

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**GESTIÓN DEL TIEMPO PARA IDENTIFICAR LAS  
ACTIVIDADES CRÍTICAS EN LA ETAPA DE OBRA GRUESA  
DEL CENTRO COMERCIAL REAL PLAZA ESTE  
TESIS  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR**

**Bach. CAMARENA CASTRO, JHOJAN DAVID**

**Bach. CHACMANA JIMENEZ, MANUEL**

**ASESOR: Mg. Ing. TORRES PÈREZ, ENRIQUE L.**

**LIMA – PERÚ**

**2019**

## **Dedicatoria**

Agradecerle a DIOS porque sin su ayuda no tendría la oportunidad de realizar este trabajo. A mis padres Rony y Ana por su esfuerzo y compromiso con mi vida y mis metas.

Camarena Castro, Jhojan David

Agradecer a mis padres, las personas más valiosas que tengo, sobre todo por su apoyo incondicional durante todo el tiempo que ha durado mi preparación.

Chacmana Jiménez, Manuel

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestra alma mater la Universidad Ricardo Palma por todos los conocimientos brindados y a nuestro asesor Mg. Ing. Enrique Torres Pérez que con mucha entrega nos supo guiar en todo este proceso de investigación, al consorcio HV - DVC constructores por facilitar la información para nuestra investigación.

Chacmana Jiménez, Manuel  
Camarena Castro, Jhojan David

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción de la realidad problemática	3
1.1.1 Descripción general	3
1.1.2 Problema general	4
1.1.3 Problemas específicos	4
1.2 Objetivos de la investigación	5
1.2.1 Objetivo principal	5
1.2.2 Objetivos secundarios	5
1.3 Justificación e importancia de la investigación	5
1.3.1 Práctica	5
1.3.2 Teórica	6
1.3.3 Contractual y legal	6
1.3.4 Relevancia social	7
1.4 Limitaciones de la investigación	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1 Antecedentes de la investigación	9
2.1.1 Investigaciones nacionales	13
2.1.2 Investigaciones internacionales	14
2.2 Bases teóricas	15
2.2.1 Contexto de la línea de balance	15
2.2.2 Características de la línea de balance	16
2.2.2.1 Procedimiento de análisis ldb línea de balance	19
2.2.2.2 Condiciones ideales por fecha de metas	20
2.2.2.3 Con condiciones de restricción.	21
2.2.2.4 Con condiciones de flujo continuo.	22
2.2.3 Definición de línea de balance	23
2.2.3.1 Usos de las líneas de balance	26
2.2.3.2 Ventajas y desventajas de la línea de base	28
2.2.4 Gestión del tiempo	29
2.2.5 M <sup>2</sup> techado	33
2.2.5.1 Sistema de encofrado	34
2.2.6 Cronograma contractual	36
2.2.7 Tren de trabajo	37
2.2.7.1 Objetivos del tren de trabajo - programación	38
2.2.7.2 Sectorización del tren de trabajo	38
2.2.7.3 Características del tren de trabajo	39
2.2.7.4 Look a head planning - pull planning- panel de trabajo	40
2.2.7.5 Panel de trabajo pull planning	40
2.2.7.6 Método de construcción en el panel	41
2.2.7.7 Look a head - obra	42
2.2.7.8 Restricciones - análisis y cumplimiento	42
2.2.7.9 Programación semanal	43

2.2.7.10 Programación diaria	43
2.2.7.11 Porcentaje de programación cumplida - ppc	43
2.2.8 Tiempo de ejecución	44
2.2.9 Diagramas de gantt	46
2.3 Definiciones conceptuales	47
2.4 Estructura teórico y científica que sustente la investigación	48
2.5 Formulación de hipótesis	49
2.5.1 Hipótesis general	49
2.5.2 Hipótesis específicas	49
2.5.3 Variables	50
2.5.3.1 Definición conceptual de las variables	50
2.5.3.2 Operacionalización de las variables e indicadores	51
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	52
3.1 Tipo y nivel de la metodología de la investigación	52
3.1.1 Tipo de investigación	52
3.1.2 Nivel de la investigación	52
3.2 Diseño de la investigación	53
3.3 Población y muestra	53
3.4 Técnica de recolección de datos:	54
3.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos	54
3.4.2 Criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos	54
3.4.3 Técnicas de procesamiento y análisis de datos	54
CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	55
4.1 Descripción del proyecto	55
4.1.1 Estructuración	56
4.1.2 Partidas etapa gruesa sector 1b y 1c	57
4.2 Procesos para optimizar la gestión del tiempo	60
4.2.1 Gestión del cronograma:	60
4.2.2 Definición de actividades	60
4.2.3 Concatenación de actividades	60
4.2.4 Estimación de recursos necesarios para cada actividad	61
4.2.5 Estimación de la duración de cada actividad	61
4.2.6 Desarrollo del cronograma contractual del proyecto:	61
4.2.7 Control del cronograma	62
4.3 Procedimiento de la herramienta de línea de balance	63
4.4 M <sup>2</sup> de techado	66
4.4.1 M <sup>2</sup> de techado en función del cronograma de ejecución	66
4.4.2 Cronograma de ejecución	66
4.4.2.1 Entradas	67
4.4.2.2 Herramientas y técnicas	67
4.4.2.3 Salidas	69
4.5 Sectorización y trenes de trabajo	71
4.5.1 Sectorización	71
4.5.2 Tren de actividades	71

CAPÍTULO V: APLICACIÓN DE LA INVESTIGACION	73
5.1 Trenes de trabajo	73
5.2 Tiempo de ejecución de obra gruesa	76
5.3 Trenes de trabajo y su tiempo de ejecucion de las actividades etapa de obra gruesa.	79
5.3.1 Aplicación frente 1 sector 1b	79
5.3.2 Aplicación frente 1 sector 1c	82
5.3 Cálculo de la velocidad del cronograma real	84
5.4 M <sup>2</sup> techado	87
5.5 Cronograma contractual	88
5.6 La influencia de los m2 de techado en el cronograma contractual	89
5.7 La gestion del tiempo	92
5.8 Analisis del cronograma de obra	93
CAPÍTULO VI : PRESENTACION DE LOS RESULTADOS	97
6.1 Resultados de la investigación	97
6.2 De los trenes de trabajo	97
6.3 De los m2 de techado	99
6.4 Gestion del tiempo	101
6.2 Analisis e interpretacion de los resultados	102
6.2.1 Trenes de trabajo	102
6.2.2 M <sup>2</sup> de techado	103
6.2.3 Linea de balance	103
6.3 Contrastacion de hipotesis	104
6.3.1 Hipótesis específica 1	104
6.3.2 Hipótesis específica 2	105
6.3.3 Hipótesis general	105
6.4 Discusión	106
6.4.1 Análisis económico	106
6.4.2 Cronograma	106
CONCLUSIONES	108
RECOMENDACIONES	109
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
ANEXO I: MATRIZ DE CONSISTENCIA	113
ANEXO II: PROCESO CONSTRUCTIVO	114

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro Comparativo De Metodologías De Programación	11
Tabla 2: Herramientas Complementarias Para La Línea De Balance	15
Tabla 3: Aplicación Cpm, Pert Y Edt	23
Tabla 4: Operacionalización De Variables	50
Tabla 5: Operacionalización De Variables E Indicadores	51
Tabla 6: Partidas De Etapa Gruesa Sector 1b Y 1c	57
Tabla 7: Avance A La Fecha De Corte	79
Tabla 8: Influencia De Los M2 De Techado En Cronograma Contractual	89
Tabla 9: Trenes De Trabajo	97
Tabla 10: M2 De Techado	99
Tabla 11: Línea De Balance	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista Exterior Del Proyecto Antes De Su Ejecución	7
Figura 2: Vista Del Proyecto En Plena Ejecución	7
Figura 3: Vista De Escasas Avenidas	8
Figura 4: Programa De Barras: Construcción Edificio “A” De Cpm O Pert	16
Figura 5: Programa Con Línea De Balance: Construcción Edificio “A”	17
Figura 6: Programación Grafica De Obra, Inicio Al Mismo Tiempo	18
Figura 7: Programación Grafica De Obra. - Inicio Consecutivo	18
Figura 8: Programación Línea De Balance – Ritmo De Trabajo	19
Figura 9: Red De Actividades Sin Holguras O Buffers	20
Figura 10: Red De Actividades Con Holguras O Buffers	20
Figura 11: Flujo Continuo De Actividades De La Obra	20
Figura 12: Flujo Continuo Anulando Esperas De Inicio.	21
Figura 13: Flujo Continuo De Actividades Sin Esperas	22
Figura 14: Visualización De Cronograma Gantt Basado En Actividades	24
Figura 15: Visualizacion Del Mismo Cronograma A Traves De Linea De Balance	24
Figura 16: Relación Entre Los Pasos Para Una Correcta Gestión Del Tiempo Y Las Ldb	25
Figura 17: Identificación De Deficiencias De Planeamiento A Través De Ldb	27
Figura 18: La Planificación Tradicional	31
Figura 19: Plan De Administración Del Proyecto	33
Figura 20: M2 De Techado	34
Figura 21: Modulación De Encofrado	35
Figura 22: Sistema De Encofrado	35
Figura 23: Cronograma Contractual	37
Figura 24: Tren De Trabajo	39
Figura 25: Planificación Jalar - Pull Planning – Fin A Inicio	41
Figura 26: Planificación Y Ejecución De Un Proyecto	46
Figura 27: Plano De Ubicación	55
Figura 28: Sectorización De La Obra	55
Figura 29: Plaza Vea (2019)	56
Figura 30: Diagrama De Gantt Del A Construcción Del Centro Comercial	58
Figura 31: Diagrama De Gantt Del A Construcción Del Centro Comercial	59
Figura 32: Gestión De La Gestión Según La Metodología	63
Figura 33: Grafica De Línea De Balance	65
Figura 34: Cronograma Del Proyecto	69
Figura 35: Control De Avance	70
Figura 36: Control De Rendimiento	70
Figura 37: Plano De Sectorización	73
Figura 38: Diagrama De Obra	74
Figura 39: Flujograma De Sectorización	75
Figura 40: Programación General Del Proyecto	77
Figura 41: Programación Horizontal Frente 1 - Sector 1b	77
Figura 42: Programación Horizontales Frente 1-Sector 1c	78
Figura 43: Curva S De Proyecto	78
Figura 44: Distribución De Trenes De Trabajo Sector 1b	80
Figura 45: Control De Avance	80
Figura 46: Distribución De Trenes De Trabajo Sector 1c	82
Figura 47: Trenes De Trabajo Vs Tiempo De Ejecución 1c	83

Figura 48: Trenes De Trabajo Vs Tiempo De Ejecución 1b	85
Figura 49: Trenes De Trabajo Vs Tiempo De Ejecución 1c	86
Figura 50: Distribucion De Trenes De Trabajo	87
Figura 51: Real Plaza Este - Producción Mensual De Concreto	88
Figura 52: Variación De Pendiente 1	90
Figura 53: Variación De Pendiente 3	91
Figura 54: Programación Hv- Dvc	94
Figura 55: Programación Hv- Dvc	94
Figura 56: Línea De Balance Del Sector 1b –Frente 1	95
Figura 57: Línea De Balance Del Sector 1c –Frente 1	96
Figura 58: Trenes De Trabajo Vs Tiempo De Ejecución 1c	98
Figura 59: M2 Vs Cronograma Contractual 1b	100
Figura 60: M2 Vs Cronograma Contractual 1c	100
Figura 61: Línea De Balance Sector 1b	101
Figura 62: Línea De Balance Sector 1c	102
Figura 63: Producción Mensual	104
Figura 64: Trazo, Replanteo Y Excavación	114
Figura 65: Vaciado De Solados De Zapata	114
Figura 66: Colocación De Acero En Cimentación	115
Figura 67: Vaceado De Cimentación	115
Figura 68: Curado De Cimentación	116
Figura 69: Corte Masivo Y Excavación De Cimentación	116
Figura 70 : Colocación De Andamios Para Montaje De Acero En Verticales	117
Figura 71: Inicio De Encofrado Y Vaciado De Elementos Verticales	117
Figura 72: Continuación Con Los Vaciados De	118
Figura 73 : Relleno Y Compactación Con Material Propio	118
Figura 74: Colocación De Acero Y Encofrado En Elementos Verticales	119
Figura 75: Encofrado De Elementos Horizontales	119
Figura 76: Vaciado De Losa	120
Figura 77: Vaciado Y Curado De Losa	120
Figura 78: Avance De Verticales Primer Nivel	121
Figura 79: Continuación Con El Encofrado Horizontal	121
Figura 80: Avance Con El Encofrado Horizontal +5.95	122
Figura 81: Avance Con El Encofrado Horizontal Niv. + 11.50	122
Figura 82: Avance De Elementos De Estructura Metálica Sector 1b Y 1c	123

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como título “Gestión del tiempo para identificar las actividades críticas en la etapa de obra gruesa de Centro Comercial Real Plaza Este” cuyo objetivo principal fue identificar las actividades de mayor duración en la ejecución del proyecto. Los métodos y técnicas aplicadas en el presente estudio fueron cualitativa de tipo descriptiva. Se aplicó como instrumento de recolección de datos otorgados por el Consorcio HV- DVC. La población de estudio estuvo definida por el sector 1B y 1C (FRENTE 01) de la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este.

Con el método de la Línea de Balance se identificó las actividades que generaron retrasos ya que esta, asocia las actividades más incidentes las cuales fueron programadas en función al orden del proceso constructivo y a la disponibilidad de los recursos, tratando de eliminar actividades que generen retrasos, se realiza un análisis del cronograma de actividades iniciales, el método brinda una explicación sencilla pero primordial de cómo se va desarrollando la ejecución en cualquier etapa del proyecto. Los resultados obtenidos nos indicaron que se logró optimizar la duración de ejecución de las actividades del proyecto, Por medio de la representación gráfica de la recta y sus módulos.

Se concluye que gracias a la aplicación del método la fecha final en la planificación del proyecto fue el 01 de julio del 2019 la cual estuvo dentro del plazo contractual, 29 días antes de la fecha límite de término del proyecto.

**Palabras Clave:** Gestión del tiempo, Línea de Balance, Análisis del cronograma de actividades

## **ABSTRACT**

The present research work has the title "Time management to identify critical activities in the stage of thick construction of the real Plaza Este shopping center" whose main objective was to identify the activities of greater duration in the execution of the project. The methods and techniques applied in the present study were qualitative descriptive. It was applied as a data collection instrument granted by the HV-DVC Consortium. The study population was defined by sector 1B and 1C (FRONT 01) of the thick construction stage of the Real Plaza Este Shopping Center.

With the Balance Line method, the activities that generated delays were identified as this, associates the most incident activities which were programmed according to the order of the construction process and the availability of resources, trying to eliminate activities that generate delays, An analysis of the schedule of initial activities is carried out, the method provides a simple but fundamental explanation of how the execution is developing at any stage of the project. The results obtained indicated that it was possible to optimize the duration of execution of the project activities, through the graphic representation of the line and its modules.

It is concluded that thanks to the application of the method the final date in the project planning was July 1, 2019, which was within the contractual term, 29 days before the deadline for the end of the project.

**Keywords:** Time management, Balance Line, Activity schedule analysis

## **Introducción**

En el mundo de la construcción para cualquier tipo de proyecto, es una práctica común hacer cronogramas de actividades que marquen las pautas de cómo se deberá llevar a cabo la ejecución de tareas que componen el proyecto, y en el sector de la construcción esta práctica no es una excepción. Tradicionalmente, la planificación o programación de las actividades que componen una obra civil se realizan mediante el desarrollo de los Diagramas de Gantt. Estos diagramas son ampliamente utilizados y reconocidos, también es conocido que muchas veces se complica bastante su elaboración e interpretación, especialmente en proyectos donde se tienen numerosas actividades.

El presente trabajo de investigación denominado: “Gestión del tiempo para identificar las actividades críticas en la etapa de obra gruesa de Centro Comercial Real Plaza Este” es una propuesta de mejora de la optimización del tiempo de las actividades y del proceso informativo de como se viene desarrollando el proyecto en cualquier momento de su ejecución.

Al analizar el proceso constructivo de la etapa de obra gruesa del sector 1B y 1C, por el método de línea de balance mediante la gráfica de una recta que representa las actividades iniciales del cronograma del proyecto, del análisis de esta línea tanto de su longitud como la variación de su pendiente, nos determina que se logra optimizar la duración de ejecución de las actividades lo que reduce el tiempo de duración del proyecto. Y como consecuencia de ello se logra minimizar los costos a beneficio de la empresa.

De esta manera, se afirma que la herramienta de línea de balance logra optimizar el tiempo de ejecución de las actividades del proyecto en la etapa de obra gruesa sector 1B y 1C y que al aplicarlas en proyectos con similares características se obtendría los mismos beneficios.

La presente investigación se divide en 6 capítulos:

En el Capítulo 1 se presenta la descripción del problema, el problema general y específico, además de los objetivos generales y específicos, la importancia y justificación del estudio, limitaciones, viabilidad y los alcances.

En el Capítulo 2 se presentan los antecedentes de investigación, bases teóricas y definiciones conceptuales. Además, de la estructura teórica y científica que sustenta el estudio, la hipótesis general y las específicas, la definición y operacionalización de las variables.

En el Capítulo 3, se presenta la metodología de la investigación, población y muestra, diseño muestral y técnicas de recolección de datos.

En el Capítulo 4, se realiza el desarrollo de la investigación, según el marco teórico presentado en el Capítulo 2.

En el Capítulo 5, se presenta la aplicación de la investigación, aplicando el desarrollo del capítulo anterior.

En el Capítulo 6, se realiza la presentación de resultados de la investigación, análisis e interpretación de los resultados, la contratación de las hipótesis y la discusión de resultados.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

# **CAPÍTULO I : PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1 Descripción de la realidad problemática**

### **1.1.1 Descripción general**

En el mundo de la construcción para cualquier tipo de proyecto, es una práctica común hacer cronogramas de actividades que marquen las pautas de cómo se deberá llevar a cabo la ejecución de tareas que componen el proyecto, y en el sector de la construcción esta práctica no es una excepción. Tradicionalmente, la planificación o programación de las actividades que componen una obra civil se realizan mediante el desarrollo de los Diagramas de Gantt. Estos diagramas son ampliamente utilizados y reconocidos, también es conocido que muchas veces se complica bastante su elaboración e interpretación, especialmente en proyectos donde se tienen numerosas actividades.

Existe hoy en día una variedad de herramientas que permiten incrementar la probabilidad de tomar mejores decisiones en ejecutar un proyecto como la metodología PMBOK ; algunas de estas herramientas son las técnicas de planeación y control conocidas como CPM (Método de la Ruta Crítica), PDM (Método de Diagramas de Precedencias) y PERT (Técnica de Programación, Evaluación y Revisión), muchos proyectos de construcción presentan retrasos en los plazos de ejecución, por factores como no tener una buena planificación del proyecto.

Para una buena planificación y control del proyecto, es importante que se aplique herramientas las cuales nos permitan minimizar tiempos y costos, es por ello que proponemos como una alternativa la herramienta de línea de balance (LDB). Mediante esta herramienta nos ayudara controlar el cumplimiento de los plazos y/o hitos establecidos; por la sencillez y fácil entendimiento de su aplicación.

La gestión del tiempo en el desarrollo de las actividades es fundamental para la culminación de la ejecución de la obra en los plazos determinados, muchos de las herramientas de control si bien es cierto nos dan información de duración y actividades que se van a realizar a través de graficas que representan la actividad y tiempo de

duración, pero no siempre muchas de estas herramientas no localizan el lugar o la zona donde se viene desarrollando las actividades a diferencia que si se utiliza la herramienta de línea de balance podemos identificar el lugar o zona de trabajo con eso identificamos de una forma practica la duración de cada actividad.

Dentro de las actividades que competen a la etapa de obra gruesa podemos identificar que están constituidas de elementos estructurales como son: columnas, placas, losas, techos, vigas entre otros, y como resultado de la identificación de las actividades se detalla que los m<sup>2</sup> de techado son los que abarca mayor retraso en el cronograma debido a las dimensiones y a las actividades antecedentes que competen para su culminación con son lo de encofrado y colocación del acero correspondiente.

La identificación de la ubicación y la localización donde se viene desarrollando las actividades que conllevan mayor tiempo en su ejecución, nos permite tener una idea más clara del proyecto. Muchas de las herramientas de control solo nos muestran la actividad y el tiempo de duración. Al tener identificado la actividad que conlleva mayor tiempo en su ejecución se podrá gestionar y mejorar el tiempo en su ejecución a través de trenes de trabajo y así poder tener una velocidad de trabajo que cumpla con los plazos de ejecución.

### **1.1.2 Problema General**

¿Cómo la gestión del tiempo identifica las actividades críticas en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este?

### **1.1.3 Problemas específicos**

a. ¿En qué medida los m<sup>2</sup> techados identifica los retrasos en el cronograma contractual en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este?

b. ¿Como los trenes de trabajo reduce el tiempo de ejecución de las actividades en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este?

## **1.2 Objetivos de la Investigación**

### **1.2.1 Objetivo principal**

Desarrollar la gestión del tiempo a fin de identificar las actividades críticas en la etapa de obra gruesa utilizando el método de línea de balance en el Centro Comercial Real Plaza Este.

### **1.2.2 Objetivos secundarios**

a) Analizar los m<sup>2</sup> de techado para identificar los retrasos en el cronograma contractual en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este.

b) Evaluar los trenes de trabajo para reducir el tiempo de ejecución de las actividades en la etapa de obra gruesa del centro comercial real plaza este.

## **1.3 Justificación e importancia de la investigación**

### **1.3.1 Práctica**

En la actualidad muchas empresas constructoras no culminan sus proyectos dentro de los plazos establecidos razón por la cual están sujetos a distintas clases de sanciones y penalidades, la importancia de esta tesis es el uso de la herramienta de la línea de balance para una buena gestión del tiempo y la identificación de las partidas que generen mayor tiempo en su ejecución, esto nos ayudara a tener mayor probabilidad de cumplir la ejecución dentro de los plazos determinados, razón por la cual esta investigación está enfocada a optimizar y gestionar el tiempo de una manera más técnica y sencilla.

En muchos proyectos existen además fechas impuestas externamente que afectan a la elaboración del cronograma de proyecto. Así, por ejemplo, puede haber una fecha de terminación de proyecto como sucede en un proyecto bajo contrato donde existe una fecha impuesta por el cliente, una fecha marcada por una regulación de carácter obligatorio, una fecha de terminación impuesta por una oportunidad de mercado, etc. También puede haber fechas relacionada con el comienzo (como, por ejemplo, iniciar el proyecto una vez firmado el contrato) o fechas intermedias relacionadas con entregables

determinados (como sucede en el caso de entregables de proyecto que son impuestas de otros proyectos dentro del mismo programa).

Estas fechas impuestas hacen que en muchos casos sea necesario recurrir a determinadas técnicas (compresión de actividades, trabajo en paralelo, etc.) durante la planificación del cronograma de proyecto.

### **1.3.2 Teórica**

La presente investigación, es conocer la técnica del método de línea de balance una herramienta para la mejora en el control de la gestión del tiempo en este caso se aplicará sobre la etapa estructural o etapa de obra gruesa, ya que ello conlleva según las partidas de obra el de mayor duración en el tiempo de ejecución esto con el fin de minimizar sobretiempos y sobrecostos en la ejecución de los mismos. La importancia de nuestra investigación es demostrar que al aplicar la línea de balance tendremos un mejor control y planificación de la gestión del tiempo del proyecto, logrando así que sea exitoso cumpliéndose tiempo, costo y calidad.

### **1.3.3 Contractual y legal**

En la actualidad muchas empresas constructoras no culminan sus proyectos dentro de los plazos establecidos razón por la cual están sujetos a distintas clases de sanciones y penalidades, la importancia de esta tesis es el uso de la herramienta de la línea de balance para una buena gestión del tiempo y la identificación de las partidas que generen mayor tiempo en su ejecución, ayudara a tener mayor probabilidad de cumplir la ejecución dentro de los plazos determinados, razón por la cual esta investigación está enfocada a optimizar y gestionar el tiempo de una manera más técnica y sencilla.

### 1.3.4 Relevancia social

La relevancia social de este proyecto se concentra principalmente en temáticas como: rol urbano, espacio público y sociabilidad. Este proyecto es el más grande construido en una sola etapa que está movilizando un altísimo volumen de capital en la ciudad. (fig.1)

El proyecto es un símbolo de desarrollo económico y de progreso para muchos sectores de la población. Para el aspecto municipal, su llegada adquiere gran relevancia por el fuerte poder de atracción de público que atrae, junto con una reactivación del comercio local. El proyecto ha generado impactos en la movilidad en el transporte y la gentrificación debido a su expansión en el distrito. (fig.2)



Figura 1: Vista Exterior del proyecto antes de su ejecución

Fuente: Elaboración propia.



Figura 2: Vista del proyecto en plena ejecución

Fuente: Elaboración Propia

Ante los cambios en el urbanismo, se produce el impacto espacial del proyecto más resaltante que se va poder observar se ha visto en la polarización urbana, es decir, la atracción hacia un solo punto de la ciudad donde no existía nada en los alrededores, donde actualmente existe aglomeración solo cuando hay eventos deportivos en estadio monumental que conllevan a fomentar la congestión vial. (fig.3)

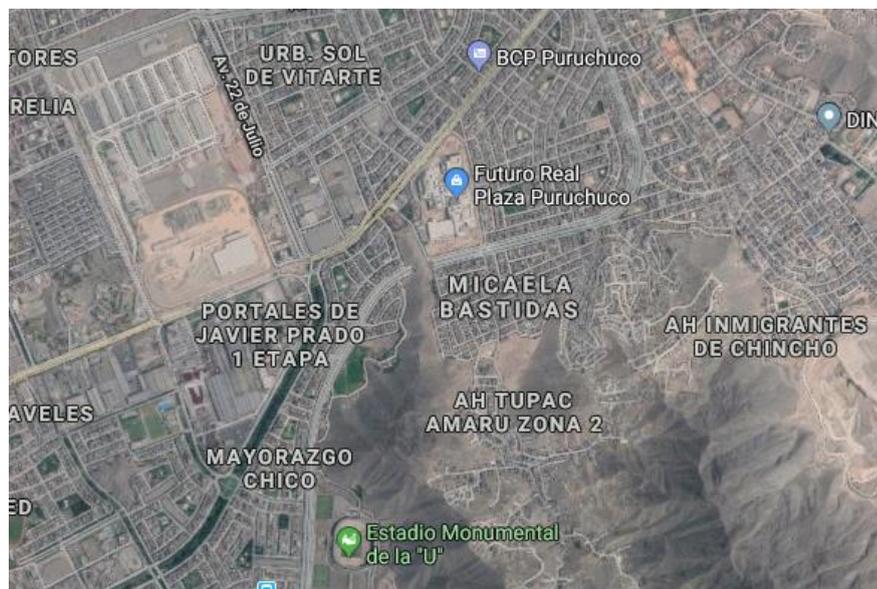


Figura 3: Vista de escasas avenidas

Fuente: Google maps

#### 1.4 Limitaciones de la Investigación

El desarrollo de la investigación, en el aspecto de limitación de estudio es mínima, debido a que se cuenta con la data proporcionada por el consorcio HV -DVC, y además se cuenta con material bibliográfico tanto nacional como internacional Este trabajo comprende el análisis de la planificación y el replanteo de los cronogramas de actividades del proyecto real plaza Este.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes de la Investigación**

Los estudios realizados en la industria de la construcción en el Perú, ha evolucionado de acuerdo al avance a nivel mundial de la ingeniería civil y la gerencia de proyectos; el constante crecimiento de la obras de infraestructura obliga al sector profesional y empresarial su aplicación (LNB), es por ello que han demostrado que En el sector retail se encuentra en auge y creciendo constantemente por la gran demanda de consumo, que se ve evidenciado en las grandes ciudades como es el caso de lima.

La teoría sobre la programación de obra es una actividad de gran importancia en la planeación, seguimiento y control del proyecto. En su mayoría las empresas constructoras no le dan la importancia que merece este tema, permitiéndose iniciar un proyecto con una programación deficiente, sin identificar las actividades críticas, posible deficiencia de recurso; pretendiendo solucionar estos problemas sobre la marcha, cuando de pronto no contamos con los recursos necesario en el mercado (por qué no se tuvieron en cuenta desde el inicio del proyecto); esto se puede presentar no por falta de planeación sino también por falta de un método de identificación de posibles desfases de recurso o identificación de problemas.

Los métodos convencionales de programación, seguimiento y control de la programación de obra como son CPM, GANTT, PERT; entre sus ventajas esta que nos permite identificar las actividades relevantes del proyecto, es decir la ruta crítica; permite saber cuáles son las actividades que controlan el tiempo de duración de proyecto, el efecto de cualquier situación imprevista y sus consecuencias en la duración total del proyecto, conocer las diferentes órdenes de importancia en las actividades con base en sus predecesoras o sucesoras.(tabla 1)

La ventaja de la metodología de la línea de balance es que permite además de las anteriores mencionadas, analizar el comportamiento de un grupo de actividades repetitivas en una sola línea y por tanto representar un gran número de actividades en un documento más sencillo y fácil de comprender para la toma de decisiones; esta grafica muestra el ritmo de trabajo al cual deben ser realizadas las actividades para cumplir lo

programado y cómo cada operación debe ser completada a un ritmo particular para que la subsecuente proceda al ritmo requerido. Esta teoría ha sido estudiada a nivel mundial por diferentes autores como Carr y Meyer (1974) se apoyan en el trabajo realizado por Khisty para encontrar las cantidades de recursos necesarios en la LDB en cualquier momento en el transcurso del proyecto; O'Brien (1975 y 1984) concluyó que los edificios de tipo repetitivo se programan mejor con la LDB.

Tabla 1: Cuadro comparativo de metodologías de programación

(continua)

	<b>CPM</b>	<b>GANTT</b>	<b>PERT</b>	<b>LDB</b>
<b>DESCRIPCION</b>	Considera al proyecto como un conjunto de actividades relacionadas entre sí, que pueden representarse visualmente por medio de un diagrama de red, que tiene la finalidad de determinar la ruta crítica de un proyecto	Consiste en predeterminedar las actividades principales, así como la duración y representarlas a cierta escala de manera que a cada actividad le corresponde un reglón de la lista, que a la vez establece el orden de ejecución de la actividad, situando la barra a lo largo de escala de tiempos efectivos.	Es una técnica de programas se representa un proyecto por una red de nodos y flechas; los nodos circulares representan los eventos a realizar y las flechas las actividades que se requieren para pasar de un evento a otro.	Es una técnica de programación que es típicamente usada en situaciones donde recursos con habilidades están trabajando la misma actividad en productos múltiples dentro de un proyecto
<b>VENTAJAS</b>	Define interrelaciones y precedencias entre las actividades. Se analiza tiempos (temprano y tardíos) de programación de cada actividad. Con estos tiempos se determina las actividades que nos marcaran la fecha de terminación de la obra es decir LA RUTA CRITICA. Se puede determinar las necesidades de recursos en cualquier momento. Permite programar más lógicamente	Simplicidad en la interpretación. Flexibilidad al cambio. Representa con claridad todas las actividades a realizar. Es representativa en tiempo.	Planifica y organiza el cronograma de un proyecto detallado de las actividades. Permite verificar el tiempo de cada actividad para no alterar la finalización.	Espacio: - Todo en una sola vista - Una sola tarea común en muchos sectores De tiempo: - Posibilidad de reducir la duración de los proyectos sin aumentar el riesgo. De gestión: - Disminución del riesgo de programación. - Mejor gestión de recursos.

Fuente: elaboración propia

Tabla 1: Cuadro comparativo de metodologías de programación

DESVENTAJAS	<p>Difícil interpretación.</p> <p>Si se comete un error afecta toda la red y por ende el resultado del proyecto</p>	<p>La predeterminación de las actividades principales, como su tiempo de ejecución se basan únicamente en la experiencia e intuición del programador.</p> <p>No muestra explícitamente relación entre actividades, ni precedencias, ni las actividades críticas que nos marcan la terminación de la obra.</p> <p>No resalta sucesos de gran importancia.</p>	<p>Las estimaciones del tiempo de la actividad son algo subjetivas y dependen del juicio.</p> <p>En casos donde hay poca experiencia en la ejecución de una actividad, los números pueden ser solamente una conjetura.</p> <p>Subestima constantemente el tiempo previsto de la terminación del proyecto.</p>	<p>Tiempo requerido para su aplicación manual es extenso.</p> <p>Actualmente, no hay conocimiento de su uso en el Perú, ni de alguna aplicación exitosa.</p>
CONTROL DE LA PROGRAMACION	<p>A medida que el proyecto avanza, estos estimados se utilizan para controlar y monitorear el progreso.</p> <p>Si ocurre algún retardo en el proyecto, se hacen esfuerzos por lograr que el proyecto quede de nuevo en programa cambiando la asignación de recursos.</p>	<p>El control se realiza comparando y resaltando el avance en las barras.</p>	<p>Como la ruta crítica está bien definida se les hace seguimiento a estas actividades, adicionando recursos si es el caso.</p>	<p>A medida que el trabajo se descompone hasta niveles inferiores y detalle, mejora la capacidad de planificar, dirigir y controlar el trabajo.</p>

Fuente: elaboración propia

### **2.1.1 Investigaciones Nacionales**

Izquierdo, J. (2016). Cuyo objetivo fue aplicar la herramienta Línea de Balance de gestión de proyectos para optimizar los tiempos de construcción del edificio Firenze. Basado en la Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK, 2012). Conclusión: (1) Se pueden optimizar los tiempos, con respecto a los procesos de planificación de la gestión del tiempo, estimación de recursos y (2) La determinación del cronograma; además la investigación determinó que se puede optimizar los costos de mano de obra para la ejecución del casco del Edificio Firenze, aplicando la herramienta Línea de Balance.

Hian, (2016). Cuyo Objetivo Consistió en revelar las prácticas y problemas actuales en ámbito de la construcción peruana en relación a la gestión de costos y tiempos. Se realizó un análisis y discusión de los resultados obtenidos, lo cual permitió elaborar inferencias y recomendaciones que contribuyan a un enfoque integral y efectivo para la gestión de costos y tiempos en los proyectos de construcción del Perú. Conclusión: Que a pesar que actualmente existe muchas técnicas modernas y herramientas tecnológicas de control de proyectos, un porcentaje considerable de constructores peruanos siguen haciendo uso de técnicas y herramientas de tecnología clásicas como el diagrama de barras Gantt y Microsoft Excel, respectivamente.

Chun, L. y Sevillano, E. (2015). Se realiza una planificación maestra empleando el método de líneas de balance con el fin de demostrar si es verdad que este método aumenta significativamente la productividad y la eficiencia de la obra, para mostrar la relación y diferencia entre el método tradicional y el método de líneas de balance. Conclusión: Con la aplicación del Plan Maestro aplicando líneas de balance se logró cumplir la programación dentro de los plazos contractuales. Se logró tener mejor visión global del proyecto para identificar los recursos y seguir las secuencias.

Fernández, R. (2018). Su Objetivo fue Conocer las teorías y los procesos de administración, que han evolucionado, mejorado o variado la Gestión de obras hasta el 2017, con la finalidad de estructurar y fortalecer una especialidad orientada a la gerencia de proyectos y gestión de obras en el Perú. Método: El tipo fue descriptivo –explicativo y el nivel fue comparativa, diacrónica y Cualitativa. Conclusiones: Con el Sistema del Ultimo Planificador (Last Planner System), se ha generado un cambio desde el proceso de planificación, enfoque de los metrados, la programación en obra y la ejecución para cumplir dentro del plazo planificado

### **2.1.2 Investigaciones Internacionales**

Terán, H. (2016). 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.

Toro, Cl. (2017). Se hace natural el pensar que la constante mejora de los procesos que componen un proyecto con lleva déficit por el cual se va estudiar las principales etapas o proceso que se hace presente en los proyectos de construcción (planificación, programación y control).

Loria, J. (2017). La LDB está desarrollada con el apoyo de la informática incluidas en este trabajo fluctúan de un extremo a otro dentro del rango de la misma, pues una es un conjunto de cuatro hojas de cálculo muy sencillas concatenadas entre sí, y la otra es un sistema basado en conocimiento (knowledge-based system-KBS), que se define como un sistema experto que depende de una base de conocimiento para ejecutar tareas difíciles.

Sepúlveda, M. (2017). La línea de balance es un método de programación gráfica que considera la localización explícitamente como una dimensión. Este método te permite un mayor control de los recursos y una reducción en los riesgos de programación, se tratan de optimizar los tiempos de las cuadrillas de trabajo.

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Contexto de la Línea de balance

En el grupo de herramientas de planificación desarrolladas, se encuentra el Método de la Línea de Balance, esta se plasmó como método en 1940 en GoodYear, para monitorear su producción, con los criterios del Flow Management, propuesto por Gilbert en 1922.

Luego de la aparición y aplicación de CPM, el PERT, y el EDT, la Línea de Balance, en la industria de la construcción se fortalece como herramienta complementaria con los trabajos documentados de la (tabla 2):

Tabla 2: Herramientas complementarias para la línea de balance

• Lumsden	1968	Aplica en Programación de Viviendas
• Khisty	1970	LDB clásico Proceso de manufactura
• Carr y Meyer	1974	Hallar recursos durante el proceso.
• O'Brien	1975	Edificio 1
• O'Brien	1984	Edificio 2 Uso se programan mejor.
• Arditiy y Albulak	1986	Construcción de una carretera.

Fuente: Elaboración propia.

La Línea de Balance se consolida luego del planteamiento de la Teoría de Restricciones de E Goldratt, (1984), la publicación de la 1ª Guía PMBOK, (1987), y el EVM, o Earned Value Management o Valor Ganado (1989). A partir de esas fechas, la Línea de Balance es usada en programaciones de obras de construcción.

Humberto Loria en su publicación “Programación de Obras con la Técnica de la Línea de Balance” menciona que:

En las últimas dos décadas (1990-2010) se han publicado los resultados de un gran número de proyectos de investigación, entre los que destacan los realizados por Arsditi y Albulak (1986), Aritiy y Psarros (1987); Arditiy et-al (1999),

Ardity et al (2002); Hafez (2004); Harris Ioannou (1998); Jongeling y Olofsson (2007); ); Kenley (2004); Lutz y Halping (1992); Lutz el Al (1994); Moselhi y El Rayes (1993); Naggebb y Johnson (2007), y Spencer y Lewis (2005), la gran mayoría de ellos basados en proyectos reales de construcción (p.4).

### 2.2.2 Características de la Línea de Balance

El método de la línea de balance grafica el avance, considera una producción (línea) continua de varias unidades de la misma actividad; en el Gantt y en el PERT, las mismas actividades no son continuas, y el porcentaje de avance no se visualiza hasta que se obtenga analíticamente por cada actividad.

Una programación de una obra en diagrama de barras es como se muestra en la (Figura 4).

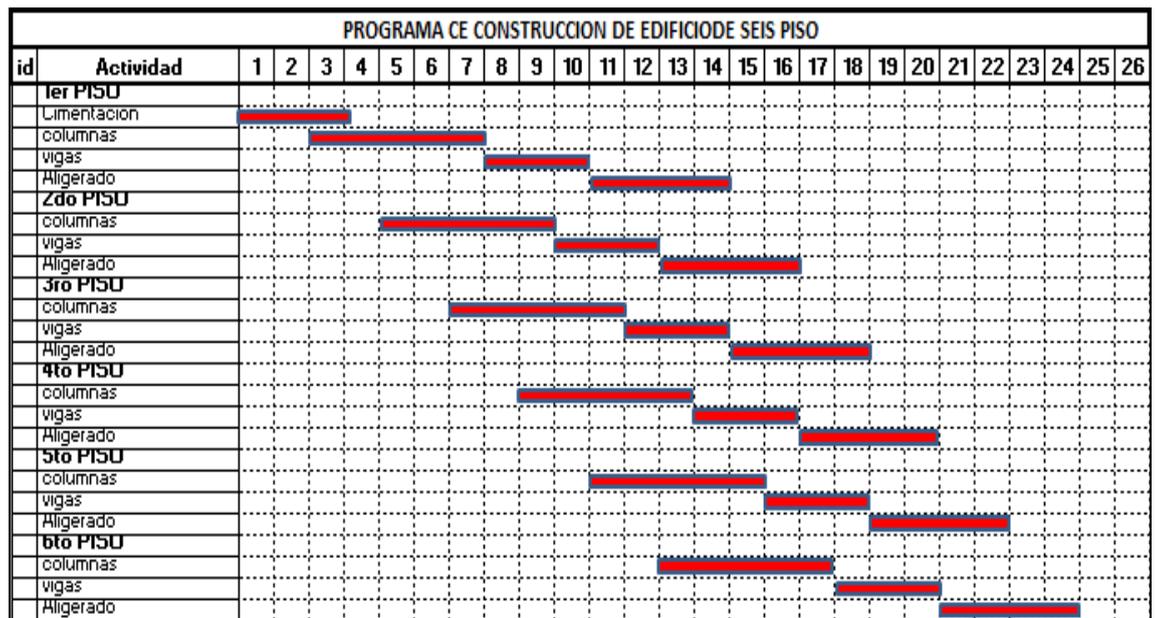


Figura 4: Programa de Barras: Construcción Edificio “A” de CPM o PERT

Fuente: Fernández Reynaga, R. (2016) -Evolución en la gestión de obras de los años '80 al 2017 - filosofía Lean Construcción.



b) Que se programen las unidades una tras otra, apenas culmine una; el tiempo máximo será  $5t_0$  (Ver Figura 7).

c) Que se programen las actividades generales desfasadas, desarrollando un tren de actividades. (Ver Figura 8).

La realidad y la experiencia señalan que es factible la opción c);

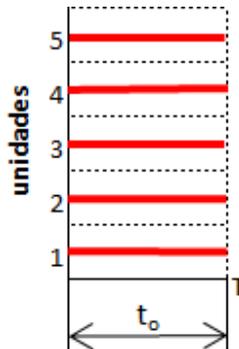
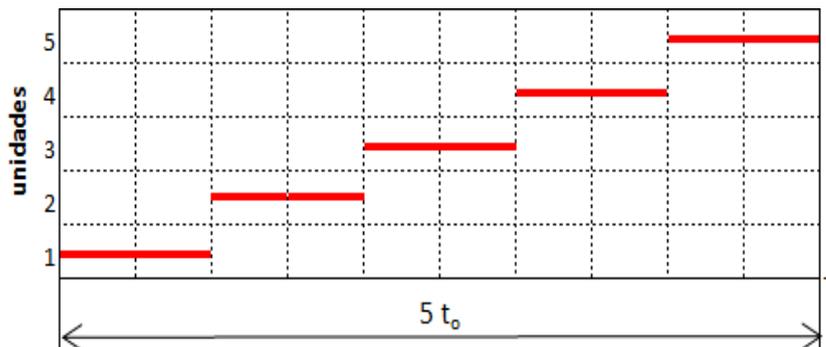


Figura 6: Programación gráfica de Obra, Inicio al mismo tiempo

Fuente: Fernández Reynaga, R. -Evolución en la gestión de obras de los años



80 al 2017 - filosofía Lean Construcción.

Figura 7: Programación gráfica de Obra. - Inicio consecutivo

Fuente: Fernández Reynaga, R. -Evolución en la gestión de obras de los años

80 al 2017 - filosofía Lean Construcción.

a) En esta opción, las restricciones técnicas a resolver como: disponibilidad de suministros, materiales, de mano de obra, equipos, administrativas, financieras que harían imposible la construcción de todas las unidades.

b) En este caso los interesados no aceptarían un proyecto prolongado debido a la demora en la recuperación financiera, y altos costos indirectos.

c) La condición real de un proceso constructivo, es hacer uso de la sectorización o de frentes de trabajo, que permitan efectuar una programación con culminaciones parciales, y se inicien unidades; esto permitiría efectuar una programación de la

siguiente forma (Ver Figura 8).

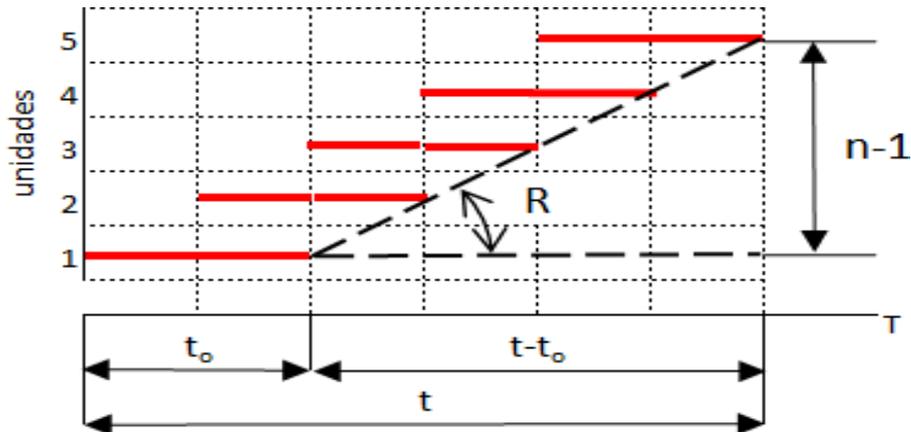


Figura 8: Programación Línea de Balance – Ritmo de trabajo (c) Actividades generales

Fuente: Fernández Reynaga, R. - Evolución en la gestión de obras de los años '80 al 2017 - filosofía Lean Construcción.

En la Figura 8, se puede notar que el “ritmo” de trabajo o rendimiento del proyecto es la pendiente de la línea que une las culminaciones de la primera unidad hasta la última, esta relación será:

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

Donde:

R= ritmo de trabajo

n-1= partidas, lotes, etc.

t-t<sub>0</sub> = variación de tiempo de ejecución

Habiendo determinado el ritmo de trabajo R, se deberá contar con todos los recursos necesarios para el cumplimiento de la programación, con la teoría de Restricciones, y el balanceo de recursos.

### 2.2.2.1 Procedimiento de análisis LDB Línea de Balance

Ejemplo: LDB de una construcción puente de 10 tramos. La aplicación de la LDB en este ejemplo, es la construcción de un puente de 10 tramos, con tres operaciones o actividades por tramo: columnas, vigas y losas, se coloca un buffer de 5 días, al finalizar una operación. Las relaciones de estas tres actividades se muestran en la red de actividades sin holguras (Ver Figura 9); pero para prevenir demoras en cuanto al plazo para finalizar cada actividad y no comprometa el inicio de la actividad siguiente,

colocamos una “holgura o espera condicionada” de 5 días, entre una actividad y otra, (Ver Figura 10). Se necesitan 18 días para las columnas; 5 días de buffers, 12 días para las vigas, 5 días de buffer y 10 días para losas por cada tramo. Cada Tramo debe ser entregado cada semana, considerar que se trabajan 5 días a la semana, resultando un total de 50 días, y sin holguras son 40 días.

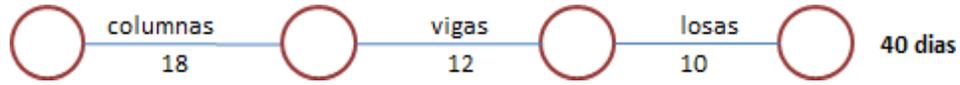


Figura 9: Red de actividades sin holguras o buffers

Fuente: Elaboración propia

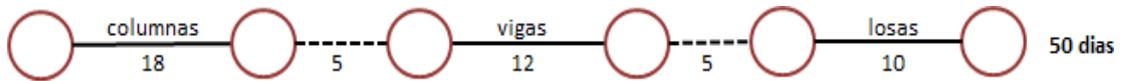


Figura 10: Red de Actividades con holguras o buffers

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.2.2 Condiciones ideales por fecha de metas

Este caso condiciona la entrega de cada tramo por semanas, para cumplir estas metas, se deben contar con las cuadrillas que el flujo requiere. El grafico de flujo sirve para planificar el desarrollo y entrega del primer tramo que será a los 50 días; de acuerdo a las condiciones establecidas. El segundo tramo deberá entregarse al día 55 días, el tercer tramo a los 60 días, así sucesivamente. De esta forma, la obra durara 95 días, o 19 semanas. (Ver Figura 11)

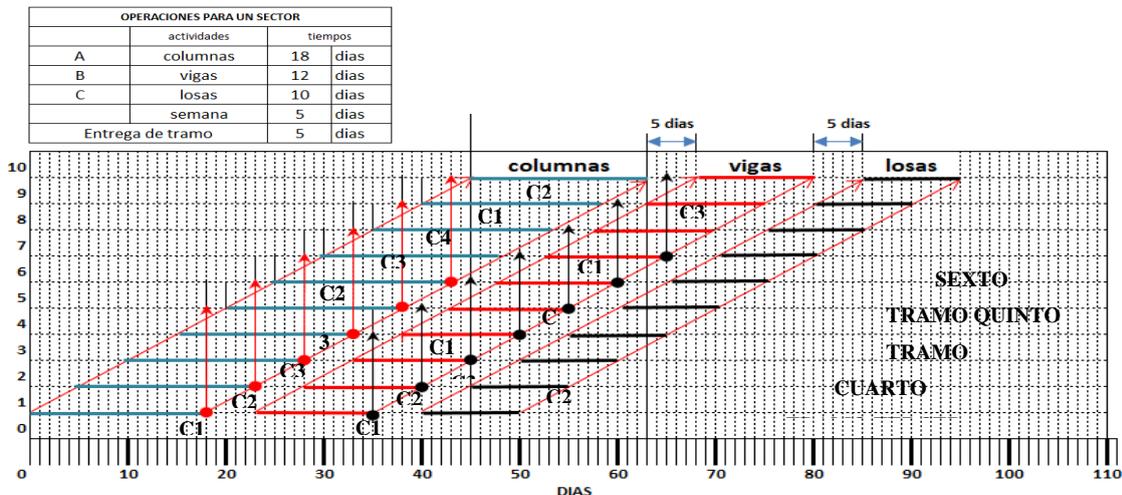


Figura 11: Flujo continuo de actividades de la obra

Fuente: Elaboración propia

Al efectuar el primer análisis de distribución de recursos/tiempo, en el flujo de la Figura 11, observamos que:

1.- En las actividades de “columnas”, la cuadrilla C1, termina su actividad el día 18, estará inactiva 2 días para iniciar la actividad del tramo 5, día 20; esta programación utilizará 4 cuadrillas, y 12 días (96 horas) inactivos de trabajo.

2.- En las actividades de las “vigas”, se requieren 3 cuadrillas y 21 días (168 horas) inactivos de trabajo.

Por ejemplo:

- la cuadrilla C1, del primer tramo, culmina a los 35 días e ingresa al cuarto tramo luego de espera de 2 días.

3.- En las actividades de las “losas”, se requieren 2 cuadrillas no tiene días inactivos de trabajo.

Se concluye que con esta programación, rendimiento y recursos el tiempo de la obra será de 95 días, 9 cuadrillas en total y 33 días de inactividad.

Este resultado deberá ser comparado con variantes de programación con lo que denominamos “balanceo de cargas”, deberá efectuarse para definir el proceso de control de las líneas de trabajo.

### 2.2.2.3 Con condiciones de restricción.

**Caso 1.-** La actividad de “Vigas”, solo cuentan con dos cuadrillas, las columnas y losas mantienen su ritmo “R”. (Ver Figura 12), y observamos que:

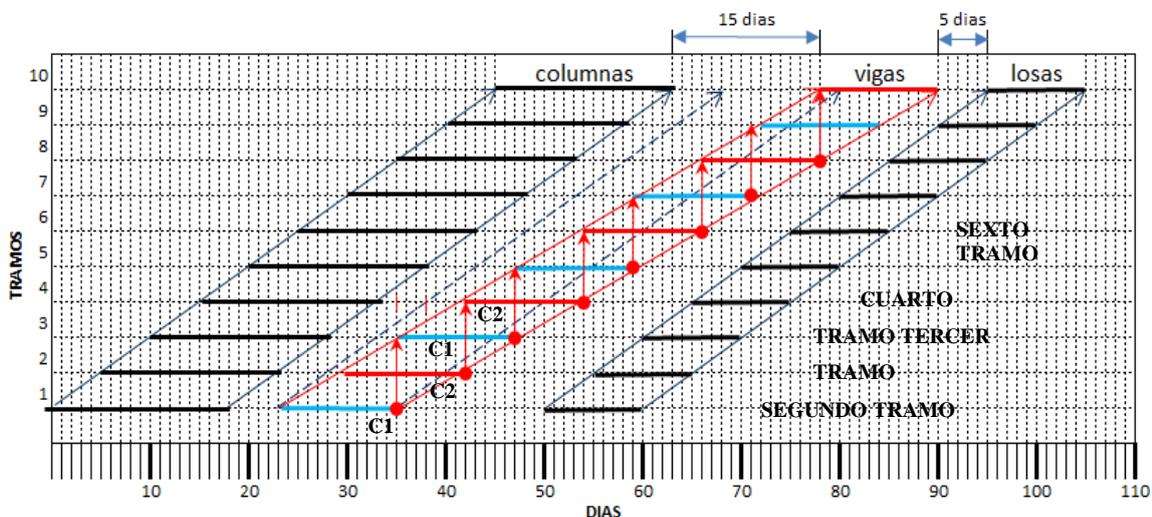


Figura 12: Flujo continuo anulando esperas de inicio.

Fuente: Elaboración propia

1.- Las Actividades de las “columnas” y “losas” mantienen su ritmo de trabajo, sin restricciones.

2.- Las actividades de la serie “vigas”, como solo disponen de 2 cuadrillas (C1 y C2), estas determinan la pendiente o “R” (ritmo de trabajo). Se trabajó buscando la continuidad de las cuadrillas, sin desperdicios de tiempo, y resolviendo las restricciones para este caso.

Se observa también que el nuevo ritmo de las actividades de “vigas”, “empuja” el inicio de la actividad del tramo 10, del día 63 al día 78, el buffer de 5 días (entre columnas y vigas) pasa a 15 días, más la duración de “vigas”, (12 días), llegamos culminando “vigas” el día 90.

El tramo 10 culmina más 5 días de buffer, más 10 días de duración de “losas” Se concluye que en esta opción la programación es de 105 días, 8 cuadrillas y 12 días no productivos (NP) al final de los trabajos en 105 días.

#### 2.2.2.4 Con condiciones de flujo continuo.

**Caso 2.-** El programa considera que las cuadrillas culminan sus actividades, al día siguiente inician otro frente de trabajo o tramo, y desaparecen las esperas. (Ver Figura N°13); este análisis busca anular las esperas en todas las cuadrillas.

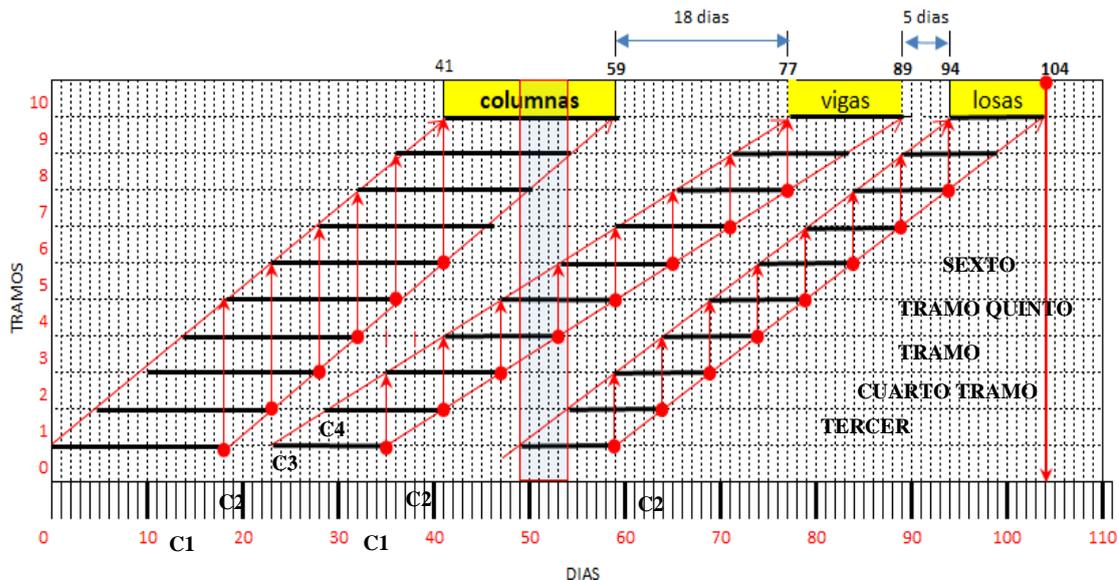


Figura 13: Flujo continuo de actividades sin esperas

Fuente: Fernández, R. – Evolución en la gestión de obras de los años ´80 al 2017 - filosofía Lean Construcción.

Con esta LDB, se anula las esperas en todas las actividades, se usan 8 cuadrillas y los trabajos se terminan en 104 días. Son tres opciones con diferentes costos, y servirán para determinar el más conveniente.

Elegida la programación se deberán resolver todas las restricciones que y se aplicara la Teoría de Restricciones (TOC) en todos sus aspectos para el cumplimiento de las metas.

### 2.2.3 Definición de Línea de balance

Es una herramienta del PMBOK, que se encuentra el método de línea de Balance, esta se desarrolló como método en 1940 en Good- Year, para controlar su producción, con los criterios del Flow Management, propuesto por Gilbert en 1992.

Luego de la aplicación del CPM, el PERT, y el EDT, la línea de balance, en la industria de la construcción toma un valor importante como herramienta con los trabajos documentados (ver tabla 3):

*Tabla 3: Aplicación CPM, PERT y EDT*

<b>Descripción</b>	<b>Años</b>	<b>Observaciones</b>
Lumsden	1968	Aplica en Programación de Viviendas
Khisty	1970	LDB clásico Proceso de manufactura
Carr y Meyer	1974	Hallar recursos durante el proceso.
O'Brien	1975	Edificio 1
O'Brien	1984	Edificio 2 Uso se programan mejor.
Arditiy y Albulak	1986	Construcción de una carretera.

Fuente: Elaboración propia

La Línea de Balance llega a su apogeo luego del planteamiento de la Teoría de Restricciones de E Goldratt, (1984), la publicación de la 1ª Guía PMBOK, (1987), y el EVM, o Earned Value Management o Valor Ganado (1989). A partir de esas fechas, la Línea de Balance es usada en programaciones de obras de construcción. Humberto Loria en su publicación “Programación de Obras con la Técnica de la Línea de Balance” menciona: En las últimas dos décadas (1990-2010) se han publicado los resultados de

un gran número de proyectos de investigación, entre los que destacan los realizados por Arsditi y Albulak (1986), Arity y Psarros (1987); Ardity et-al (1999), Ardity et al (2002); Hafez (2004); Harris Ioannou (1998); Jongeling y Olofsson (2007); ); Kenley (2004); Lutz y Halping (1992); Lutz el Al (1994); Moselhi y El Rayes (1993); Naggebb y Johnson (2007), y Spencer y Lewis (2005), la gran mayoría basados en proyectos reales de construcción.

La herramienta de la línea de balance grafica el avance, considera una producción (línea) continua de varias unidades de la misma actividad; en el Gantt y en el PERT, las mismas actividades no son continuas, y el porcentaje de avance no se visualiza hasta que se obtenga análisis de cada actividad (ver fig14 – fig15).

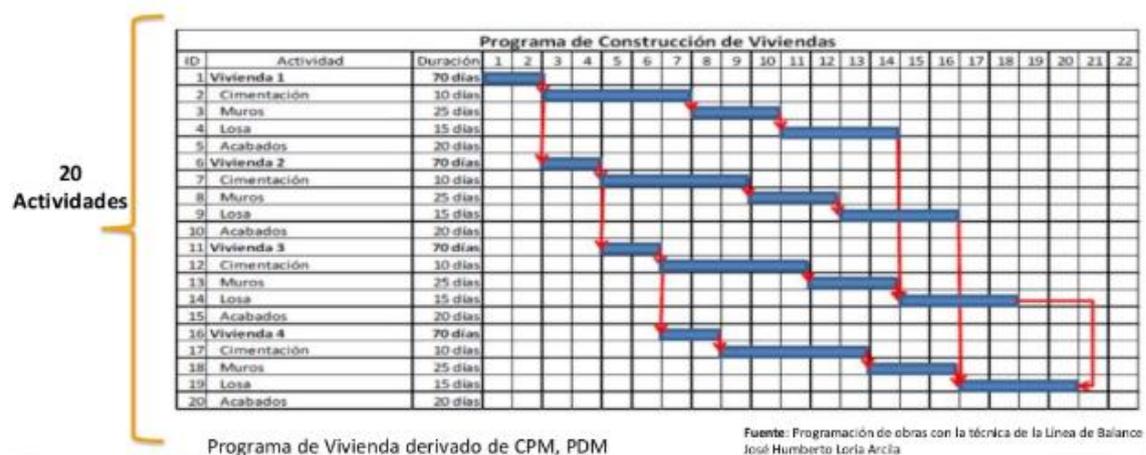


Figura 14: Visualización de cronograma GANTT basado en actividades  
Fuente: programación de obras con la técnica de LDB (jose humberto loria)

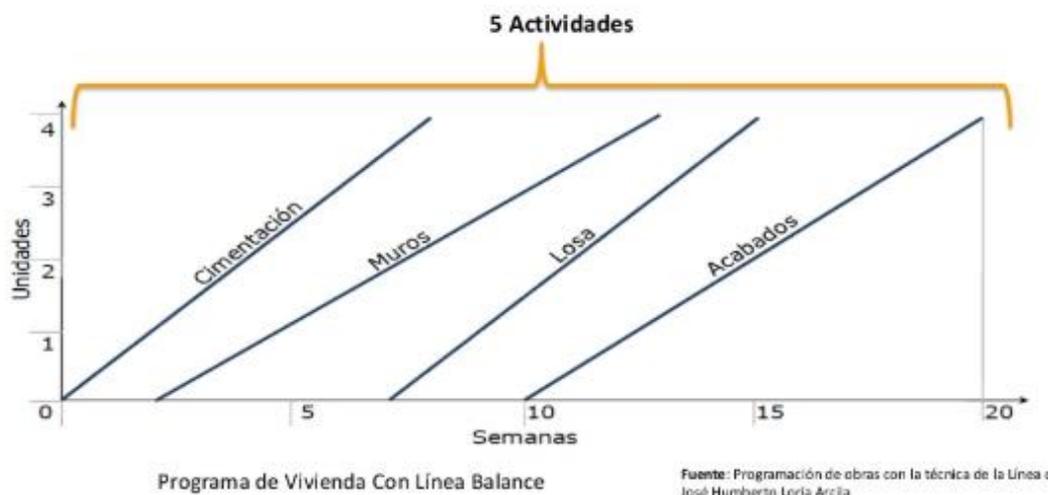


Figura 15: Visualización del mismo cronograma a través de línea de balance  
Fuente: programación de obras con la técnica LDB (jose humberto loria)

La aplicación de línea de balance sigue los siguientes principios:

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

El objetivo principal del planeamiento de un Cronograma Maestro es la definición de la gestión del tiempo en un proyecto(fig16).

Para una correcta gestión del tiempo se siguen 7 pasos:

1. Planificación de la Gestión del Cronograma
2. Definición de las actividades.
3. Establecimiento de la secuencia de las actividades.
4. Estimación de recursos de las actividades.
5. Estimación de la duración de las actividades.
6. Desarrollo del cronograma.
7. Control del cronograma.

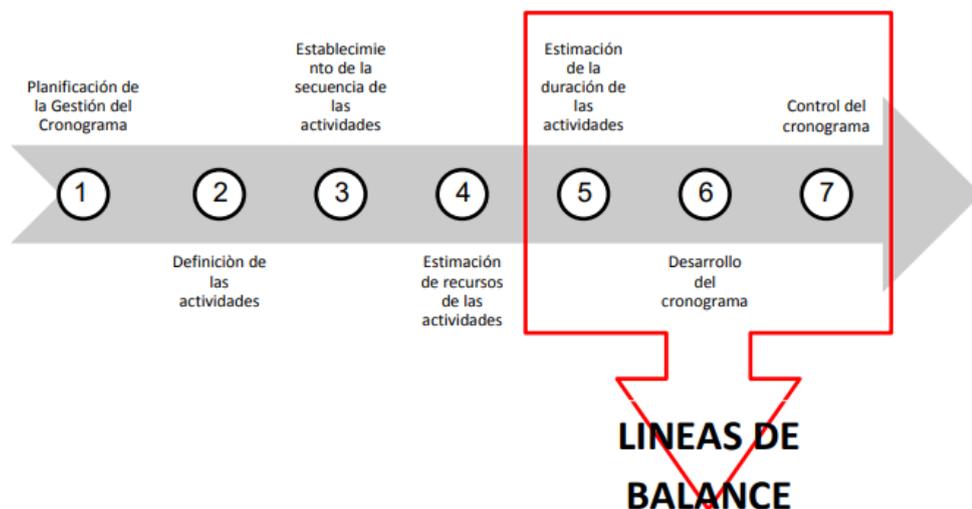


Figura 16: Relación entre los pasos para una correcta gestión del tiempo y las LDB

Fuente: Elaboración propia

La herramienta de la Línea de Balance abarca la Estimación de la Duración de las Actividades, el Desarrollo del Cronograma y el Control del Cronograma. En el alcance de este proyecto, la Estimación de la Duración de las Actividades, mediante los ritmos de las actividades, es la primordial.

Las Líneas de Balance se presentan gráficamente en un plano X-Y. Las abscisas representan el tiempo, cuya unidad utilizada son las semanas, los días laborales o los días calendarios. Las ordenadas representan las unidades repetitivas de producción, estas deben ser similares entre sí en cuanto a cantidades de trabajo, materiales, etc.; por otro lado, deben ser las adecuadas para la claridad representación de las líneas. En los casos presentados, se clasifican por pisos. La inclinación o pendiente de cada actividad representa la velocidad, con ella se puede calcular el ritmo de producción y la productividad.

Lo conceptualmente, adecuado es que cada actividad se represente como una línea recta; sin embargo, existen actividades que tienen más de una pendiente cuando el contenido del trabajo en las unidades repetitivas no es uniforme. Entre las actividades existen espacios de tiempo para su iniciación, esto es conocido como tiempos tecnológicos. Un tiempo tecnológico es el tiempo de espera necesario entre dos actividades, necesario por razones técnicas a diferencia de los buffers o colchones.

### ***2.2.3.1 Usos de las Líneas de Balance***

Las Líneas de Balance se utilizan principalmente para lo siguiente:

- a) Planificación: Establecer los plazos del cronograma, las fechas, hitos y la ruta crítica.
- b) Reprogramación: Acortar la duración del cronograma de un proyecto en base a una fecha tope.
- c) Control: Procedimiento de control de un proyecto, para eliminar o reducir las actividades que generen excesos en tiempo y costo, esto fundamentalmente cuando existen retrasos en el proyecto (o adelantos). Ejemplo: Los datos de las Líneas de Balance pueden estar dispuestos en una matriz donde se analizan las alteraciones con código de colores(fig17).

El control se puede ejecutar de dos maneras: control de avance y control de rendimiento.

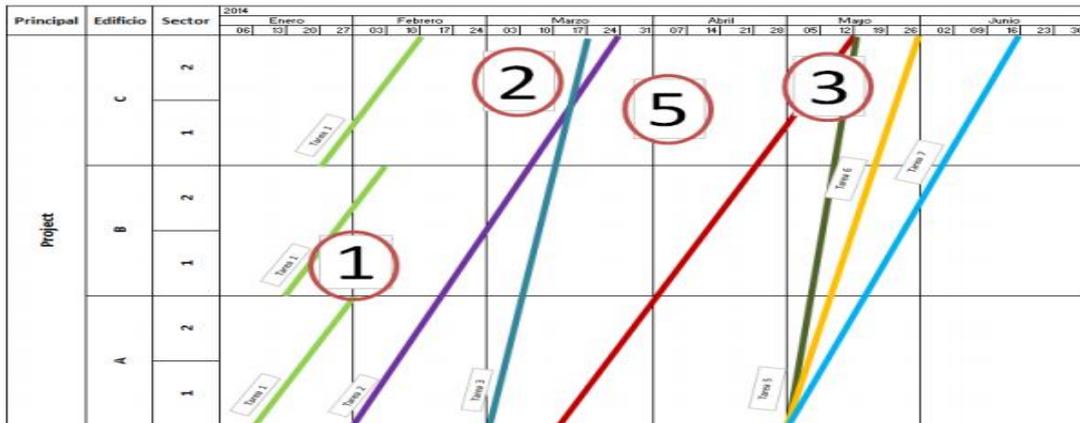


Figura 17: Identificación de deficiencias de planeamiento a través de LDB (Monteiro y Pocas).

Fuente: Monteiro y Pocas (2018)

Las líneas permiten obtener información de lo planificado como, por ejemplo:

Actividades programadas para una determinada locación y tiempo: De esta manera permite identificar las siguientes diferencias (fig17):

Una misma actividad realizada en diferentes locaciones. (1)

Diferentes actividades realizadas en la misma locación y en el mismo tiempo. (2)

Diferentes actividades que comiencen en la misma locación y al mismo tiempo. (3)

Diferentes actividades con plazo de finalización en la misma locación y al mismo tiempo. (3) o Locaciones con elevados periodos de tiempo en cualquier actividad. (5)

- b) Tiempos tecnológicos entre actividades sucesoras.
- c) Velocidades de producción.
- d) Comparación visual entre las velocidades de producción de varias actividades.
- e) Discontinuidades entre actividades.
- f) Dependencias entre actividades.
- g) Hitos y puntos críticos.
- h) Comparación de los cronogramas planeados, reales y proyectados.

### ***2.2.3.2 Ventajas y desventajas de la Línea de base***

#### **a. Ventajas:**

Se presentan a continuación las ventajas de la aplicación de las LDB:

##### 1. De espacio:

- Todo en una sola vista.
- Mejor utilización del sitio.
- Una sola tarea común en muchos locales.

##### 2. De tiempo:

- Su corrección provoca perturbaciones, más inmediatamente visibles de su impacto sobre otras tareas.

- Posibilidad de reducir la duración de los proyectos sin aumentar el riesgo.

##### 3. De gestión:

- Disminución del riesgo de programación.

- Mejor gestión de recursos.

- Obtención de alternativas para facilitar el análisis: Su uso adecuado, permite más rápidamente y con menos incertidumbre generar la información necesaria para una acertada toma de decisiones en la planificación y control.

- Visualización de la viabilidad de escenarios propuestos y de puntos de control de la operación.

- Visualización de la relación entre tareas y la aproximación en espacio y tiempo.

- Cálculo de la tasa de producción una sola vez.

- Uso de más tiempo para revisar el calendario y la planificación en lugar de ser atrapado en administrar miles de actividades: La falta de visión del conjunto.

- Transparente.

- Pertenece a todos.

#### **b. Desventajas**

De la misma manera, se presenta las principales desventajas que engloban sus problemas de aplicación:

- Tiempo requerido para su aplicación manual es extenso. Teniendo en cuenta esto se crearon softwares como por ejemplo el DYNAPROJECT en Finlandia. En esta tesis, su aplicación fue manual utilizando el programa Microsoft Excel.

- Falta de un software especializado para su aplicación en la construcción.

- Actualmente. no hay conocimiento de su uso en el Perú, ni de alguna aplicación exitosa.

- Temor y poco interés de los actuales especialistas al emplear una nueva herramienta que sustituya a la actual y bastante utilizada como es el caso del Diagrama de Gantt.

- Baja probabilidad de éxito rápido en el país. Es más probable en un futuro mediano, con la introducción de las nuevas generaciones asociadas a la herramienta, se logre una evolución en su aplicación.

#### **2.2.4 Gestión del Tiempo**

El problema típico en la gestión del tiempo se origina a partir de las deficiencias existentes en la planificación del tiempo de ejecución o por la ausencia de esta. Usualmente, el enfoque que las presenta es el tradicional. Por este motivo, se podría generar inestabilidad y pérdida en la estimación del tiempo de ejecución. Y, como consecuencia, se podría llegar a incumplir el plazo establecido por el cliente.

El seguimiento y control, son uno de los factores principales, dentro del aseguramiento de la planificación. Sin embargo, si la planificación esta errada, lo que se asegurara es la llegada a un escenario no deseado.

Ausencias y deficiencias en la planificación del Tiempo de Ejecución, La planificación puede ser definida como la determinación de la metodología que se utilizara para el cumplimiento de un objetivo. Si se planifica adecuadamente, se podrá garantizar la correcta ejecución de las actividades, en lugar y momento oportuno. Es decir, la planificación tiene como propósito principal el cumplimiento de un objetivo con la mínima interferencia por eventos que puedan retrasar o detener su logro. La estimación del tiempo de ejecución de un proyecto es un proceso en el cual la planificación debería ser parte fundamental de esta, con el propósito de servir como guía para el cumplimiento de su principal objetivo: culminar el proyecto dentro del plazo. Sin embargo, cuando no se planifica, dicho proceso se podría situar en un contexto basado en la improvisación, en donde se realizan actividades sin considerar los impactos que tendrían su desarrollo. Entonces, aquellas empresas constructoras que ausentan la planificación en este proceso, se orientaran hacia un estilo reactivo, donde el entorno

será su guía y, la mayor parte de sus esfuerzos, Ausencias y deficiencias en la planificación del Tiempo de Ejecución Antes de iniciar el desarrollo de este capítulo, es importante recalcar que la presente tesis emplea el término tiempo para hacer referencia a la duración de la ejecución de un proyecto. Mientras que, el término plazo, se considera en alusión al tiempo señalado para algo.

La planificación puede ser definida como la determinación de la metodología que se utilizara para el cumplimiento de un objetivo. Si se planifica adecuadamente, se podrá garantizar la correcta ejecución de las actividades, en lugar y momento oportuno. Es decir, la planificación tiene como propósito principal el cumplimiento de un objetivo con la mínima interferencia por eventos que puedan retrasar o detener su logro.

La estimación del tiempo de ejecución de un proyecto es un proceso en el cual la planificación debería ser parte fundamental de esta, con el propósito de servir como guía para el cumplimiento de su principal objetivo: culminar el proyecto dentro del plazo. Sin embargo, cuando no se planifica, dicho proceso se podría situar en un contexto basado en la improvisación, en donde se realizan actividades sin considerar los impactos que tendrían su desarrollo. Entonces, aquellas empresas constructoras que ausentan la planificación en este proceso, se orientaran hacia un estilo reactivo, donde el entorno será su guía y, la mayor parte de sus esfuerzos, se emplearan en mitigar los impactos negativos producto de la ejecución de las actividades improvisadas.

El escenario ideal sería que estas empresas tengan un estilo proactivo, en el que establezcan sus propias metas y utilicen la planificación como guía para el cumplimiento de estas. Entonces, lo más probable que lleve a prescindir de la planificación en este proceso de estimación, es el incumplimiento del tiempo solicitado por el cliente, es decir, el plazo. Por otro lado, en el escenario que se utilice la planificación para la estimación del tiempo de ejecución (planificación del tiempo de ejecución), uno de los enfoques que se suele utilizar es el tradicional (Figura 18)



Figura 18: La planificación tradicional

Fuente: elaboración propia

La planificación tradicional se define como aquel sistema que permite que los proyectos funcionen correctamente, hasta que algo falle, produciéndose una reacción en cadena, dando lugar a pérdidas de tiempo y, consecuentemente, comprometen a diversos factores del proyecto, entre ellos el plazo. Luego, a raíz de esto, se aumentan los recursos con el fin de incrementar la velocidad de construcción y, así, poder recuperar el tiempo perdido originado por la falla en el sistema. Sin embargo, esto solo empeora la situación. Es la puesta en práctica de toda la masa de conocimientos, herramientas y técnicas para el cumplimiento del proyecto.

Esto se enfoca en la aplicación ordenada de los procesos de dirección de proyectos, agrupando de manera lógica en los siguientes grupos:

- Inicio
- Planificación
- Ejecución
- Monitoreo y control
- Cierre

Las características específicas del proyecto y las circunstancias pueden influir sobre las restricciones en las el equipo de dirección del proyecto necesita concentrarse, por ejemplo, en el caso de cronograma este se puede disminuir, pero para que este disminuya se tendría que aumentar el presupuesto para no disminuir la productividad. Así como estos factores también se ven enlazados(fig19).

La gestión del tiempo del proyecto incluye los procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo.

- Definir actividades: es el proceso que consiste en identificar las acciones específicas a ser realizadas para elaborar los entregables del proyecto.
- Secuenciar las actividades: es el proceso que consiste en identificar y documentar las interrelaciones entre las actividades del proyecto.
- Estimar los recursos de las actividades: es el proceso que consiste en estimar el tipo y las cantidades de materiales, personas, equipos o suministros requeridos para ejecutar cada actividad.
- Estimar la duración de las actividades: Es el proceso que consiste en establecer aproximadamente la cantidad de periodos de trabajo necesarios para finalizar cada actividad con los recursos estimados.
- Definir la estrategia y/o plan: para implementar sus fases y el proyecto completo, mediante un cronograma y/o diagrama Gantt y un Diagrama de Red (Ruta crítica) del Proyecto, utilizando algún software de Gestión de Proyectos: MS Project, primavera, etc. Consistirá básicamente en analizar la secuencia de las actividades, su duración, los requisitos de recursos y las restricciones del Proyecto.
- Controlar el cronograma: Es el proceso por el que se da seguimiento al estado del proyecto para actualizar el avance del mismo y gestionar cambios a la línea base del cronograma. Implementar “Curvas S” de avance programado vs real, para controlar el avance del mismo, implementando las reprogramaciones que sean necesarias en caso de variaciones o adicionales.
- Implementar reportes de avance: notificaciones de problemas y de planteamiento de soluciones a los mismos.
- Implementar la Técnica del valor Ganado: es una técnica de gestión de proyectos que permite controlar la ejecución de un proyecto a través de su presupuesto y de su calendario de ejecución. Compara la cantidad de trabajo ya completada en un momento dado con la estimación realizada antes del comienzo del proyecto.

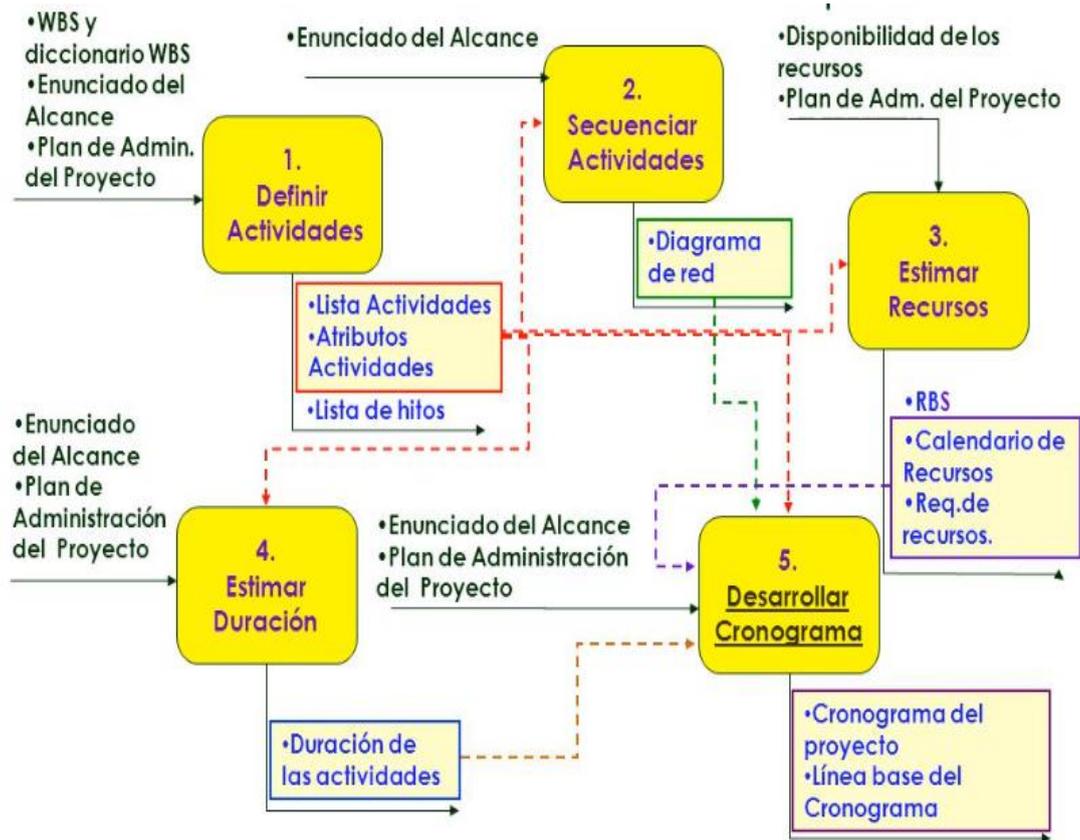


Figura 19: Plan de administración del proyecto

Fuente: <https://slideplayer.es/slide/1676032/>

### 2.2.5 M<sup>2</sup> Techado

Se define a los metrados como el conjunto de datos que obtenemos de la lectura de planos. Se realizan para calcular la verdadera cantidad de obra a realizar (concreto, encofrado, acero, IIEE, IISS, etc.) que cuando es multiplicada por su respectivo costo unitario y luego sumados todo en conjunto se obtiene el costo directo. Es indispensable conocer y entender el proyecto, estudio total de los planos y de las especificaciones técnicas, relacionando y compatibilizando los planos de las diversas especialidades. Planificar la forma de realizar los metrados, para lo que deberá prepararse la relación de partidas a metrar y deberá definirse la unidad de metrado para cada partida, precisando una zona de estudio.

Preparar tablas para tomar las mediciones ordenadamente. Debe seguirse una secuencia lógica, enumerando las hojas e incluyendo las observaciones pertinentes.

Usar un juego de planos para metrados, donde se podrá anotar las observaciones y comentarios, y se marcará (con colores de preferencia) los elementos que ya han sido metrados. Siempre deberá haber una permanente coordinación entre las personas que realizan los Metrados. Para los metrados de las distintas especialidades de este proyecto. Solo existían algunas variaciones en lo que respecta al acero de las columnas las cuales varían a medida que vamos subiendo de nivel.

Luego de concluidos los metrados de las diferentes especialidades se separaron por niveles considerando solo las partidas incidentes en el presupuesto totales como acero, concreto, encofrado tanto de elementos verticales como elementos horizontales (que se muestran en la figura 20).

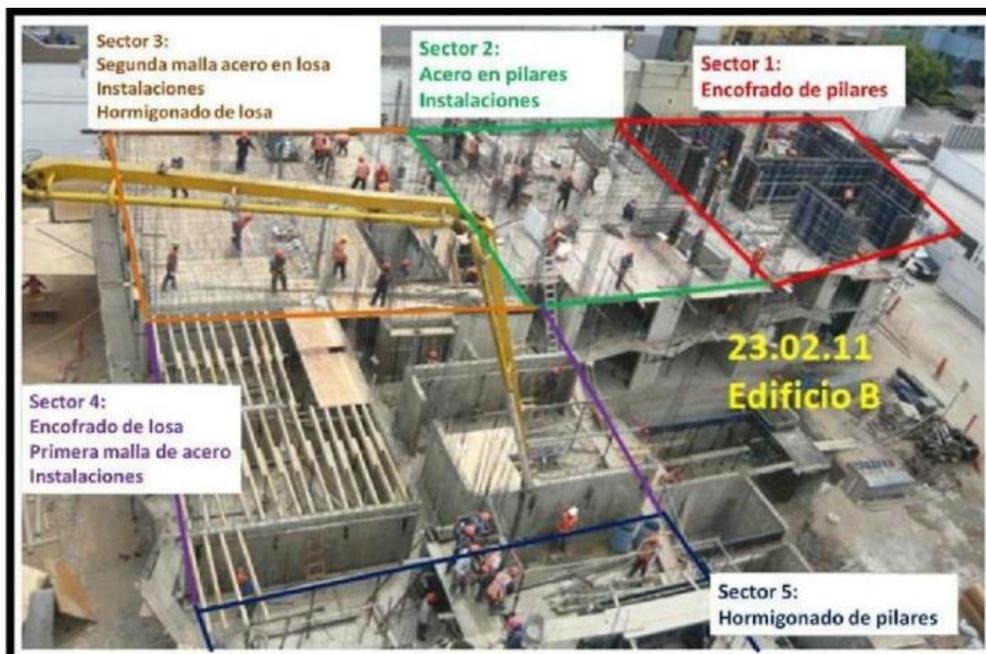


Figura 20: m2 de techado

Fuente: Xavier Brioso-sectorización

### ***2.2.5.1 Sistema de encofrado***

Como es conocido el encofrado tiene una gran importancia en el costo total de una obra de construcción, muchas veces resulta más caro que el mismo concreto. Sea cual sea el tipo de encofrado deben tener un mantenimiento constante. Luego de retirarlo debe ser limpiado, lubricado y almacenado correctamente. En el presente proyecto se utilizara un sistema de encofrados metálicos procedentes de la marca ULMA .De acuerdo a la

duración del proyecto y de acuerdo a nuestra programación se vio la necesidad de realizar un vaciado de techo cada 7 días aproximadamente, según esto y según los rendimientos que manejamos era imposible realizarlo con el encofrado común (es decir encofrado de madera). Por la razón expuesta se optó por trabajarlo con encofrado metálico, debido a su versatilidad, al número de usos que le podríamos dar y al asesoramiento técnico de encofrados decidimos tal opción(fig21 – fig22).

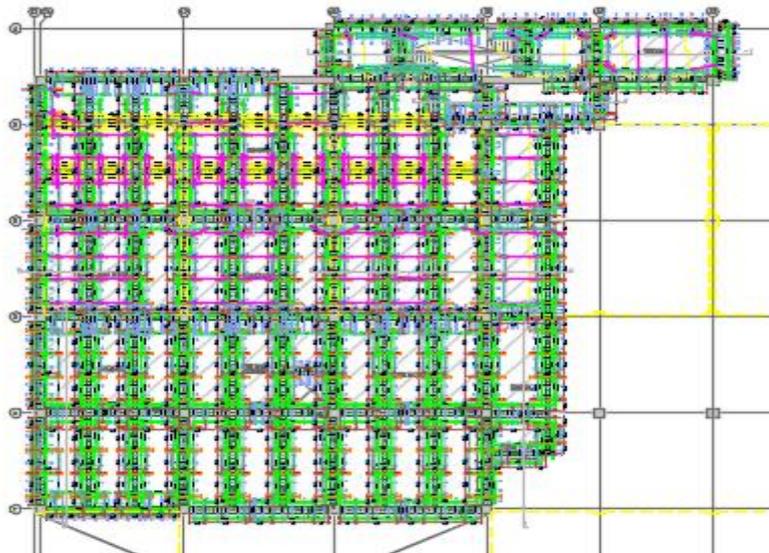


Figura 21: modulación de encofrado

Fuente: Elaboración propia



Figura 22: Sistema de encofrado

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.6 Cronograma Contractual

El cronograma es una herramienta que ayuda al equipo del proyecto alcanzar en forma oportuna la entrega de los objetivos del proyecto. Para proyectos de construcción es una práctica común que un contratista sea incluido en el cronograma. En este arreglo el Contrato entre el propietario/empleador y el contratista viene a ser una herramienta crucial que explica exactamente las obligaciones de cada parte, el cual incluye la obligación de entrega oportuna de información, frentes de trabajo, y trabajos terminados. Mientras el cronograma mantiene la herramienta que ayuda al proyecto alcanzar la entrega oportuna de los objetivos, sin embargo, en la configuración del contrato Empleador-Contratista, el role del cronograma es una herramienta extensa desde únicamente el control del tiempo hasta áreas como análisis de atrasos, reclamos de costos y tiempo, comunicación interna y externa. En este escenario la falla por alguna parte para alcanzar un hito o completar una actividad, como esta requerido en el cronograma, podría tener una implicancia contractual, el cual podría resultar dentro de reclamos y disputas.

Por esa razón, es obligatorio que el cronograma debe ser incorporado y confirma las obligaciones incluidas en el contrato. Leer y entender los requerimientos del contrato son, por esa razón, el primer paso a seguir en la dirección a preparar del cronograma. El Planificador del contrato requiere un cierto grado de habilidades, conocimientos para leer el contrato, y captar información relevante y obligaciones a ser incorporados en el cronograma. Igual es válido para el programador del propietario (o su representante) en el momento de revisar y aprobar el cronograma. En contratos grandes y complejos, involucrar al especialista profesional de contratos es recomendable para aconsejar al planificador para asegurar que toda la información importante del contrato está incorporada en el cronograma(fig23).



Figura 23: Cronograma contractual

Fuente: elaboración propia

### 2.2.7 Tren de Trabajo

Es un sistema balanceado de producción constante, es aplicado a proyectos donde la variabilidad es reducida y físicamente el trabajo es reducible a partes iguales. Ayuda a optimizar las actividades repetitivas y secuenciales, tales como edificaciones. Este sistema debe reunir las siguientes características:

- Las actividades se consideran como una estación de trabajo.
- Se busca que todas las estaciones estén balanceadas en capacidad y demanda.
- Todos los procesos son cuello de botella, todas las actividades son Ruta Crítica.
- Todos los días, cada cuadrilla produce lo mismo.
- Consecuentemente, todos los días se tiene el mismo avance en el Proyecto.
- La cantidad de recursos necesarios es constante.
- Cantidad de trabajo que se ejecuta en todas las estaciones es la misma.
- La capacidad de cada estación está diseñada para la cantidad de trabajo. Los pasos

a seguir para generar un tren son los siguientes:

- Sectorizar el área de trabajo
- Listar actividades necesarias
- Secuenciar las actividades (incluir buffers de ser necesario)

• Dimensionar recursos La aplicación de este sistema tiene la ventaja de crear la especialización y curva de aprendizaje, existe mayor facilidad de control y mejora de la productividad. La principal desventaja, es tener todas las actividades como partidas

críticas y por lo tanto el no cumplimiento de una genera inproductividad en el sistema(fig24).

Dicha herramienta de Gestión de Obra, conocido como Método Rítmico o Programación rítmica, y es aplicado para mejorar, optimizar procesos que impacten en tiempo y costo; se caracteriza por:

a) Reducir la variabilidad con el tratamiento de la estación de tareas y la transferencia de cargas de trabajo.

b) Se divide el trabajo en partes similares, en cantidades y tareas, de tal manera que los lotes de transferencia son mínimos.

c) Optimiza tiempo, costo y calidad con tareas repetitivas y secuenciales, de tal forma que las cuadrillas están preparadas y especializadas para efectuar las mismas tareas, en cantidades similares.

#### ***2.2.7.1 Objetivos del Tren de trabajo - Programación***

El Tren de trabajo en el desarrollo de una programación, tiene como objetivo

1. Obtener un flujo continuo en el proceso de producción constante;
2. utiliza la LDB con grafica de su operación.
3. Secuenciar las tareas a un “ritmo” óptimo y continuo, evitando demoras o cruces de tareas.
4. Resolver las restricciones de cada estación de trabajo, en todos los recursos: materiales equipos, cuadrillas de trabajo.
5. Estandarizar tareas, disminuir lote de trabajo de cada actividad.
6. Obtener las estaciones balanceadas en capacidad y demanda.
7. Aplicar el método de la Cadena Critica en un sistema balanceado.

#### ***2.2.7.2 Sectorización del Tren de trabajo***

La sectorización es el primer paso para generar un tren de actividades, y se sustenta en todos los temas tratados en este estudio.

a) Partiendo del metrado general, se estructuran las cadenas de producción de los procesos internos.



#### ***2.2.7.4 Look a head Planning - Pull Planning- Panel de trabajo***

Es un trabajo de planificación colaborativa, donde los involucrados en el proyecto identifican transferencias entre equipos, frentes de trabajo e hitos de la programación maestra. (Ver Figura N° 25)

- 1.- Actividades del plan general.
- 2.- Duración y secuencia dentro del proyecto completo
- 3- Analizar todas las actividades de forma muy general
- 4.- Información que deben conocer y gestionar todos los involucrados el proyecto:
  - a) Revisión de Restricciones
  - b) Seguridad
  - c) Información (planos, especificaciones, etc.)
  - d) Materiales
  - e) Personal
  - f) Equipos
  - g) Actividad predecesora (tarea previa)
  - h) Espacio (zona de trabajo)
  - i) Varios (condiciones externas)

#### ***2.2.7.5 Panel de trabajo Pull Planning***

El equipo trabaja el Pull Planning, en panel preparado para tal fin y siguiendo los “hitos” del PM, se colocará la siguiente información:

- a) Transferencias de lotes o transferencia de trabajo culminado entre todos los participantes.
- b) Los planificadores identifican la lógica entre las actividades ajustan las secuencias, y realizan la planificación del Fin al Inicio, En el Panel Pull Planning.
- c) Se integra la Gestión de Seguridad y Salud al Pull Planning de la obra al identificar restricciones.
- d) Durante la reexaminación del programa, el equipo reexamina la lógica de la programación para:

- e) Obtener la programación sin holguras de cada actividad de fase,
- f) Coordinar y agregar holguras para cumplir las condiciones de satisfacción
- g) Reajustar el plan general,
- h) Determinar nuevas duraciones,
- i) Elabora el tren de actividades y sectorización
- j) Detecta restricciones importantes.

### 2.2.7.6 Método de construcción en el Panel

La Gerencia de Obra, dispondrá el modelo básico de la programación con hitos determinados por el Plan Maestro, y cada participante efectuará:

- a) Revisión de las tareas asignada para evaluar sus necesidades, de inicio
- b) Recursos para completar el encargo, material, mano de obra, equipo.
- c) Confirmando duración de la tarea inicio y fin.

El flujo de revisión se efectuará de fin a inicio o Plan de jalar (Figura 25).

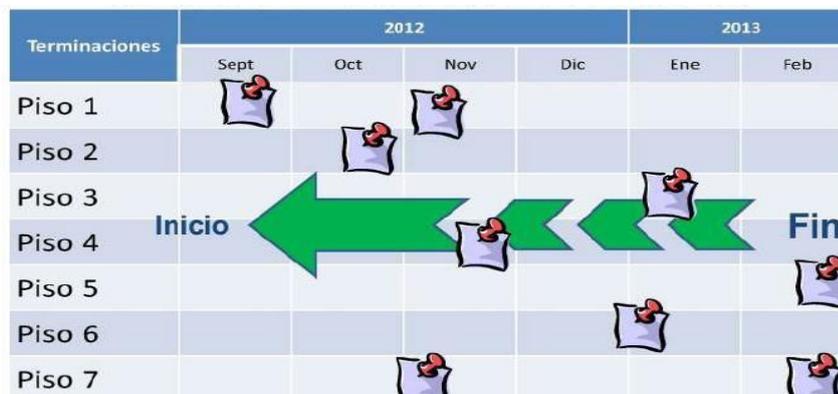


Figura 25: Planificación jalar - Pull Planning – Fin a Inicio

Fuente: Fdo. Alarcón GEPUC 2012

### **2.2.7.7 Look a head - obra**

Es la planificación anticipada de recursos a corto plazo de 3 a 5 semanas de anticipación, El Pull Planning, es la base de trabajo del look a head de la programación semanal y la planificación entre la planificación maestra y la planificación semanal, tiene las siguientes características:

- a) Es un escudo con 3–5 semanas de anticipación (en edificaciones), y se inicia con el tren de actividades 3 a 5 semanas.
- b) Prevé qué se necesita para que las actividades en un futuro medio se puedan realizar, son analizadas directamente por el trabajador responsable de las actividades, en tiempo, calidad, y restricciones; el look a head se desarrolla en una dinámica de trabajos colaborativo.
- c) Las actividades que pasan a la planificación semanal son aquellas del plan de 3-5 semanas y que se les libero de las restricciones.
- d) Se incrementa el índice del PPC debido a que se disminuye la incertidumbre-

### **2.2.7.8 Restricciones – Análisis y cumplimiento**

Las restricciones son todas las dificultades que evitan el inicio o cumplimiento de una actividad como: materiales, ubicación, personal, equipos, disponibilidad de área de trabajo, sistema constructivo, entrega de actividad predecesora aprobada; las determina el personal responsable del trabajo en un trabajo colaborativo, o Look a head.

En la programación semanal se efectúa una precisión de fechas de entrega y responsables para el control semanal de cumplimiento, PPC, Porcentaje de Plan Cumplido.

Para iniciar la parte operativa de la obra se “levantan las restricciones señaladas”, es decir se resuelven las restricciones.

- a) Es el análisis para dejar libre de necesidades a las actividades del *Look a head* para que se puedan realizar en el tiempo planeado
- b) Se asignan responsables por actividad y fechas requeridas de entregas y se denomina restricción liberada

### **2.2.7.9 Programación semanal**

Se trabaja el Tren de actividades de una semana elegida del Look a head 3 – 5 semanas. Se efectúa la programación semanal, con restricciones resueltas, cumpliendo un sistema de control

- a) Listado y tareas por actividades ejecutables y medibles a realizar durante la semana, considerar actividades colchón o buffers.
- b) Estas no cuentan con restricciones y producción se compromete a realizarlas en el plazo indicado, con responsables por restricción.
- c) Se desprende del Look a head y serán todas las actividades de la primera semana del Lookahead que estén libres de restricciones, con una lista de chequeo.

### **2.2.7.10 Programación Diaria**

Para iniciar semana de obra, se ejecuta una semana de la programación semanal, se efectúa el look a head de la semana, haciendo:

- a) Listado de tareas y/o actividades a realizarse durante la jornada del trabajo del día de la programación semanal. Se programa el alcance del trabajo que realizarán todos los obreros (con nombre y apellido) y responsables .
- b) Las Restricciones, referidas de la programación semanal deben controlarse con lista de responsables, y lista de chequeo de restricciones liberadas.
- c) Se elabora en el plano en planta del área a trabajar, para identificar específicamente los frentes de trabajo.
- d) Se busca cumplir con la Programación Semanal al final de jornada semanal y se termina de transcribir las tareas cumplidas, los avances y las no cumplidas.

### **2.2.7.11 Porcentaje de Programación Cumplida - PPC**

El equipo de dirección de obra tiene como tarea, analizar siempre las causas de incumplimiento cada fin de semana, interpretar el resultado del PPC, tomar acciones sobre las causas identificadas, hacer seguimiento al resultado de dichas acciones, y efectuar el correctivo correspondiente. Para efectuar este análisis debe contarse con:

Porcentaje del Plan Cumplido.

- Análisis de incumplimiento y medidas correctivas.

- Indicadores que muestra qué tan bien se programa en la obra y qué tanta confiabilidad se tiene
- Finalmente efectuar el histórico estadístico de la lista de cumplimiento y realizar el diagnóstico comparativo de la solución de la tabla de riesgos.

### **2.2.8 Tiempo De Ejecución**

Una de las principales fuentes de conflicto entre constructores y clientes se deriva del incumplimiento en la fecha de entrega de la obra; cuando esto ocurre, clientes, constructores y usuarios sufren diferentes afectaciones.

La buena administración del tiempo de ejecución de los proyectos es un indicador importante de la eficiencia, profesionalismo y capacidad del constructor, y también puede utilizarse para evaluar el éxito de un proyecto. En este proyecto se presenta el resultado de la evaluación del desempeño en el tiempo de ejecución de los proyectos de obras retail, así como la aplicación de un método desarrollado recientemente para dicho fin. Uno de los problemas más frecuentes en la ejecución de los proyectos de construcción a nivel mundial son los retrasos en su terminación (Al-Karashi y Skitmore, *Construction Management and Economics*, 2009); las repercusiones que estos atrasos generan son diversas.

El cliente pospone el inicio de sus ingresos y aumenta su costo financiero por no poner en operación el proyecto en la fecha planeada; además puede enfrentar diversos problemas derivados de los compromisos que asume, considerando una fecha contratada de entrega de la construcción (Marzouk et al., *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 2008). Para los constructores, la prolongación del proyecto genera sobrecostos. Lo anterior ocurre por tener que pagar tiempo adicional al personal de campo y oficina, por el escalamiento en el costo de los materiales, por requerir financiamiento durante un mayor tiempo y por posibles penas contractuales debido al retraso, entre otras causas (Singh, Working Paper No. 181, Department of Economics, University of Delhi, 2009).

Por otra parte, el incumplimiento en la conclusión a tiempo de un proyecto daña la reputación de una empresa constructora, restándole posibilidades de adquirir nuevos

contratos. De igual forma, el atraso en la terminación de un proyecto puede impactar en la calidad en la ejecución del proyecto, ya que cuando ocurre un atraso los constructores dedican menos tiempo a la supervisión de la calidad y, principalmente, concentran sus esfuerzos en acelerar el ritmo de trabajo. Por lo general, se presiona al personal para que aumente su productividad o trabaje tiempos extras, lo cual suele provocar un incremento de errores en el trabajo (Woodward, *Construction Project Management: Getting it Right First Time*, 1997).

En los casos de proyectos de obra privada, se tienen también perjuicios de tipo social, ya que por lo general existen necesidades apremiantes que los proyectos deben resolver. Los efectos adversos generados por los atrasos en las construcciones pueden evitarse con un buen trabajo de planeación, estableciendo mecanismos de control, y promoviendo una coordinación y comunicación efectivas dentro de la organización (Solís et al., *Ingeniería Revista Académica de la FIUADY*, 2009). La buena administración del tiempo de ejecución de los proyectos es un indicador importante de la eficiencia, profesionalismo y capacidad del constructor, y también puede utilizarse para evaluar el éxito de un proyecto y comparar el desempeño entre los constructores. Desde el punto de vista de la administración del tiempo, para la evaluación del desempeño de la ejecución de los proyectos se ha utilizado tradicionalmente la Curva S, en la cual la variable independiente (x) es el tiempo, y la variable dependiente (y) es el costo presupuestado del trabajo programado para ese valor del tiempo(fig26).



Figura 26: Planificación y ejecución de un proyecto

Fuente: <https://es.slideshare.net/marvicgm>

### 2.2.9 Diagramas de GANTT

En el Perú se utiliza frecuentemente los métodos CPM (Método de Camino Crítico), entre estos se encuentra los Diagramas de Gantt. El cual sirve para organizar el planeamiento de actividades de construcción en un proceso de encadenamiento de actividades. Su unidad es únicamente el tiempo; de esta manera, tiene una gran ventaja al ser de lectura bastante simple. Además, tiene como ventaja la posibilidad de relacionar más información en su representación, como son: varias escalas temporales, disponibilidad de recursos, costos por cantidades, entre otras.

No obstante, esta herramienta presenta varias desventajas, entre las cuales se considera como principal que no representa la localización de ninguna manera. A continuación, se enlista otras desventajas en su aplicación consideradas, asimismo, importantes:

Mal uso del sitio: única unidad es el tiempo, no existe la localización dentro del cronograma.

- No se visualiza el flujo productivo en la percepción completa de la obra.
- Cada actividad escrita individualmente con información local. Es decir, cuando cierta actividad se repite “n” veces al largo del proyecto, es repetida “n” veces en el cronograma, y para cada vez se describen sus recursos.
- Muchas actividades y muchos locales suman a calendarios enormes. Por lo descrito en el ítem anterior, esto da a que, si el proyecto es repetitivo, las “n” localizaciones describan las mismas actividades “n” veces.
- Recursos agregados a todas las tareas.
- No fue concebido considerando la continuidad de recursos.
- Consume mucho tiempo en realizar, revisar y corregir.
- Mayor susceptibilidad a error humano. Las dependencias se extienden por varias páginas. Es difícil ver la relación entre las tareas.
- No se logra la optimización en el programa de manera fácil: La corrección de un flujo va a perturbar otro, siendo difícil su percepción.
- Escala elevada desmotiva la realización del planeamiento. Pertenece a quien elaboro el planeamiento.

### **2.3 Definiciones conceptuales**

#### **Cronograma:**

Representación gráfica de un conjunto de hechos en función del tiempo.

#### **Gestión:**

Acción o trámite que, junto con otros, se lleva a cabo para conseguir o resolver una cosa.

#### **Proceso:**

Acción de seguir una serie de cosas que no tiene fin.

#### **Reducir:**

Disminuir o aminorar

#### **Perdida:**

Cantidad o cosa que se pierde.

#### **Lookahead:**

Anticipar, planificación a corto plazo.

**Buffer:**

Es una actividad ficticia, asociada a una actividad real y con una duración determinada, que se añade en un punto concreto del cronograma del proyecto al objeto de tener en cuenta posibles desviaciones (temporales) de las actividades.

**Rendimiento:**

Es la proporción entre el resultado que se obtiene y los medios que se emplearon para alcanzar al mismo.

**2.4 Estructura teórico y científica que sustente la investigación**

Orihuela (2013) La línea de balance es un método de programación gráfica que considera la localización explícitamente como una dimensión. Este método te permite un mayor control de los recursos y una reducción en los riesgos de programación, se tratan de optimizar los tiempos de las cuadrillas de trabajo. Aplicación del Método de Líneas de Balance en Proyectos de centros comerciales Mauricio Sepúlveda Abraham El método de las líneas de balance muestra todas las actividades a realizar en un proyecto mediante a gráficas representadas con líneas, en el eje horizontal de la gráfica se muestra el tiempo mientras que en el eje vertical se muestra la localización donde se van a desarrollar los trabajos, de esta manera las pendientes van indicando la velocidad con la que se van a realizar los trabajos, esta es una buena manera de controlar la obra ya que si la pendiente es menor a la indicada significa que los trabajos no van en paso para terminar en tiempo y si la pendiente es mayor a la indicada significa que van a pasos agigantados y que en cierto momento se puede quedar con tiempos muertos y se están destinando recursos en trabajos .(pag25)

*“Las líneas de balance no describen a detalle las actividades, más bien van marcando el ritmo de la obra, en otras palabras, se preocupa por la productividad global más que la productividad local”*. Orihuela, 2013(pag30) lo ideal en las líneas de balance es que todas las líneas tengan la misma pendiente o que vayan paralelas. Esto facilita el análisis de restricciones lo que hace más sencillo el programa semanal y aumentaría el porcentaje de actividades cumplidas semanalmente.

## **2.5 formulación de Hipótesis**

### **2.5.1 Hipótesis General**

La identificación de las actividades críticas que mayor tiempo de duración presentan en la etapa de obra gruesa a través del método de la línea de balance ayudara a reducir la gestión del tiempo ya que por su sencillez y fácil entendimiento mejora y optimiza el tiempo de ejecución.

Al desarrollar una gestión del tiempo se identifica las actividades críticas en la etapa de obra gruesa utilizando el método de línea de balance en el centro comercial real plaza este

### **2.5.2 Hipótesis Específicas**

La cantidad de vaciado de m2 techo de concreto debido a que mayor es su tiempo de ejecución por el dimensionamiento y las partidas antecedentes que se realiza para su ejecución, como son los de colación del acero, así como el encofrado como parte de la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este. Entonces:

- a) Analizando los m2 techados se identifica los retrasos en el cronograma contractual en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este.

La zona de ejecución de las partidas, y la velocidad de desarrollo de las actividades a través de los trenes de trabajo nos muestra del tiempo de desarrollo del proyecto.por lo tanto:

- b) Evaluando los trenes de trabajo se reducirá el tiempo de ejecución de las actividades en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este.

## 2.5.3 Variables

### 2.5.3.1 definición conceptual de las variables

Para fines de este documento, se aplican los términos y definiciones recogidos de distintos autores, pero adaptados por los tesisistas (tabla 4).

Tabla 4: Operacionalización de variables

HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN
<b>Hipótesis General</b> Al desarrollar una gestión del tiempo se identifica las actividades críticas en la etapa de obra gruesa utilizando el método de línea de balance en el Centro Comercial Real Plaza Este.	V.I.:	La gestión de tiempo es aquella tarea o aquel proceso destinado a desarrollar un plan y un horario destinado a aprovechar mejor el tiempo a lo largo de un periodo concreto.
	Gestión del tiempo	
	V.D.:	Se denomina actividades críticas a aquellas actividades cuya holgura es nula y que, por lo tanto, si se retrasan en su fecha de inicio o se alargan en su ejecución más allá de su duración esperada, provocarán un retraso exactamente igual en tiempo en la fecha de término del proyecto
	Actividades críticas	
<b>Hipótesis Específica 1</b> Analizando los m <sup>2</sup> techados se identificará los retrasos en el cronograma contractual en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este.	V.I.:	Es el área de concreto a vaciar es la partida que determina mayor tiempo de ejecución
	m <sup>2</sup> de techado	
	V.D.:	En esta etapa se determina si el m <sup>2</sup> de techado influye en los plazos determinados según el cronograma de obra
	cronograma contractual	
<b>Hipótesis Específica 2</b> Evaluando los trenes de trabajo se reducirá el tiempo de ejecución de las actividades en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este.	V.I.:	el trabajo que tenemos que hacer, o la cantidad de trabajo que tenemos que desarrollar
	trenes de trabajo	
	V.D.:	aplicación de una medida o a la puesta en marcha de una iniciativa.
	tiempo de ejecución	

Fuente: Elaboración propia

### 2.5.3.2 Operacionalización de las variables e indicadores

Tabla 5: Operacionalización de variables e indicadores

HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	ESCALA	INSTRUMENTO
Al desarrollar una gestión del tiempo se identifica las actividades críticas en la etapa de obra gruesa utilizando el método de línea de balance en el Centro Comercial Real Plaza Este.	V.I.:	cronograma de obra	horas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolección de datos</li> </ul>
	Gestión del tiempo			
	V.D.:			
	Actividades críticas			
<b>HIPOTESIS ESPECÍFICA 1</b> Analizando los m2 techados se identificará los retrasos en el cronograma contractual en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este.	V.I.:	Planificación del proceso constructivo	horas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolección de datos</li> </ul>
	m2 de techado			
	V.D.: cronograma contractual			
<b>HIPOTESIS ESPECÍFICA 2</b> Evaluando los trenes de trabajo se reduce el tiempo de ejecución de las actividades en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este.	V.I.:	Procedimiento de trabajo	Días	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PERT</li> </ul>
	trenes de trabajo			
	V.D.:	Producción	Horas hombre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolección de datos</li> </ul>
	tiempo de ejecución			

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Tipo y Nivel de la metodología de la investigación**

#### **3.1.1 tipo de investigación**

La orientación de la investigación fue aplicada, porque se investigó sobre la gestión del tiempo para mejorar el tiempo de duración de las actividades desarrolladas en la ejecución de la etapa de obra gruesa en el centro comercial real plaza este, es decir se buscó optimizar el tiempo en el desarrollo de los procesos constructivos.

Fue de enfoque mixto porque trata de cuantificar estadísticas, la medición de las variables, así como su potencial asociación entre la gestión del tiempo y la herramienta de línea de balance, las proyecciones encontradas serán de utilidad para la ejecución del proyecto por tanto fue cuantitativo por que analiza la realidad subjetiva por que analiza la realidad causa y efecto de los hallazgos encontrados en obra

La información fue prolectiva por que la información se recogerá de acuerdo a los criterios del investigador. Teniendo como base los requisitos establecidos por el ISO 9001 en las construcciones de edificaciones siguiendo los fines específicos de la investigación, después de la planeación de esta.

La presente investigación fue tipo correlacional por que busca relacionar las variables manifestados en la gestión del tiempo de las partidas en la ejecución de la etapa de obra gruesa del centro comercial real plaza este, para la posterior interpretación de significados utilizando como herramienta la línea de balance.

#### **3.1.2 Nivel de la investigación**

El nivel fue descriptivo, porque busca describir la realidad de situaciones, eventos, personas, grupos o comunidades que se estén abordando y que se pretenda analizar en la etapa de obra gruesa a través de la herramienta de línea de balance para la para la optimización del tiempo en la ejecución del centro comercial real plaza este.

se buscó plantear lo más relevante, acumular y procesar datos. para definir su análisis y los procesos que involucrará a las variables de la gestión del tiempo,

también se examina las características de la duración de las actividades de las partidas que competen a la etapa de obra gruesa.

### **3.2 Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación fue no experimental, investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes. Lo que hacemos es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. no hay condiciones o estímulos a los cuales se expongan los sujetos del estudio. Los sujetos son observados en su ambiente natural, en su realidad.

Transversal recolecta los datos en un instante en un tiempo y su propósito es analizar la gestión del tiempo a través de la herramienta de la línea de balance y aplicar los resultados de estas

Fue retrospectivo por qué parte de un efecto y regresa a buscar la causa enfocado en un efecto en este caso se busca la optimización de la gestión del tiempo para el desarrollo de las actividades que competen la etapa de obra gruesa del proyecto real plaza este.

El estudio es posterior a los hechos estudiados, los datos se recogen de archivos o entrevistas sobre hechos sucedidos,

### **3.3 Población y Muestra**

El trabajo de investigación se realizó en el consorcio HV y DVC en el proyecto Real Plaza Este estuvo enfocado principalmente en la etapa de obra gruesa de los sectores 1B y 1C y dentro de ello identificaremos a las partidas de mayor tiempo en su ejecución como es el vaciado de m2 de techado y la velocidad de ejecución de las actividades de los trenes de trabajo.

Como población definimos al consorcio HV y DVC, y tomaremos como muestra las partidas de la etapa de obra gruesa.

### **3.4 Técnica de recolección de datos:**

#### **3.4.1 tipos de técnicas e instrumentos**

En el presente trabajo fue recaudado toda la información necesaria para el desarrollo del Proyecto. Tales como investigación la técnica de recolección de datos, mediante la observación directa en las partidas de los procesos constructivos. Se utilizaron como instrumentos las especificaciones técnicas del proyecto, presupuesto de la partida de concreto, cronograma de obra, los costos reales de la obra, entre otros.

Además del cronograma, esta herramienta será utilizada para analizar los tiempos de ejecución.

Para el tema de nuestra investigación se requirió por ejemplo lo siguiente información:

- Base de datos
- Registros y expedientes suministrada por CONSORCIO HV Y DVC
- Parte de trabajo: Su reporte de este instrumento es según la información del CONSORCIO HV Y DVC
- Cronograma de obra
- Reporte diario.

#### **3.4.2 Criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos**

Dispusimos de la información necesaria para la investigación tanto como base de datos, registros y expedientes que fueron suministrados por CONSORCIO HV Y DVC.

#### **3.4.3 Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

fue presentada la información detallada de las deficiencias de las actividades Proyecto en relación a la Gestión de Tiempo, donde se explicó el motivo por qué se generó. De esta forma se evaluó en cuanto afectó estas deficiencias en el cronograma proyectado, luego se analizó la optimización para un mejor manejo del tiempo y su comparación con el método de valor ganado como concepto.

Para tal procesar los datos se esquematiza en tablas, cuadros y diagramas.

## CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 4.1 Descripción del Proyecto

El proyecto CENTRO COMERCIAL REAL PLAZA ESTE se encuentra ubicado entre las avenidas Nicolás Ayllón (Carretera Central), Vista Alegre, Prolongación Javier Prado y la calle Helsinki, adyacente al cerro Puruchuco, en el distrito de Ate, provincia y departamento de Lima. El terreno comprende un área aproximada de 116,634 m<sup>2</sup>(fig27).



Figura 27: Plano de Ubicación

Fuente: google Maps (2019)

El proyecto se ha dividido en 14 sectores: 1a, 1b, 1c, 2, 3a, 3b, 4a, 4b, 5a, 5b, 6a, 6b, 7 y 8. (Ver plano de sectorización). La junta sísmica entre un sector y otro es de 15cm.

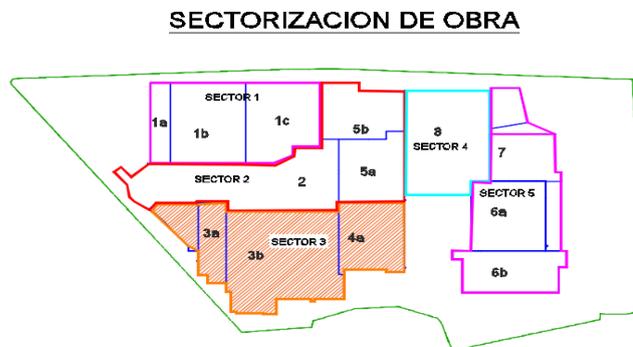


Figura 28: Sectorización de la obra

Fuente: HV -DVC

Para la mayoría de los sectores el diseño comprende 5 niveles divididos en un sótano, un entrepiso de sótano y 3 pisos superiores, en nuestro caso de estudio se está considerando los sectores 1b y 1c (tienda ancla de plaza vea- fig29).

#### 4.1.1 Estructuración

Todos los sectores se han estructurado bajo el mismo criterio, por lo tanto, la descripción que se presenta a continuación es válida para la ejecución del proyecto.

Los sectores se han estructurado en base a un sistema de placas y pórticos de concreto armado, compuestos por vigas y columnas, ubicados de tal forma que garanticen una estructura con adecuada rigidez lateral en las dos direcciones. El sistema de techos está conformado en base a losas macizas de 20cm de espesor para los paños típicos de 8.30x8.30m y para paños con longitudes muchos mayores se consideraron losas de 25cm de espesor(fig.30-31).

En el tercer nivel se tienen áreas techadas con estructuras metálicas y zonas con losas de concreto armada, en éstas últimas se ubicarán mayormente los equipos. Las vigas típicas son de 0.40x0.70m y 0.50x1.00. Las columnas en su mayoría son de .70x.70 y de .80x.80 y se tienen placas de 0.60m, 0.80m y 1m de espesor.

No solo se va enfocar en tráfico de público, sino recurrencia y permanencia, estos dos últimos factores son muy importantes.



Figura 29: Plaza Veá (2019)

Fuente: constructivo.com

#### 4.1.2 Partidas etapa gruesa sector 1B Y 1C

Tabla 6: Partidas de etapa gruesa sector 1B y 1C

PARTIDAS	DURACION	INICIO	FIN
SECTOR 1C	232 días	9/04/18	26/11/18
Excavación Sector 1C	55 días	9/04/18	2/06/18
Cimentación Sector 1C	50 días	17/04/18	5/06/18
Relleno Sector 1C	29 días	18/05/18	15/06/18
1C - MS - Verticales - Mezzanine Sótano	17 días	19/05/18	4/06/18
1C - MS - Horizontales Mezzanine - Sótano -3.50	23 días	30/05/18	21/06/18
1C - S - Verticales - Sótano	39 días	9/05/18	16/06/18
1C - S - Horizontales - Sótano -0.05	47 días	29/05/18	14/07/18
1C - S - Escaleras Sótano	21 días	10/07/18	30/07/18
1C - MP1 - Verticales - Mezzanine Primer Piso	19 días	28/06/18	16/07/18
1C - MP1 - Horizontales - Mezzanine Primer Piso +3.00	20 días	12/07/18	31/07/18
1C - P1 - Verticales - Primer piso	42 días	21/07/18	31/08/18
1C - P1 - Horizontales - Primer piso +5.95	42 días	1/08/18	11/09/18
1C - P1 - Escaleras Primer piso	20 días	7/09/18	26/09/18
1C - MP2 - Verticales - Mezzanine Segundo piso	12 días	7/09/18	18/09/18
1C - MP2 - Horizontales - Mezzanine Segundo piso +8.70	14 días	12/09/18	25/09/18
1C - P2 - Verticales - Segundo piso	29 días	1/09/18	29/09/18
1C - P2 - Horizontales - Segundo piso +11.50	33 días	14/09/18	16/10/18
1C - P2 - Escaleras Segundo piso	20 días	12/10/18	31/10/18
1C - P3 - Verticales - Tercer piso	28 días	3/10/18	30/10/18
1C - P3 - Horizontales - Tercer piso +16.85	31 días	13/10/18	12/11/18
1C - MP3 - Verticales - Mezzanine tercer piso	10 días	29/10/18	7/11/18
1C - MP2 - Horizontales - Mezzanine tercer piso +21.20	11 días	2/11/18	12/11/18
1C - P3 - Escaleras Tercer piso	20 días	7/11/18	26/11/18
1C - S - Conformación de sub-base y base	24 días	29/08/18	21/09/18
1C - S - Losa de Piso - Sótano -6.70	35 días	12/09/18	16/10/18

Fuente: Elaboración propia





## **4.2 Procesos Para Optimizar la gestión del tiempo**

### **4.2.1 Gestión del cronograma:**

Se deberá establecer las políticas, procedimientos y documentación que es necesario recopilar, para la planificación, ejecución y control de la programación del proyecto. Este proceso proporciona orientación y dirección acerca de la forma en que se gestionará el cronograma del proyecto a lo largo de todo su ciclo de vida.

- Puede llevarse a cabo mediante técnicas analíticas, complementadas con reuniones y el juicio experto del propio Director de Proyecto.
- Debe resultar en la creación del plan de gestión del cronograma de proyecto, un documento esencial para la gestión del tiempo

### **4.2.2 Definición de actividades**

Se busca identificar y documentar las acciones concretas que será necesario realizar los entregables del proyecto. Es el momento de, previa creación de la estructura de descomposición del trabajo, dividir cada paquete en las actividades que constituyen la base del proyecto.

Para completar este proceso es importante dominar la técnica de la estructura de descomposición del trabajo, cuya elaboración deberá enriquecerse con la aportación del punto de vista de representantes de los equipos de trabajo involucrados en su ejecución. De este proceso se extraerán una lista de actividades, otra de hitos y un compendio que recoja las características y atributos de cada una de las actividades.

### **4.2.3 Concatenación de actividades**

Define las relaciones entre las distintas actividades del proyecto, estableciendo para ello la secuencia lógica de trabajo que garantiza la mayor eficiencia, teniendo en cuenta todas las restricciones del proyecto.

- a. Hace falta conocer las dependencias y tener una buena capacidad de previsión de las áreas más susceptibles de sufrir retrasos o adelantos.

b. Debe culminar con la confección de un diagrama de red que represente el cronograma de proyecto, tras haber actualizado toda la documentación que así lo requiriese.

#### **4.2.4 Estimación de recursos necesarios para cada actividad**

Se trata de hacer una aproximación, lo más precisa posible, del tipo y cantidad de recursos necesarios para llevar a cabo cada actividad. Para completar este proceso es preciso identificar, no sólo la clase y volumen de recursos que se emplearán, sino también sus principales características, ya que así se minimiza el riesgo relativo al cálculo de costes y duración.

En base a todos los recursos disponibles se han de determinar los requisitos que conlleva cada actividad y se tiene que elaborar la estructura de descomposición de los recursos aplicables a cada tarea.

#### **4.2.5 Estimación de la duración de cada actividad**

Ofrece una visión muy clara del número de períodos de trabajo necesarios para completar las actividades individuales con los recursos estimados. Estos cálculos proporcionan la información suficiente para conocer la cantidad de tiempo que cada actividad requiere para completarse.

- Entre los métodos más usados para realizar estas estimaciones se encuentran el de la estimación análoga, la paramétrica o la de los tres puntos; aunque el análisis de reservas o la aplicación de técnicas de toma de decisiones grupales también suelen dar buenos resultados.

#### **4.2.6 Desarrollo del cronograma contractual del proyecto:**

Que se lleva a la práctica analizando cada secuencia de actividades, sus duraciones, los requisitos aplicables a los recursos y, por supuesto, también las restricciones. Una vez completado debe mostrar las fechas previstas para completar todas las actividades del proyecto que en él se recogen.

a. Tras el análisis y la aplicación de técnicas de modelado y optimización de recursos, se pueden poner en práctica métodos de gestión de proyectos como el del camino crítico o el de la cadena crítica.

b. Es fundamental no retrasar más la tarea de actualización de documentos y herramientas.

#### **4.2.7 Control del cronograma**

Sienta las bases necesarias para facilitar el seguimiento y control del estado de las actividades del proyecto. Además, sirve para actualizar el avance del proyecto y gestionar cambios en la línea base del cronograma que permitan ganar ajuste con lo dispuesto en la planificación. La función más importante de este proceso es proporcionar los medios para identificar desviaciones de forma prematura, estando en disposición de plantear las acciones correctoras o preventivas necesarias.

En este último de los procesos de gestión del tiempo de proyecto no es extraño aplicar técnicas de pronóstico, que permitan una mayor capacidad de reacción y un margen de tiempo extra para la planificación y la elaboración de un plan de contingencia.

Culminar los siete procesos que sirven para optimizar la gestión del tiempo de un proyecto es la forma de aumentar las posibilidades de éxito ya que esta planificación es la mejor hoja de ruta posible. El nivel de actualización que se consigue gracias a la aplicación de los procedimientos citados y la capacidad de control que se gana son las mejores herramientas para apoyar la gestión del Director de Proyecto y minimizar el riesgo(fig32).

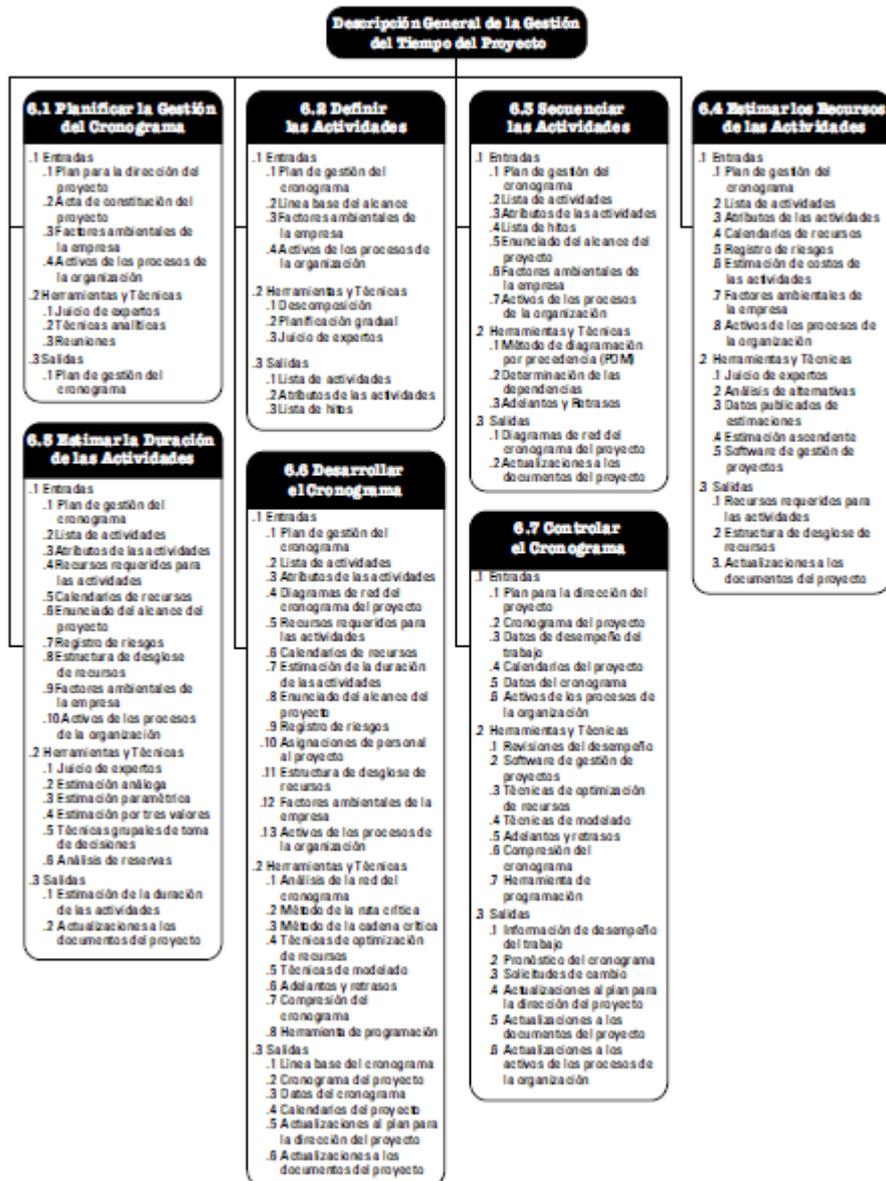


Figura 32: Gestión de la gestión según la metodología

Fuente: Metodología PMBOK

### 4.3 procedimiento de la herramienta de línea de balance

Se procederá entonces a describir cómo se elabora un programa de obra con la técnica de la Línea de Balance, cómo ésta es afectada bajo diferentes esquemas de disponibilidad de recursos, el procedimiento necesario para poder llegar a elaborarla. para ello se recomienda seguir los siguientes pasos:

- ✓ Preparar un diagrama lógico de actividades.
- ✓ Estimar las horas-hombre para ejecutar cada actividad.

- ✓ Seleccionar los tiempos de espera condicionados (buffers) que eviten el riesgo de interferencias entre actividades.
- ✓ Calcular el rendimiento requerido en cada actividad para completar la obra en el tiempo establecido
  - ✓ Elaborar una tabla con los cálculos necesarios.
  - ✓ Dibujar el diagrama o programa de avance, con los resultados de la tabla.
    - a. Examinar el diagrama y considerar la posibilidad de alternativas más “balanceadas”, tales como:
      - b. Cambiar el rendimiento de alguna actividad (reduciendo o aumentando el número de cuadrillas a lo largo de la duración de la misma).
      - c. Despedir alguna(s) cuadrilla(s) y recontratarla(s) más adelante.
      - d. Ejecutar de manera simultánea algunas actividades.

Como se cuenta con la programación PERT esa misma programación se plasmó a través de líneas de balance que representan el inicio y el fin los días en los que fueron programados según cronograma de ejecución la diferencia entre el diagrama PERT y la línea de balance es muy significativa, pues en la de la LDB se puede consolidar un grupo de actividades similares en una sola línea y, por consecuencia, representar un gran número de actividades comunes en un documento mucho más sencillo y pequeño a la vez.

A diferencia de un diagrama de barras (resultante de CPM, PDM o PERT), que muestra la duración de una actividad particular, una gráfica de LDB muestra el “ritmo” de trabajo al cual deben ser realizadas todas las actividades que conforman el proyecto para concluirlo de acuerdo a lo programado, la relación de un grupo de actividades con respecto al grupo subsecuente y, si un grupo está atrasado, el impacto de este sobre el grupo posterior. En este sentido, una gráfica de LDB no muestra relaciones directas entre actividades individuales; muestra una relación de resultados entre las diferentes operaciones y cómo cada operación debe ser completada a un ritmo particular para que la subsecuente proceda al ritmo requerido.

Para el caso de obra gruesa del centro comercial real plaza este el concreto de la losa podría representarse indicando el número de m<sup>2</sup> que debieran completarse cada semana

la situación ideal de un proyecto es cuando todas las operaciones tienen un ritmo de trabajo uniforme y constante. Esto, por lo general, significa que los recursos requeridos serán también constantes, siendo éste el escenario ideal. Es mucho más fácil administrar las diferentes operaciones de un proyecto donde el ritmo de trabajo es uniforme y se tiene un nivel estable de recursos.

La gráfica de la LDB también sirve para mostrar el avance real del proyecto. El ritmo de trabajo planeado de las diferentes operaciones puede ser contrastado contra sus respectivos avances reales. La fecha probable de terminación puede ser extrapolada basándose en el ritmo real de trabajo. Si el ritmo real de trabajo es menor que lo requerido, se pueden realizar los ajustes necesarios para incrementar el nivel de producción.

Se puede ver claramente que el "ritmo" de trabajo, o rendimiento, del proyecto en cuestión se puede determinar fácilmente, ya que corresponde a la pendiente de la línea que une las terminaciones de la primera y la última unidad. Para propósitos ilustrativos y mayor claridad, esta relación se presenta en la Figura 33 y corresponde a la ecuación  $R = (n - 1) / (t - t_0)$ .

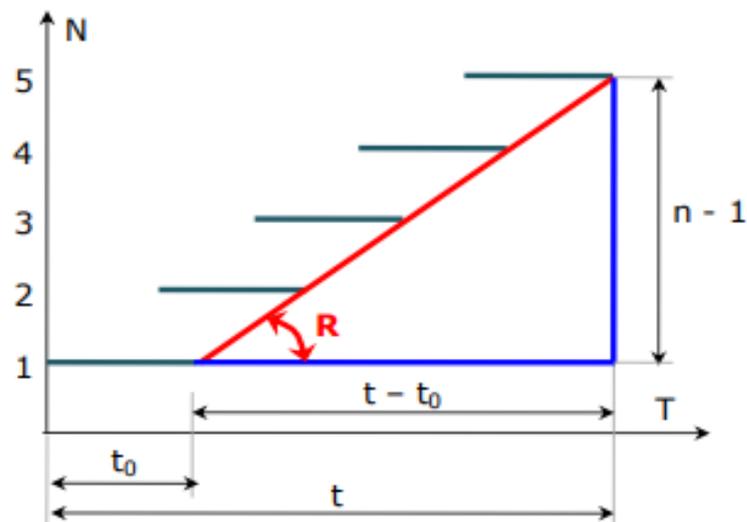


Figura 33: Gráfica de línea de balance

Fuente: Elaboración propia

Es importante reconocer que para que el ritmo de trabajo  $R$  se cumpla, se deberá contar con todos los recursos necesarios. Ahora bien, esta condición también es premisa

necesaria para cualquier otra técnica de programación, sea ésta CPM, PDM, PERT, o cualquiera otra. Generalmente, cuando se realiza la programación inicial de un proyecto de construcción, independientemente de la técnica usada, se considera que se cuenta con recursos ilimitados, y posteriormente se realiza la redistribución o “balanceo” de recursos.

El periodo del tiempo depende de cada planificador, puede ser días o semanas. A partir de la velocidad, y según medido por cada piso podemos hallar el rendimiento. Luego, en base al rendimiento y el número de horas de trabajo por día, número de personas por cuadrilla y número de cuadrillas trabajadas, se puede calcular la ratio de cada partida.

#### **4.4 M2 de techado**

##### **4.4.1 m2 de techado en función del cronograma de ejecución**

El control de avance según los m2 de techo nos representa el avance real y los contratiempos que pueden ser manifestados serán analizados con la pendiente de la línea de balance lo cual refleja el ritmo de trabajo.

##### **4.4.2 Cronograma de ejecución**

Se integra todas las actividades, secuencias, recursos y duraciones.

Se analizan las secuencias de actividades, las duraciones, los requisitos de recursos y las restricciones del cronograma para crear el modelo de programación del proyecto.

Se deberá definir y secuenciar actividades y estimar los recursos de las mismas para crear el cronograma del proyecto. Normalmente este proceso es llevado a cabo mediante una herramienta de planificación y suele ser también, un proceso iterativo, que determina las fechas de comienzo y de fin para las actividades planificadas. Iterativo por que muy probablemente requiera de una o varias revisiones de los estimados de duración y recursos para desarrollar un cronograma de Proyecto realista y aprobado, que servirá como línea de base con respecto a la cual mediremos el avance real del Proyecto.

#### **4.4.2.1 Entradas**

- Plan de Gestión del Cronograma: Identifica la metodología y la herramienta de planificación a utilizar en el Proyecto para el desarrollo del cronograma y la manera en que se debe calcular el mismo
  - Lista de actividades con sus atributos
  - Diagrama de Red: Los diagramas de red del cronograma del Proyecto, contienen las relaciones lógicas de predecesoras y sucesoras que se utilizarán para calcular el cronograma.
  - Requisitos y calendario de recursos: Los calendarios contienen información sobre la disponibilidad de los recursos a lo largo del Proyecto.
  - Estimados de la duración de las Actividades: Valoraciones cuantitativas de la cantidad probable de periodos de trabajo que se necesitarán para completar una actividad.
  - Enunciado del alcance del Proyecto: Ya que incluye restricciones y supuestos que pueden afectar al desarrollo del cronograma
  - Asignaciones de Personal al Proyecto: Salida del proceso *9.2 Adquirir el Equipo de Proyecto*. Especifican qué recursos se asignan a cada una de las actividades.
  - Estructura de Desglose de Recursos (RWS): Salida del proceso *6.4. Estimar los Recursos de las Actividades*
  - Factores ambientales y Activos de los procesos de la Organización: La herramienta de planificación utilizada para desarrollar el cronograma se encuentra entre unos de los factores ambientales que pueden afectar al proceso, mientras que la metodología de planificación y el calendario de trabajo son activos de los procesos de la organización que pueden influir en el desarrollo del cronograma.

#### **4.4.2.2 Herramientas y técnicas**

- a. Análisis de la Red del Cronograma. Conjunto de técnicas utilizadas para generar el cronograma del proyecto y calcular las fechas de inicio y finalización tempranas y tardías de las actividades del proyecto: métodos de la ruta y de las cadenas críticas, análisis “¿Qué pasa si...?” y nivelación de recursos.

b. Método de la ruta crítica. El método de la ruta crítica calcula las fechas teóricas de inicio y finalización tempranas y tardías para todas las actividades, sin considerar las limitaciones de recursos, realizando un análisis que recorre hacia adelante y hacia atrás toda la red del cronograma.

c. Método de la cadena crítica. Modificación del cronograma teniendo en cuenta la restricción de recursos. Una vez identificada la ruta crítica, se introduce la disponibilidad de recursos y se determina el resultado. Esta nueva ruta crítica, se denomina *cadena crítica*. Este método agrega colchones de duración, que son actividades del cronograma que no requieren trabajo y que se utilizan para manejar la incertidumbre. Un colchón que se coloca al final de la cadena crítica se conoce como colchón del proyecto y protege la fecha de finalización objetivo contra cualquier retraso a lo largo de la cadena crítica, consecuentemente, en lugar de gestionar la holgura total de los caminos de red, el método de la cadena crítica se concentra en gestionar las duraciones restantes de los colchones en función de las duraciones restantes de las cadenas de tareas.

d. Optimización de recursos. Entre los ejemplos de técnicas de optimización de recursos que se pueden utilizar para ajustar el modelo de programación en función de la demanda y la provisión de los mismos, tenemos la nivelación y el equilibrado. Ambas técnicas ajustan las actividades del cronograma de manera de las necesidades de recursos no excedan ciertos límites.

e. *Nivelación de Recursos*: Puede modificar la ruta crítica e incrementar el Cronograma

f. *Equilibrado de Recursos*: Solo permite retrasar las actividades según su holgura, es decir, no modifica la ruta crítica.

g. Análisis “¿Qué pasa si...?” Consiste en realizar diferentes simulaciones en diferentes escenarios para determinar cómo podría variar el cronograma. La técnica más común es la del *Análisis Monte Carlo*. En la cual se define una distribución de duraciones posibles para cada actividad, que es usada para calcular una distribución de posibles resultados para todo el proyecto.

h. Aplicación de adelantos y retrasos. son refinamientos que se aplican durante el análisis de la red para desarrollar un cronograma viable.

i. Compresión del Cronograma. Consiste en reducir o acortar la duración del cronograma, sin modificar el alcance. Las técnicas utilizadas para ello son:

– Compresión (Crashing). Consiste en agregar recursos para acortar la duración. Se debe conseguir la máxima compresión con el menor coste posible.

– Ejecución rápida (Fast-tracking). Consiste en realizar actividades paralelamente en el tiempo para acortar el cronograma. Puede provocar riesgos. Sólo es aplicable en actividades que pueden superponerse(fig34).

¿Cómo recortar el Cronograma?	Impacto sobre el Proyecto
Ejecución rápida (Fast-tracking)	Agrega riesgos Requiere más tiempo del DP
Compresión (Crashing)	Agrega costos Requiere más tiempo del DP
Reducir alcance	Ahorra tiempo y costos Reduce la satisfacción del cliente
Recortar calidad	Puede ahorrar tiempo y costos Agrega riesgos

Figura 34: Cronograma del proyecto

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.3 Salidas

a. Cronograma del proyecto. Debe contener, como mínimo, una fecha de inicio y una fecha de finalización programadas para cada actividad. De manera que puede presentarse como un *cronograma de hitos* (formato adecuado para presentar a la alta gerencia). Un *diagrama de barras* (formato adecuado para ser gestionado por el equipo del proyecto). O como un *diagrama de red*, que normalmente muestra la lógica de la red del proyecto. Así como las actividades del cronograma que se encuentran dentro de la ruta crítica del proyecto.

b. Línea base del cronograma. El equipo de dirección del proyecto acepta y aprueba la línea base del cronograma. Con fechas de inicio y fechas de finalización. Se trata de un componente del plan para la dirección del proyecto.

c. Datos del cronograma. Incluye toda la información relativa a hitos, actividades con sus atributos, histograma y/o calendario de recursos. Diferentes alternativas a la nivelación de recursos. Reservas para contingencias, supuestos, restricciones, etc.

d. Actualizaciones a los documentos del proyecto. Requisitos de recursos de la actividad, atributos de las actividades, el calendario y el registro de riesgos

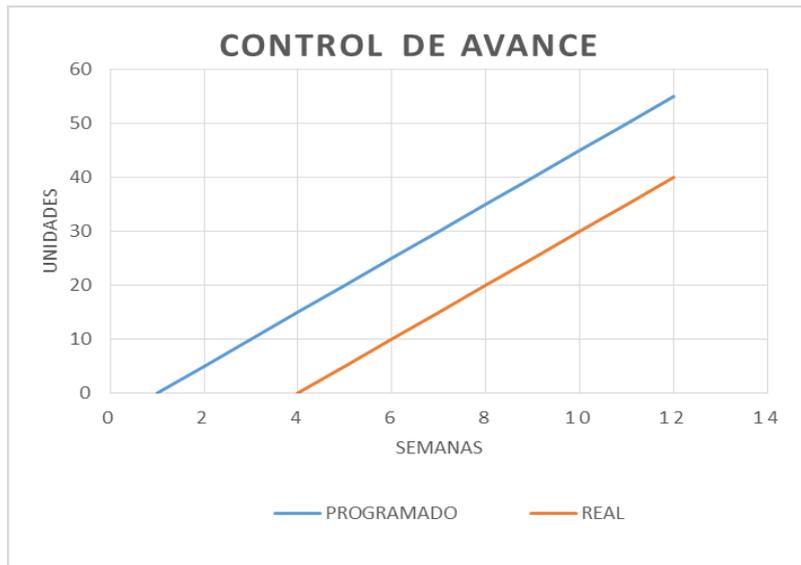


Figura 35: Control de avance

Fuente: Elaboración propia

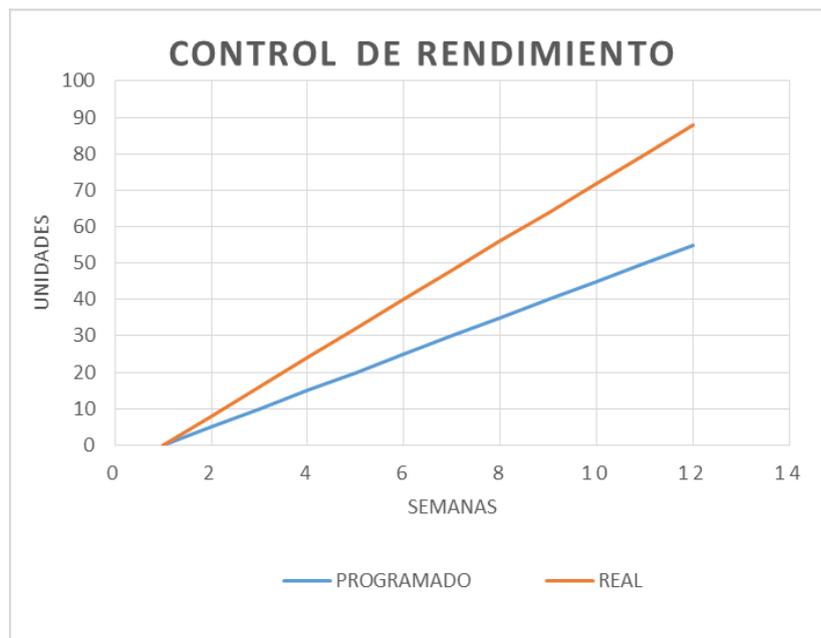


Figura 36: Control de rendimiento

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico, se puede observar que mediante el método de Línea de Balance nos permite llevar un mejor control del rendimiento debido a que poder localizar de una manera más simple si se cumple con el rendimiento proyectado según la pendiente de la línea, lo cual nos permite un mejor control del proyecto(fig.35-36)

## **4.5 Sectorización y trenes de trabajo**

Sectorización y Trenes de trabajo en función del tiempo de ejecución

El desarrollo de las actividades a través de la sectorización y con trenes de trabajo del lugar nos define el orden y la secuencia en el que se desarrollaran las partidas, teniendo establecido la zona de ejecución se procedió medir del desarrollo de las actividades obteniendo y comparando tales desarrollos con lo programado

### **4.5.1 Sectorización**

Bajo este sistema se encuentran la sectorización del lugar del trabajo. Para realizar esta sectorización se debe tener definido el método constructivo, luego tener el metraje de las actividades generales en unidades definidas de preferencia en m<sup>3</sup>, m<sup>2</sup> y/o metros lineales, luego se divide los metrados totales entre la cantidad de sectores con los que se desea realizar la obra, siempre cuidando que los sectores tengan similar cantidad de elementos especiales a ejecutar dentro de él, esto con la finalidad de que no se produzca atrasos o adelantos por un desbalance en las capacidad de producción entre las cuadrillas, siempre teniendo cuidado de los criterios constructivos y estructurales que puedan afectar la calidad de la obra. Una vez definido los sectores y las actividades de la sectorización se tienen que dar a conocer al personal involucrados en estos trabajos de forma clara y visible de preferencia en un mural para que contribuya a dar órdenes, tomar mediciones y controlar la ejecución de las actividades programadas.

de acuerdo a la información recopilada se tiene que la etapa de obra gruesa para los sectores 1B y 1C tenemos las siguientes

- Sector 1 B =240 DIAS=34 semanas de ejecución
- Sector 1 C=232 DIAS =33 semanas de ejecución

### **4.5.2 Tren de actividades**

Es un sistema balanceado de producción constante, es aplicado a proyectos donde la variabilidad es reducida y físicamente el trabajo es reducible a partes iguales. Ayuda a

optimizar las actividades repetitivas y secuenciales, tales como edificación, montaje, tendido de tuberías, etc. Este sistema debe reunir las siguientes características:

- a. Las actividades se consideran como una estación de trabajo.
- b. Se busca que todas las estaciones estén balanceadas en capacidad y demanda.
- c. Todos los procesos son cuello de botella, todas las actividades son Ruta Crítica.
- d. Todos los días, cada cuadrilla produce lo mismo.
- e. Consecuentemente, todos los días se tiene el mismo avance en el Proyecto.
- f. La cantidad de recursos necesarios es constante.
- g. Cantidad de trabajo que se ejecuta en todas las estaciones es la misma.
- h. La capacidad de cada estación está diseñada para la cantidad de trabajo. Los pasos a seguir para generar un tren son los siguientes:
  - i. Sectorizar el área de trabajo
  - j. Listar actividades necesarias
  - k. Secuenciar las actividades (incluir buffers de ser necesario)
  - l. Dimensionar recursos

La aplicación de este sistema tiene la ventaja de crear la especialización y curva de aprendizaje, existe mayor facilidad de control y mejora de la productividad. La principal desventaja, es tener todas las actividades como partidas críticas y por lo tanto el no cumplimiento de una genera improductividad en el sistema.

## CAPÍTULO V: APLICACIÓN DE LA INVESTIGACION

### 5.1 Trenes de Trabajo

La obra se ha dividido en 05 frentes según la sectorización del diseño estructural.

Los frentes se han subdividido en 14 subsectores en total tomando en cuenta los m<sup>2</sup> a construir y la distribución de las grúas(fig.37).

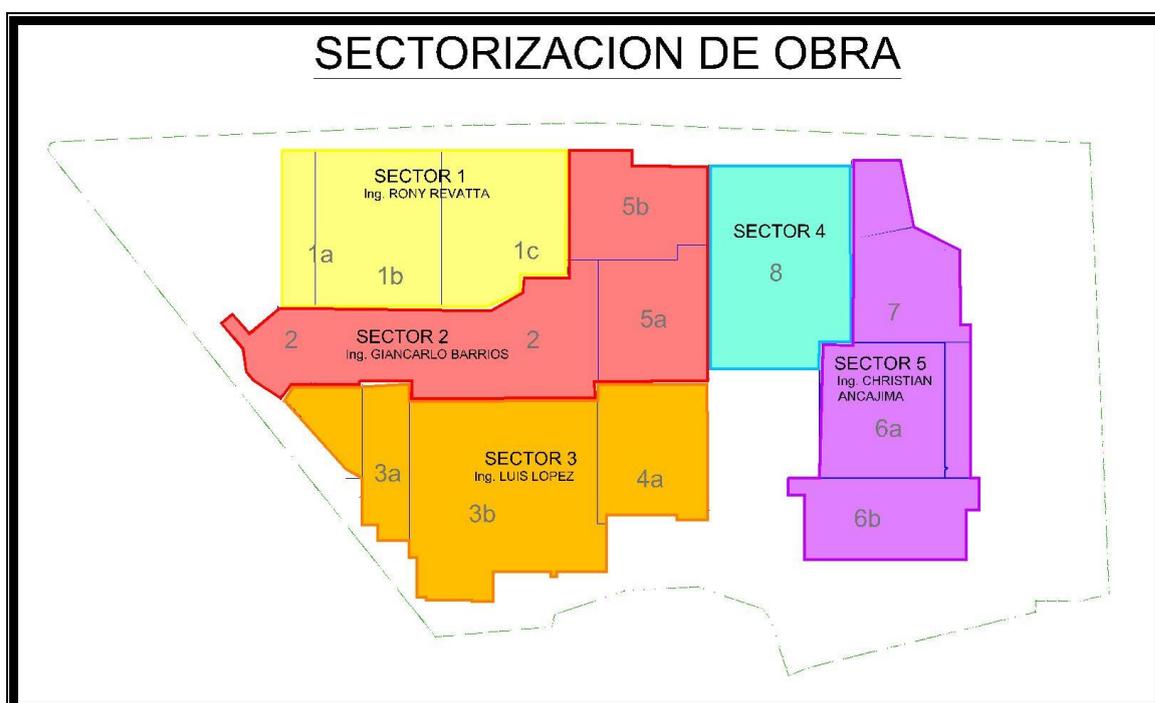


Figura 37: Plano de sectorización

Fuente: Elaboración propia

Para el desarrollo de los trenes de trabajo primeramente se tuvo que realizar la Sectorización, del lugar del trabajo. Para realizar esta sectorización se tuvo definido el método constructivo, luego tener el metraje de las actividades generales en unidades definidas de preferencia en m<sup>3</sup>, m<sup>2</sup> y/o metros lineales, luego se divide los metrados totales entre la cantidad de sectores con los que se desea realizar la obra, siempre cuidando que los sectores tengan similar cantidad de elementos especiales a ejecutar dentro de él, esto con la finalidad de que no se produzca atrasos o adelantos por un desbalance en las capacidad de producción entre las cuadrillas, siempre teniendo cuidado de los criterios constructivos y estructurales que puedan afectar la calidad de la

obra. Una vez definido los sectores y las actividades de la sectorización se tienen que dar a conocer al personal involucrados en estos trabajos de forma clara y visible de preferencia en un mural para que contribuya a dar órdenes, tomar mediciones y controlar la ejecución de las actividades programadas(fig38).

La sectorización del lugar de trabajo para el desarrollo de los trenes reúne las siguientes características:

- a. Las actividades se consideran como una estación de trabajo.
- b. Se busca que todas las estaciones estén balanceadas en capacidad y demanda.
- c. Todos los procesos son cuello de botella, todas las actividades son Ruta Crítica.
- d. Todos los días, cada cuadrilla produce lo mismo.
- e. Consecuentemente, todos los días se tiene el mismo avance en el Proyecto.
- f. La cantidad de recursos necesarios es constante.
- g. Cantidad de trabajo que se ejecuta en todas las estaciones es la misma.
- h. La capacidad de cada estación está diseñada para la cantidad de trabajo.



Figura 38: Diagrama de obra

Fuente: elaboración propia

Los pasos para el desarrollo de un tren fueron los siguientes los siguientes:

- a. Sectorizar el área de trabajo
- b. Listar actividades necesarias
- c. Secuenciar las actividades (incluir buffers de ser necesario)

d. Dimensionar recursos La aplicación de este sistema tiene la ventaja de crear la especialización y curva de aprendizaje, existe mayor facilidad de control y mejora de la productividad. La principal desventaja, es tener todas las actividades como partidas críticas y por lo tanto el no cumplimiento de una genera inproductividad en el sistema(fig39).

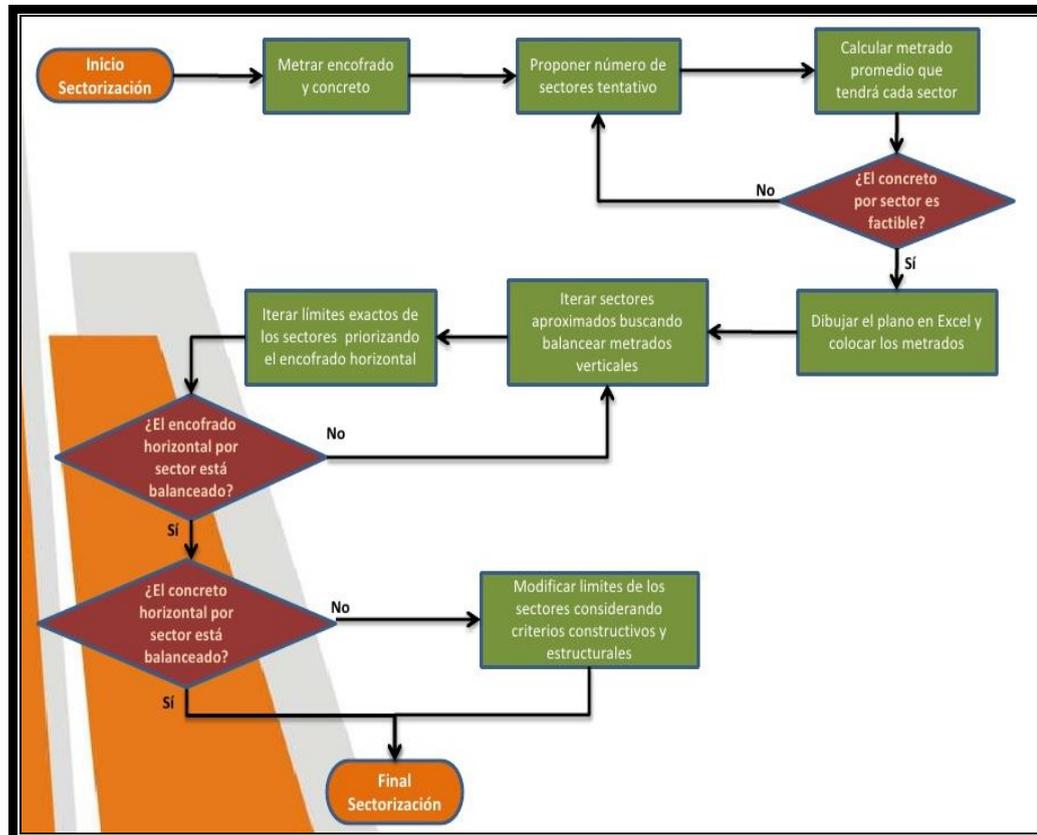


Figura 39: Flujograma de sectorización

Fuente: Consorcio HV-DVC

En la construcción convencional se da que muchas veces el maestro de obra es el que decide el número de obreros a contratar, lo cual genera que se tenga en la mayoría de los casos un número excesivo de personal en la obra y por consiguiente los niveles de Trabajo Productivo se reduzcan. Al no tener una metodología determinada para calcular el número de personas que se tendrá en la obra se tiene una incertidumbre en el caso de los atrasos, no se sabe si lo que nos falta es mayor velocidad de producción o más personal y generalmente se intenta resolver este tipo de problemas incrementando el número de obreros por decisión del maestro. Además esto genera proyecciones deficientes en el uso de la mano de obra y nos quita el poder de negociación que se podría tener con ellos para cumplir las metas del proyecto. Ante todas estas deficiencias identificadas en la contratación del personal en la metodología tradicional de

construcción, se ha generado un procedimiento para el dimensionamiento de cuadrillas que va de la mano con los lineamientos de la filosofía Lean Construction y que busca eliminar todas las falencias mencionadas y darnos un total control en la cantidad de personal que tendremos en nuestra obra.

Para ayudarnos en el desarrollo de la investigación utilizaremos el procedimiento o metodología conocido como el Circuito Fiel y que tiene como finalidad calcular el número exacto de personas que son necesarias para realizar una actividad (partida) y cumplir con los rendimientos establecidos al iniciar el proyecto y por consiguiente garantizar que se cumpla con un nivel de productividad mayor al promedio. Para realizar el circuito fiel se tiene que tener en cuenta las siguientes consideraciones. Una vez realizada la sectorización se tienen los volúmenes de trabajo para las distintas cuadrillas que se tendrá en la obra, como se mencionó en la parte de sectorización lo ideal es que los volúmenes de trabajo sean iguales en cada sector, lo cual es casi imposible de lograr, pero si se obtienen metrados muy similares. Los metrados por sectores son el punto de partida para el uso del Circuito fiel para el proceso de dimensionar cuadrillas, mediante el uso de esta herramienta se busca reducir al máximo el personal obrero en el proyecto contratando solo a la cantidad que en verdad necesitamos para ejecutar cada partida de nuestro presupuesto. Otro de los puntos primordiales para el uso de esta herramienta es el rendimiento presupuestado, en este punto se introduce la capacidad de la empresa en realizar los trabajos de manera más productiva, así los rendimientos proyecto tienden a ser más bajos o más productivos que los promedios usados en el sector. El rendimiento presupuestado que tenemos que cumplir o mejorar en nuestra obra y por consiguiente se toma como punto de partida para la elaboración del circuito fiel. Ya definidas las consideraciones y requerimientos previos procederemos con la metodología o descripción del procedimiento de uso del Circuito Fiel.

## **5.2 Tiempo de ejecución de obra gruesa**

Realizada la sectorización del lugar de trabajo y establecidos ya los trenes de trabajo con las consideraciones detalladas en los párrafos anteriores se realizó un análisis de la duración de las actividades en función de los trenes de actividades a realizarse para los análisis de una buena optimización en la gestión del tiempo.





Tabla 7: Avance a la fecha de corte

**Avance a la Fecha de Corte**

PARTIDA	Und.	FRENTE	PRODUCCIÓN	TOTAL
EXCAVACION	m3	1	3,048.01	
EXCAVACION	m3	2	1,711.12	
EXCAVACION	m3	3	2,697.44	12,616.40
EXCAVACION	m3	4	1,034.92	
EXCAVACION	m3	5	4,124.92	
SOLADO	m2	1	1,680.55	
SOLADO	m2	2	1,126.85	
SOLADO	m2	3	1,139.60	5,807.63
SOLADO	m2	4	577.91	
SOLADO	m2	5	1,282.72	
ACERO	kg	1	79,550.00	
ACERO	kg	2	2,502.31	
ACERO	kg	3	44,775.18	152,534.59
ACERO	kg	4	16,698.73	
ACERO	kg	5	9,008.37	
CONCRETO	m3	1	1,242.78	
CONCRETO	m3	2	-	
CONCRETO	m3	3	727.65	2,343.22
CONCRETO	m3	4	213.06	
CONCRETO	m3	5	159.73	



Fuente: HV-DVC

En nuestro grafico la linea base del desempeño esperado del proyecto evidenciamos que el % avance programado se sigue generando la no concordancia con el avance real generando un atraso a lo planificado por tener partidas atrasadas tales como de excavacion que retrasa el solado, acero y colocacion del concreto(tabla7).

### 5.3 Trenes de trabajo y su tiempo de ejecucion de las actividades etapa de obra gruesa.

#### 5.3.1 Aplicación frente 1 Sector 1b

Definición de actividades a realizar en la Línea de Balance:

- a) Acero de Verticales
- b) Encofrado de Verticales
- c) Concreto de Verticales
- d) Encofrado de Horizontales
- e) Acero de Horizontales
- f) Concreto de Horizontales

Con el cronograma real de obra se hace su adaptación a la programación con la línea de balance(fig44).

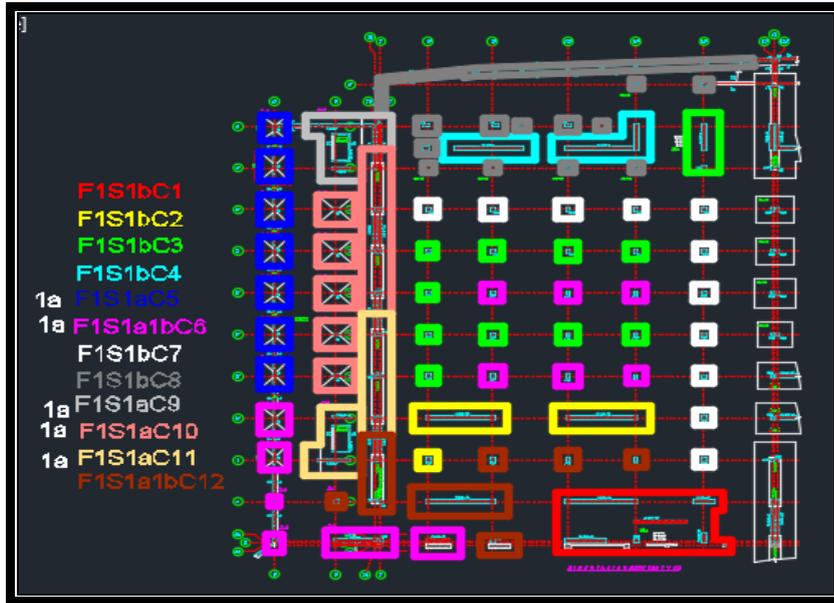


Figura 44: Distribución de trenes de trabajo sector 1B

Fuente: Elaboración propia.



Figura 45: Control de avance

Fuente: Elaboración propia

En la figura 45, se puede observar que mediante el método de Línea de Balance nos permite llevar un mejor control de avance de los trenes de trabajo debido a poder hacer una comparación con el tiempo programado y esto nos permite obtener de una manera más simple el atraso o delante de alguna partida según el desfase de la línea, lo cual nos permite llevar un mejor control del proyecto.

- Debido a que las fachadas son parte de la ruta crítica y tomando en cuenta que las tiendas Anclas son los primeros hitos de entrega, se ha previsto que desde la etapa de cimentación debemos establecer nuestra secuencia de trabajo desde el perímetro hacia el corredor central.

- Los 14 sectores de trabajo se ejecutarán en paralelo.

- Debido a la alta concentración de cimentaciones se ha considerado tener 10 excavadoras.

- Por lo mencionado anteriormente, el proceso de excavación no puede ser continuo ya que impediría un libre y seguro tránsito de los equipos de excavación y vaciado.

- Las cimentaciones corridas y más céntricas se piensan vaciar con bomba y las perimetrales y pequeñas directamente.

El relleno sobre las cimentaciones se hará con material propio y de préstamo

- Dado que la obra la hemos dividido en 05 frentes y 14 sectores, se han instalado 10 grúas y habrá 10 puntos de vaciados con sus respectivas bombas. Tendremos 14 bombas en stand by

- En paralelo a las excavaciones de las cimentaciones se realizará el vaciado de las mismas, así como el de las columnas.

- Previo al inicio de los encofrados de las vigas y techos se procederá con los rellenos sobre cimentaciones. Esto debe hacerse de esta manera ya que hay una alta concentración de cimentaciones y no habría la superficie adecuada para poner los puntales.

- La conformación de la base y vaciado de losa de piso se hará en paralelo a la estructura y conforme se vaya liberando, esto será así al no ser ruta crítica y tener redes enterradas.

- Dado la extensión de la planta, debemos instalar una grúa en el centro de la galería.

- La losa del sector 2 en el nivel -0.05 que se debe dejar de hacer para poder retirar la grúa, se vaciará posteriormente. Esta losa al ser la del sótano y no tener más pisos no genera problemas en la ruta crítica.

- Se tiene previsto un avance promedio de 1,000 m<sup>2</sup> semanales por cada torre grúa o 10,000 m<sup>2</sup> totales.

- Los 1,000 m<sup>2</sup> semanales se desprenden de las unidades de producción establecidas, que en el pico llegarán a ser 3 crujiás o 250 m<sup>2</sup> aprox.

- Este avance representa la instalación de 74 toneladas de acero en promedio, las cuales deberán ser movilizadas por las grúas adicionalmente a los encofrados y demás materiales.
- Con este avance hace que la planta de concreto, que produce 80 m<sup>3</sup>/hr, trabaje diariamente en promedio 10 horas para lograr los 800 m<sup>3</sup> día promedio.
- Dado esto, se deberá priorizar el vaciado de losas por la mañana y así permitir el fraguado del concreto (mínimo 3 a 4 horas) para poder empezar a alisar.

### 5.3.2 Aplicación frente 1 Sector 1C

Definición de actividades a realizar en la Línea de Balance:

- Acero de Verticales
- Encofrado de Verticales
- Concreto de Verticales
- Encofrado de Horizontales
- Acero de Horizontales
- Concreto de Horizontales

Con el cronograma real de obra se hace su adaptación a la programación con la línea de balance(fig46-47).

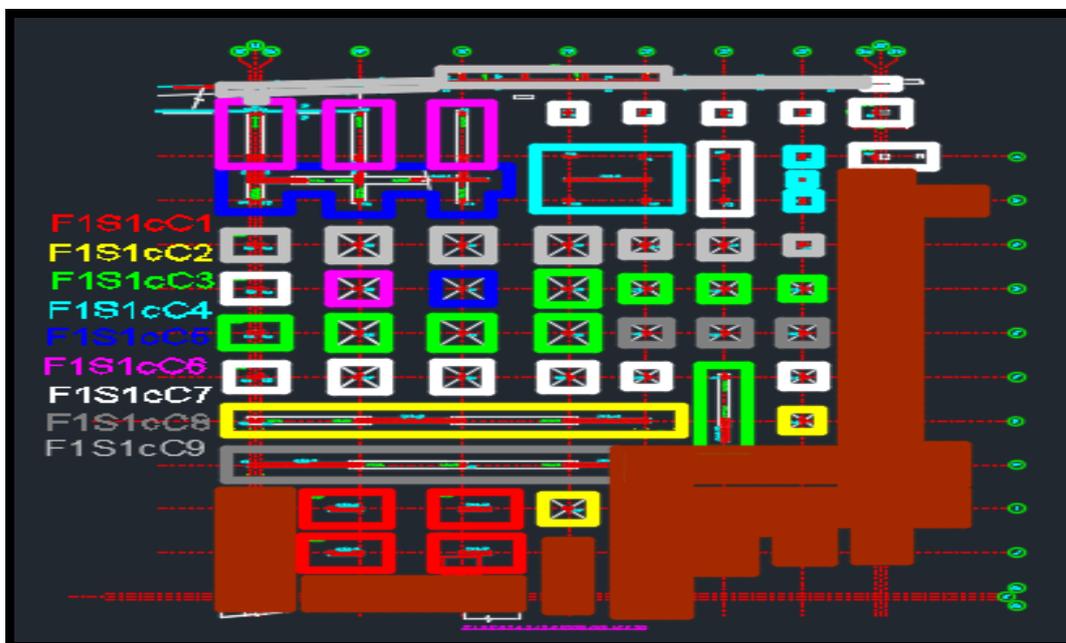


Figura 46: Distribución de trenes de trabajo sector 1C

Fuente: Elaboración propia

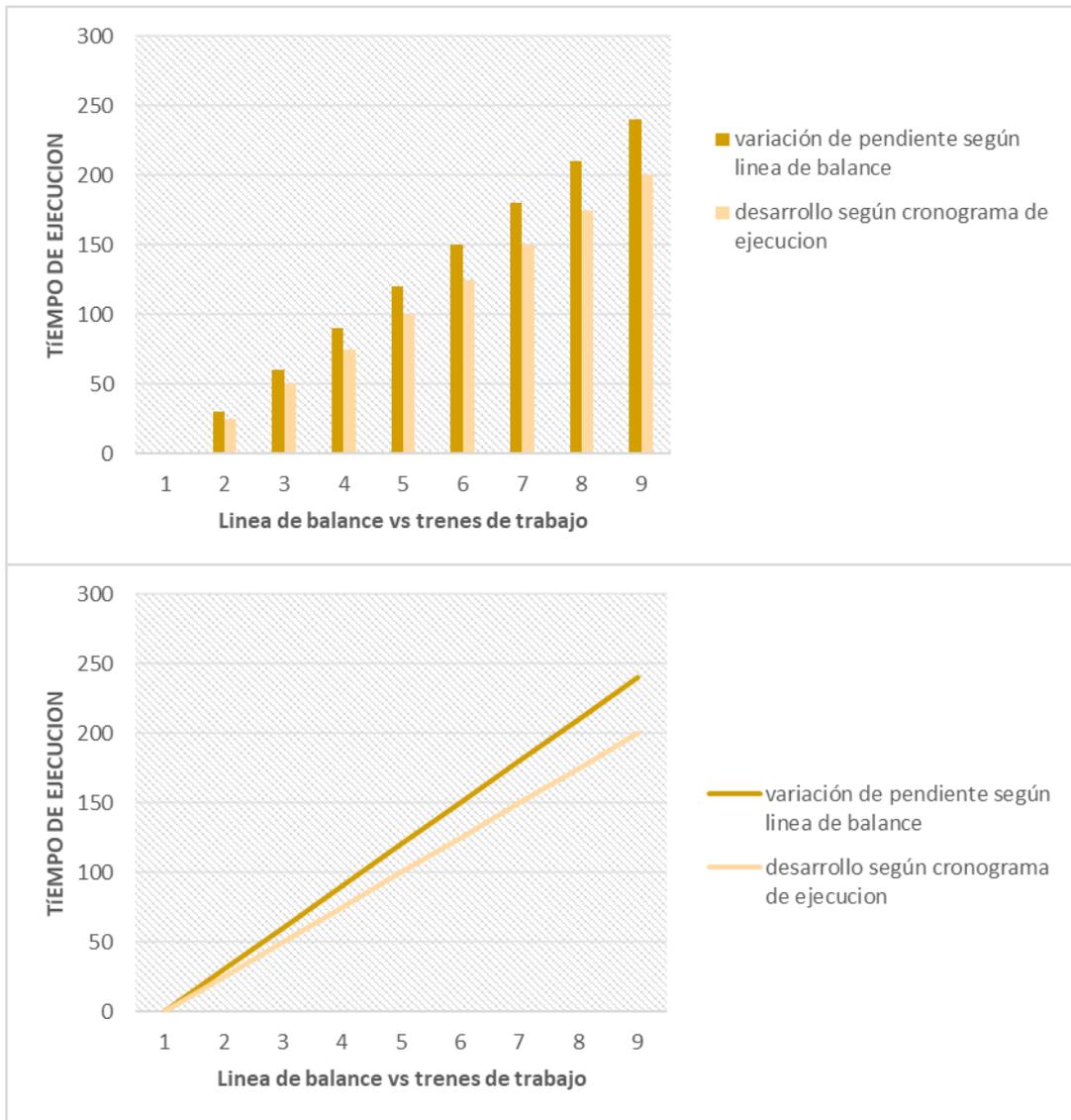


Figura 47: Trenes de trabajo vs tiempo de ejecución 1C

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico, se puede observar que mediante el método de Línea de Balance nos permite llevar un mejor control visual, los cronogramas se presentan en una sola imagen, lo que permite una mejor visión del conjunto, esta ventaja se define como tener a la vista las relaciones entre las actividades y las conexiones entre ellas (fig. 47).

Se determina la velocidad del desarrollo de las actividades que compete a la etapa de obra gruesa para los sectores de investigación 1b y 1 c

- a) Acero de Verticales
- b) Encofrado de Verticales
- c) Concreto de Verticales

- d) Encofrado de Horizontales
- e) Acero de Horizontales
- f) Concreto de Horizontales

### 5.3 Cálculo de la velocidad del Cronograma Real

Donde la velocidad es igual al Número de Pisos o Niveles / la duración de la ejecución del sector 1b y 1c

- Para el sector 1b  
 $V = 5/34 = 0.14705882$
- Para el sector 1c  
 $V = 5/33 = 0.15151515$

Como podemos observar la velocidad de ejecución está en función de los niveles de la etapa de obra gruesa obteniendo una velocidad de 0.15 de ejecución de nivel por semana.

Para optimizar la velocidad de ejecución de las actividades y minimizar el tiempo de su ejecución de las actividades

- a) Acero de Verticales
- b) Encofrado de Verticales
- c) Concreto de Verticales
- d) Encofrado de Horizontales
- e) Acero de Horizontales
- f) Concreto de Horizontales

Tenemos que proponer aumentar las velocidades de 0.15 a 0.2 para ello debemos aumentar la cantidad de personal de los frentes de trabajo y así obtener una mayor pendiente lo que significara menores tiempos de ejecución de las actividades mencionadas(fig.48).

para  $v=0.2$

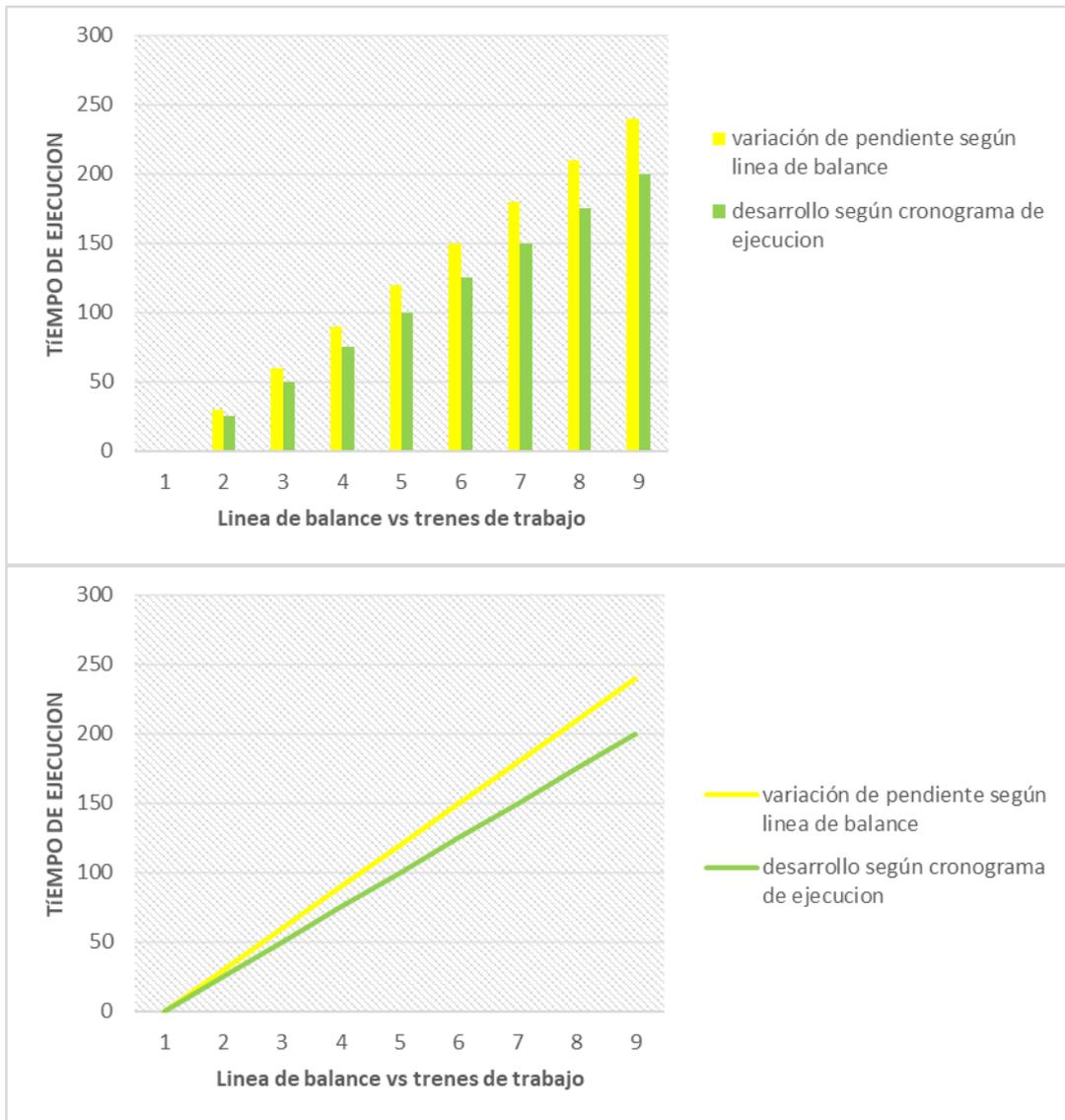


Figura 48: Trenes de trabajo vs tiempo de ejecución 1B

Fuente: Elaboración propia

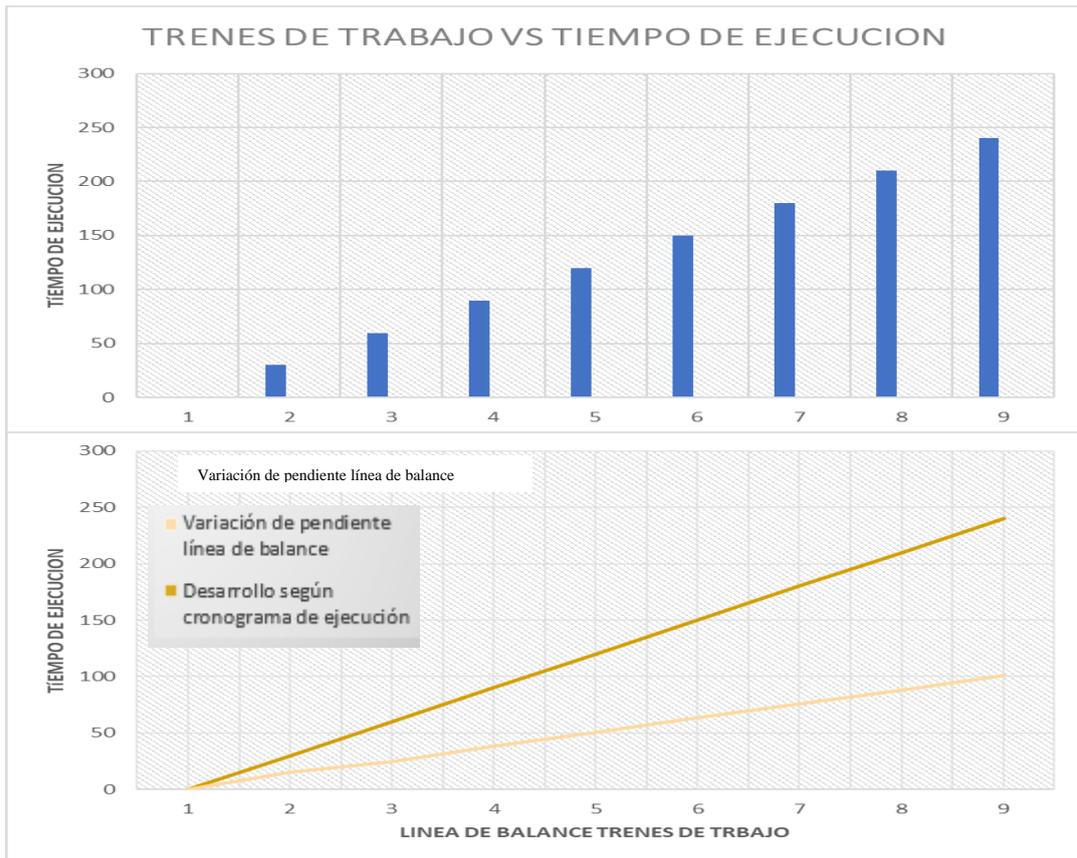


Figura 49: Trenes de trabajo vs tiempo de ejecución 1C  
Fuente: Elaboración propia

Al aumentar la velocidad de ejecución a  $v=0,2$  se reducirá el tiempo de ejecución del proyecto en 20 días lo que reduce el costo de mano de obra de la etapa de obra gruesa, que al compararse con el cronograma inicial del proyecto que era de 34 y 33 semanas se obtiene un beneficio a la empresa.

Asimismo, teniendo las horas de trabajo del personal y el costo por semana de cada uno de ellos se tiene un costo total programado y esto será comparado con la nueva semana de 24 y 23 semanas lo que dará como resultado menores costo lo que se analiza con el concepto de valor ganado(fig.49)

## 5.4 M<sup>2</sup> techado

Definido la sectorización y los trenes de trabajo se realizó un seguimiento a las actividades que competen mayor duración, se pudo analizar que para los m<sup>2</sup> de techado este conlleva la sucesión de muchas actividades presucesoras por lo cual la variable de m<sup>2</sup> de techado nos reflejara como se fueron realizando las actividades y si estas se desarrollaron dentro del plazo establecido en el cronograma de ejecución.

Ya culminados los vacados de los verticales se procede a ejecutar los horizontales(techo) con un aproximado de 9750 m<sup>2</sup> por nivel se sectorizaron en lotes de 150 m<sup>2</sup> cual conlleva a 65 lotes(fig.50-51).

<b>SECTOR 1C</b>					
<b>CIMENTACIÓN Y ZAPATAS - SECTOR 1C</b>					
<b>ZAPATAS</b>					
Excavacion + solado	F1S1cC6		F1S1cC6	F1S1cC7	F1S1cC7
Balizas	F1S1cC5		F1S1cC6	F1S1cC6	F1S1cC7
Acero	F1S1cC5		F1S1cC5	F1S1cC6	F1S1cC6
Encofrado	F1S1cC4		F1S1cC5	F1S1cC5	F1S1cC6
Concreto	F1S1cC4		F1S1cC4	F1S1cC5	F1S1cC5
<b>VERTICALES</b>					
Acero	F1S1cC3		F1S1cC3	F1S1cC4	F1S1cC4
Encofrado	F1S1cC2		F1S1cC3	F1S1cC3	F1S1cC4
Concreto	F1S1cC2		F1S1cC3	F1S1cC3	F1S1cC4
<b>LOSAS SOBRE TERRENO</b>					
Relleno y compactado sobre zapatas (300m <sup>2</sup> /dia)					LC1
<b>SECTOR 1B</b>					
<b>CIMENTACIÓN Y ZAPATAS - SECTOR 1B</b>					
<b>ZAPATAS</b>					
Excavacion + solado	F1S1b1aC 6		F1S1b1aC 6	F1S1bC7	F1S1bC7
Balizas	F1S1bC5		F1S1b1aC 6	F1S1b1aC 6	F1S1bC7
Acero	F1S1bC5		F1S1bC5	F1S1b1aC 6	F1S1b1aC 6
Encofrado			F1S1bC5	F1S1bC5	F1S1b1aC 6
Concreto				F1S1bC5	F1S1bC5
<b>VERTICALES</b>					
Acero	F1S1bC3		F1S1bC1	F1S1bC1	F1S1bC3
Encofrado	F1S1bC2		F1S1bC3	F1S1bC1	F1S1bC1
Concreto	F1S1bC2		F1S1bC3	F1S1bC1	F1S1bC1

Figura 50: distribución de trenes de trabajo

Fuente: Elaboración propia

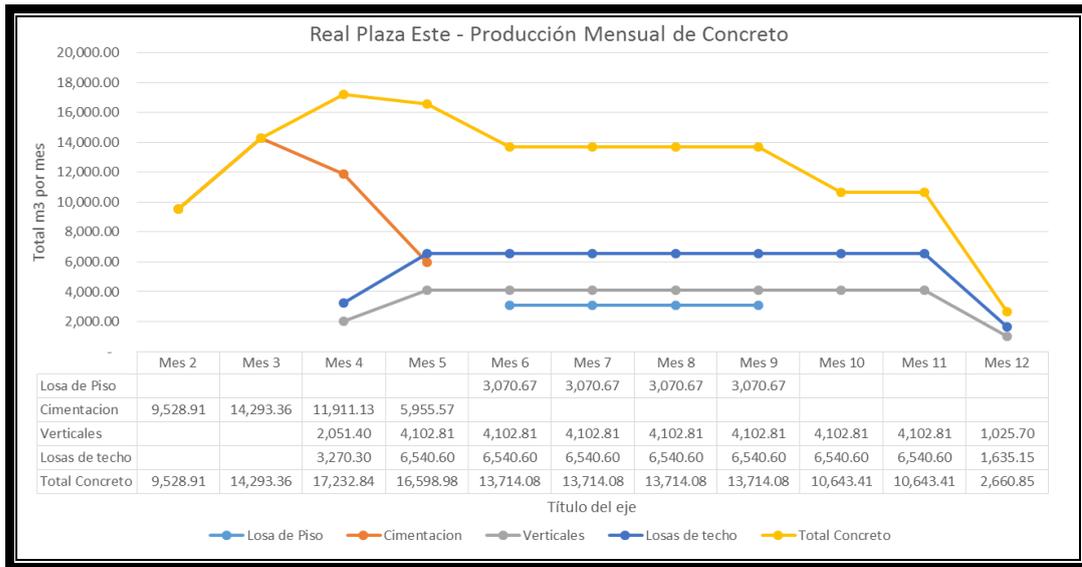


Figura 51: Real plaza este - producción mensual de concreto

Fuente: HV y DVC

### 5.5 Cronograma Contractual

De acuerdo a la programación de las actividades que se realizarán en la etapa de obra gruesa podemos identificar las siguientes actividades:

La etapa de excavación y perfilado está planificada en el sector 1c con 55 días, la etapa de solado, cimentación planificada con 50 días, relleno con 29 días (ver figura 30-31)

## 5.6 la influencia de los m2 de techado en el cronograma contractual

Según cronograma se tiene un plazo previsto de 7 meses la etapa de gruesa del sector 1b y sector 1c con 6 meses(tabla 8).

Tabla 8: Influencia de los m2 de techado en cronograma contractual

(continua)

Nombre de tarea	Comienzo previsto	Fin previsto	Comienzo real	Fin real	% físico comp.	Avance Planif.	Variación de comienzo	Variación de fin
<b>SECTOR 1B</b>	<b>lun 09/04/18</b>	<b>mar 04/12/18</b>	<b>lun 19/03/18</b>	<b>NOD</b>	<b>30%</b>	<b>0.61</b>	<b>-16 días</b>	<b>-46 días</b>
1B - MS - Horizontales Mezzanine - Sótano -3.50	lun 21/05/18	jue 14/06/18	lun 21/05/18	mar 26/06/18	100%	1	0 días	10 días
1B - S - Horizontales - Sótano -0.05	mar 12/06/18	lun 30/07/18	lun 18/06/18	vie 03/08/18	100%	1	5 días	4 días
1B - MP1 - Horizontales - Mezzanine Primer Piso +3.00	mié 18/07/18	lun 06/08/18	mié 01/08/18	sáb 04/08/18	100%	1	11 días	-1 día
1B - P1 - Horizontales - Primer piso +5.95	mar 14/08/18	mié 26/09/18	jue 02/08/18	NOD	59%	0.43	-10 días	11 días
1B - MP2 - Horizontales - Mezzanine Segundó Piso +8.70	sáb 15/09/18	vie 28/09/18	NOD	NOD	0%	0	-149 días	-149 días
1B - P2 - Horizontales - Segundo piso +11.50	mar 25/09/18	sáb 03/11/18	NOD	NOD	0%	0	-157 días	-157 días
1B - P3 - Horizontales - Tercer piso +16.85	vie 26/10/18	mié 14/11/18	NOD	NOD	0%	0	-183 días	-183 días

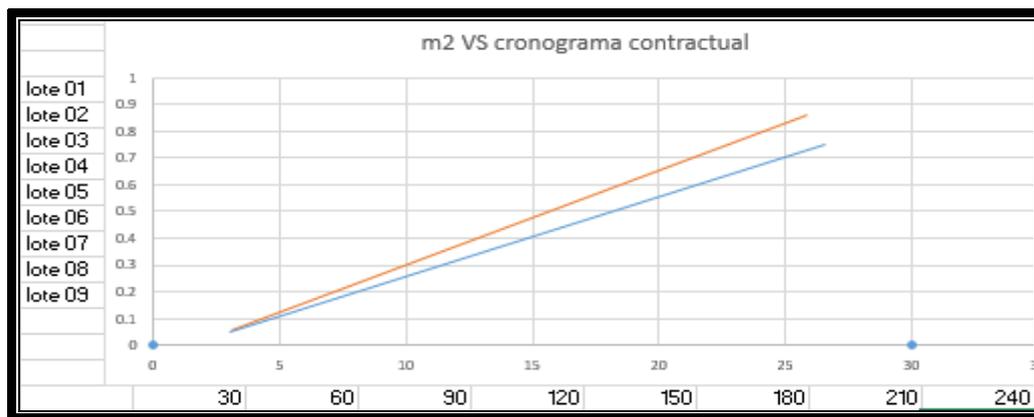
Fuente: Elaboración propia

Tabla8: Influencia de los m2 de techado en cronograma contractual

Nombre de tarea	Comienzo previsto	Fin previsto	Comienzo real	Fin real	% físico comp.		Avance Planif.	Variación de comienzo	Variación de fin
<b>SECTOR 1C</b>	<b>lun 09/04/18</b>	<b>lun 26/11/18</b>	<b>lun 19/03/18</b>	<b>NOD</b>	<b>24%</b>		<b>0.68</b>	<b>-16 días</b>	<b>-46 días</b>
1C - MS - Horizontales Mezzanine - Sótano -3.50	mié 30/05/18	jue 21/06/18	lun 16/07/18	mié 01/08/18	100%		1	39 días	33 días
1C - S - Horizontales - Sótano -0.05	mar 29/05/18	sáb 14/07/18	lun 11/06/18	sáb 04/08/18	100%		1	11 días	17 días
1C - MP1 - Horizontales - Mezzanine Primer Piso +3.00	jue 12/07/18	mar 31/07/18	mar 24/07/18	lun 20/08/18	97%		1	10 días	17 días
1C - P1 - Horizontales - Primer piso +5.95	mié 01/08/18	mar 11/09/18	lun 06/08/18	NOD	63%		0.77	4 días	17 días
1C - MP2 - Horizontales - Mezzanine Segundo piso +8.70	mié 12/09/18	mar 25/09/18	NOD	NOD	0%		0	-146 días	-146 días
1C - P2 - Horizontales - Segundo piso +11.50	vie 14/09/18	mar 16/10/18	NOD	NOD	0%		0	-148 días	-148 días
1C - P3 - Horizontales - Tercer piso +16.85	sáb 13/10/18	lun 12/11/18	NOD	NOD	0%		0	-172 días	-172 días
1C - MP2 - Horizontales - Mezzanine tercer piso +21.20	vie 02/11/18	lun 12/11/18	NOD	NOD	0%		0	-188 días	-188 días

Fuente: Elaboración propia

- Con el cronograma de m2 techados vs el cronograma contractual se hace su adaptación a la programación con la línea de balance en el sector 1b que consta de 240 días y/o 34 semanas (fig. 52).



- Variación de pendiente línea de balance
- Desarrollo según cronograma de ejecución

Figura 52: variación de pendiente 1

Fuente: elaboración propia

Se puede observar que mediante el método de Línea de Balance nos permite llevar un mejor control de avance de los m2 techados debido a poder hacer una comparación con el cronograma contractual y esto nos permite obtener de una manera más simple el atraso o adelanto de alguna partida según el desfase de la línea.

- Con el cronograma de m2 techados vs el cronograma contractual se hace su adaptación a la programación con la línea de balance en el sector 1c que consta de 232 días y/o 33 semanas.

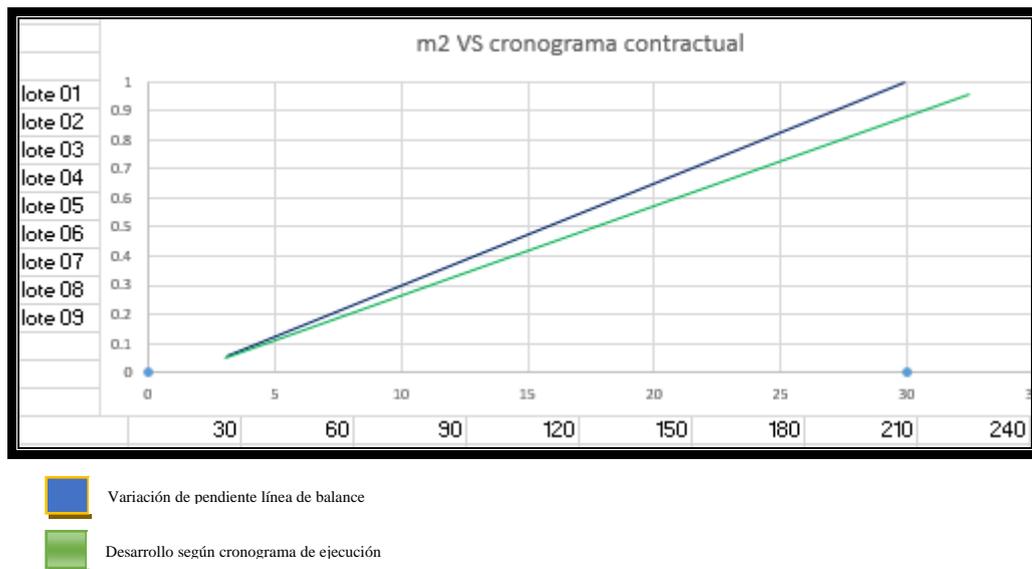


Figura 53: variación de pendiente 3

Fuente: Elaboracion propia

Se puede observar que mediante el método de Línea de Balance nos permite llevar un mejor control visual, los cronogramas vs m2 se presentan en una sola imagen, lo que permite una mejor visión del conjunto, esta ventaja se define como tener a la vista las relaciones entre las actividades y las conexiones entre ellas.

La influencia de m2 vs cronograma contractual Se reducirá el tiempo en 30 días de ejecución así mismo también un ahorro en el costo de mano de obra para la ejecución de la etapa de obra gruesa lo que comparado con el cronograma inicial para 34 del sector 1b y 33 semanas para el sector 1c(fig.53).

## 5.7 La Gestion Del Tiempo

Para el desarrollo de la investigación se tomo en cuenta los fundamentos basicos para la mejora de la gestion del tiempo de la obra como viene hacer lo siguiente;

- Planificación

Es difícil trabajar sin tener los objetivos bien definidos, por eso, planificar es fundamental para cualquier obra. Para ello, es necesario evaluar el plazo establecido para la conclusión del proyecto comparándolo con el presupuesto disponible. Con esa información bien definida, será más fácil elaborar una buena planificación de obra, que guiará a los profesionales en la conducción del trabajo.

La planificación debe presentar ítems como descripción de las etapas de la obra, costos de cada una de ellas y necesita ser distribuida hacia todos los responsables de la construcción, estando accesible siempre que sea necesario. Otro consejo importante es que esa planificación sea revisada durante la fase de ejecución, para ajustar cualquier punto que haya sido alterado en la marcha del trabajo.

- Control de los costos

La compra de equipos, materiales o contratación de servicios terceros impactan directamente en los costos de la obra. Por esa razón, el gestor debe estar atento previamente a esos gastos, para que ningún costo llegue de sorpresa a la cuenta de la obra. Esa programación de gastos también debe estar prevista en la planificación.

- Planificación logística

Así como es necesario planificar temas de costos y operativos, el gestor de la obra debe prestar atención a puntos como el flujo de personas y materiales en la obra, las instalaciones provisionales, equipos de transporte, entre otros. Todo eso ayuda a evitar cualquier incidente y también a identificar factores de riesgo.

- Cronograma

Establecer plazos es importante en cualquier proyecto, sin embargo, cuando se trata de uno que involucra tantas etapas y depende de muchos recursos, es primordial un cronograma detallado. En dicho cronograma, la información de las etapas o actividades de la obra quedan detalladas en una línea del tiempo, que presenta la fecha de inicio y fin de cada etapa. Eso facilita el análisis de la marcha de las actividades y la verificación de lo que está atrasado y necesita agilizarse.

- Atención con proveedores y plazos

Sin el trabajo de los proveedores y prestadores de servicios la obra no transcurre. Muchas veces el gestor de la obra queda entre esos profesionales y el cliente, necesitando cumplir plazos y responder acerca de cualquier problema. Y es evidente que el contratante nunca va a querer perder tiempo y ni siempre será comprensivo con muchos atrasos.

El papel del gestor es dejar los plazos y entregas muy bien alineados con todos, por eso, es necesario cobrar compromiso. En caso de que perciba que los prestadores de servicio no están cumpliendo lo acordado, debe buscar otras soluciones para no perjudicar la marcha del proyecto. En el transcurso de los años, construirá una lista de profesionales de confianza y la tendencia es que ese tipo de situación no suceda con frecuencia.

Aplicando esas recomendaciones en el día a día de la obra, seguramente el resultado será exitoso.

## **5.8 Analisis Del Cronograma De Obra**

Para el analisis del cronograma se tomaron las actividades del frente 1 del sector 1b y 1c de duracion de 24 semanas cada una que fueron distribuidos en (fig.54-55):

- Sotanos
- Primer piso
- Segundo piso
- Tercer piso
- Niveles
- Superiores



graficarlos correctamente, no podriamos reflejar bien las actividades si no se consolida bien la informacion

Evaluacion de la gestion del tiempo a traves de la herramienta de la linea de balance. Para el desarrollo de la mejora de la gestion del tiempo se analizo el desarrollo de las actividades programadas, definida ya la duracion del desarrollo de las actividades de la etapa de obra gruesa , se realizo la representacion grafica optima a traves de la herramienta de la linea de balance como se muestra en la figura 56.

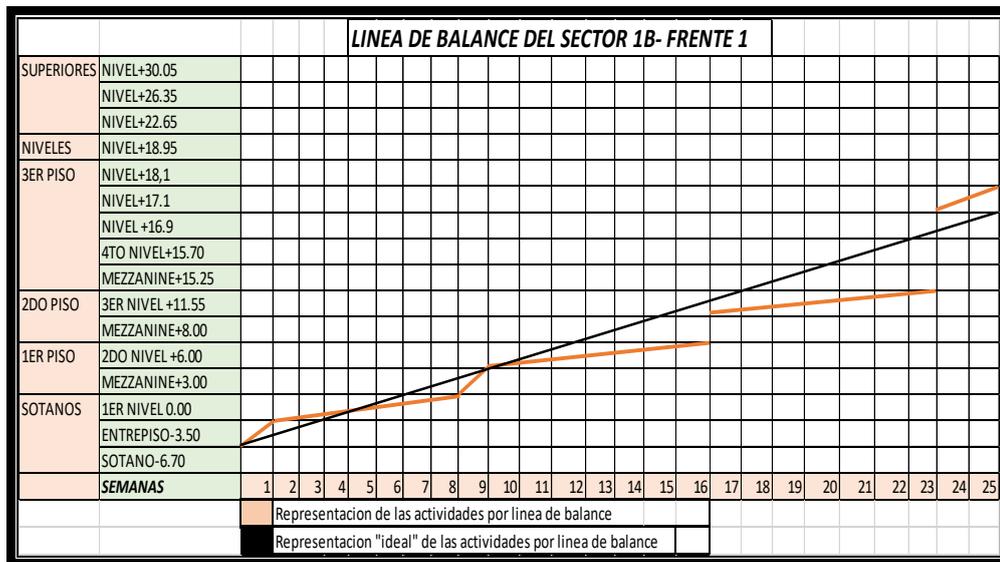


Figura 56: Línea de balance del sector 1B –Frente 1

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la figura la pendiente de las actividades que se desarrollan para la etapa de obra gruesa del sector 1B-Frente 1 no son constantes (presentan una variacion debido a pendientes distintas de cada actividad ) ello debido a la velocidad de desarrollo de las actividades de los trenes de trabajo en los sectores determinados .

Del calculo de velocidad de los trenes de trabajo se obtuvo que al variar la velocidad del rendimiento de los trenes de trabajo se mejora la gestion del tiempo y la inclinacion de la pendiente presente mayor angulo de inclinacion (fig56).

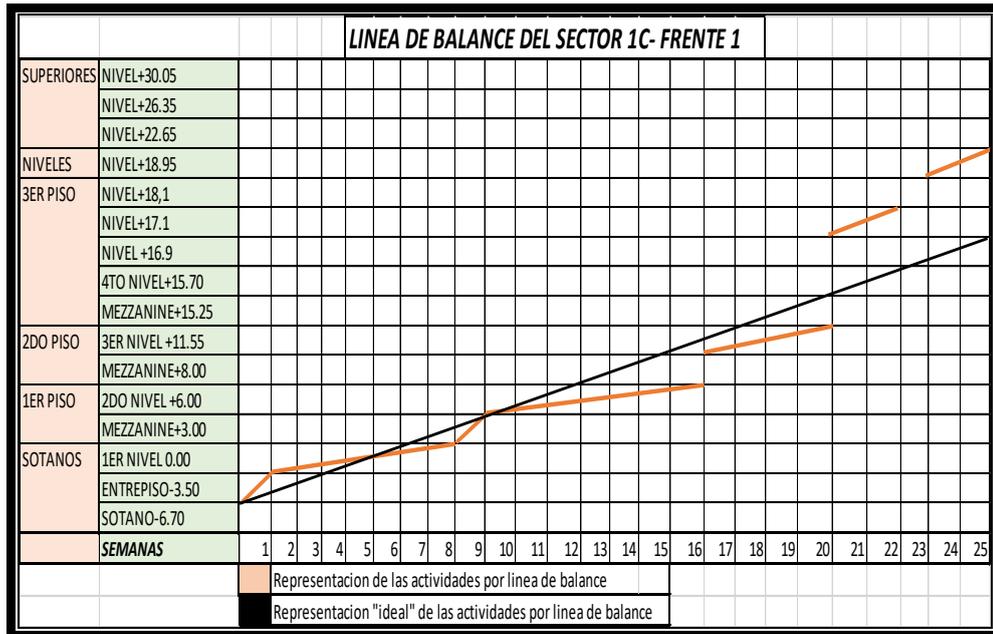


Figura 57: Línea de balance del sector 1C –Frente 1

Fuente: Elaboración propia

Asimismo como también se aprecia en la figura la pendiente de las actividades que se desarrollan para la etapa de obra gruesa del sector 1C-Frente 1 no son constantes (presentan una variación debido a pendientes distintas de cada actividad) ello debido a la velocidad de desarrollo de las actividades de los trenes de trabajo en los sectores determinados.

Para pendientes menores a 15° grados el ritmo de desarrollo del trabajo es igual al ritmo de trabajo del cronograma de ejecución. Para pendientes mayores a 15° grados y menores a 45° se optimiza en los días de desarrollo de ejecución del cronograma

Del cálculo de velocidad de los trenes de trabajo se obtuvo que al variar la velocidad del rendimiento de los trenes de trabajo se optimiza el tiempo en la ejecución de las actividades y por ende la gestión del tiempo y la inclinación de la pendiente presente mayor ángulo de inclinación(fig.57).

## CAPÍTULO VI : PRESENTACION DE LOS RESULTADOS

### 6.1. Resultados de la investigación

### 6.2. De los trenes de trabajo

Los resultados bajo un enfoque tecnico al implemtar el metodo de linea de balance en los trenes de trabajo con respecto a su tiempo de ejecucion, nos muestra que se optimiza la gestion del tiempo en la etapa de obra gruesa (sector 1B y 1C ) del centro comercial Real Plaza Este , (tabla 9).

Esto debido a que mediante la representacion grafica de la recta y el analisis de esta se logra una mayor y mejor interpretacion de como se va desarrollando las actividades, de los trenes de trabajo se puede reducir el tiempo de ejecucion al realizar la variacion de velocidades.

Las velocidades fueron obtenidos del desarrollo de ejecucion de los niveles de la etapa de obra gruesa (sector 1B y 1C ) y su tiempo de ejecucion de cada actividad fueron de acuerdo al cronograma inicial.

Tabla 9: Trenes de trabajo

<b>TRENES DE TRABAJO</b>	
<b>VELOCIDAD DE EJECUCION (nivel /semana)</b>	<b>TIEMPO DE EJECUCION semanas</b>
<b>0.15</b>	<b>34 semanas</b>
<b>0.20</b>	<b>24 semanas</b>

Fuente: Elaboracion propia

El metodo de linea de balance debido a su facil entendimiento es optimo en la aplicacion de actividades repetitivas ya que esto significa mayor control de la pendiente en la ejecucion de las actividades (pendiente constante ) de la etapa de obra gruesa (sector 1B y 1C ), las actividades para ambos sectores son las mismas por lo cual el tiempo de duracion en el cronograma inicial seran iguales(fig.57-58).

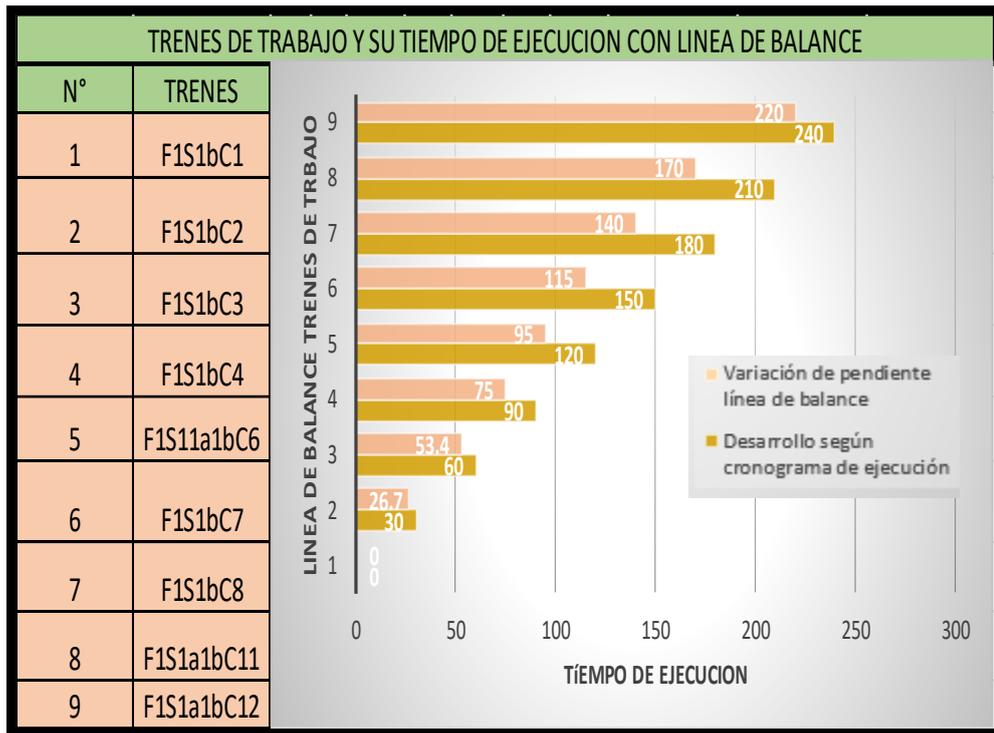


Figura 57: TRENES de trabajo vs tiempo de ejecución 1B

Figura: elaboración propia

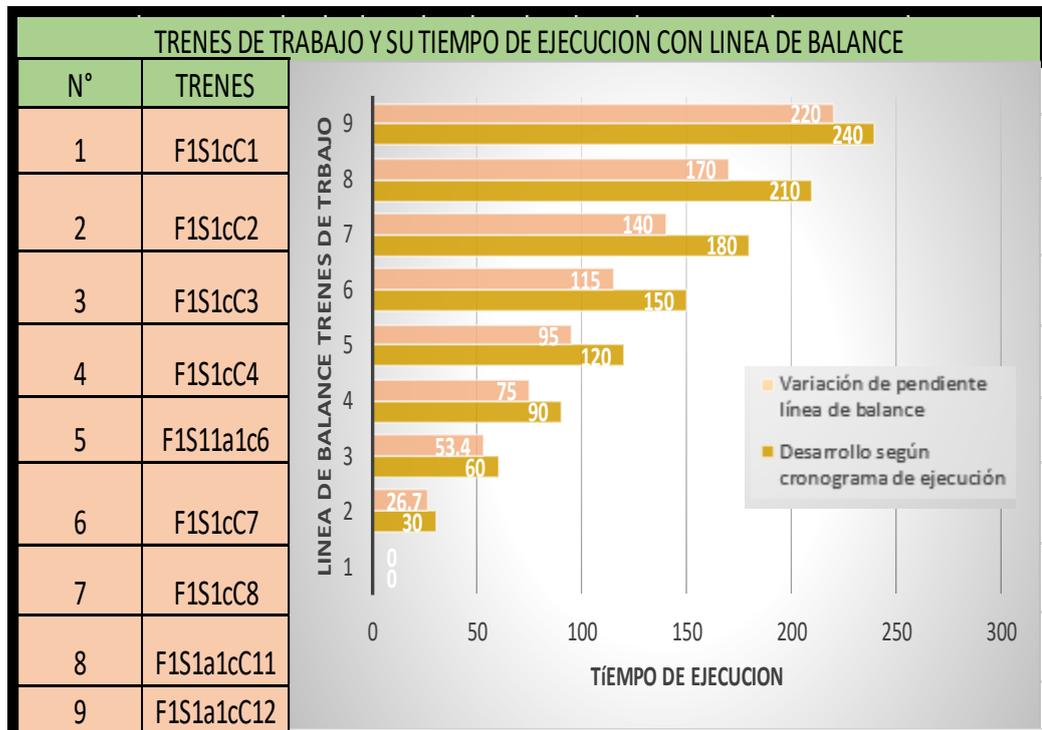


Figura 58: TRENES de trabajo vs Tiempo de ejecución 1C

Fuente: Elaboración propia

### 6.3. De los M2 de techado

Se decidió analizar esta partida por tener una incidencia grande en el presupuesto de obra y porque se tenían indicios de que se podía obtener conclusiones importantes al realizar la medición de esta partida.

Al analizar la partida y las cantidades de concreto utilizado, se obtuvieron valores que nos daban evidencia clara de que se tenía mucho para optimizar en esta partida, en especial por obtener un nivel de Trabajo optimo en la obra. Lo complejo de la actividad fue que se observó que para esta partida es la demora que existe en reanudar el vaciado ante el cambio de mixers, lo cual origina esperas de toda la cuadrilla para continuar con el vaciado. por lo que se tiene una brecha muy amplia por reducir. Una vez identificado que el problema está en el proceso de ejecución de los trenes de trabajo se analizan los resultados individuales del nivel general de actividad buscando la manera correcta para optimizar el proceso(fig.59-60).

Los resultados bajo un enfoque tecnico al implematar en los m2 techados la linea de balance con respecto al control de avance, se optimiza la gestion del tiempo en la etapa de obra gruesa del centro comercial real plaza este(tabla 10).

Tabla 10: M2 de techado

<b>M2 DE TECHADO</b>	
<b>VELOCIDAD DE EJECUCION DE LOS TRENES (nivel /semana)</b>	<b>TIEMPO DE EJECUCION semanas</b>
<b>0.15</b>	<b>34 semanas</b>
<b>0.20</b>	<b>24 semanas</b>

Fuente: Elaboracion propia

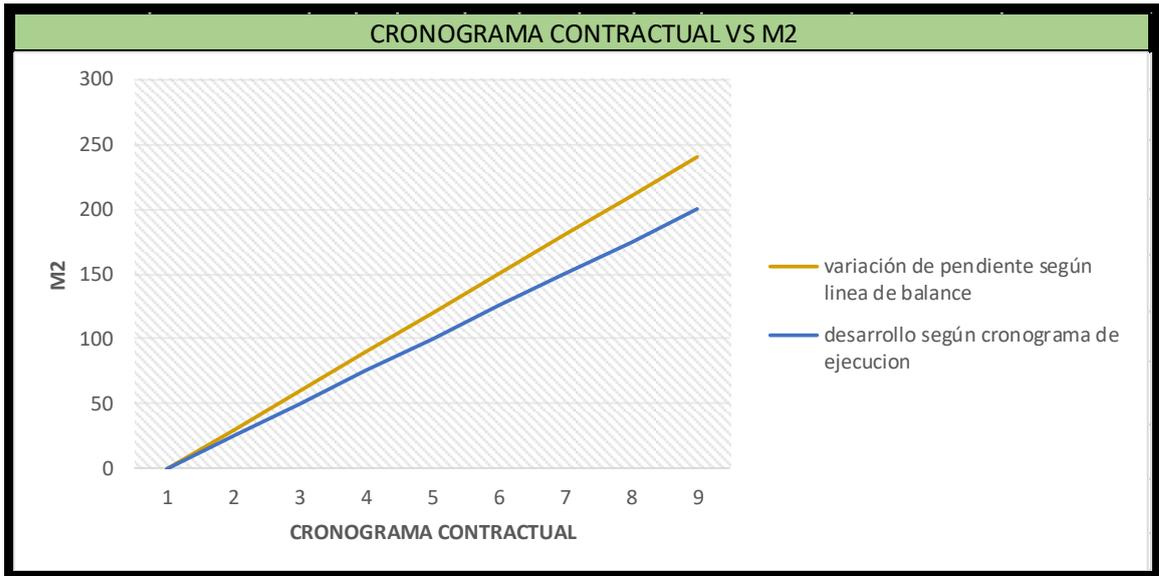


Figura 59: m2 vs cronograma contractual 1B

Fuente: Elaboración propia

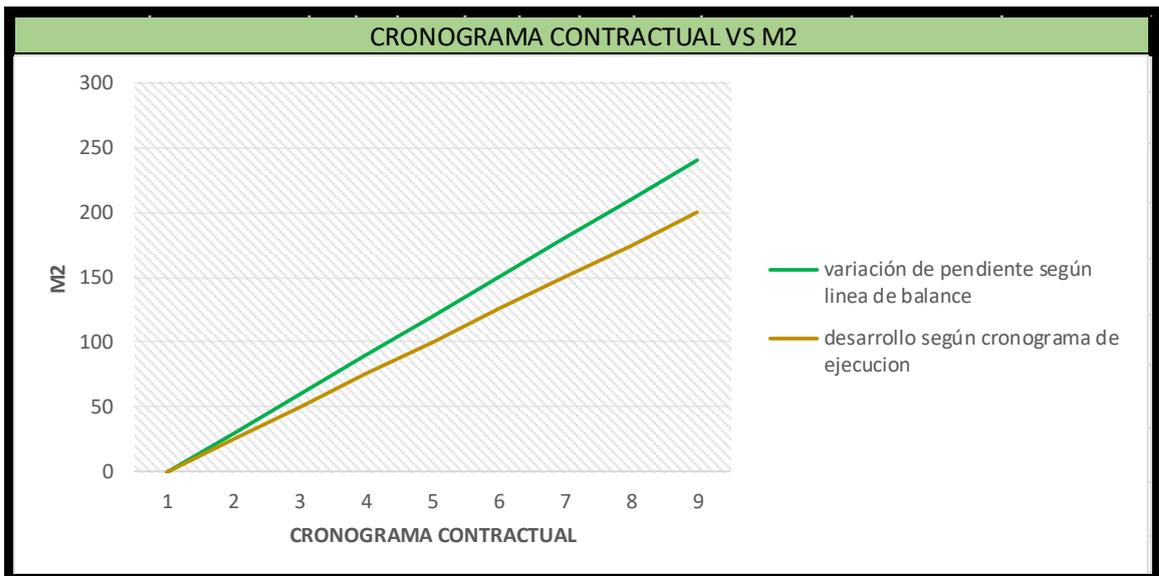


Figura 60: M2 vs cronograma contractual 1C

Fuente: Elaboración propia



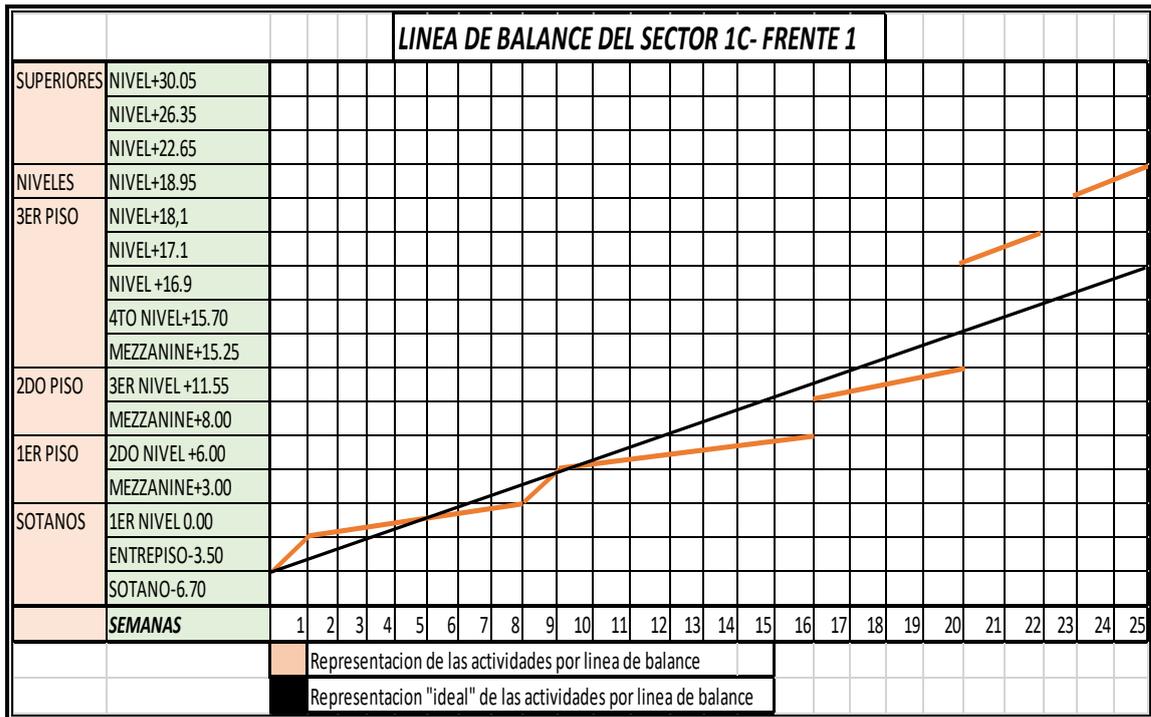


Figura 62: Línea de balance sector 1C

Fuente: Elaboración propia

## 6.2 Analisis e interpretacion de los resultados

De los resultados obtenidos al realizar la evaluacion de los problemas principales y secundarios se obtuvo:

### 6.2.1 Trenes De Trabajo

Estaran en funcion de la secuencia del desarrollo de las actividades ,esto secuencia ayudara a gestionar el tiempo en el desarrollo de las actividades para ello se debera conocer al detalle de cada partida asi como contar con el profesional capacitado y con la logistica suficiente al variar la velocidad  $v=0.2$  del desarrollo de las activiades se obtuvo que el angulo de inclinacion de la pendiente aumenta y este presenta una mayor inclinacion lo que ayudaria a minimizar los dias de trabajo(fig.57-58).

### **6.2.2 m2 de techado**

Reflejan la velocidad con que se desarrollaron actividades presucesoras, por lo cual al analizar los m2 de techado con su cronograma contractual se analizara que actividades presentaron destiempo en su ejecucion luego al variar la pendiente de la recta de la linea de balance se obtuvo que los m2 de techado acaban dentro de su plazo planificado.

Lo complejo de la actividad fue que se observó que para esta partida es la demora que existe en reanudar el vaciado ante el cambio de mixers, lo cual origina esperas de toda la cuadrilla para continuar con el vaciado. por lo que se tiene una brecha muy amplia por reducir

Del calculo de velocidad de los trenes de trabajo se obtuvo que al variar la velocidad del rendimiento se optimiza el tiempo en la ejecucion de las actividades y por ende la gestion del tiempo y la inclinacion de la pendiente(fig.59-60).

### **6.2.3 linea de balance**

Una linea de balance con una pendiente constante refleja un ritmo de trabajo optimo que mantiene una velocidad de ejecucion de las actividades deseable desarrollada por los trenes de trabajo y la evaluacion de los m2 de techado dentro de su tiempo de ejecucion nos permitira que esta linea mantenga un mayor angulo de inclinacion lo que reflejara en el termino de las actividades en menor tiempo de lo programado(fig.61-62).

## 6.3 Contrastacion de hipotesis

### 6.3.1 Hipótesis Específica 1

Analizando los m2 techados se identificará los retrasos en el cronograma contractual en la etapa de obra gruesa del centro comercial real plaza (fig.63)

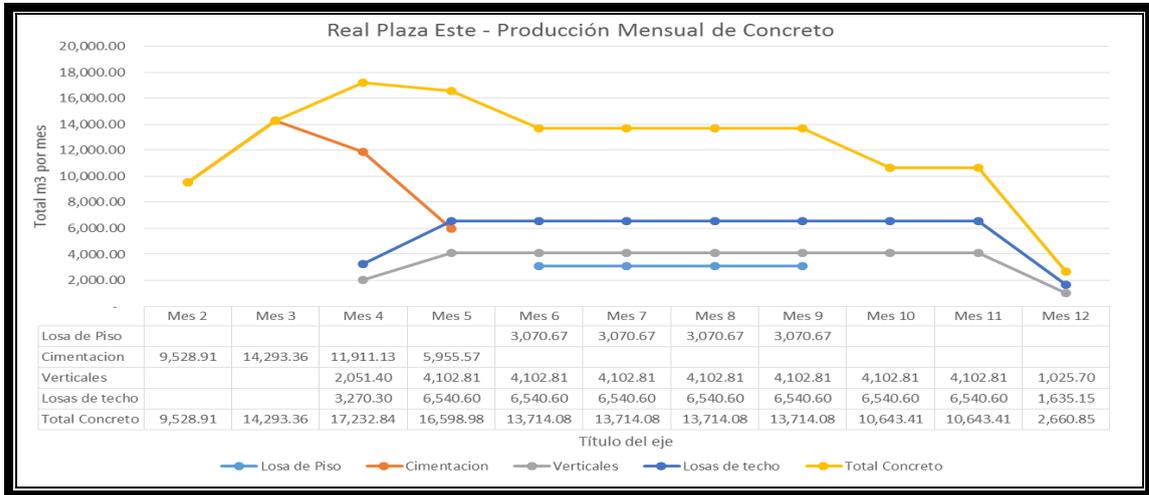


Figura 63: Producción mensual

Fuente: HV y DVC

Al analizar los m2 de techado de cada mes se identificó que actividades antecedentes presentaron demoras en su ejecución por la cantidad de concreto utilizado como se aprecia en la grafico N°7, el mes 4 presento mayor tiempo en su ejecucion y fue en la cimentacion lo que ocasiono retrasos en el cronograma contractual por lo que la hipotesis es valida.

Lo complejo de la actividad fue que se observó que para esta partida es la demora que existe en reanudar el vaciado ante el cambio de mixers, lo cual origina esperas de toda la cuadrilla para continuar con el vaciado. por lo que se tiene una brecha muy amplia por reducir

### 6.3.2 Hipótesis Específica 2:

Evaluando los trenes de trabajo se reduce el tiempo de ejecución de las actividades críticas en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este.

La sectorización y el desarrollo de la secuencia de las actividades de los trenes de trabajo ayudara a que se reduzca el tiempo de ejecución de la etapa de obra gruesa como se pudo observar en la representación gráfica de la recta de las actividades de los trenes de trabajo y su cambio de velocidad en el desarrollo de cada nivel comparado con el tiempo total por semana tanto Para el sector 1B como 1C

$$V = 5/34 = 0.14705882$$

- Para el sector 1c

$$V = 5/33 = 0.15151515$$

Lo que demuestra que al realizar una variación de velocidad  $v=0.2$  aprox la pendiente sufrira una variación que reducira el tiempo de ejecución de las actividades, por lo que se demuestra que la hipótesis es válida como indica en la grafico N° 10 y 11

### 6.3.3 Hipótesis general

Al desarrollar una gestión del tiempo se identifica las actividades críticas en la etapa de obra gruesa utilizando el método de línea de balance en el Centro Comercial Real Plaza Este.

Por lo expuesto en las anteriores hipótesis específicas, queda demostrado que el método de la línea de balance identifica las actividades de mayor tiempo en su ejecución de la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este .al controlar los procesos para el cumplimiento del volumen de vaciado de techo y el tiempo de ejecución de las actividades de los trenes de trabajo. Por lo tanto, la hipótesis general es válida.

Con el método de la línea de balance se controló la gestión del tiempo de las actividades en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este ya que asoció las actividades más incidentes dentro del proyecto las cuales fueron programadas en

función al orden el proceso constructivo y a la disponibilidad de los recursos, tratando de eliminar actividades que no generan valor, luego se ingresaron los datos del proyecto al programa de líneas de balance. Se concluye que gracias a la aplicación de la herramienta la fecha final en la planificación del proyecto es el 01 de julio del 2019 la cual está dentro del plazo contractual, 29 días antes de la fecha límite de término del proyecto.

## **6.4 Discusión**

### **6.4.1. Análisis económico**

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 en el proyecto este análisis a parte de facilitarnos información del tiempo de ejecución también nos ayudará a saber el comportamiento de los costos.

### **6.4.2. Cronograma**

La variable definida por el cronograma fue analizada como parte trascendental e importante de la investigación debido a que se debe identificar los retrasos para disminuirlos.

Izquierdo (2016) en su investigación “Optimización de la gestión del tiempo en la etapa de casco estructural en un edificio multifamiliar utilizando el método de línea de balance”. Describe en su investigación los re trabajos por la mala planificación, que genera sobre costos y atrasos en la fecha de entrega del proyecto. Para minimizar los efectos negativos, con el apoyo de su objetivo general, la cual es la aplicación del cronograma Gantt y la línea de balance. (p.25)

Como resultado de su investigación, se llegó a optimizar los tiempos de construcción. Además, permitió que no existan retrasos, gracias a que se llevó un control gráfico que permitió ayudar en la toma de decisiones. Se logró reducir el tiempo de ejecución en 20 días.

En la actual investigación sería importante implementar el control gráfico para la reducción del cronograma.

## CONCLUSIONES

1. Se puede concluir que la aplicación del Método de Línea de Balance en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este, desarrolla una gestión del tiempo, porque se presentan actividades de ejecución repetitivas dentro de su proceso constructivo tanto en el sector 1b y 1c, (ver Pag. 58 - 59), y que a través de su representación gráfica de las líneas de producción nos ofrece muy buenos resultados en la planificación y control en el desarrollo del proyecto, tanto en la productividad como en el plazo de ejecución. Sin embargo, se deben utilizar el método de línea de balance de manera constante para que las mejoras que estas representan se vean reflejadas en el proyecto ya que su aplicación aun no es muy conocido en el sector de programación de obras.
2. Realizando el análisis de los m<sup>2</sup> en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este, Se concluye que al analizar los m<sup>2</sup> de techado de cada mes se identificó que el mes 4 del cronograma del proyecto se presenta mayor cantidad de concreto utilizado 17,232.84 m<sup>3</sup> siendo la actividad de la cimentación la partida que mayor concreto necesita 11,913.13 m<sup>3</sup>, (ver figura N°63), asimismo se identifico que en la frecuencia de mixers para reanudar con el vaciado de los m<sup>2</sup> de techado es lo que genera retrasos en el cronograma contractual, esto es reflejado en la partida de cimentación donde la pendiente de inclinación es menor debido al tiempo de ejecución de la partida (ver pág. 99).
3. Del análisis de los trenes de trabajo para mejorar el tiempo de ejecución de las actividades en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este, Se concluye que para partidas de actividades repetitivas nos sirve conocer la velocidad de ejecución de los trenes de trabajo, esto en función del cronograma inicial, para identificar si dichas actividades se desarrollaron dentro del tiempo de ejecución, se la velocidad de ejecución del proyecto fue de 0.15 (nivel /semana), la modificación de la velocidad  $v=0.2$  (nivel /semana) a través del método de línea de balance nos ayudó a optimizar de 34 a 24 semanas la ejecución del proyecto (ver tabla 09 y pág. 97).

## RECOMENDACIONES

1. Que al aplicar el metodo de linea de balance para la mejora de la gestión del tiempo, se recomienda utilizar el metodo en obras donde las actividades de ejecucion sean repetitivas, por que esto representa que el ritmo de desarrollo del trabajo sea constante, desde luego que se tiene que contar con todo el plan de logistica para abastecimiento de los materiales.
2. Al obtener la velocidad de desarrollo de la ejecucion del proyecto a traves del cronograma inicial y los niveles de la etapa de obra gruesa se recomienda que para optimizar los tiempos de produccion, realizar las variaciones de las nuevas velocidades bajo un criterio adecuado y desde ya tener la experiencia profesional, por que la modifcacion de la velocidad de ejecucion de los trenes de trabajo sin el conocimiento adecuado del proceso constructivo del proyecto generara resultados que escapan de la realidad del desarrollo del proyecto, tambien se recomienda obtener parametros no solo como de la investigacion como fue de velocidad se podria asociar parametros como de altura, horas de produccion dias de produccion entre otros .
3. Al realizar los comparativos de los m2 techados para identificar los retrasos en el cronograma contractual se recomienda, que la integración de todas las actividades debe estar alineada a los objetivos del proyecto, esto dependerá si todo el equipo tiene conocimiento de los objetivos y las tareas necesarias para su cumplimiento según las funciones y responsabilidades que tenga se lograra mejorar la gestión del tiempo. Entender que un proyecto puede cambiar, lo importante es tener implementado el control de cambios y comprender cómo estos cambios modifican el proyecto.
4. Se recomienda que los trenes de trabajo cuenten con capacitaciones donde se dé a conocer los conocimientos básicos de la administración de proyectos (optimización de la gestión del tiempo) con el fin de que todos tengan la misma perspectiva de este plan de gestión del tiempo de lo que se quiere lograr; hacer un estudio preliminar de los tiempos de ejecución vs el cronograma contractual para presentar mayores beneficios al momento de tomar decisiones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avots, I. (1983), *Cost-relevance analysis for overrun control*, *International Journal of Project Management*, 1 (3), pp. 142-148.
- Botero, L (2011). *Simulación de operaciones y línea de balance: herramientas integradas para la toma de decisiones*
- Baguley, P. (2008), *Project management*, Hodder Education, London.
- Bower, D. (2002), *Project control*, in Smith, N. (ed.) *Engineering Project management*, Blackwell publishing, Oxford, pp. 156 -172.
- Chun, L. y Sevillano, E. (2015), *Planificación maestra aplicando líneas de balance a la obra edificio multifamiliar residencial Pedro Urraca - Trujillo, en la mejora de la eficiencia* (tesis de pregrado).
- Calmpa, S. (2014). *Aplicación de la Línea de Balance en el sistema Last Planner en proyectos de edificaciones* (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú.
- Cardenas, V. (2013). *Planeamiento integral de la construcción de 142 viviendas unifamiliares en la ciudad de Puno aplicando lineamientos de la Guía del PMBOK* (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú.
- Espejo, A. (2013) *Aplicación de la extensión para la construcción de la guía del PMBOK – Tercera edición, en la Gerencia de proyecto de una presa de relaves en la unidad operativa Arcata-Arequipa.*
- Fernández, R. (2018), *Evolución en la gestión de los años 80 al 2017 – filosofía lean construcción.*
- Fuentes, C. (2018) *Estudio de la programación de obra gruesa basada en la localización con líneas de balance integrado con la plataforma BIM en proyectos de construcción habitacional en altura. Rep. Chile.*
- Guzmán, A. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos* (Tesis para Maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú.
- García-Naranjo, Manuel (2009), *La planificación y control de proyectos en la industria de la construcción, XVII CONIC – Chiclayo.*
- Gordillo, V. (2014), *Evaluación de la gestión de proyectos en el sector construcción del Perú.* (Tesis de Maestría) Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Piura - Perú.

- Hinostrroza, J. (2016), *Evaluación de la gestión de costos y tiempos usados en proyectos de construcción en las grandes ciudades del Perú*
- Handl, K. (2014), *Aplicación práctica del diagrama de Gantt en la administración de un proyecto*, Universidad Nacional de Tucumán, Mexico.
- Harris, F. and McCaffer, R. (1989), *Modern Construction Management, third edition, Blackwell scientific publications, Oxford.*
- Harrison, F. (1992), *Advanced Project Management, Fourth edition, Gower publishing company, Inglaterra.*
- Heldman, K. (2005), *Project manager's spotlight on risk management. Neil Edde (Sybex Inc.), Alameda.*
- Izquierdo, Ch. y Jordán, W (2016), *Optimización de la gestión del tiempo en la etapa de casco estructural en un edificio multifamiliar utilizando el método de línea de balance.*
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] (2015), *Estimaciones y proyecciones de población total por sexo de las principales ciudades, 2012-2015, Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1993 y 2007. Lima - Perú.*
- Johnto, D (1981). *Linear scheduling method for highway construction. Journal of the Construction Division ASCE.*
- Koskela, L (1992). *Implementation of Line-of-Balance based scheduling and project control system in a large construction company*
- Kerzner H. (1992), *Project management: A system approach to planning, scheduling and controlling, Van Nostrand Reinhold, New York.*
- Loría, J (2011). *Programación de Obras con la Técnica de la Línea de Balance*
- Lester, A. (2000), *Project planning and control, Butterworth Heinemann, Oxford*  
 Mulcahy, R. (2013) PMP Exam. Preparation. Octava Edición.
- Mellan, M (2008). *Lineas de Balances o gráfico de velocidades. Escuela de Ingeniería Construcción Universidad Central, Chile.*
- Orihuela, P (2013). *Aplicación del Método de la Línea Balance a la Planificación Maestra*
- Ramos, J. (2005). Costo y tiempo en edificación.
- Rodríguez, A., Alarcón, E. y Pellicer, A. (2011), *La Gestión de la Obra desde la perspectiva del Ultimo Planificador, Revista de Obras Publicas –Chile.*

Terán, R. (2016), *Guía de implementación del sistema línea de balance en la programación de proyectos inmobiliarios*.

Toro, Cl. (2017), *Propuesta de mejoramiento para la planificación, programación y control de obras de edificación en altura*.

Vásquez, O. (2011) *Todo sobre Presupuestos en Edificaciones* - Lima, Oscar Vásquez SAC.

### **Institucionales**

*Cámara Peruana de la Construcción (10ma Ed.). México: Limusa*

**Anexo I: Matriz de Consistencia**  
**GESTIÓN DEL TIEMPO PARA IDENTIFICAR LAS ACTIVIDADES CRITICAS EN LA ETAPA DE OBRA GRUESA DE CENTRO**  
**COMERCIAL REAL PLAZA ESTE**

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	INDICADORES	ÍNDICES	DISEÑO METODOLÓGICO
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>				<p><b>Método de investigación:</b> Deductivo, se tiene como base el marco conceptual que nos llevará a la deducción de la hipótesis para obtener un concepto específico del hecho analizado.</p> <p><b>Orientación de la investigación:</b> Aplicada, se investiga un problema identificado en el abastecimiento de concreto para mejorar la rentabilidad en proyectos de viviendas de interés social</p> <p><b>Fuente de información:</b> Retrolectivo, se utilizaron datos compartidos por la empresa ejecutora con formatos existentes y válidos.</p> <p><b>Tipo de investigación:</b> Descriptivo, se identifica y describe los hechos que afectan a la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este y que es de interés social.</p> <p><b>Diseño de la investigación:</b> -No experimental -Transversal -Retrolectivo Estudio del diseño: Caso-control</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> Descriptivo, se identificará las variables y se determinará su influencia en el caso de la investigación.</p>
¿Cómo la gestión del tiempo permite identificar las actividades críticas en la etapa de obra gruesa del centro comercial real plaza este?	Desarrollar la gestión el tiempo a fin de identificar las actividades críticas en la etapa de obra gruesa utilizando el método de línea de balance en el centro comercial real plaza este.	Al desarrollar la gestión del tiempo se identifica las actividades críticas en la etapa de obra gruesa utilizando el método de línea de balance en el centro comercial real plaza este	<b>Independiente</b>	Cronograma de Obra	Diagrama pert look head y last planer para el seguimiento del desarrollo del proyecto	
			Gestión del tiempo			
			<b>Dependiente</b>			
			Actividades criticas			
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>				
a. ¿En qué medida los m2 techados identifica los retrasos en el cronograma contractual en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este?	a. Analizar los m2 de techado para identificar los retrasos en el cronograma contractual en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este.	a. Analizando los m2 techados se identificará los retrasos en el cronograma contractual en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este.	<b>Independiente</b>	Planificación del proceso constructivo	Costos y gastos de operación, destinado al abastecimiento de concreto en el proyecto.  Identificación y medición de las actividades para los m2 de techado.	
			m2 de techado			
			<b>Dependiente</b>			
			Cronograma Contractual			
b. ¿Cómo los trenes de trabajo reducen el tiempo de ejecución de las actividades en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este?	b. Evaluar los trenes de trabajo para reducir el tiempo de ejecución de las actividades en la etapa de obra gruesa del centro comercial real plaza este.	b. Evaluando los trenes de trabajo se reduce el tiempo de ejecución de las actividades en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este.	<b>Independiente</b>	Procedimiento de Trabajo	Análisis del tiempo de vaciado de los trenes de trabajo de acuerdo a la sectorización del proyecto...	
			Trenes de Trabajo			
			<b>Dependiente</b>	Producción		
			Tiempo de Ejecución			

## Anexo II: Proceso constructivo



Figura 64: Trazo, replanteo y excavación

Fuente: Consorcio HV y DVC



Figura 65: Vaciado de solados de zapata

Fuente: Consorcio HV y DVC



Figura 66: Colocación de acero en Cimentación  
Fuente: Consorcio HV y DVC



Figura 67: Vaceado de cimentación  
Fuente: Consorcio HV y DVC



Figura 68: Curado de cimentación  
Fuente: Consorcio HV -DVC



Figura 69: Corte masivo y excavación de cimentación  
Fuente: Consorcio HV -DVC



Figura 70 : Colocación de andamios para montaje de acero en verticales  
Fuente: Consorcio HV -DVC



Figura 71: Inicio de encofrado y vaciado de elementos verticales  
Fuente: Consorcio HV -DVC



Figura 72: continuación con los vaciados de  
Fuente: Consorcio HV -DVC



Figura 73 : Relleno y compactación con material propio  
Fuente: Consorcio HV -DVC



Figura 74: Colocación de acero y encofrado en elementos verticales  
Fuente: Consorcio HV -DVC



Figura 75: Encofrado de Elementos Horizontales  
Fuente: Consorcio HV -DVC



Figura 76: Vaciado de losa  
Fuente: Consorcio HV -DVC



Figura 77: Vaciado y curado de losa  
Fuente: Consorcio HV -DVC



Figura 78: Avance de verticales primer nivel  
Fuente: Consorcio HV -DVC



Figura 79: Continuación con el encofrado horizontal  
Fuente: Consorcio HV -DVC



Figura 80: Avance con el encofrado Horizontal +5.95  
Fuente: Consorcio HV -DVC



Figura 81: Avance con el encofrado horizontal niv. + 11.50  
Fuente: Consorcio HV -DVC



Figura 82: Avance de elementos de estructura metálica sector 1B y 1C  
Fuente: Consorcio HV -DVC