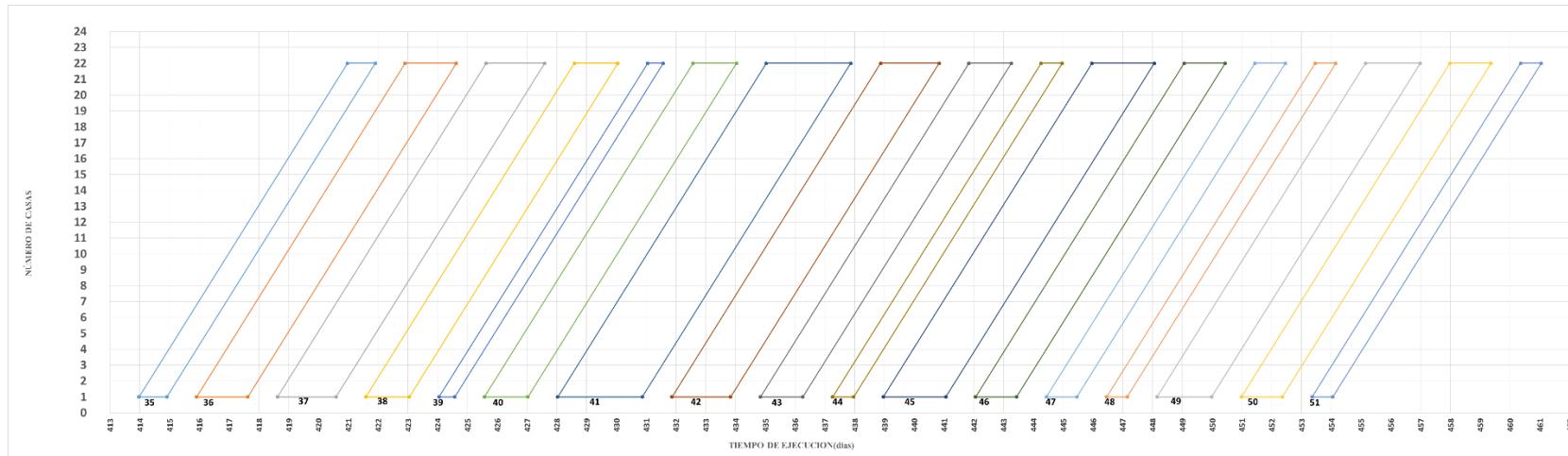
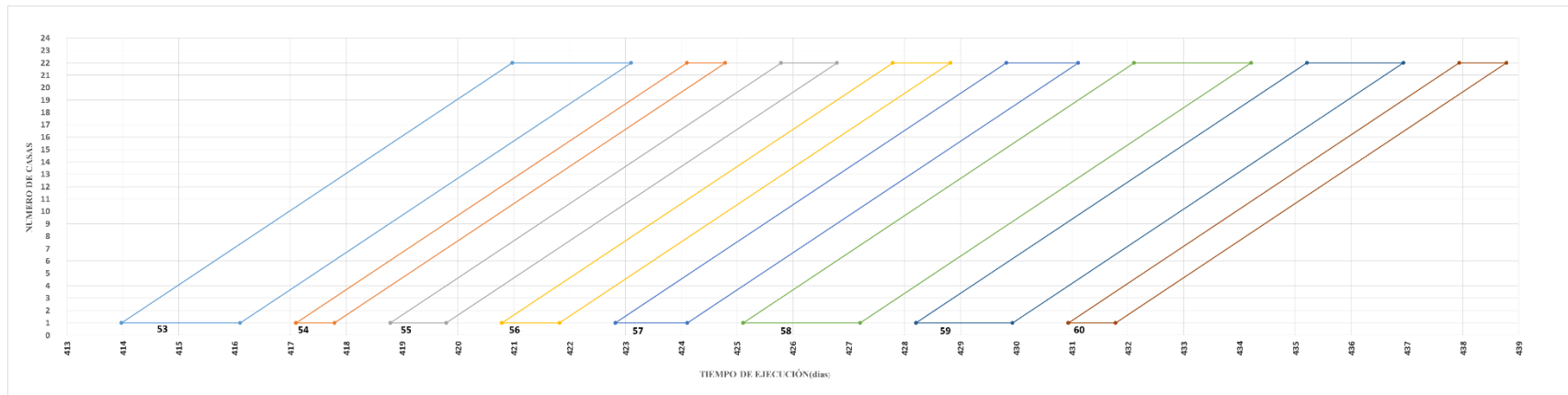
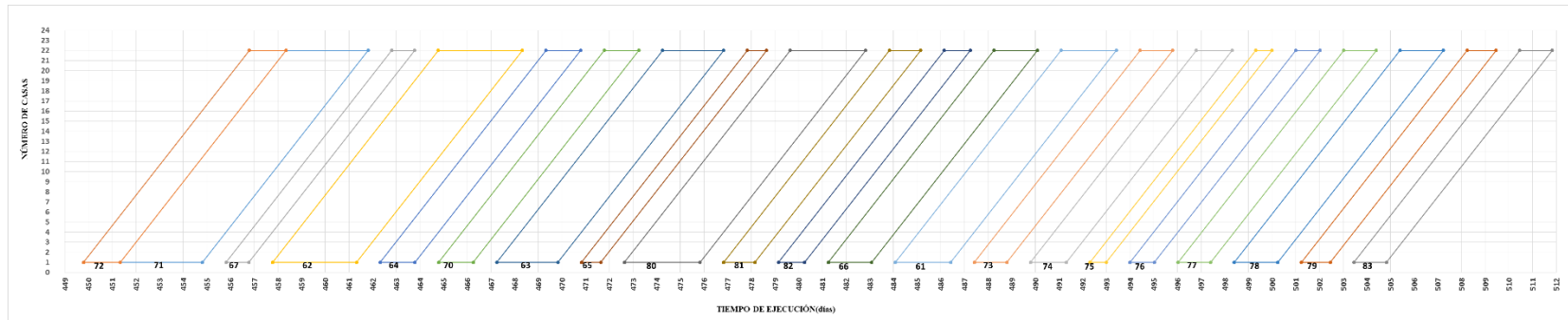


GRÁFICO 32.LDB INSTALACIONES ELÉCTRICAS.



GRÁFICA 33.LDB ACABADOS.



4.1.3 Análisis de la programación LDB.

El análisis de la programación de obra utilizando Línea de Balance, se puede resumir de la siguiente manera:

- Al inicio de la programación se estableció un condicionante, que sería el limitante para poder cumplir con el objetivo de emplear esta metodología de programación. El condicionante “R” que se empleó era que el conjunto debía de finalizar a los 520 días, según el gráfico 33, que describe la construcción de acabados de la etapa 2, este finaliza a los 515 días de haber iniciado la construcción.
- Es decir que en este caso se cumplió con el objetivo de inicio de la programación.
- Esta metodología de trabajo se utiliza en construcciones repetitivas, porque mientras avanza la construcción se puede ir evaluando el avance de obra, debido a que en los gráficos se realiza en base al número de casas sobre el tiempo de ejecución de cada una de ellas.
- La línea de balance solo trabaja con actividades simultaneas al mismo tiempo, como se puede notar en cada grafico de ambas etapas, porque en base a los gráficos de la etapa 1, mientras se inicia una actividad en la casa 1 al mismo tiempo se está finalizando otra actividad en la casa 37 y viceversa.
- Un defecto que presenta LDB, es la falta de facilidad al momento que se tiene 1 solo grafico de todo el proyecto, para su representación cada área tiene su gráfico para poder facilitar la interpretación de resultados.

- El buffer utilizado de 1 día, cumplió con su finalidad en la mayoría de gráficos, gracias a que su pendiente es igual y por lo tanto no se llegan intersecar, en las actividades que llegan a intersecarse no existen problemas a considerarse porque son actividades secundarias con una duración mínima.

4.1.4 Comparación entre programaciones.

- Existe una gran diferencia entre ambas metodologías de programación desde el inicio de su programación, la cual consiste en que el diagrama de Gantt no contiene una restricción o limitante como LDB, la cual ayuda favorablemente para poder llegar al objetivo que es terminar la construcción en un tiempo determinado. Teniendo en cuenta que la diferencia de tiempo de finalización entre ambas metodologías de programación es considerado, en este caso es de 147 días, lo cual esto representaría un costo adicional a lo presupuestado. Hay que resaltar que ambas metodologías se realizaron con la misma cuadrilla de trabajo en cada actividad.
- El tiempo de finalización que se obtiene en ambas metodologías es un tiempo esperado, debido a que mientras más dure la construcción de un proyecto más inconvenientes este puede llegar a tener, por ejemplo la construcción del conjunto “Casas Park” estimamos un tiempo de finalización de 520 días, con las mejores condiciones esto quiere decir, con la cuadrillas establecidas, con los rendimientos favorables todos los días y con todos los recursos a la disposición,

pero si en el transcurso de la ejecución de las actividades, alguno de estos tres aspectos se llega a retrasar, esto demoraría en su totalidad a todo el proyecto.

- Hay que resaltar que en el diagrama de Gantt da como resultado la ruta crítica del proyecto, la cual está compuesto por algunas actividades del proyecto, en cambio LDB no da explícitamente una ruta crítica pero con la apreciación de cada gráfico elaborado, se puede llegar a la conclusión que todas las actividades se pueden considerar críticas, esto se daría si una actividad se llega a demorar más tiempo del buffer estimado en un inicio.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Una vez realizado el trabajo de investigación sobre el “Sistema Línea de Balance” es importante notar que cuando se tenga un proyecto de construcciones repetitivas, una opción válida para su programación es Línea de Balance. Con el análisis de presentado en el capítulo 4 se demuestra que es una herramienta útil para el campo de programación de obra, aunque en la actualidad existen programas por ejemplo Microsoft Project que sirve para la programación de obra, siempre se necesita una opción extra para poder aceptar o rechazar un tiempo aproximado de finalización de un proyecto de construcción.
- El “Sistema Línea de Balance” solo es válido para construcciones repetitivas, esto quiere decir a procesos construcciones donde mínimo tengan 3 repeticiones.
- El analizar la programación de obra de un proyecto en curso y reformularlo con LDB, da como resultado una perspectiva muy clara, en cuestión de tiempo pero ambas metodologías de programación de obra, no tienen similitud alguna.
- Es sencillo la interpretación de la evaluación de avance de obra en una construcción, porque se puede determinar el avance diario en cada proceso constructivo.

- La gráfica LDB muestra una característica única, la cual ayuda conocer la relación directa del grupo de actividades con su grupo más cercano, esto da como resultado conocer de forma rápida posibles efectos positivos o negativos al momento de construir.
- Comparando ambas metodologías de programaciones se puede determinar un tiempo realista de finalización de proyectos.
- Se cumplió con parámetros establecidos en la teoría, tales como: cantidad, equilibrio y continuidad.
- El factor **R** limita o excede el tiempo de finalización del proyecto. Si se lo considera de una manera adecuada.
- En todo el proceso de la programación de obra se cumple con el principio de la satisfacción y la seguridad, esto se da, debido a que cada rubro se podrá ejecutar de una manera efectiva, satisfactoria y segura.
- El reformular la programación de obra con LDB, demuestra que esta metodología de programación es flexible, dado es el caso, que si ciertos procesos constructivos requieran tomar correcciones, se lo realice porque tales correcciones no alteraría la programación de obra.
- Al momento de controlar el avance de obra se tendrá la facilidad de observar el impacto de un retraso de una actividad con respecto a otra.
- El sistema LDB se pudo medir con satisfacción a través del indicador planteado, el cual fue el tiempo estimado de finalización del proyecto de construcción.

5.2. RECOMENDACIONES

- Cuando se grafique Línea de Balance, se debe tener cuidado al momento de asumir el buffer porque el asumir sin criterio ocasionaría un retraso considerado en la construcción de proyectos.
- Realizar los APU's del proyecto previamente, para no tener retraso en la realización de programación de obra.
- Para la visualización de la totalidad de un proyecto, se recomienda realizar las gráficas separadas para su análisis.
- Tener en cuenta que al momento de graficar en Excel, se debe realizar correctamente un cuadro previo para su gráfica, en donde se debe especificar los pares ordenados.
- No tratar con superficialidad los conceptos aprendidos con LDB, debido a que el uso incorrecto de cada concepto, puede ocasionar estimaciones erróneas en los tiempos de finalización del proyecto evaluado.

REFERENCIAS

- Academia*. (Diciembre de 2015). Obtenido de <http://www.academia.edu>
- José Humberto Arcila. (2012). Programación de obras con la técnica de la línea de balance. México, México.
- Bases de datos*. (Diciembre de 2015). Obtenido de <http://basesdedatos.weebly.com/>
- Hernán Castro. (2004). Notas de construcción. (pág. 159). Cali: Programa Editorial.
- Gestiopolis*. (Diciembre de 2015). Obtenido de <http://www.gestiopolis.com>
- Marcela Gómez. V. (2013). Línea de Balance aplicada a proyectos de construcción. *Apuntes de investigación*.
- Losalamosltda*. (Diciembre de 2015). Obtenido de <http://www.losalamosltda.cl>
- Paula Mendoza (2006). Programación de obras repetitivas con singularidades. *Programación de obras repetitivas con singularidades* (pág. 4). Colombia.
- Pablo Orihuela (Junio de 2013). Aplicación del Método de la Línea de Balance a la Planificación Maestra. Monterrey, Mexico.
- Rios-vazquez*. (16 de Noviembre de 2015). Obtenido de <http://rios-vazquez.blogspot.com/2009/04/definicion-del-diagrama-de-gantt.html>
- Carlos Salazar Suarez. (2008). Administración de empresas constructoras. *Administración de empresas constructoras* (pág. 55). Mexico.
- Sarah Vega. (Noviembre de 2014). Aplicación de la Línea de Balance en el sistema Last Planner en proyectos de edificaciones. Lima, Perú.