



**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS
**“PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA
CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO APLICANDO
LEAN CONSTRUCTION”**

**PRESENTADA POR EL BACHILLER
CHRISTIAN JUAN DE DIOS SÁNCHEZ SÁNCHEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

LIMA – PERÚ

2016

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado fortaleza y salud para cumplir mis objetivos.

A mi familia por todo el cariño y apoyo incondicional que siempre me han demostrado. Por darme la dicha de estar aquí, a lado de las personas que más quiero.

A mis padres, como una muestra de cariño y agradecimiento, por todo el amor y el apoyo brindado y porque hoy veo llegar a su fin una de las metas de mi vida. En especial dedico a mi Madre porque siempre ha estado conmigo en las buenas y malas, ella que se ha sacrificado mucho por mí y mis hermanos. A todos ellos les agradezco de todo corazón, los quiero mucho.

AGRADECIMIENTO

A todas aquellas personas que colaboraron, mediante sus valiosas opiniones, en el desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Alberto Miranda Chávez, que en todo momento estuvo apoyándome en todo lo que necesite, gracias por su apoyo.

A mi asesor el maestro Ing. Gustavo Adolfo Aybar Arriola, por su apoyo y comprensión en la realización de este trabajo, de antemano muchas gracias.

RESUMEN

Esta tesis tiene como propósito fundamental de establecer el uso de nuevas herramientas administrativas para la gerencia de los procesos de construcción de edificios multifamiliares, en las empresas peruanas, con la aplicación de Lean Construction en especial los aspectos del mejoramiento de la producción mediante la filosofía de cero desperdicios en el proceso productivo.

A partir de encuestas asistidas a empresas constructoras limeñas se demostró que dichos aspectos son importantes para las empresas; sin embargo, en la mayoría de los casos son descuidados o enfocados de manera incorrecta. Por lo tanto se plantearon metodologías que serán de mucha utilidad para las empresas constructoras.

Antes de desarrollar las propuestas se realizó una revisión bibliográfica para conocer que plantean dos metodologías de gestión de proyectos, el Lean Construction y el Project Management Institute. A partir de la revisión efectuada se concluyó que ninguna de ellas ofrece procedimientos detallados acerca de los aspectos estudiados, por lo cual las propuestas hechas por las dos metodologías de gestión fueron complementadas con otras teorías y herramientas desarrolladas por otras instituciones.

Para el mejoramiento de la evaluación y selección de proceso productivo de construcción de Edificios Multifamiliares, se propone una metodología que permite tomar decisiones basadas no sólo en costos sino en criterios cualitativos.

Para el mejoramiento del de la productividad de los procesos productivos se ha desarrollado las etapas del Lean Construction, donde se puede verificar la mejora del uso en procesos constructivos en futuros proyectos.

PALABRA CLAVE: PLANIFICACION Y CONTROL

ABSTRACT

This thesis has as main purpose of establishing the use of new administrative tools for management of the processes of construction of multifamily buildings in Peruvian companies, with the application of Lean Construction in particular aspects of improving production by philosophy zero waste in the production process.

From Lima assisted survey to construction companies, it showed that these aspects are important for companies; however, in most cases they are neglected or incorrectly focused. Therefore, methodologies that will be very useful for construction companies were raised.

Before developing the proposals, a literature review was conducted to know that raise two project management methodologies, Lean Construction and the Project Management Institute. From the review conducted it concluded that none of them provides detailed procedures concerning aspects studied, so the proposals made by the two management methodologies were complemented by other theories and tools developed by other institutions.

To improve the evaluation and selection of production process of construction of multifamily buildings, a methodology to make decisions based not only on cost but on qualitative criteria is proposed.

To improve the productivity of production processes has been developed stages of Lean Construction; where you can verify the improvement in construction processes use in future projects.

WORD KEYS: Planning and control.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
INDICE GENERAL	V
INDICE DE TABLAS	VIII
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE FOTOS	X
INDICE DE ANEXOS	XI
INTRODUCCION	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	3
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.2.1. Problema General.....	5
1.2.2. Problemas Específicos.....	6
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.3.1. Objetivo General.....	6
1.3.2. Objetivo Específicos.....	6
1.4. DELIMITACIÓN Y LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.5. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.5.1. Hipótesis General.....	8
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	8
1.6. VARIABLES, INDICADORES Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	9
1.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
1.7.1. Método de la investigación.....	10
1.7.2. Diseño de la investigación.....	11
1.7.3. Población y muestra de la investigación	11
1.7.4. Técnicas e instrumentos de la recolección de datos.....	12

1.7.5. Técnicas de procedimientos, recolección procesamiento de análisis de datos	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	18
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
2.1.1. Marco Histórico.....	18
2.1.2. La Filosofía Lean Construction.....	20
2.1.2.1. Concepto.....	20
2.1.2.2. Características.....	21
2.1.2.3. El Valor y las Perdidas.....	24
2.1.2.4. Herramientas de colaboración y cooperación del Lean Construction.....	26
2.1.2.5. Fases de Ejecución.....	27
2.1.3. Construcción de edificios Multifamiliares.....	30
2.1.3.1. Edificios Multifamiliar.....	30
2.1.3.2. Ventajas de la filosofía Lean Construction.....	32
CAPÍTULO III: LA PRODUCCION DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS CON LEAN CONSTRUCTION.....	35
3.1. LA LOGÍSTICA Y SU EVOLUCIÓN.....	35
3.2. LA LOGÍSTICA EN LA CONSTRUCCIÓN.....	38
3.3. LA GESTIÓN DE LA CADENA DEL ABASTECIMIENTO.....	39
3.4. ENFOQUES GENERALMENTE ACEPTADOS SOBRE LA LOGÍSTICA.....	40
3.4.1. Lean Construction (Construcción Lean).....	40
3.4.1.1. Lean Production (Producción Lean).....	41
3.4.1.2. Lean Construction Institute (Instituto de la Construcción Lean).....	45
3.4.1.3. Lean Supply (Abastecimiento Lean).....	51
3.4.2. Project Management institute (PMI).....	56
CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	60
4.1. Metodología del análisis de datos.....	60
4.2. Análisis de la encuesta.....	61

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	75
CAPÍTULO VI: APLICACIÓN PRACTICA DEL CONCEPTO LEAN CONSTRUCTION.....	79
6.1. Cuadro de concepción Sin Lean Construction y Con Lean Construction.....	80
6.2. Descripción del Proyecto Aplicando Lean Construction.....	82
6.3. Presupuesto Comparativo.....	85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99
BIBLIOGRAFÍA.....	101
ANEXOS.....	103

INDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: Operacionalización de las variables y sus indicadores.....	9
TABLA N° 2: Tabulación de Tipo de Empresas.....	61
TABLA N° 3: Tabulación de Tipo de Construcción.....	62
TABLA N° 4: Tabulación de Conocimiento de Lean Construction.....	63
TABLA N° 5: Aplicación de Lean Construction.....	64
TABLA N° 6: Variabilidad de las actividades.....	65
TABLA N° 7: Diseño y Ejecución de la obra.....	66
TABLA N° 8: Etapa de selección de insumos.....	67
TABLA N° 9: Control y Evaluación de la obra.....	68
TABLA N° 10: Control y Evaluación de proveedores.....	69
TABLA N° 11: Información de los proveedores.....	70
TABLA N° 12: Tabla de Contingencia de Hipótesis Especifica 1.....	71
TABLA N° 13: Prueba Chi Cuadrado Hipótesis Especifica 1.....	71
TABLA N° 14: Tabla de contingencias de Hipótesis Especifica 2.....	72
TABLA N° 15: Prueba Chi Cuadrado Hipótesis Especifica 2.....	72
TABLA N° 16: Tabla de contingencias de Hipótesis Especifica 3.....	73
TABLA N° 17: Prueba Chi Cuadrado Hipótesis Especifica 3.....	73

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: Diagrama de procesos de control de avance de obra.....	22
FIGURA N° 2: Formato de evaluación del control del avance de obra.....	23
FIGURA N° 3: Flujo grama del procedimiento para mejorar la productividad en las obras y minimizar los costos operativos en la construcción.....	34
FIGURA N° 4: Configuración de la cadena de abastecimiento en la construcción.....	39
FIGURA N° 5: Modelo de transformación.....	43
FIGURA N° 6: Producción como un flujo de procesos. Las actividades en recuadros pintados son las que no añaden valor.....	44
FIGURA N° 7: Lean Project Delivery System.....	49
FIGURA N° 8: Triangulo de hierro y Pirámide de la calidad.....	57
FIGURA N° 9: Esquema de los subprocessos.....	59
FIGURA N° 10: Grafico de Barra de Tipo de Empresas.....	61
FIGURA N° 11: Grafico de Barra de Tipo de Construcción.....	62
FIGURA N° 12: Grafico de Barra de Conocimiento de Lean Construction.....	63
FIGURA N° 13: Grafico de aplicación de Lean Construction.....	64
FIGURA N° 14: Variabilidad de las actividades.....	65
FIGURA N° 15: Diseño y Ejecución de la obra.....	66
FIGURA N° 16: Etapa de selección de insumos.....	67
FIGURA N° 17: Control y Evaluación de la obra.....	68
FIGURA N° 18: Control y Evaluación de proveedores.....	69
FIGURA N° 19: Información de los proveedores.....	70
FIGURA N° 20: Cuadro Normativo.....	83

INDICE DE FOTOS

FOTO N° 01: Vista panorámica de la I Etapa.....	88
FOTO N° 02: Vista panorámica de la división.....	89
FOTO N° 03: Vista de la planta de concreto.....	89
FOTO N° 04: Vista del uso de grúa telescópica.....	90
FOTO N° 05: Vista del uso de pizarra en la entrada de cada bloque.....	90
FOTO N° 06: Vista del uso de encofrado modular.....	91
FOTO N° 07: Vista panorámica de la II Etapa del proyecto.....	91
FOTO N° 08: Vista panorámica de los Bloque de la II Etapa.....	92
FOTO N° 09: Vista panorámica de uno de los Bloques ya imprimado.....	92
FOTO N° 10: Vista panorámica de los Blocks en proceso del pintado.....	93
FOTO N° 11: Vista panorámica de la platea de cimentación.....	93
FOTO N° 12: Vista panorámica de la armadura de los muros.....	94
FOTO N° 13: Vista panorámica del solaqueo exterior.....	94
FOTO N° 14: Vista panorámica de los muros interiores.....	95
FOTO N° 15: Vista panorámica de las instalaciones sanitarias.....	95
FOTO N° 16: Vista panorámica de las instalaciones eléctricas.....	96
FOTO N° 17: Vista panorámica de ductos.....	96
FOTO N° 18.- Vista panorámica de colocación de enchapes en baño.....	97
FOTO N° 19.- Vista panorámica de exteriores adosadas a los muros.....	97
FOTO N° 20.- Vista panorámica de los aparatos sanitarios ya instalados.....	98



INDICE DE ANEXOS

PLANO: Distribución General.....	A-01
PLANO: Planta 1er Piso.....	A-02
PLANO: Planta 2do, 3er y 4to Piso.....	A-03
PLANO: Planta 5to Piso.....	A-04
PLANO: Cortes.....	A-05
PLANO: Elevaciones.....	A-06

INTRODUCCION

La presente tesis está organizada en seis capítulos. El primero, que corresponde al planteamiento del estudio, presenta el planteamiento del problema, los objetivos, las hipótesis, sus delimitaciones y limitaciones que se pretenden alcanzar. Se detalla la metodología utilizada, la población y muestra, así como el instrumento a utilizar y su convalidación.

En el segundo capítulo, se desarrolla el marco teórico que permitirá la definición y desarrollo de la filosofía Lean Construction, en la Construcción de Edificios Multifamiliares.

El tercer capítulo consiste en un diagnóstico para conocer cómo se pueden mejorar la producción de los procesos de construcción con la planificación, ejecución y control del desempeño de los procesos de construcción, con la filosofía Lean Construction. Se presenta el concepto de logística y la gestión de la cadena del abastecimiento (Supply Chain Management) en la industria de la construcción. Asimismo, se realizó un estudio de los lineamientos básicos del Lean Construction y el Project Management Institute en su guía del PMBOK en relación con la logística.

La cuarta capítulo corresponde al análisis de los resultados de la encuesta realizada a los encargados del desarrollo de la parte operativa del proceso constructivo, en sus empresas que nos permitirá, identificar la aplicación de la filosofía Lean Construction en la industria de la construcción de Edificios Multifamiliares.

En el Quinto capítulo, se realiza la discusión de los resultados, para compararlas con la teoría y prácticas en procesos de la Construcción de Edificios Multifamiliares, con las técnicas administrativas modernas para gestionar la construcción de proyectos de Viviendas Multifamiliares.

El Sexto y último capítulo, se hace un ejemplo práctico de cómo se aplicaría Lean Construction en la planificación de un Proyecto de Vivienda Multifamiliar.

Luego se obtienen las conclusiones y recomendaciones obtenidas en la investigación, anotando la bibliografía consultada para su desarrollo.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA:

En la actualidad la demanda de vivienda de interés social en Lima Metropolitana ha crecido geométricamente, haciendo que las constructoras se ven obligadas a satisfacerla, lo cual hace más complejo el control de los proyectos ya que cada vez se busca hacerlos más grandes con el fin de obtener la mayor utilidad posible.

El tamaño es directamente proporcional a la complejidad y al incrementarlo se hace complicado su control y ejecución, esto se ve reflejado en cronogramas atrasados, desperdicios demasiado altos, incrementos en las cantidades inicialmente calculadas y presupuestadas, pago de horas extras para poder cumplir con los tiempos de entrega, reproceso por diseños mal ejecutados y alta insatisfacción del personal por sus condiciones de trabajo y de los compradores al momento de recibir su inmueble, todo lo anterior impacta directamente en la utilidad del proyecto.

Debido a lo anterior existe la necesidad de mejorar los procesos de Construcción de los proyectos y en la actualidad muchas empresas peruanas están estudiando la posibilidad de aplicar una nueva filosofía llamada Lean Construction en sus proyectos, pero es necesario mostrar cuáles son sus beneficios y como su aplicación puede impactar positivamente en la ejecución de los mismos, y por esta razón se quiere mostrar mediante la elaboración de este trabajo cómo con algunas herramientas como Lean Construction podemos generar proyectos más rentables, colaboradores comprometidos y clientes satisfechos.

También, todos sabemos que el movimiento del sector construcción mueve la economía de la población, que aporta un porcentaje significativo al PBI del país, por lo tanto, todo esfuerzo que promueva el uso de nuevas metodologías y técnicas de gestión al desarrollo de los proyectos de construcción redundará de una manera directa en el bienestar de nuestra sociedad.

En el 2015, de acuerdo a los estudios del mercado de edificaciones de CAPECO, en Lima Metropolitana y el Callao se construyeron 5´000,000 m² en edificaciones urbanas. El costo directo de construcción de estas edificaciones puede estar en el orden de US\$ 1,500´000,000, y de acuerdo a las estadísticas, los desperdicios generados en estas construcciones probablemente podrían haber ascendido a unos US\$ 500´000,000. En los últimos años se ha observado que el sector de la construcción, tiene en sus obras grandes pérdidas de tiempo asociado a falta de materiales e insumos en el frente de trabajo y el bajo rendimiento por mala planificación de actividades y coordinación entre especialidades involucradas.

En la actualidad existe una tendencia en el incremento del desarrollo de proyectos de construcción de viviendas multifamiliares, como respuesta a la alta demanda de viviendas en Lima Metropolitana, en comparación con otro tipo de complejos habitacionales del tipo vivienda unifamiliar. Estos proyectos, implican un mayor compromiso de tipo económico, social, laboral y especialmente gerencial, ya que la cantidad de actividades involucradas que forman parte de la Estructura de desglose de Trabajo son mayores en cantidad y poseen superior interdependencia, los cuales necesitan una administración integral, con mayor productividad de sus operaciones.

Teniendo en cuenta que generalmente los gerentes de proyecto de estas obras suelen ser Ingenieros Civiles, quienes a pesar de contar con mucha experiencia obtenida a través de la práctica y con el paso del tiempo, desaprovechan gran cantidad de herramientas existentes en la gerencia de proyectos que servirían de gran ayuda en la gestión de este tipo de proyectos a veces por desconocimiento y otras por la premura del tiempo.

La investigación tiene el interés de mostrar cómo se puede desarrollar un proyecto de vivienda de interés social bajo la filosofía Lean Construction desde su fase de planeación hasta su liquidación, teniendo como base los documentos existentes y los lineamientos dados por el Lean Construction Institute, con el objetivo de incorporar las mejores prácticas de gerencia de proyecto logrando la adecuación de las técnicas y las metodologías que actualmente facilitan y gestionan eficazmente los proyectos de construcción multifamiliar.

Entonces, en la Investigación se plantea la siguiente problematización.

¿Cómo aplicando la filosofía Lean Construction se puede mejorar la productividad en la construcción de una edificación multifamiliar en Lima Metropolitana?

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

1.2.1. Problema General

¿Cómo aplicando la filosofía Lean Construction se puede mejorar la productividad en la construcción de una Edificación Multifamiliar en Lima Metropolitana?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿De qué manera la Planificación con la aplicación filosofía Lean Construction, puede reducir la incertidumbre y la variabilidad de las actividades en la construcción de una Edificación Multifamiliar en Lima Metropolitana?
- ¿De qué manera el Diseño y ejecución de la Obra con la aplicación de la filosofía Lean Construction puede mejorar el cumplimiento del cronograma de las actividades en la construcción de una Edificación Multifamiliar en Lima Metropolitana?
- ¿De qué manera la Evaluación y Control del Avance de Obra con la aplicación de la filosofía Lean Construction, puede evitar las actividades no contributivas en la construcción de una Edificación Multifamiliar en Lima Metropolitana?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:

1.3.1. Objetivos General

Evaluar cómo la aplicación de la filosofía Lean Construction, puede mejorar la productividad en la construcción de una Edificación Multifamiliar en Lima Metropolitana.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Conocer de qué manera la Planificación con la aplicación de la filosofía Lean Construction, puede reducir la incertidumbre y la variabilidad de las actividades en la construcción de una Edificación Multifamiliar en Lima Metropolitana.

- Conocer de qué manera el Diseño y ejecución de la Obra con la aplicación de la filosofía Lean Construction, puede mejorar el cumplimiento del cronograma de las actividades en la construcción de una Edificación Multifamiliar en Lima Metropolitana.
- Establecer de qué manera la Evaluación y Control del Avance de Obra con la aplicación de la filosofía Lean Construction, puede evitar las actividades no contributivas en la construcción de una Edificación Multifamiliar en Lima Metropolitana.

1.4. DELIMITACIÓN Y LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

Delimitación temporal

La investigación delimito en la aplicación del instrumento de la investigación en el periodo de Agosto - Setiembre del 2016.

Delimitación espacial

La investigación delimito su ámbito espacial a las empresas constructoras de Edificios Multifamiliares en Lima Metropolitana.

Delimitación social

La investigación delimito al entorno social interno organizacional de las empresas constructoras de Edificios Multifamiliares en Lima Metropolitana.

Delimitación conceptual

La investigación delimito conceptualmente el uso y aplicación de los factores conceptuales que se asocian a la filosofía de Lean Construction en sus diferentes etapas.

Limitaciones de la investigación

La Limitación de la investigación fue el ámbito del análisis de la aplicabilidad del uso de la herramienta administrativa Lean Construction, en las empresas de construcciones de Edificaciones del Tipo Multifamiliar, por que las Empresas, objeto de estudio, se reserva el derecho de suministrar información la cual considera confidencial.

La investigación solo considera proyectos de construcción multifamiliar típica que no excede las 20 unidades de vivienda por edificio.

Los valores expresados en porcentajes, costos y tiempos pueden diferir con los valores reales del proyecto.

1.5. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN:

1.5.1. Hipótesis General

Aplicando adecuadamente la filosofía Lean Construction se podrá mejorar la productividad la construcción de Edificaciones Multifamiliares en la ciudad de Lima Metropolitana.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- La Planificación con la aplicación de la filosofía Lean Construction reduce la incertidumbre y la variabilidad de las actividades en la construcción de una Edificación Multifamiliar en Lima Metropolitana.
- El Diseño y ejecución de la obra con la aplicación de la filosofía Lean Construction mejora el cumplimiento del cronograma de las actividades en la construcción de una Edificación Multifamiliar en Lima Metropolitana.

- La Evaluación y Control del Avance de Obra con la aplicación de la filosofía Lean Construction evita las actividades no contributivas en la construcción de una Edificación Multifamiliar en Lima Metropolitana.

1.6. VARIABLES, INDICADORES Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES:

Variables

Variables Independientes (X)

La aplicación de la filosofía de Lean Construction

Variables Dependientes (Y)

La productividad de las Empresas Constructoras de edificios Multifamiliares.

Indicadores

La Operacionalización de las variables y sus indicadores se muestran en la siguiente tabla.

TABLA N° 1: Operacionalización de las Variables y sus Indicadores

Variables	Dimensiones	Indicadores
Independiente (X) La filosofía de Lean Construction	Planificación de Procesos	- Cantidad de ahorro en costos de administración - Disposición de alta disponibilidad de la información -Acceder a tener confidencialidad absoluta -Acceder a tener integridad de los datos avalada por los protocolos de información utilizados -Facilitar y mantener el control de la información -Facilitar la aplicación de técnicas "Justo a Tiempo" y

	Diseño de Actividades Evaluación del Control	pasar en esta forma de un JIT dogmático, a un JIT pragmático - Número de Actividades No Contributivas - Estimación de los tiempos dedicados a las tareas no Contributivas - Numero de procesos productivos agilizados - Numero de errores disminuidos en los documentos.
Dependiente (Y) La productividad de la Empresas Constructoras de edificios Multifamiliares.	Tipologías Productividad en la construcción Reducción de costos. Reducción de tiempos	<ul style="list-style-type: none"> • Variable Y1: Productividad en la construcción. <ul style="list-style-type: none"> - Trabajos productivos - Trabajos contributorios - Trabajos no contributorios • Variable Y2: Reducción de costos. Indicador 1: Costos de la obra. • Variable Y3: Reducción de tiempos. Indicador 1: SPI (Sistema de Seguimiento Proyectos) de la obra. Indicador 2: Cronograma de la obra.

Fuente: Elaboración Propia

1.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN:

1.7.1. Método de la investigación

Por el tipo de investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación descriptiva comparativa en razón, que se utilizaran conocimientos de las ciencias administrativas, a fin de establecer si se presenta una variabilidad entre el conocimiento de la aplicación de la filosofía Lean Construction y su incidencia en la productividad de las

empresas constructoras de Edificios Multifamiliares en Lima Metropolitana.

1.7.2. Diseño de la Investigación

El diseño metodológico es no experimental, prospectivo descriptivo comparativo.

1.7.3. Población y muestra de la investigación

Población

Son todas las empresas Constructoras de Edificios Multifamiliares en Lima Metropolitana que están funcionando hasta Agosto del 2016.

Muestra

Se ha tomado una muestra de 38 empresas Constructoras de Edificios Multifamiliares en Lima Metropolitana que está funcionando hasta Agosto del 2016. El cálculo de la muestra obtenida es la siguiente:

Tamaño de Muestra proveniente de una población finita

Dónde:
$$n = \frac{Nz^2pq}{(N-1)e^2 + z^2pq}$$

N= Tamaño de la población= 100 empresas Constructoras de edificios multifamiliares (Fuente: Ministerio de Vivienda 2015 Ver Anexo N1)

Z: = Nivel de confianza al 95%

p: = Proporción de trabajadores que perciben un clima laboral medio, desfavorable o muy desfavorable inclusive.

q: = Complemento de p

e = Margen de error o tolerancia al 12.5%

$$n = \frac{Nz^2pq}{(N-1)e^2 + z^2pq}$$
$$n = \frac{100 \times 1.96^2 \times 0.50 \times 0.50}{(100-1) \times 0.125^2 + 1.96^2 \times 0.50 \times 0.50}$$

n= 38 empresas constructoras de Edificios Multifamiliares

1.7.4. Técnicas e instrumentos de la recolección de datos

Técnicas

Las técnicas utilizadas para la recolección de información de este estudio fueron.

Entrevistas personales con los gerentes de las empresas constructoras de Edificios Multifamiliares.

Encuestas a los Gerentes Operativos de las empresas Constructoras de la muestra elegida al azar, los que responderán a una encuesta diseñada para la recolección de la información directa.

La observación técnica también se utilizó en la investigación, que permitió recopilar una información adecuada para nuestros objetivos.

Instrumentos

Se desarrolló una encuesta para la recolección de información, la misma que contiene preguntas de alternativas múltiples.

La encuesta consta con las siguientes partes:

- Parte 1. Datos generales (tipo de empresa y tipo de construcción).
- Parte 2. Información acerca de la aplicación de Lean Construction.

Validación de Instrumentos

El cuestionario fue sometido a opinión de expertos para su evaluación previa. Entre los expertos se ha de considerar profesionales con experiencia en procesos de construcción de edificios multifamiliares. Se elaboró una ficha de recolección de información. Posteriormente se desarrolló un estudio piloto con la finalidad de obtener información acerca de la claridad del lenguaje utilizados en el instrumento y determinar en forma global si dicha herramienta es de fácil comprensión. El tiempo necesario para el llenado de la encuesta también fue calculado siendo el tiempo aproximado de 5 minutos.

ENCUESTA SOBRE LA FILOSOFIA DEL LEAN CONSTRUCTION

PRESENTACIÓN

Este cuestionario forma parte de una investigación, que pretende averiguar algunos aspectos relacionados a la aplicación del Lean Construction en las empresas peruanas

El cuestionario es completamente confidencial y anónimo, NADIE sabrá lo que UD responde. Para contestarlo solo tienes que rellenar los espacios correspondientes o poner una señal en el ítem que creas es tu respuesta. Por favor lea con atención las preguntas que se le hacen y responda con toda sinceridad. Sus respuestas se valoraran grandemente y me ayudaran a entender más sobre y esta información solo será utilizada para este fin.

Recuerda que NO hay respuestas correctas e incorrectas, TODAS son válidas siempre que reflejen lo que UD., considere. Muchas gracias por su colaboración.

DATOS GENERALES DE LA EMPRESA

1) Tipo de Empresa

	<i>Pequeña</i>
	<i>Mediana</i>
	<i>Grande</i>

2) Tipo de Construcción

	<i>Multifamiliar</i>
	<i>Multicomercial</i>

PREGUNTAS SOBRE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION

1) ¿Ud. , conoce la filosofía de LEAN CONSTRUCCION?

	<i>Si</i>
	<i>No</i>
	<i>No sabe</i>

2) ¿Ha aplicado Ud. , la filosofía LEAN CONSTRUCCION en su empresa?

	<i>Totalmente</i>
	<i>Parcialmente</i>
	<i>No aplicada</i>

3) ¿Cree Ud. que la planificación de la filosofía LEAN CONSTRUCCION reduce la variabilidad de las actividades de construcción en las Edificaciones Multifamiliares?

	<i>Si</i>
	<i>No</i>
	<i>No sabe</i>

4) ¿Cree Ud. que el Diseño y Ejecución de la obra con la filosofía LEAN CONSTRUCCION mejora el cumplimiento del cronograma en las actividades de la Construcción?

	<i>Si</i>
	<i>No</i>
	<i>No sabe</i>

5) ¿En qué etapa cree Ud., se seleccionan los insumos que se usan durante la construcción con la filosofía LEAN CONSTRUCCION?

	<i>Diseño</i>
	<i>Planificación de Presupuesto</i>
	<i>Ejecución (Construcción)</i>

6) ¿Cree Ud. Que la Evaluación y Control del avance de obra con la aplicación de la filosofía LEAN CONSTRUCCION contribuye en la producción de los procesos de construcción de edificios multifamiliares?

	<i>Si</i>
	<i>No</i>
	<i>No sabe</i>

7) ¿Su empresa, evalúa el desempeño de los proveedores?

	<i>Si</i>
	<i>No</i>

8) ¿Según Ud., se emplea la información obtenida de la evaluación en el proceso de construcción de Edificios Multifamiliares?

	<i>Control del cumplimiento del contrato</i>
	<i>Retroalimentación para selección en futuros proyectos</i>
	<i>Todas las anteriores</i>

GRACIAS POR SU COLABORACION

Fuente Propia

1.7.5. Técnicas de procedimientos, recolección procesamiento de análisis de datos

Procedimiento

La aplicabilidad del instrumento de investigación, se realizó con la solicitud de una entrevista con el encargado de la administración de edificios multifamiliares en las empresas constructoras seleccionadas al azar, en la que se solicitó a dicho representante responder a la encuesta proporcionada.

Recolección de datos

Se procedió a la recopilación de la información, agrupándola y tabulándola en el programa SPSS 21, para la elaboración de las tablas de frecuencia y gráficos respectivos.

Procesamiento de análisis de datos.

Con los datos estadísticos se obtuvo las tablas de frecuencia y las gráficas respectivas de dicha información, para posteriormente poder realizar una interpretación de dicha información a través de cuadros unidimensionales y bidimensionales según se indica.

También se utilizó las siguientes técnicas estadísticas:

- Se utilizará la prueba Chi cuadrado para establecer si existe relación significativa entre las variables analizadas.
- Todas las pruebas estadísticas de significación se leerán al 95% de confiabilidad.

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:

Tesis "Aplicación del sistema de planificación 'last planner' a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura" - Universidad de Chile.

2.1.1. Marco Histórico

El marco histórico, que describimos a continuación es referido al a la evolución histórica de la filosofía Lean Construction.

En el año 1950 las primeras ideas de la nueva filosofía de producción se originan en Japón, las cuales fueron aplicadas en el Sistema Toyota. Las ideas básicas en el Sistema de producción de Toyota es la eliminación de inventarios y pérdidas, limitación de la producción a pequeñas partes, reducir o simplificar su estructura de producción, utilización de máquinas semiautomáticas, cooperación entre los proveedores, entre otras técnicas. (Monden 1983, Ohno 1988, Shingo 1984, Shingo 1988).

La filosofía de calidad fue desarrollada basada en un método estadístico de garantía de calidad, fue un acercamiento mucho más amplio que los aplicados hasta el momento, incluyendo ciclos de calidad y otras herramientas, para su desarrollo en las empresas.

Estas ideas han sido desarrolladas y refinadas por ingenieros industriales en un largo proceso de pruebas y errores; pero no establecieron una base teórica de fondo. Por consiguiente, hasta

el principio de los años 80, la información que tenía el mundo Occidental fue muy limitado. Sin embargo, las ideas difundidas a Europa y Norteamérica comienzan aproximadamente en 1975, debidas al cambio de mentalidad de la industria automotriz.

Durante los años 1980, una serie de textos fueron publicados para explicar y analizar el acercamiento hacia la nueva filosofía en forma más detallada (Deming 1982, Schonberger 1982, Schonberger 1986, Henos 1988, O'Grady 1988, Garvin 1988, Berangér 1987, Edosomwan 1990).

En la década del 90 en Finlandia, donde el Ingeniero civil Lauri Koskela sistematizó los conceptos más avanzados de la administración moderna (Benchmarking; Kaizen o Mejoramiento continuo; Justo a Tiempo, etc.) junto con la Ingeniería de Métodos y Estudio del Trabajo para reformular los conceptos clásicos de programar y control de Obras. Es así que la nueva filosofía de producción, es conocida con diferentes nombres (la fabricación de clase mundial, Producción flexible, nuevo Sistema de producción), la cual ha sido practicada, al menos parcialmente, por grandes empresas de fabricación en América y Europa. El nuevo acercamiento también ha sido difundido a nuevos campos, como la producción personalizada (Ashton y Cook 1989), servicios, administración (Harrington 1991), y el desarrollo de nuevos productos.

En 1993 realizó el 1er. Taller de LEAN CONSTRUCTION en Espoo (Finlandia), teniendo en cuenta las ideas de Shingo(1988), Schonberger (1990) y Plassl (1991).

En la actualidad, la nueva filosofía de producción ha sufrido un impulso en su desarrollo, principalmente en Japón, nuevas herramientas han sido desarrolladas paralelamente para

aumentar el desarrollo de la filosofía, como el Despliegue de Función de Calidad (QFD) (Akao 1990).

2.1.2. La Filosofía Lean Construction

Lean Construction, es una aplicación de la filosofía Lean al sector de la construcción, como sus similares Lean Manufacturing o Lean Production aplicado al sector manufacturero. La filosofía Lean se ha aplicado a una infinidad de sectores tales como servicios, contabilidad, software e incluso en el marketing, y si estas no se ajustan a la operación del sector Lean también crean nuevas herramientas y sistemas dependiendo de la empresa y del sector. Teniendo en cuenta que lo importante no son sus herramientas sino su filosofía y sus principios.

En el sector de la construcción, se están aplicando estos principios gracias a diversas herramientas de la filosofía Lean. Por lo que se van a mostrar las herramientas más usadas y aceptadas por el sector de la construcción alrededor del mundo.

2.1.2.1. Concepto

Es una herramienta de mejoramiento de la productividad y la calidad de las construcciones. Es un método manufacturero o de fabricación con políticas como el Justo a Tiempo, calidad total, tiempo basado en la competencia de cuadrillas, ingeniería concurrente. Es una filosofía de administración general.

A la luz de los principios Lean Construction (construcción sin pérdidas) derivados de los conceptos Lean Production, se evalúan las actividades de recolección de datos durante el control de avance de la construcción, desarrollo crítico que alimenta otros procesos desde la planeación media y semanal, hasta el cierre del proyecto.

Lean es una forma diferente de entender la construcción, donde la base de esta filosofía se focaliza en crear lo que el cliente quiere, a esto se le llama valor, y haciéndolo con las menores pérdidas posibles, de forma que los operarios puedan ser lo más productivos posible. Siempre focalizando la producción en la calidad y de esa forma reducir el coste y aumentar la producción. (Mossman, Making construction projects more reliable using a lean approach: an introduction to lean construction & last planner, 2010).

2.1.2.2. Características

De acuerdo con la teoría Lean, toda tarea realizada puede clasificarse como **Productiva (P)**, si ella agrega valor al producto o servicio ofrecido al cliente; **Contributiva (C)**, si es necesario realizarla tarea porque sirve de soporte a las actividades productivas tales como mediciones, transporte de materiales, montaje de equipos, pero ellas no dan valor agregado al producto o servicio, y finalmente, **No Contributiva (NC)**, si la acción que se ejecuta no da valor agregado y tampoco es una tarea de soporte, por ejemplo, esperas por material o por aprobaciones, descansos, reprocesos, etc.

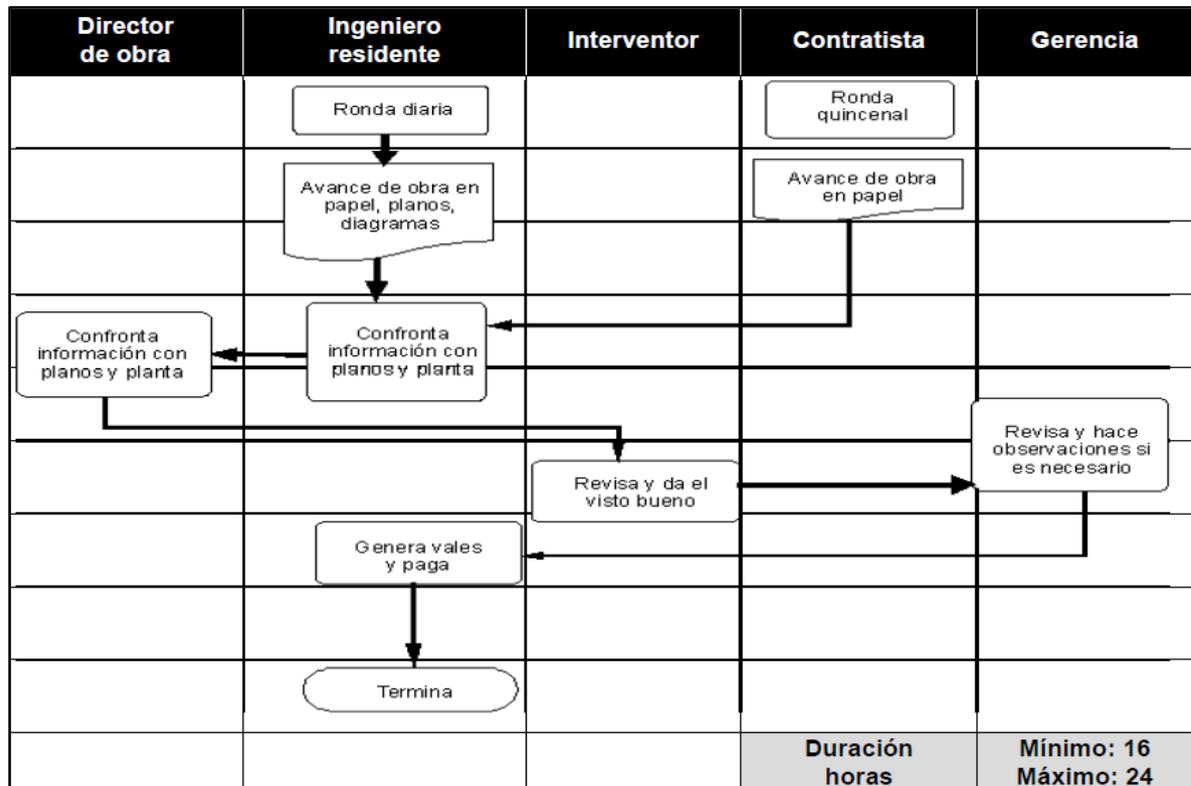
Quien sigue la filosofía Lean en la producción, debe incrementar al máximo el tiempo invertido en tareas productivas, disminuir el tiempo gastado en las contributivas y eliminar el tiempo correspondiente en acciones no contributivas. Bajo este enfoque se adelantó un procedimiento para evaluar las tareas que se realizan en cada empresa.

Álvarez (2007) en su investigación sobre la Aplicación de Lean Construction en la Toma de Datos, manifiesta que generalmente las empresas constructoras carecen de sistemas de información que permitan establecer el número de consultas realizadas a un

ítem particular o el número de diferentes personas que efectúan tales consultas en un período de tiempo dado, es muy difícil evaluar la eficiencia del sistema de información que poseen y las prácticas que utilizan para alimentarlo. Sin embargo, es posible que durante largo tiempo la información haya servido para la toma de decisiones y haya sido eficaz, aunque pueda tener poca confiabilidad y un manejo poco eficiente.

Con la descripción correspondiente, se realizan los diagramas de procesos y se envían a cada director de obra o ingeniero residente el diagrama del suyo, con el fin de que lo revisen o hagan las observaciones que crean pertinentes. La Figura N° 1 es un ejemplo de diagrama de procesos de control de avance de obra, en ella se observa la duplicidad de tareas.

FIGURA N° 1: Diagrama de procesos de control de avance de obra



Fuente: Álvarez Villa M. Lean Data Aplicación de Lean Construction en la toma de datos 2007 p.68

Con esta clasificación se obtienen estadísticas por proyecto y por empresa, se hallan las causas del tiempo de espera por actividades contributivas y no contributivas, y se estima el tiempo invertido en cada una de esas categorías. En la Figura N° 2 se presenta un formato de evaluación diligenciado de tareas: ingeniero residente y contratista, realizan la ronda y la información que se obtiene de ella, la revisan el director de obra, el ingeniero residente, el interventor y la gerencia.

FIGURA N° 2: Formato de evaluación del control del avance de obra

Actividad	P	C	NC	Comentario
Director de obra realiza ronda quincenal	X			
Inspector de obra realiza ronda quincenal	X			
Contratista realiza ronda quincenal			X	
Inspector de obra consigna en papel avance de obra				X
Inspector de obra genera el acta de avance de obra	X			
Inspector de obra envía el acta al interventor			X	La obra requiere interventoría
Interventor da el visado al acta			X	Contractualmente, el proceso sería Contributivo
Interventor envía el acta visada al director de obra				
Director de obra autoriza la cuantía por pagar		X		
Director de obra envía el acta autorizada al almacenista			X	
El almacenista digita en kardex electrónico el acta			X	
El almacenista envía a Contabilidad el acta en papel		X		
Contabilidad realiza la causación de pagos		X		
Contabilidad efectúa un resumen de contrato			X	
Contabilidad hace firmar el resumen del contrato		X		
Contabilidad realiza los pagos	X			

Fuente: Alvarez Villa M. Lean Data Aplicación de Lean Construction en la toma de datos 2007 p.69

Tales diagramas se entregan luego a los expertos en el tema Lean Construction quienes clasifican cada una de las tareas en productivas, contributivas y no contributivas, actualmente llamadas de valor agregado, soporte y no valor agregado respectivamente. Para mayor objetividad de su actuación, los expertos no conocen la empresa que están evaluando y se realiza una calibración para asegurar consistencia entre ellos.

2.1.2.3. El Valor y las Perdidas

El Lean Construction focaliza sus esfuerzos en generar valor al producto final. Para generar valor, el primer paso es el de eliminar las pérdidas. Perdidas que se generan durante todo el desarrollo de un proyecto de construcción.

En Lean Construction se habla de generar valor al producto final. La generación del valor está directamente relacionada con la eliminación de los desperdicios. Es decir, hay que eliminar del proceso todo aquello que no genera valor al producto y que por lo tanto está generando pérdidas. Algunos autores han denominado al Lean Construction o Construcción Lean como "construcción sin pérdidas". (Pellicer Armiñana & Alarcón Cárdenas, 2009) se muestran los conceptos y herramientas en el proceso de producción de la construcción gracias a un gran número de lecturas de artículos sobre la teoría y aplicación con éxito de estas herramientas, y la con el avance de la tecnología el Project Production System que complementa al proceso constructivo.

La creación de valor en construcción requiere de la transformación de materiales. Hay siete flujos: Información, equipamiento, materiales, tareas precedentes, espacio seguro y entorno de trabajo seguro. Han de ir juntos para permitir la transformación hacia el flujo. Si alguno de los siete se interrumpe o no existe no se puede generar valor. (Mossman, Making

construction projects more reliable using a lean approach: an introduction to lean construction & last planner, 2010).

Durante el proceso se ha de eliminar todo proceso que no genere valor, de lo contrario estamos generando pérdidas.

En el proceso de producción las pérdidas representan daño o menoscabo que se recibe en algo. (RAE, 2010) Es decir, cada proceso que no genera valor es un proceso que genera un daño al objetivo final. Por lo que se considera un desperdicio. La filosofía Lean clasifica esos desperdicios en siete:

1. **Sobreproducción:** Producir por encima de la demanda. Aparece stock, si se produce sin responder a la necesidad del cliente se consumen recursos.
2. **Tiempo de espera:** Esperar al anterior o al siguiente proceso de producción.
3. **Transporte:** Transportar productos no necesarios en ese momento para producir el producto final.
4. **Exceso de procesado:** A causa del diseño o del uso de herramientas de baja calidad la actividad no es eficiente. Se ha de rehacer el trabajo ya realizado.
5. **Inventario o stock:** Todo lo que se ha producido y que aún no se ha vendido.
6. **Movimiento:** Personas o maquinaria moviéndose más de lo necesario para producir el producto final.
7. **Defectos:** Esfuerzo realizado para investigar sobre los defectos producidos y tener que arreglarlos. Eliminando el despilfarro, la calidad mejora y el tiempo de producción y el coste, se reducen.

2.1.2.4. Herramientas de colaboración y cooperación del Lean Construction

El añadir valor eliminando pérdidas, se han creado varias herramientas para la fase de ejecución o producción de obras.

Last Planner System TM (Sistema del Último Planificador)

Glenn Ballard y Greg Howell, han creado, la herramienta más conocida y utilizada por las empresas constructoras alrededor del mundo es el LAST PLANNER SYSTEM TM se le conoce en español como sistema del último planificador. Esta herramienta está aportando grandes beneficios a las empresas constructoras, solo hay que leer los innumerables artículos sobre su aplicación y resultados. (Ballard H. G., 2000) (Botero Botero & Álvarez Villa, 2005) (AlSehaimi, Tzortzopoulos, & Koskela, 2009) y muchos más.

Esta herramienta tan potente favorece la aplicación de los principios de la filosofía Lean. Pero pueden apoyarse en otras herramientas como la **Gestión Visual** dentro de la obra.

El Lean Supply Chain Management

Como ayuda a la cadena de suministro de materiales "just in time" favorece así la limpieza en obra y las 5S. A su vez las 5S favorecen la seguridad y Salud de los trabajadores dentro de la obra.

Vicent Gosàlvez Botella en su proyecto final de este master "cultura Lean Construction: Clave de la mejora competitiva" (Gosàlvez Botella, 2010) nos explica perfectamente el Last Planner System También nos da las claves de cómo implementarlo en una empresa constructora a través de la generación de plantillas. Sin embargo se va explicar en qué

consiste y se intenta introducir algún concepto más para llegar a su entendimiento

2.1.2.5. Fases de Ejecución

La implementación de Lean Construction dentro de las diferentes fases del desarrollo de un proyecto de vivienda debe pasar inicialmente por múltiples aprobaciones antes de lograr llevarse a feliz término en la realidad, es importante primero hacer entender a todas aquellas personas que participarán en su implementación los beneficios que trae esta metodología para la empresa, y esto debe hacerse desde los gerentes quienes son los que finalmente dan su aprobación a todas aquellas ideas presentadas por sus colaboradores, siempre y cuando estas estén alineadas con las políticas y objetivos de la compañía.

Para conseguir que Lean Construction sea una realidad en todas las fases de un proyecto, es vital que se creen grupos de trabajo comprometidos y liderados por cada uno de los gerentes de las áreas de la empresa, cada gerente debe ser quien se encargue de tomar las ideas de sus colaboradores y unificarlas para luego crear un consenso con los procedimientos y documentación necesaria para poder hacer un control y ejecución efectivo de los proyectos, los líderes de cada proceso podrían reunirse con el fin de alinear procesos y documentos para así evitar que existan fallas a lo largo del ciclo de vida de un proyecto.

La aprobación final a las decisiones tomadas debe ser dada por la junta directiva y presentada por cada uno de los líderes de área quienes son los que realmente conocen y tienen una idea más general y clara de cómo se implementará dentro de cada área.

Es importante tener en cuenta las fases de un proyecto:

- Fase de planeación.
- Fase de diseño.
- Fase de Ejecución.
- Fase de liquidación.

Las producciones son concebidas como flujos de materiales e información. Los flujos son mejorados periódicamente con respecto a su eficiencia mediante la implementación de nuevas tecnologías. Los flujos son controlados con el objetivo de obtener una mínima variabilidad y tiempo de ciclo.

“Con el manejo de la filosofía de Lean Construction se mejora la productividad en la construcción de una edificación multifamiliar, la cual reduce los costos de la construcción, duración de la obra, trabajos no contributarios, mejoramiento de la productividad apoyándose en la ingeniería de métodos.”

El método se empleará en el inicio de obra, será fundamental el cronograma y de ésta se realizará los trenes de trabajo, programaciones semanales (look ahead) y con programaciones diarias, teniendo en cuenta las restricciones que las partidas pueden tener.

Las herramientas de control serán con el Porcentaje de Planificación Completa (PPC), con niveles general de actividad, carta balance y curvas de productividad.

Con los resultados se podrá acceder a una retroalimentación y tener claras las lecciones aprendidas y cada ciclo mejore la productividad.

Con la implementación del proyecto de tecnologías móviles en curso, se tendrá la oportunidad de lograr cada vez más las metas propuestas de acuerdo con la filosofía Lean Construction. Eso

implica que se trabaje por conseguir una cultura corporativa tanto para tener una mente abierta al cambio que Gescón propone, como para adquirir buenas prácticas en la gestión de la información. Con este sistema se espera:

- Agilizar los procesos productivos.
- Disminuir los errores en los documentos.
- Ahorrar en costos de administración.
- Aumentar la competitividad de las empresas participantes.
- Alta disponibilidad de la información.
- Tener confidencialidad absoluta.
- Tener integridad de los datos avalada por los protocolos de información utilizados.
- Facilitar y mantener el control de la información.
- Facilitar la aplicación de técnicas "Justo a Tiempo" y pasar en esta forma de un JIT dogmático, a un JIT pragmático.

Es difícil que las empresas peruanas de la construcción hagan esfuerzos individuales para responder a la demanda que les presenta el medio y se preparen en el campo tecnológico a la vez que realizan su labor. En los próximos años se espera tener equipos y sistemas de comunicación cada vez más poderosos, más rápidos y más económicos. Así mismo, mejores recursos, más ricos y de más fácil acceso por Internet. Para satisfacer las nuevas demandas y para aprovechar mejor las grandes oportunidades, las empresas deben enfrentarse responsablemente a las nuevas tecnologías. Ingenieros, administradores y educadores deben estar preparados para su comprensión y utilización efectiva.

2.1.3. Construcción de Edificio Multifamiliar

2.1.3.1. Edificios Multifamiliares

Las condiciones del mercado actualmente ocasionan una elevada competencia en el sector construcción por lo que las empresas están buscando reducir sus costos para ofrecer un mejor precio de venta con la calidad exigida por el cliente.

La disminución de los costos se obtiene mediante la eficacia de los procesos constructivos; eficiencia en el proceso de adquisiciones; distribución y manejo de los insumos en obra; etc., lo cual se puede lograr con una logística eficiente (Revista Logistec, edición N°31).

A la explicación anterior, se debe añadir que la eficacia de los procesos constructivos y la eficiencia de la logística dependen de una adecuada definición en el diseño y planificación, debido a que muchos problemas durante ejecución de la obra se generan por errores u omisiones en estas etapas. No se diseña pensando en cómo se hará el proceso constructivo o no se definen exactamente los tipos de insumos a usar por lo que se tienen que hacer cambios durante la obra.

A parte de los problemas mencionados, la logística de muchas de las empresas está plagada de prácticas erróneas, entre las que se puede mencionar:

- Selección de insumos en base al menor precio dejando de lado criterios cualitativos que pueden afectar la decisión final.
- Información no es transmitida como debería ser, la información generalmente es un "estimado" en vez de ser una ciencia exacta.
- Falta de un control del desempeño de los proveedores en obra.

- Falta de confianza y compromiso entre los proveedores y constructores que generan una fragmentación en la cadena de abastecimiento impidiendo que se puedan formar alianzas que generen mejores beneficios para ambos.

Estas prácticas erróneas así como la falta de definición en el diseño y planificación generan consecuencias en la construcción tal como lo señala Strategic Forum en su informe del 2005:

- Costos innecesarios: se generan costos adicionales debido a cambios de insumos durante la construcción y a las esperas de los trabajadores por la llegada a destiempo de los insumos.
- Pobre calidad: muchas veces la selección en base al menor costo conduce a que los subcontratistas no cumplan con los niveles de calidad requeridos por la empresa. Inclusive algunos productos, elegidos bajo esta consigna, pueden ocasionar fallas posteriores en la edificación y la disconformidad de los clientes.
- Incremento en el tiempo de entrega del proyecto: incumplimiento de los proveedores con las fechas pactadas.

Un medio para que la empresa logre ventajas competitivas es mediante la mejora del proceso logístico. Por este motivo, esta tesis trabaja sobre dos de las prácticas erróneas que se consideran más relevantes: la selección de los insumos basándose únicamente en el menor precio y la falta de un sistema adecuado control del desempeño de los proveedores.

La evaluación y selección de los insumos es una de las actividades logísticas más importantes porque mediante ésta se definen los materiales, mano de obra y equipos que afectarán el costo, tiempo y alcance del proyecto; por lo tanto es vital que el proceso de evaluación y selección se haga de manera adecuada. Además es importante, que este proceso se haga tanto en el

diseño como en la planificación de tal manera que se minimicen las decisiones de última hora durante la construcción.

El control del desempeño de los proveedores es otra de las actividades importantes ya que nos ayuda a medir si el proveedor está cumpliendo con los parámetros esperados (costo, tiempo y alcance). Asimismo, nos ayuda a determinar que proveedores son los más confiables para establecer alianzas estratégicas con miras a mejorar el desempeño de la cadena de abastecimiento.

La presente tesis se enfocará en el análisis de estos dos aspectos para lo cual se revisarán los conceptos propuestos en los enfoques tales como el Project Management Institute (PMI) y Lean Construction. A partir de esto se propondrán técnicas y herramientas que ayuden a corregir prácticas erróneas.

2.1.3.2. Ventajas de la filosofía Lean Construction

La vivienda Multifamiliar en la actualidad ha tomado gran fuerza en el país, las políticas estatales cada vez se enfocan más hacia este sector, buscando incentivar su adquisición y construcción.

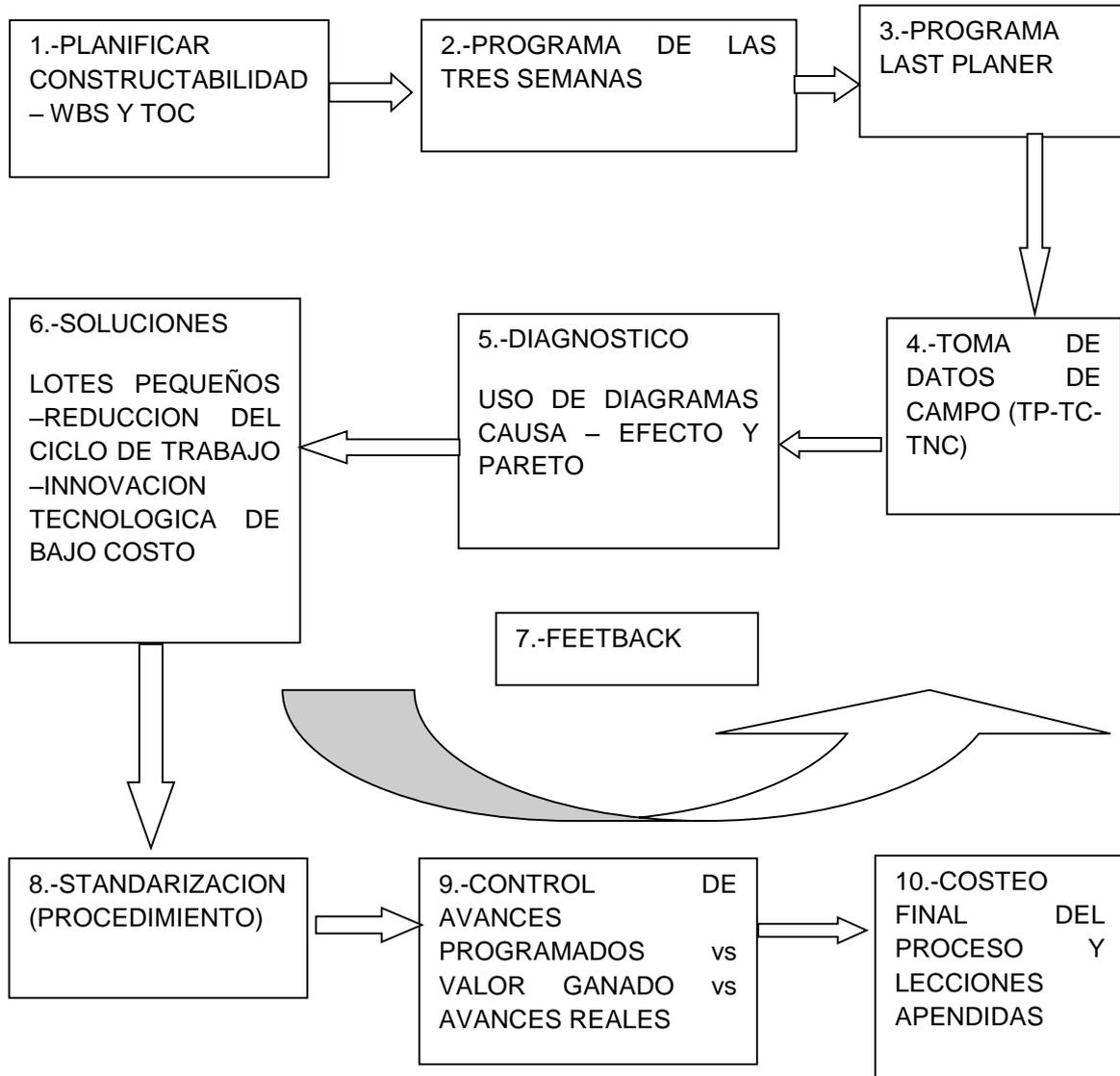
Los proyectos de vivienda de interés social se caracterizan por ser muy ajustados tanto en presupuesto como en tiempos, la supresión de los acabados facilita su ejecución y los hace atractivos como inversión, pero al ser proyectos destinados a satisfacer la demanda de vivienda de los estratos menos favorecidos tienden a ser realizados con materiales económicos que afectan la calidad, esto con el fin de incrementar la utilidad, sería interesante que mediante la aplicación de la filosofía Lean Construction se redujeran las pérdidas por desperdicio tanto de materiales como de tiempo en pro de mejorar la calidad del producto final, la satisfacción de un cliente atrae muchos más.

Para el desarrollo de viviendas de interés social y con el fin de complementar el modelo se podría implementar una planeación general que es la que se propone al inicio, es de gran importancia definir una ruta de trabajo, tener claro hacia donde se va y por esto es importante hacer una planeación de actividades antes de iniciar labores.

Para mejorar la competitividad en la construcción y ejecución de obras, se debe mejorar la calidad de nuestros servicios y productos, sustentada en un buen plan de la logística y previsión de pérdidas (seguridad), que a la vez requiere de un apropiado ambiente interno (layou plant) como externo (planeamiento exógeno) es decir desarrollar un plan de medio ambiente. Finalmente todo lo anterior se traduce, en una mayor eficiencia y mejora continua de nuestra productividad, que nos conduce aminorar nuestros costos operativos y de esta manera ser más eficaces.

La metodología preparada por el Ing W Rodríguez C. es un resumen logrado con la práctica de un conjunto de herramientas y técnicas aplicadas a la construcción que redundan en un buen aporte para el logro de los propósitos establecidos en esta investigación.

FIGURA N° 3: Flujo grama del procedimiento para mejorar la productividad en las obras y minimizar los costos operativos en la construcción



Fuente: Ing W Rodríguez Castilejos

CAPÍTULO III:

LA PRODUCCION DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS CON LEAN CONSTRUCTION

3.1. LA LOGÍSTICA Y SU EVOLUCIÓN:

Los orígenes del término logística se han asociado con la actividad militar en donde se le consideraba como parte del arte militar que se encargaba del transporte y alojamiento de los soldados, así como del almacenamiento y distribución de los alimentos, municiones y armas durante las batallas.

El Barón Antonie Henri de Jomini, general del ejército francés comandado por Napoleón Bonaparte, fue el primero en intentar definir la logística como "el arte de mover los ejércitos". Asimismo, señaló que la logística se derivaba de un puesto en el ejército francés denominado Mariscal de Logística que era responsable de administrar el desplazamiento y alojamiento de las tropas.

Posteriormente ya en el siglo XX es donde se le comienza a dar más importancia al concepto de logística. Las principales etapas de evolución de la logística son:

- **Gerenciamiento Fragmentado (hasta los años 50):** las actividades logísticas (compras, transporte y almacenamiento) eran vistas de forma fragmentada. Las empresas no conocían el concepto de logística integral.
- **Gestión Funcional (años 70):** las actividades anteriormente fragmentadas son agrupadas en dos áreas (gestión de materiales y distribución física). En 1976, se define a la logística como "la integración de dos o más actividades con el propósito de planear, implementar y

controlar el flujo eficiente de las materias primas, productos en proceso y productos terminados y sus informaciones desde el punto de origen hasta el punto de consumo" (National Council of Physical Distribution Management, 1976).

- **Integración Interna (años 80):** se caracteriza porque la logística comenzó a tomar un enfoque sistémico, es decir se plantea una mayor integración de las actividades de adquisición, producción y distribución. La logística se define como "el proceso de planear, implementar y controlar de manera eficaz y eficiente el flujo y almacenamiento de materias primas, productos en proceso y productos terminados y sus respectivas informaciones, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer plenamente las necesidades del cliente".
- **Integración Externa (años 90):** las empresas se preocupan por conseguir una eficiencia del sistema logístico no sólo internamente sino también en sus relaciones con los proveedores y clientes. El Council of Logistics Management define a la logística como "la parte de la gestión de la cadena de abastecimiento que se encarga de la planificación, ejecución y control eficiente y eficaz del flujo y almacenamiento de bienes, servicios e informaciones desde su punto de origen hasta el punto de consumo de manera de satisfacer plenamente las necesidades del cliente".

Actualmente se define a la logística como "la parte de la gestión de la cadena de abastecimiento que se encarga de la planificación; implementación y control del flujo directo y reverso; y almacenamiento eficaz y eficiente de bienes, servicios e informaciones, desde el punto de origen hasta el punto de consumo de manera de satisfacer plenamente las necesidades del cliente" (Council of Logistics Management, 2004). En esta definición se introduce el término de logística reversa o logística verde que consiste en regresar un producto desechado, ya sea por

defecto o porque no se puede utilizar más, del consumidor a la fábrica con la finalidad de ser reciclados y reutilizados.

La logística se encarga de coordinar y planificar diferentes actividades con la finalidad de que el producto llegue al usuario final en el momento oportuno, con las cantidades requeridas, con la calidad demandada y al mínimo costo.

Entre las actividades logísticas se encuentran:

- **Compras:** selección de la fuente de suministro, momento y cantidad de compra.
- **Transporte:** planificación del transporte de las materias primas y productos terminados.
- **Manejo de inventarios:** políticas de almacenamiento de materias primas y productos terminados; número, tamaño y localización de los puntos de almacenamiento.
- Flujos de información y procesamiento de pedidos.

De acuerdo a Novaes y Alverenga (1996) la logística puede subdividirse en:

- **Logística externa:** se encarga del flujo de materias primas e insumos desde afuera para adentro de la empresa. Esta logística es responsable de la compra, recepción y almacenamientos de los materiales a ser usados en la producción.
- **Logística interna:** se focaliza en el movimiento de los materiales dentro de la empresa. Tienen como responsabilidad el manejo de los flujos de los materiales y gestión del inventario.

- **Logística de entrega:** se ocupa de distribuir los productos a los clientes. Se encarga del procesamiento de pedidos, despacho, transporte y distribución de los productos terminados.

3.2. LA LOGÍSTICA EN LA CONSTRUCCIÓN:

La logística es un proceso multidisciplinario aplicado a una determinada obra para garantizar el suministro, almacenamiento y distribución de los recursos en los frentes de trabajo, asimismo se encarga de la estimación de las cantidades de los recursos a usar y de la gestión de los flujos físicos de producción. Este proceso se logra mediante las actividades de planificación, ejecución y control que tienen como apoyo principal el flujo de informaciones antes y durante el proceso de producción (Adaptado de Cardoso y Silva, 1998).

Cardoso (1996) propone una subdivisión de la logística aplicable a la industria de la construcción:

- **Logística Externa (de abastecimiento):** se encarga de proveer materiales, equipos y personal necesario para la producción de las edificaciones. Entre las actividades que agrupa están: planeamiento y procesamiento de adquisiciones; calificación, selección y adquisición; transporte de recursos hasta la obra; pago a los proveedores, etc.
- **Logística Interna (de obra):** se encarga de los flujos físicos y de informaciones necesarios para la ejecución de los procesos constructivos en la obra. Entre las actividades más importantes tenemos el control de flujos físicos ligados a la ejecución; gestión de interface entre los involucrados en el proceso de producción, es decir proporciona la información necesaria para realizar sus actividades y la gestión del lugar de trabajo, es decir lugares de almacenamiento, manipulación interna, sistemas de transporte, etc.

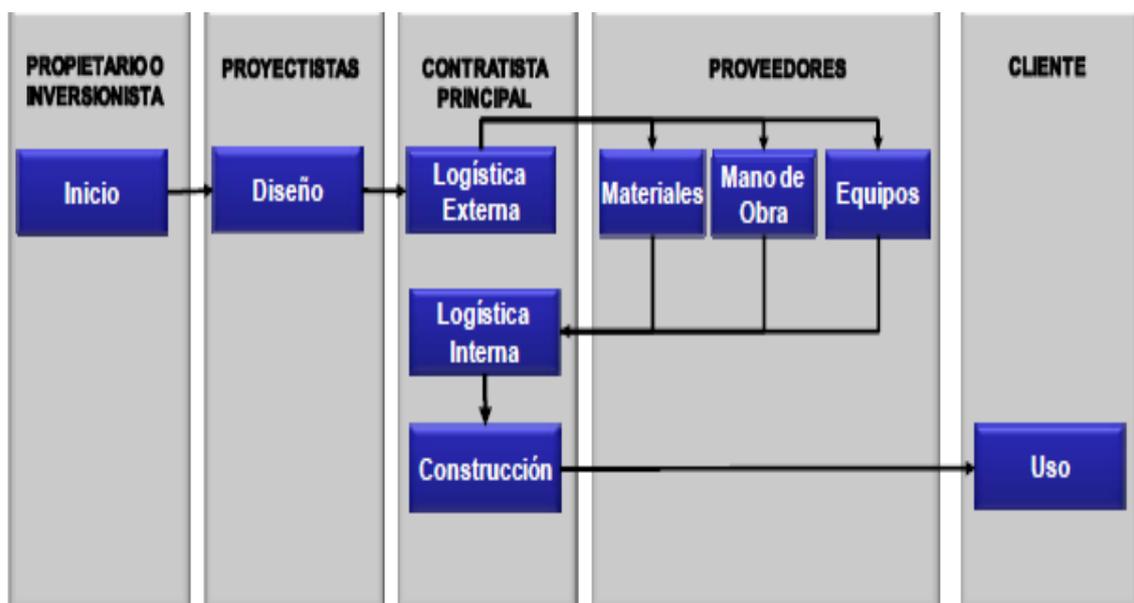
3.3. LA GESTIÓN DE LA CADENA DEL ABASTECIMIENTO:

Anteriormente se definió a la logística como parte de la gestión de la cadena de abastecimiento, sin embargo no se ha explicado en qué consiste dicha cadena. En los siguientes párrafos se definirá este concepto.

Una cadena de abastecimiento es el conjunto de redes de organizaciones que están envueltas, a través de enlaces corriente arriba y corriente abajo, en los diferentes procesos y actividades que producen valor en forma de productos o servicios en las manos del cliente final (Christopher, 1992).

Tommelein (2003) definió a la gestión de la cadena de abastecimiento (SCM) como la práctica de un grupo de compañías e individuos trabajando colaborativamente en una red de procesos interrelacionados estructurados con el fin de satisfacer las necesidades del cliente final mientras todos los miembros de la cadena se recompensan.

FIGURA N° 4: Configuración de la cadena de abastecimiento en la construcción.



Fuente Propia

En la figura 4, se aprecia que la cadena de abastecimiento está conformada por el propietario o inversionista, proyectistas, contratista principal, proveedores y clientes. Tradicionalmente un proyecto es enfocado considerando que las etapas de diseño y construcción se encuentran totalmente divorciadas. Esta manera de actuar trae muchos problemas, como por ejemplo: atrasos por diseños incorrectos, incongruencias en la información, informaciones atrasadas, cambios de último minuto, negociaciones hostiles, subcontratos no ejecutados de acuerdo a lo planeado, etc.

Todos estos problemas se pueden evitar si se enfoca la cadena de abastecimiento bajo el SCM (Supply Chain Management), es decir si se entiende que todos los participantes deben estar integrados y no simplemente interrelacionados. Esto implica que los proyectistas trabajen en conjunto con los constructores y proveedores para asegurar que lo que se diseña pueda realmente construirse; y que en la medida de lo posible siempre se busque trabajar siempre con los mismos proveedores de tal manera que se involucre con la política de la empresa y aprenda lo que la empresa espera de él.

3.4. ENFOQUES GENERALMENTE ACEPTADOS SOBRE LA LOGÍSTICA:

En las siguientes secciones se revisará los fundamentos del Lean Construction y el Project Management Institute (PMI), dos metodologías que son mayormente usadas en el país para la gerencia de proyectos. Asimismo, se explicará cómo enfocan la logística y que herramientas proponen.

3.4.1. Lean Construction (Construcción Lean)

Para poder comprender en qué consiste el Lean Construction es necesario explicar previamente las bases sobre las cuáles se apoya este nuevo enfoque.

3.4.1.1. Lean Production (Producción Lean)

Lean Production es una nueva filosofía que se basa en el sistema de producción Toyota. Todo comenzó cuando el ingeniero Taichi Ohno reconfiguró el sistema de producción de la Toyota para satisfacer la demanda del mercado japonés que exigía pequeños lotes pero de muchos modelos de productos debido a la escasa demanda después de la Segunda Guerra Mundial.

Taichi Ohno después de haber visitado varias plantas americanas de producción en masa de carros buscó la manera de mejorarla. Este tipo de producción hacía que las máquinas trabajaran al máximo de su capacidad ocasionando desperdicios de sobreproducción que muchas veces derivaban en defectos en los carros fabricados.

Mientras que en Estados Unidos apuntaban a minimizar el costo de cada parte, el objetivo de Ohno era entregar un producto en el menor tiempo posible cumpliendo con los requerimientos del cliente y sin inventarios (Ballard y Howell, 1999).

Para poder conseguir esto, Ohno buscó actuar sobre las causas de variabilidad o desperdicios, es decir sobre lo que no aumenta el valor percibido por el cliente y sobre las causas de inflexibilidad es decir, todo lo que no se adapta a las exigencias del cliente (Womack, Jones y Ross, 1990). Ohno implementó una serie de medidas tales como:

- Descentralizó la toma de decisiones, es decir los trabajadores paraban la línea de producción si encontraban una parte o producto defectuoso. Asimismo, hizo el proceso más transparente, a todo el personal se les dio información acerca

de la producción para que entiendan realmente lo que debían hacer y se comprometan con los objetivos de la organización.

- Reemplazó el sistema centralizado de control de inventario mediante el kanban que consiste en un conjunto de tarjetas y cajas que sirven para jalar los materiales y partes a través de sistemas de producción según las necesidades de los consumidores.
- Diseño el producto en conjunto con el sistema de producción.
- Involucró a los proveedores mediante la renovación de sus contratos donde se les incentivaba a reducir el costo de sus productos y participar en el proceso de mejora continua del sistema.

En la década de los 80, empresas japonesas, americanas y europeas ya conocían este sistema de producción y lo comenzaron a implantar. Pero no fue hasta el año 1990, cuando J. P. Womack y D. T. Jones publicaron "The Machine that changed the world" un libro que dio a conocer la historia de la manufactura automotriz y presentó un estudio acerca de las plantas de ensamblaje japonesas, estadounidenses y europeas. En este libro documentaron el sistema de producción Toyota al que denominaron "Lean Production".

Lean Production se puede entender como una nueva manera de pensar y hacer las actividades en contraposición a la forma tradicional de la producción en masa. Esto se consigue mediante la aplicación de técnicas y principios en el diseño, abastecimiento y manufactura que son las actividades centrales para esta filosofía según lo definido por Womack (1990).

La conceptualización del proceso de producción ha evolucionado pasando por tres modelos, el primero ve a la producción como transformación (modelo de transformación), el segundo adiciona a la transformación el flujo (modelo de transformación y flujo) y el tercero adiciona al modelo anterior el valor (modelo de transformación, flujo y valor). El primero modelo o llamado también de transformación ve a la producción como un proceso de entradas y salidas.

Este proceso se puede dividir en subprocesos de conversión y como lo menciona Kokela (1992) el costo total del proceso se puede minimizar mediante la disminución del costo de cada subproceso. Las críticas a este modelo son que ignora los flujos como el movimiento, espera, etc., los cuales afectan la eficiencia de los procesos.

FIGURA N° 5: Modelo de transformación (Koskela, 1992)



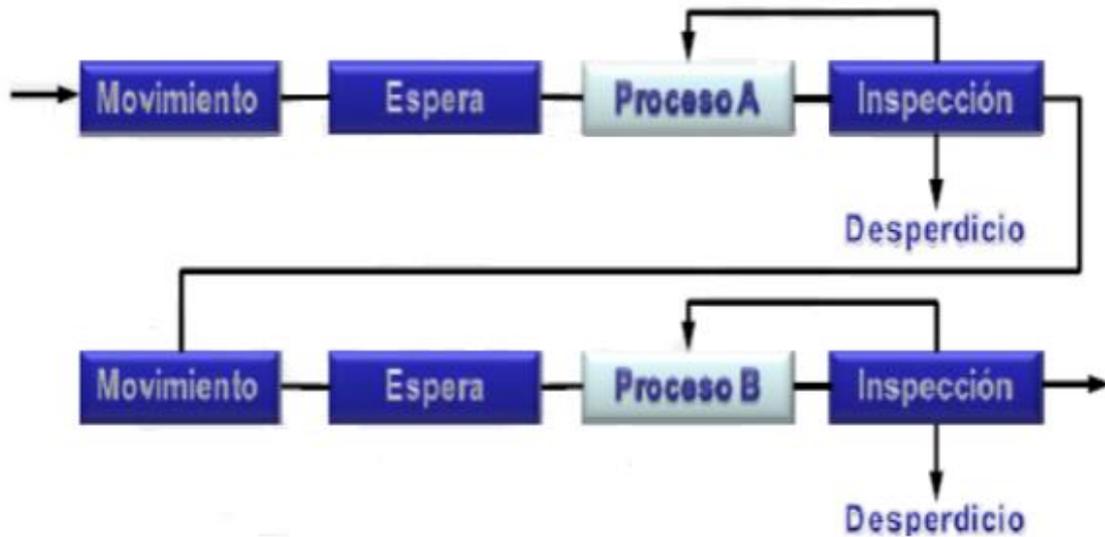
Fuente: Koskela (1992)

El segundo modelo define a la producción como un flujo de materiales e información que pasa entre los procesos de producción desde la entrega de las materias primas hasta el producto final.

Aquí se hace una distinción entre dos tipos de actividades es decir las que añaden valor y las que no. Las primeras se denominan así porque consumen recursos pero no añaden valor al cliente y son las de actividades de flujo que se deben eliminar o reducir mientras que las segundas son las de conversión

que deben ser más eficientes. Esta nueva conceptualización ha dado lugar a la nueva filosofía que se conoce como Lean Production.

FIGURA N° 6: Producción como un flujo de procesos. Las actividades en recuadros pintados son las que no añaden valor (Koskela, 1992)



Las raíces teóricas de esta filosofía de producción se encuentran en el JIT (Just in Time o Entrega Justo a Tiempo) y en el TQC (Totally Quality Control o Control Total de Calidad). El primero es de origen japonés y tiene como objetivo eliminar los desperdicios, Shingo (1984) reconoció los siguientes: sobreproducción, espera para el siguiente paso, transporte innecesario, sobreprocesamiento, inventarios excesivos, movimientos innecesarios y productos defectuosos para lo cual busca el mejoramiento continuo de los procesos. El segundo fue introducido por Armand V. Feigenbaum en su libro "Control Total de Calidad" en 1956 y consiste en involucrar a todas las personas de una compañía en un proceso de mejoramiento continuo es decir, con cero defectos y sin desperdicios.

En 1996 James P. Womack y Daniel T. Jones definieron los cinco principios básicos que caracterizan al Lean Production y que se conoce como el Lean Thinking o Pensamiento Lean:

- Especificar los valores de un determinado producto que sólo pueden ser definidos por el cliente.
- Identificar el flujo de valor o cadena de valor para el producto, es decir consiste en analizar si cada paso en el flujo de valor es necesario o no y clasificar las actividades que crean valor y las que no. Esto permitirá tomar acciones para eliminarlas.
- Implementar un flujo continuo, es decir los componentes del producto deben estar en constante movimiento. Esto implica que la empresa se flexibilizará y responderá mejor a las demandas.
- Jalar la producción lo cual significa que sólo se producirá de acuerdo la demanda del cliente. En otras palabras la producción no debería hacerse según las previsiones de ventas sino sólo cuando el cliente lo requiera.
- Perseguir la perfección a través del mejoramiento continuo porque para el Lean Production siempre hay una mejor manera de hacer las cosas.

Lean Production con el tiempo ha demostrado ser una filosofía que va más allá de la industria automotriz y que puede ser aplicada en diferentes campos como la electrónica o la construcción. El reto constante es poder adaptar los principios y técnicas a las características de cada campo.

3.4.1.2. Lean Construction Institute (Instituto de la Construcción Lean)

Lean Construction tiene como raíces al Lean Production y la primera persona en introducir estos conocimientos en el ámbito

de la construcción fue Koskela en su tesis de doctorado "Application of the New Production Philosophy to Construction" en 1992.

Koskela demostró que al igual que en la industria manufacturera el proceso de conversión es la base del funcionamiento de la construcción. El control en la construcción apunta a contrastar cada actividad individualmente contra un presupuesto y en caso se encuentren deficiencias en costo o tiempo de las actividades se busca mejorarlas individualmente creyendo que así mejorará el proyecto en conjunto; sin embargo se ignora que dichas actividades se interrelacionan por flujos de materiales, mano de obra e información y que éstos esconden desperdicios que afectarán el desempeño del proyecto. Asimismo, cuando se diseña un proyecto no se hace considerando el proceso constructivo, es decir no se toma en cuenta las restricciones que puedan existir en las fases posteriores del proyecto lo que trae como consecuencia retrabajo y cambios de órdenes.

El punto de partida para mejorar la construcción es cambiar la manera de pensar. Koskela sugiere que la información y los flujos de materiales así como el flujo de trabajo tanto en el diseño como en la construcción deben ser medidos en función de sus desperdicios y del valor que agregan.

Asimismo, señala que a pesar de las peculiaridades de la construcción, los principios y técnicas de esta nueva filosofía pueden ser aplicados en mejorar los flujos en la construcción.

Lean Construction es una nueva gerencia de producción basada en la entrega de proyectos y que apunta a los siguientes objetivos:

- Maximizar el desempeño del proyecto atendiendo a los requerimientos de los clientes en cada nivel del proceso.

- Diseñar conjuntamente el producto y proceso.
- Aplicar un control de producción desde el diseño del producto hasta la entrega.
- Minimizar o eliminar las actividades que no añaden valor.
- Reducir la incertidumbre asociada al proyecto en cuanto a costos y plazos.

En 1997 Glen Ballard y Greg Howell fundaron el Lean Construction Institute (LCI) o Instituto de Construcción Lean cuyo propósito es reformar la gerencia de producción en el diseño, ingeniería y construcción de proyectos.

Lean Construction desarrolló, en el año 2000, a partir de investigaciones el Lean Project Delivery System (LPDS) o Sistema de Entrega de Proyectos Lean.

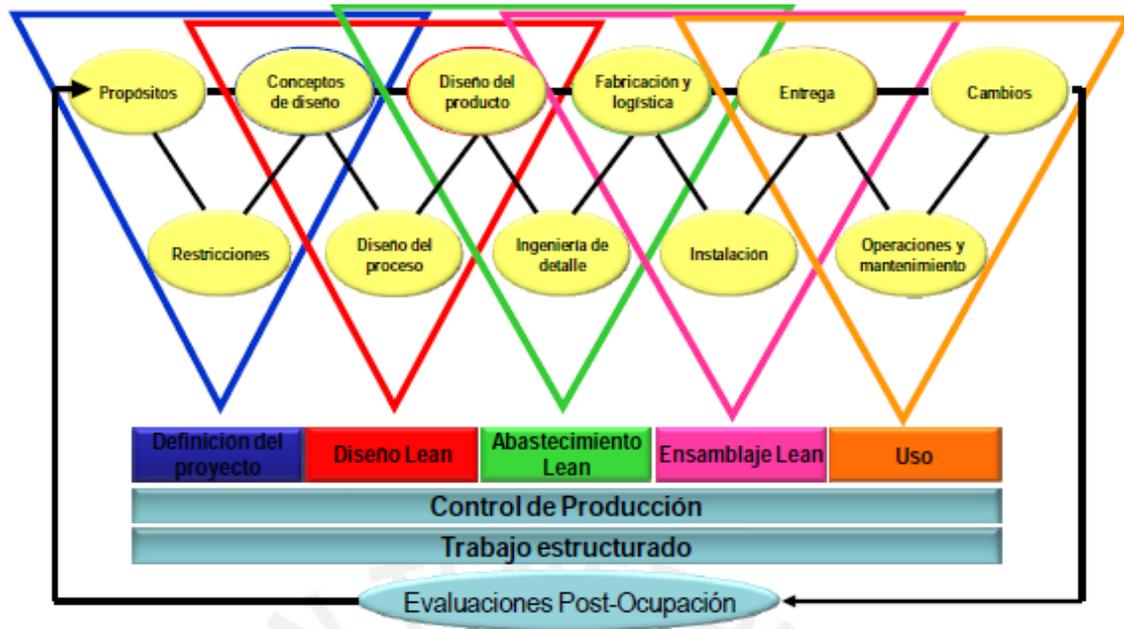
Este sistema es un marco conceptual que traslada los principios de la manufactura a la construcción. El objetivo es establecer una serie de reglas y herramientas a sistema de producción temporales tal como es el caso de los proyectos de construcción.

El LPDS se representa mediante un modelo que tiene cinco fases principales y 14 módulos. Las fases principales son: la definición del proyecto, diseño lean, abastecimiento lean, ensamblaje lean y uso; y cada una de éstas está conformada por tres módulos. Estas fases son interdependientes por lo que comparten un módulo. El control de la producción y la estructuración del trabajo se extienden a lo largo de las cinco fases. La evaluación post-ocupación interconecta el fin de un proyecto con el inicio del siguiente.

Las características esenciales del LPDS de acuerdo son:

- El proyecto es estructurado y gerenciado como un proceso que genera valor.
- Los participantes corrientes abajo están involucrados en la planificación y diseño a través de equipos multidisciplinarios.
- El control debe ser una herramienta ejecutada durante todo el proyecto.
- Los esfuerzos de optimización se concentran en hacer el flujo de trabajo confiable y no se enfocan en mejorar la productividad.
- Las técnicas de jalar son usadas para gobernar el flujo de materiales e información.
- Los buffers(es un mecanismo para amortiguar la fuerza de un problema) de inventario y capacidad son usados para absorber la variabilidad.
- Los lazos de retroalimentación son incorporados en cada fase y apuntan a un rápido ajuste del sistema y al aprendizaje.

FIGURA N° 7: Lean Project Delivery System (Ballard, 2008)



A continuación se explicará las fases y módulos que conforman a este sistema:

- **Trabajo Estructurado:** es el desglose del producto y proceso en partes, secuencias y asignaciones para hacer el flujo más suave y con menos variabilidad, con la finalidad de reducir desperdicio e incrementar valor.
- **Control de Producción:** este módulo establece el uso del Last Planner o Último Planificador (es la persona o grupo de personas que se encargan de asignar el trabajo a los obreros, en la construcción esta persona es el maestro de obra) como herramienta que servirá para el control del sistema de producción. Tiene como objetivo controlar el flujo de trabajo y la unidad de producción, la primera mediante el proceso lookahead y la segunda mediante el planeamiento del trabajo semanal.

Estos dos módulos son complementarios ya que por un lado el trabajo estructurado establece un plan y el control de la producción sirve para asegurar que el trabajo sea ejecutado como fue planeado. Ambos módulos recorren todas las fases del proyecto desde el diseño hasta la entrega.

- **Definición del proyecto:** esta fase está conformada por tres módulos: los propósitos, las restricciones y los conceptos de diseño. La definición del proyecto incluye el análisis de las necesidades y valores (propósitos) del cliente teniendo en cuenta las restricciones (normas, ordenanzas, etc.). El resultado de este proceso son los conceptos de diseño que vendrían a ser las alternativas del proyecto. En esta fase es necesaria la participación de los clientes, gerentes del proyecto, contratistas, proyectistas y en general de todas las personas que de alguna manera estén relacionadas con el proyecto. Una vez que las necesidades, valores, restricciones y conceptos de diseño estén alineados se puede pasar a la siguiente fase.
- **Diseño Lean:** aquí se desarrolla el diseño del proceso y del producto de manera simultánea y no como normalmente se hace, es decir diseñar primero el producto y posteriormente pensar en cómo se hará el proceso. El lean design busca explorar múltiples alternativas antes de tomar la decisión final. Para esto requiere que tanto los clientes, el constructor, los proyectistas, los proveedores, los maestros de obra, etc. estén involucrados. Si el proyectista establece un sistema aligerado prefabricado es necesario saber si existe disponibilidad en el mercado y qué ventajas ofrecen en cuánto a costo o tiempo, para lo cual se debe conocer la opinión del proveedor y constructor.
- **Abastecimiento Lean:** consiste en la ingeniería de detalle, fabricación y logística para lo cual se tiene como pre-requisito el diseño del producto y proceso de tal manera que se sabrá qué fabricar y cuando entregar los componentes. También incluye iniciativas como reducir el tiempo de entrega de información y materiales.
- **Ensamblaje Lean:** comienza con la entrega de materiales y la información relevante para su instalación y finaliza con la entrega del producto.
- **Uso:** El uso es la fase que consiste en la entrega del producto o servicio al cliente final, después de varias pruebas para certificar su calidad. También involucra acciones de modificación y mantenimiento que pudiesen ocurrir en el diseño.

- **Evaluación Post-Ocupación:** este módulo se introdujo para resaltar la importancia de documentar las experiencias de un proyecto y que nos puedan servir de aprendizaje para posteriores proyectos.

3.4.1.3. Lean Supply (Abastecimiento Lean)

Ta como se mencionó en los anteriores párrafos, el Lean Supply está conformado por el diseño del producto, ingeniería de detalle y la fabricación y logística. A continuación se explicará brevemente cada uno de estos módulos:

- **Diseño del producto:** este módulo consiste en coordinar tanto con los proyectistas, proveedores y contratistas para que discutan en conjunto acerca del diseño del producto de tal manera que puedan resolver anticipadamente todas las restricciones que pudieran existir. El resultado de este módulo es la definición de qué se va a hacer que se refleja en los planos del proyecto.
- **Ingeniería de detalle:** se refiere al conjunto de planos de detalle, especificaciones técnicas, cálculos, metrados, presupuestos, programación etc. que describen específicamente cómo será el producto y el proceso.
- **Fabricación y logística:** se refiere a que los productos y servicios sólo serán fabricados si son jalados por los clientes, es decir los productos sólo son entregados si hay una demanda real en lugar de almacenarse con el fin de satisfacer demandas supuestas.

Hellingsworth, Best y Valence, en su libro Design and Construction señalan que el lean supply busca oportunidades para un ensamblaje temprano, modularización y el uso de materiales estandarizados para evitar el problema de concordancia. Este problema ocurre cuando varios elementos se

necesitan al mismo tiempo para el ensamblaje sin embargo uno o varios faltan lo cual retrasa el trabajo. Lean supply también apunta a sincronizar al proveedor y al cliente ajustando la velocidad del transporte o usando buffers.

En los diversos seminarios realizados por el International Group of Lean Construction¹ se ha abordado el tema de la logística ya que se reconoce que esta área se encuentra muy descuidada lo cual genera importantes pérdidas y afecta la productividad en las obras. En la práctica actual, la logística no se planea sino simplemente sucede, es decir el pedido de los suministros se da cuando la producción se ha parado. Asimismo, la mayoría de veces se escoge el material en función al menor precio y no se toma en cuenta otros factores como la calidad (Bertelsen, Nielsen, 1997).

El término Lean Logistics nace en el sistema de producción Toyota y significa "adelgazar" las actividades inherentes a la logística como la procura, distribución, almacenamiento, movimiento e inspección de bienes, servicios e información. Su objetivo fundamental es: entregar los materiales correctos, en cantidades y presentaciones correctas para conseguir la satisfacción del cliente.

Existen varios conceptos y herramientas relacionadas con el Lean Logistics que ayudan a lograr este objetivo:

- **Just in Time:** ayuda a reducir el inventario y sus costos asociados. Este proceso se realiza mediante el uso de un sistema de tarjetas denominado kanban.

- **Concepto del Costo Total:** significa que el costo total de un producto no es solamente igual al costo pagado sino que es la suma de varios costos a tener en cuenta como el costo de transporte, almacenamiento, manipulación interna, etc. En otras palabras, no sólo se debe considerar en la evaluación de un producto el costo del mismo sino incluir otros costos indirectos.
- **5S:** herramienta japonesa cuya finalidad es crear y mantener áreas de trabajo más limpias, organizadas y seguras. Las 5S son: seiri (organizar), seiton (ordenar), seiso (limpiar), seiketsu (estandarizar) y shitsuke (disciplinar).
- **Reducir los lead time:** el lead time es el tiempo que el cliente debe esperar para recibir un producto después de haber hecho el pedido. La reducción del lead time puede resultar en menores costos y una mejor satisfacción del cliente.
- **Frecuencia de entregas:** es una herramienta que ayuda al lean logistics a conseguir reducir los lead times e inventarios. Cuán mayor sea esta frecuencia los inventarios serán menores lo cual reducirá los costos.
- **Sistemas de medición:** que nos permitan evaluar nuestros procesos internos así como a los proveedores y el valor entregado al cliente.

En el 2007 Mossman introdujo el concepto Lean Construction Logistics o Logística Lean en la Construcción que consiste en todas las operaciones necesarias para entregar una estructura o edificación previamente diseñada, excepto que no incluye el hacer la edificación.

El lean Construction Logistics requiere de la coordinación entre los proveedores, proyectistas y constructores que deben estar involucrados desde el inicio del proyecto. Esto quiere decir que la logística emerge desde el diseño.

Asimismo, se plantean los puntos que se deben tomar en cuenta en la implantación de un plan logístico lean para la generación del valor para el cliente entre los que se tienen:

Salud y Seguridad: Toma encuenta cualquier aspecto que pudiera afectar la seguridad o salud tanto individual como la del sitio.

Adquisiciones: Gerencia de las adquisiciones.

Seguridad de la obra: Manejo de la seguridad materiales, equipos, vecinos y futuros usuarios.

Tráfico: Arreglos para el movimiento de los vehículos en el sitio y sus alrededores.

Personal de Administración: Proveer personal técnico y administrativo que se encargará del proyecto.

Orden: Almacenamiento limpio y ordenado de los equipos y materiales.

Desperdicio: Manejo de los recursos y desperdicios dentro y fuera de la obra.

Información: Flujo de información al personal, a los proveedores, vecinos, comunidad y otros involucrados.

Personal: Instalaciones previstas para el personal y la gerencia.

Materiales: Movimiento de los materiales desde la fuente hasta el personal y retiro de desperdicios; toma en cuenta las diferentes características de los materiales y las restricciones que afectan su movimiento.

Infraestructura de la obra: Instalaciones de agua, desagüe y eléctricas.

Equipos y herramientas: Proveer equipos y herramientas. Algunos autores como Ballard, Tommelien, Mossman, Arbulú, etc. han planteado algunas herramientas que apuntan a mejorar la logística:

- **Centros logísticos:** son lugares fuera de la obra donde los materiales son ensamblados, almacenados y distribuidos a la obra.
- **Kanban:** sistema de tarjetas que sirven para jalar los materiales desde la obra de acuerdo a lo que se necesite.
- **Web:** ayuda a proporcionar información en tiempo real así como sirve para monitorear que las entregas de materiales se hagan a tiempo.
- **Last Planner:** se le considera como un sistema de planeamiento de logística porque ayuda a controlar la producción en la obra y por lo tanto a reducir la variabilidad de la demanda. Esto significa que no todas las actividades planeadas han sido ejecutadas y por lo tanto los recursos para completar aquellas actividades se han quedado sin usar creando desperdicios.

Algunas de estas herramientas como los centros logísticos no han sido aún probadas en obras por lo que no se sabe si realmente

funcionarán en la realidad. Por lo tanto, el Lean Construction Logistics es un campo que recién se está explorando quedando aún mucho camino por recorrer por lo pronto ya se han comenzado a sentar las bases de este nuevo concepto.

3.4.2. Project Management Institute (PMI)

El PMI es una institución líder sin fines de lucro en el área de la gestión de proyectos que fue fundada en 1969 en los Estados Unidos. Actualmente cuenta con más de 260,000 miembros en más de 170 países. Entre sus principales objetivos se encuentran formular estándares profesionales, generar conocimiento a través de la investigación y promover la gestión de proyectos como profesión mediante sus programas de certificación.

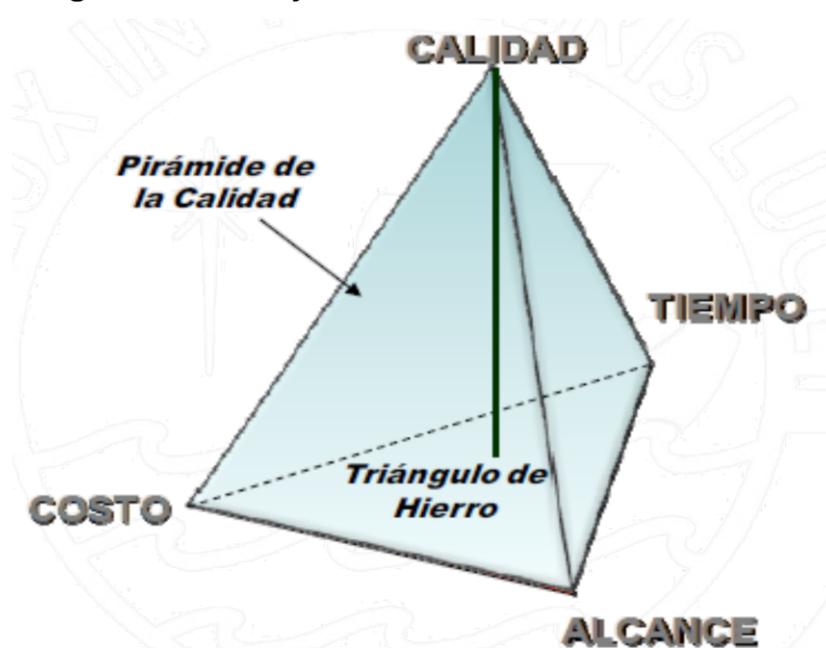
En 1987, el PMI publica la primera versión del "Project Management Body of Knowledge" (PMBOK) donde se intentaba reunir todas las prácticas generalmente aceptadas en la dirección de proyectos. La tercera edición del PMBOK, publicada en el 2004, contiene mejoras acerca los fundamentos de la dirección de proyectos, es decir la suma de conocimientos que son reconocidos como buenas prácticas. Las herramientas y técnicas planteadas en el PMBOK pueden ser aplicados a una amplia variedad de proyectos sin embargo se debe tener en cuenta que no puede usarse uniformemente por lo cual el equipo de dirección del proyecto debe determinar lo que es apropiado para cada proyecto.

De acuerdo con la definición del PMBOK, un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o un resultado único. Es temporal porque tiene un comienzo y final definido a diferencia de las operaciones que son continuas y repetitivas; y son únicos porque cada producto

entregable tiene características singulares que lo diferencia de los demás.

Un gerente de proyectos debe aplicar sus conocimientos habilidades, herramientas y técnicas a todas las actividades del proyecto. La gestión del proyecto será exitosa si se cumple con tres variables alcance, costo y tiempo planteados, siendo la calidad una consecuencia. A estas tres primeras variables se les denomina "Triángulo de Hierro" debido a que cualquier modificación en una de las variables implica un cambio en las otras dos.

FIGURA N° 8: Triángulo de hierro y Pirámide de la Calidad



Fuente: Pablo Orihuela, 2009

El PMI establece que para gestionar un proyecto, éste se puede dividir en fases las que en conjunto forman el ciclo de vida del proyecto. Por ejemplo en un proyecto de construcción las fases pueden ser la factibilidad, diseño, construcción y puesta en marcha. Un ciclo vida se caracteriza porque el nivel de incertidumbre es más alto al inicio del proyecto y disminuye a

medida que se avanza; asimismo la influencia de los interesados en el costo y características del producto es mayor al inicio.

El PMI propone que cualquier proyecto se puede ver como una serie de subprocesos que se agrupan en cinco grandes grupos (Inicio, Planificación, Ejecución, Control y Cierre) los cuales para ser gestionados requieren diferentes conocimientos que se agrupan en nueve áreas (Integración, Alcance, Tiempo, Costo, Calidad, Recursos Humanos, Comunicaciones, Riesgos y Adquisiciones). Adicionalmente existen las áreas de Seguridad, Medio Ambiente, Controversias y Finanzas para el sector construcción.

- **Grupos de Procesos de Iniciación:** son aquellos procesos que facilitan la autorización formal para comenzar un nuevo proyecto o la fase del mismo.
- **Grupos de Procesos de Planificación:** define y refina los objetivos, y planifica el curso de acción requerido para lograr los objetivos y el alcance pretendido del proyecto.
- **Grupos de Procesos de Ejecución:** integra a personas y otros recursos para llevar a cabo el plan de gestión del proyecto.
- **Grupos de Procesos de Seguimiento y Control:** su función es hacer cumplir los objetivos del proyecto por lo que constantemente supervisa con el fin de determinar si existen variaciones con respecto al plan del proyecto y poder corregirlas a tiempo.
- **Grupos de Procesos de Cierre:** finaliza al proyecto o a una fase del mismo o entrega un producto terminado.

Cualquier subproceso está compuesto por una entrada; técnica y herramientas; y una salida. En otras palabras las entradas son transformadas con las técnicas y herramientas para obtener un resultado o salida. Los grupos de procesos se relacionan mediante los resultados o en otras palabras la salida de un proceso es la entrada de otro.

FIGURA Nº 9: Esquema de los subprocesos



Grupo de Procesos Áreas de Conocimiento	Iniciación	Planificación	Ejecución	Seguimiento y Control	Cierre
4. Gestión de la Integración del Proyecto	4.1 Desarrollar Acta de Constitución del Proyecto 4.2 Desarrollar del Enunciado del Alcance del Proyecto Preliminar	4.3 Desarrollar Plan de Gestión del Proyecto	4.4 Dirigir y Gestionar la Ejecución del Proyecto	4.5 Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto 4.6 Control Integrado de Cambios	4.7 Cerrar Proyecto
5. Gestión del Alcance del Proyecto		5.1 Planificación del Alcance 5.2 Definición del Alcance 5.3 Crear EDT		5.4 Verificación del Alcance 5.5 Control del Alcance	
6. Gestión del Tiempo del Proyecto		6.1 Definición de Actividades 6.2 Establecimiento de la Secuencia de las Actividades 6.3 Estimación de Recursos 6.4 Estimación de Duraciones 6.5 Desarrollo del Cronograma		6.6 Control del Cronograma	
7. Gestión de los Costos del Proyecto		7.1 Estimación de Costos 7.2 Preparación del Presupuesto de Costos		7.3 Control de Costos	
8. Gestión de la Calidad del Proyecto		8.1 Planificación de la Calidad	8.2 Aseguramiento Calidad	8.3 Control de Calidad	
9. Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto		9.1 Planificación de los Recursos Humanos	9.2 Adquirir el Equipo del Proyecto 9.3 Desarrollar el Equipo del Proyecto	9.4 Gestionar el Equipo del Proyecto	
10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto		10.1 Planificación de las Comunicaciones	10.2 Distribución de la Información	10.3 Informar el Rendimiento 10.4 Gestionar a los Interesados	
11. Gestión de los Riesgos del Proyecto		11.1 Planificación de la Gestión de Riesgos 11.2 Identificación de los Riesgos 11.3 Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Análisis Cuantitativo de Riesgos 11.5 Planificación de la Respuesta de Riesgos		11.6 Seguimiento y Control de Riesgos	
12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		12.1 Planificar las Compras y Adquisiciones 12.2 Planificar la Contratación	12.3 Solicitar Respuestas de Vendedores 12.4 Selección de Vendedores	12.5 Administración del Contrato	12.6 Cierre del Contrato

Fuente: Propia

CAPÍTULO IV:

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. METODOLOGIA DEL ANÁLISIS DE DATOS:

La aplicación y cálculos de la estadística como ciencia matemática nos ayuda en la recolección de datos para después mediante su tabulación y el uso del programa SPSS 21, nos permita la descripción, visualización y resumen de datos ordenados para poder analizar e interpretar la opinión de los encargados de la construcción de las viviendas multifamiliares y sus uso de Lean Construction con la finalidad de contrastar las hipótesis planteadas.

Por lo tanto, se han usado las herramientas estadísticas para analizar el comportamiento de las empresas constructoras en dos aspectos de la gestión gerencial:

- Evaluación y selección de procesos productivos de las obras con Lean Construction.
- Control del desempeño de los procesos productivos en las obras con lean Construction.

La información obtenida procesada.

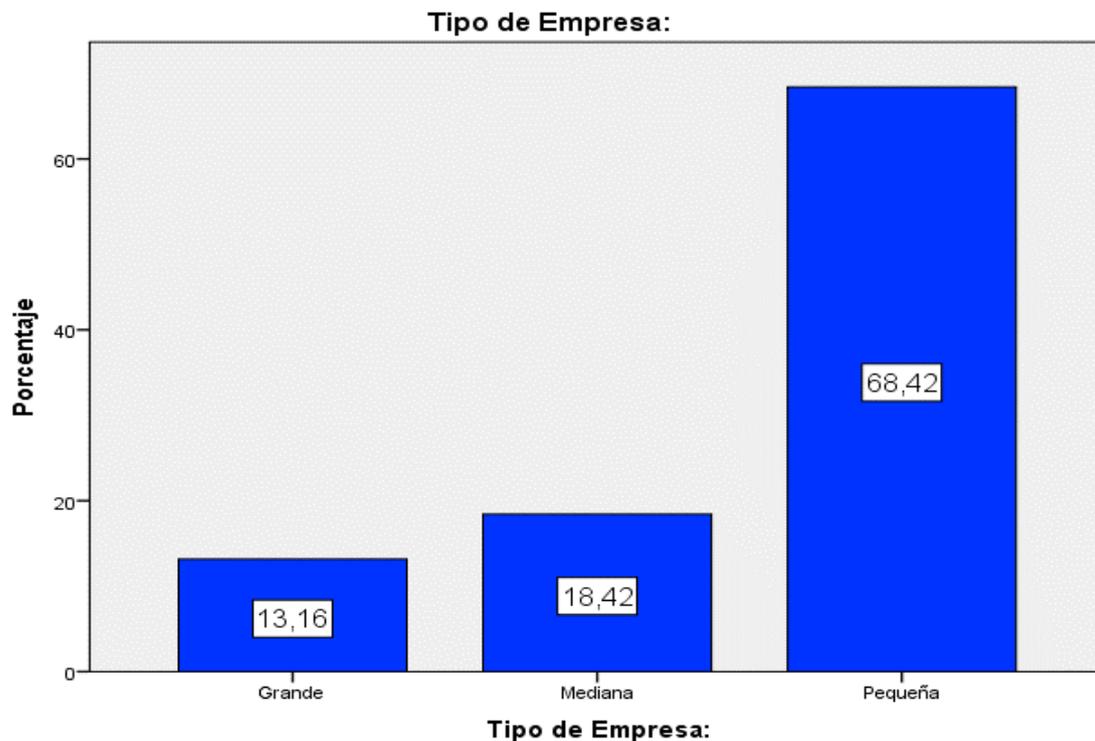
4.2. ANÁLISIS DE LA ENCUESTA:

TABLA N° 2: Tabulación de Tipo de Empresas

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Grande	5	13,2	13,2	13,2
	Mediana	7	18,4	18,4	31,6
	Pequeña	26	68,4	68,4	100,0
	Total	38	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 10: Grafico de Barra de Tipo de Empresas



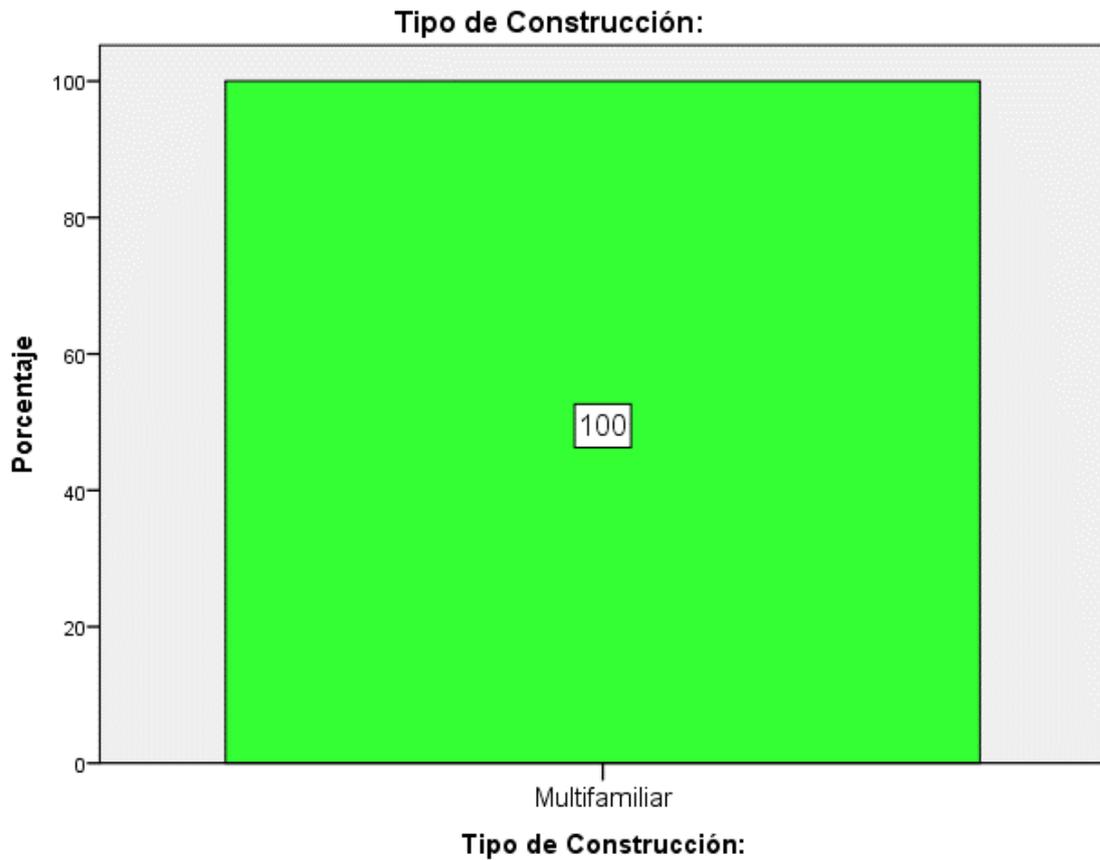
Interpretación

Del estudio de 38 empresas del sector construcción, tenemos que el 68.42% son empresas Pequeñas, el 18.42% son empresas Medianas y solo el 13.16% son empresas Grandes. Esta segmentación de tipo de empresas se realizó teniendo en cuenta la conformación del sector construcción en nuestro país.

TABLA Nº 3: Tabulación de Tipo de Construcción

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Multifamiliar	38	100,0	100,0	100,0

FIGURA Nº 11: Grafico de Barra de Tipo de Construcción



Interpretación

Se tiene que la totalidad de las empresas de construcción analizadas se dedican a la realización de construcciones de viviendas de tipo Multifamiliar.

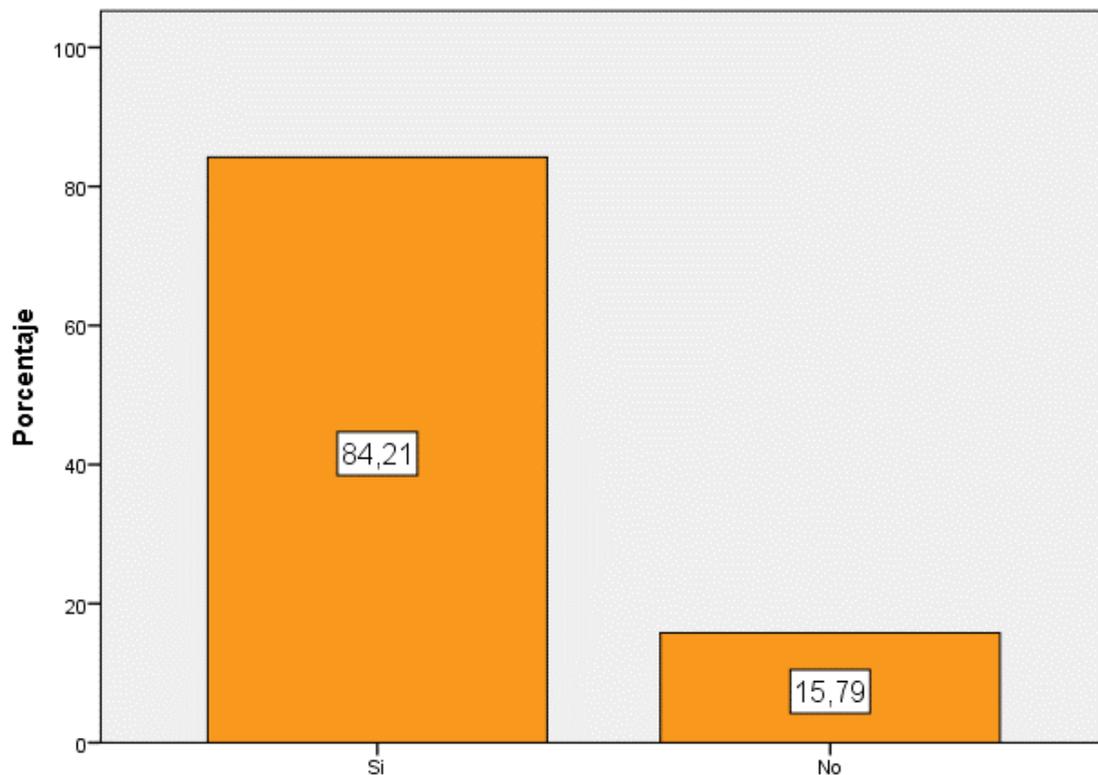
TABLA N° 4: Tabulación de Conocimiento de Lean Construction

1. Ud. Conoce la filosofía de LEAN CONSTRUCTION

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	32	84,2	84,2	84,2
	No	6	15,8	15,8	100,0
	Total	38	100,0	100,0	

FIGURA N° 12: Grafico de Barra de Conocimiento de Lean Construction

1. Ud. Conoce la filosofía de LEAN CONSTRUCTION



Interpretación

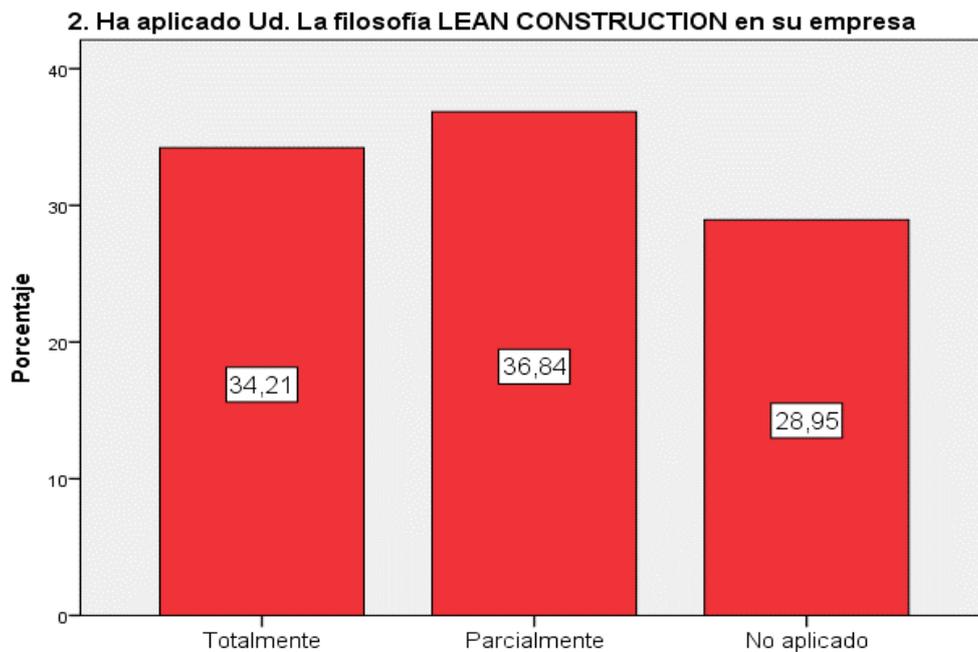
En lo relacionado al conocimiento de la filosofía de Lean Construction, se tiene que el 84.21% si conoce esta filosofía y solo un 15.79% no tiene conocimiento alguno de la filosofía Lean Construction.

TABLA Nº 5: Aplicación de Lean Construction

2. Ha aplicado Ud. La filosofía LEAN CONSTRUCTION en su empresa

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Totalmente	13	34,2	34,2	34,2
	Parcialmente	14	36,8	36,8	71,1
	No aplicado	11	28,9	28,9	100,0
	Total	38	100,0	100,0	

FIGURA Nº 13: Grafico de aplicación de Lean Construction



Interpretación

Se tiene que el 36.84% de las empresas analizadas han implementado Parcialmente el sistema Lean Construction en su empresa, el 34.21% lo han implementado Totalmente y solo un 28.95% no ha Aplicado el sistema Lean Construction en su empresa.

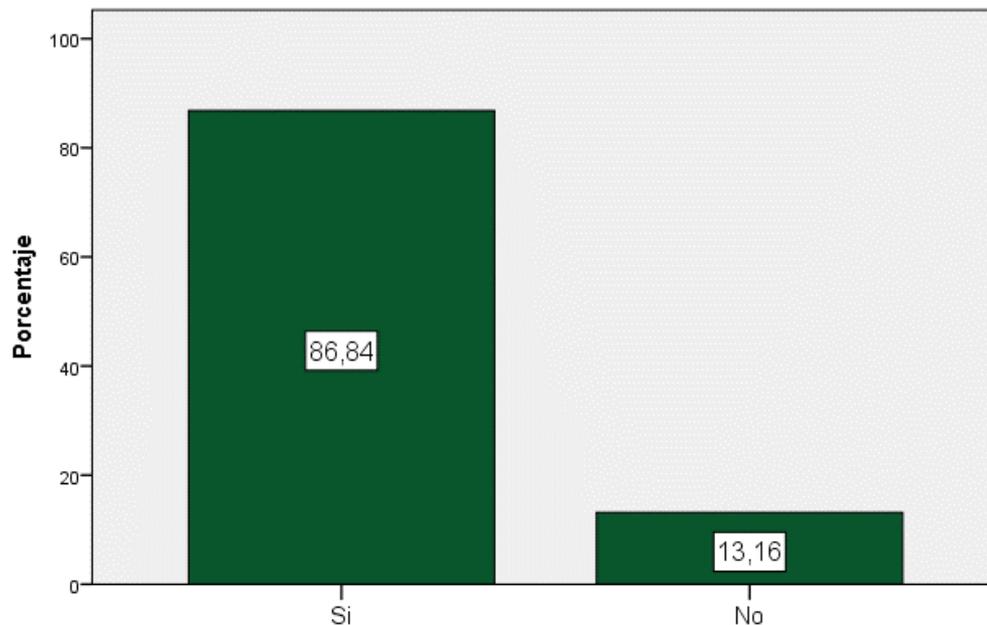
TABLA N° 6: Variabilidad de las actividades

3. ¿Cree Ud. que la planificación de la filosofía LEAN CONSTRUCTION reduce la variabilidad de las actividades de construcción en las Edificaciones?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	33	86,8	86,8	86,8
	No	5	13,2	13,2	100,0
	Total	38	100,0	100,0	

FIGURA N° 14: Variabilidad de las Actividades

3. ¿Cree Ud. que la planificación de la filosofía LEAN CONSTRUCTION reduce la variabilidad de las actividades de construcción en las Edificaciones?



Interpretación

En lo que respecta a las ventajas de la filosofía Lean Construction, se tiene que un 86.84% manifiesta que la filosofía Lean Construction reduce la variabilidad de las actividades de construcción en las Edificaciones, permitiendo un mejor manejo de las actividades durante la realización de la obra.

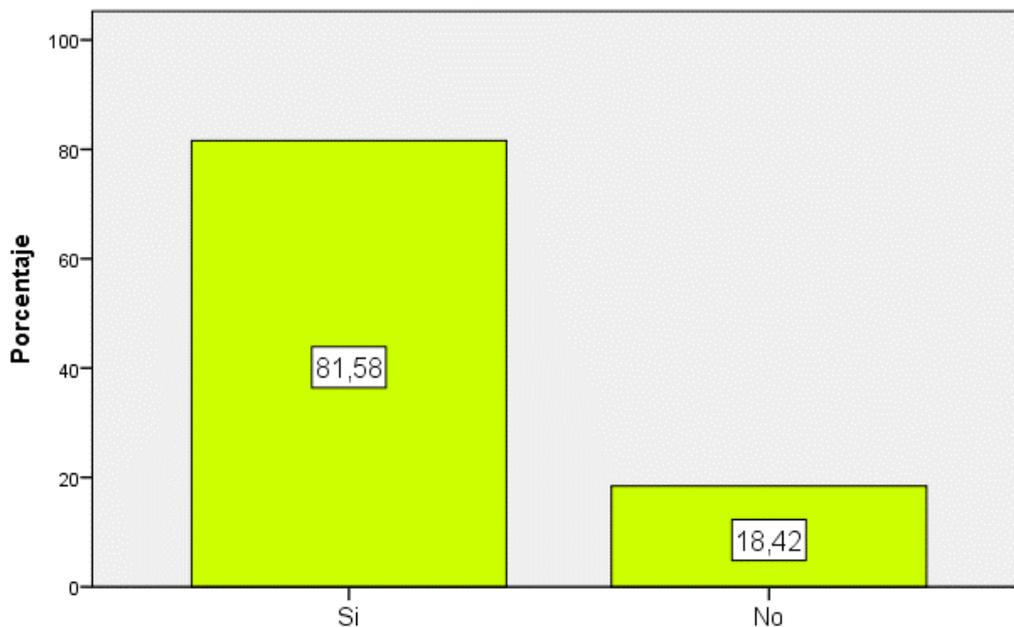
TABLA N° 7: Diseño y Ejecución de la Obra

4. ¿Cree Ud. que el Diseño y Ejecución de la obra con la filosofía LEAN CONSTRUCTION mejora el cumplimiento del cronograma en las actividades de la Construcción?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	31	81,6	81,6	81,6
	No	7	18,4	18,4	100,0
	Total	38	100,0	100,0	

FIGURA N° 15: Diseño y Ejecución de la Obra

4. ¿Cree Ud. que el Diseño y Ejecución de la obra con la filosofía LEAN CONSTRUCTION mejora el cumplimiento del cronograma en las actividades de la Construcción?



Interpretación

En lo que respecta a las ventajas de la filosofía Lean Construction, se tiene que un 81.58% que la filosofía Lean Construction mejora el cumplimiento del cronograma en las actividades de la construcción, permitiéndonos un mejor manejo de los tiempos en la construcción de la obra.

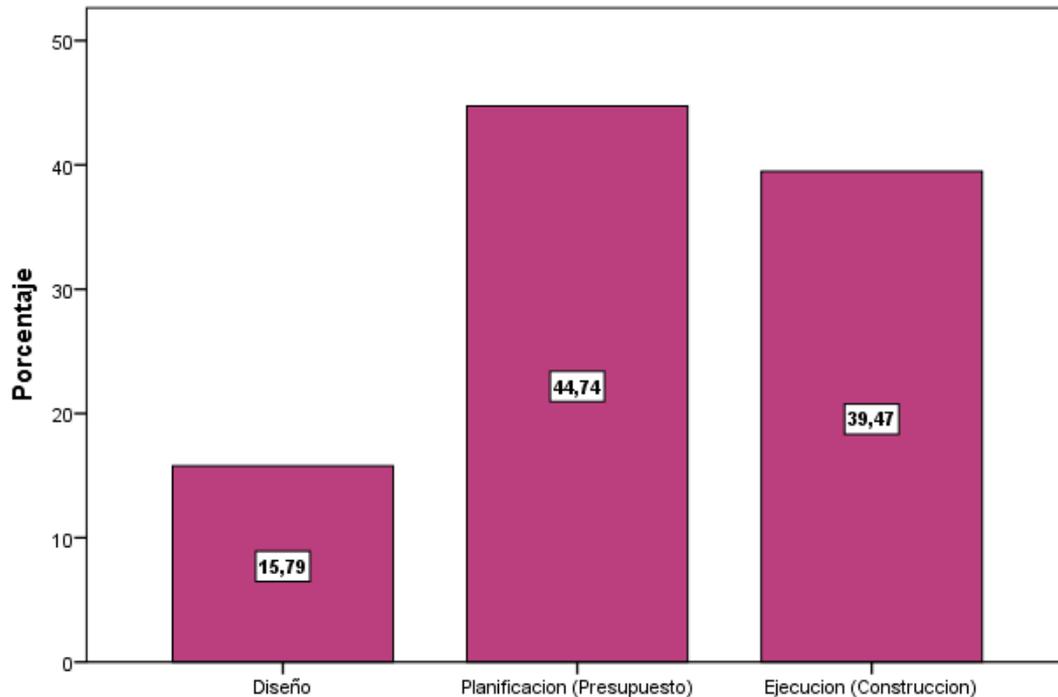
TABLA N° 8: Etapa de selección de insumos

5.) ¿En qué etapa cree Ud., se seleccionan los insumos que se usan durante la construcción con la filosofía LEAN CONSTRUCCION?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Diseño	6	15,8	15,8	15,8
	Planificacion (Presupuesto)	17	44,7	44,7	60,5
	Ejecucion (Construccion)	15	39,5	39,5	100,0
	Total	38	100,0	100,0	

FIGURA N° 16: Etapa de selección de insumos

5.) ¿En qué etapa cree Ud., se seleccionan los insumos que se usan durante la construcción con la filosofía LEAN CONSTRUCCION?



Interpretación

Tenemos que un 44.74% de las empresas constructoras utilizan la filosofía de Lean Construction para la Planificación (Presupuesto) de la obra, el 39.47% de las empresas la utilizan el Lean Construction para la Ejecución de la obra y solo un 15.79% de las empresas utilizan el Lean Construction para el Diseño de la obra.

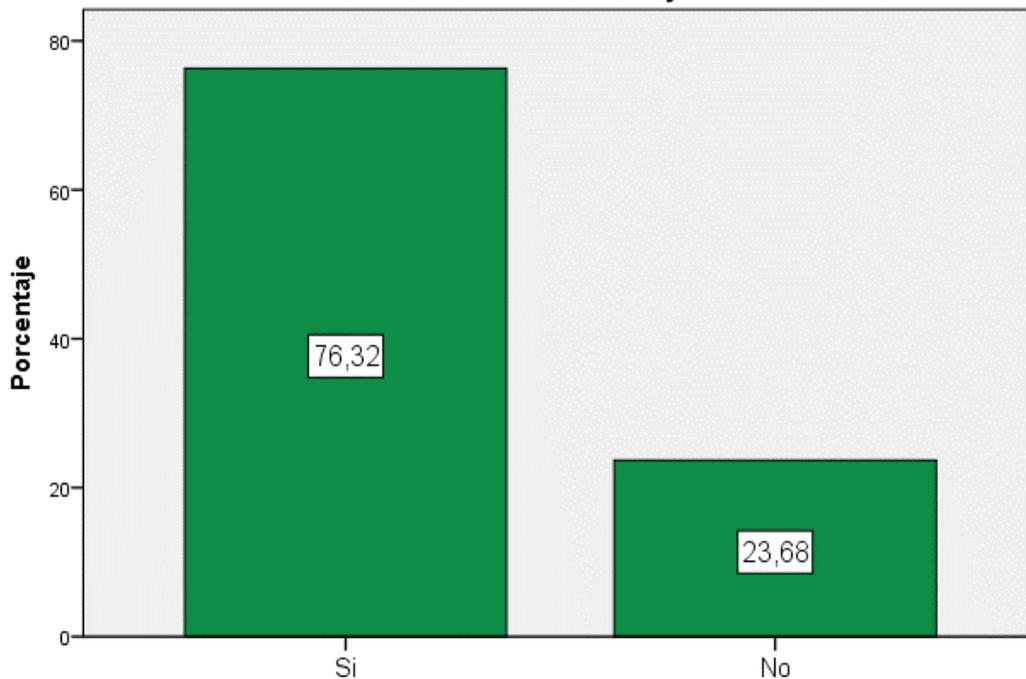
TABLA N° 9: Control y Evaluación de la obra

6. Cree Ud. Que la Evaluación y Control del avance de obra con la aplicación de la filosofía LEAN CONSTRUCTION contribuye a la construcción.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	29	76,3	76,3	76,3
	No	9	23,7	23,7	100,0
	Total	38	100,0	100,0	

FIGURA N° 17: Control y Evaluación de la obra

6. Cree Ud. Que la Evaluación y Control del avance de obra con la aplicación de la filosofía LEAN CONSTRUCTION contribuye a la construcción



Interpretación

Se tiene que el 76.32% de los gerentes de las empresas constructoras manifiestan que la aplicación de la filosofía Lean Construction contribuye al Control y Evaluación del avance de obra, lo que permite un mejor desempeño de la productividad de la obra.

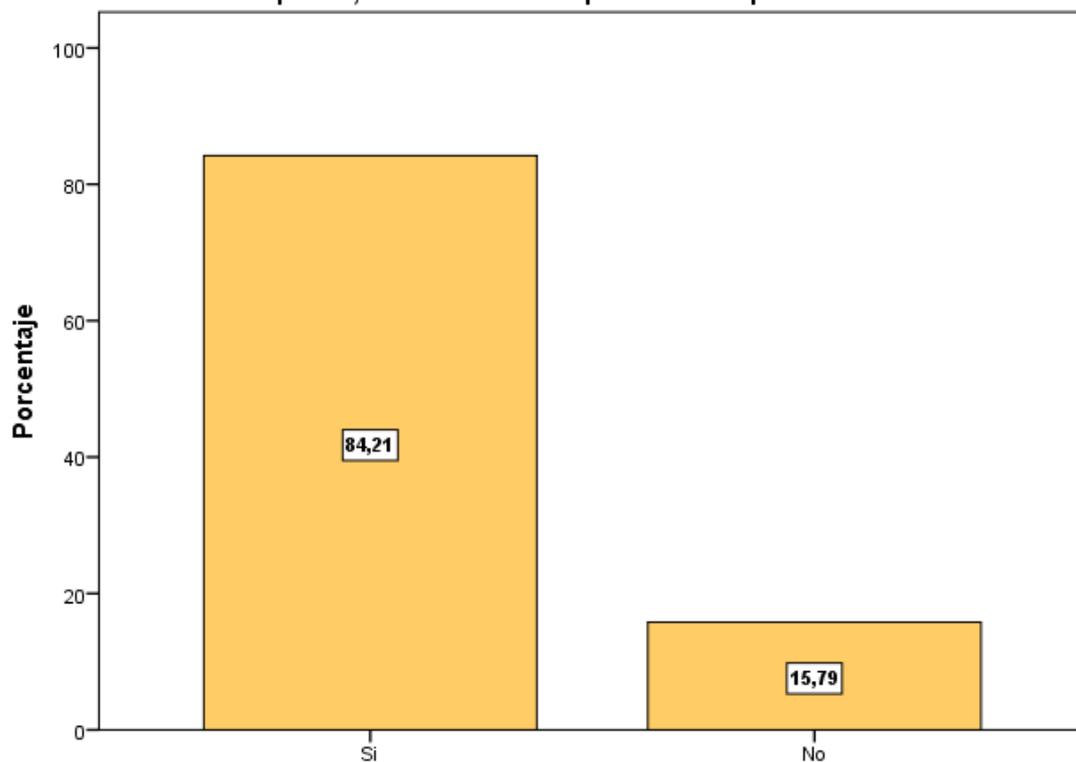
TABLA N° 10: Control y Evaluación de Proveedores

7. Su empresa, evalúa el desempeño de los proveedores

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	32	84,2	84,2	84,2
	No	6	15,8	15,8	100,0
	Total	38	100,0	100,0	

FIGURA N° 18: Control y Evaluación de Proveedores

7. Su empresa, evalúa el desempeño de los proveedores



Interpretación

Se tiene que el 81.58% de las empresas manifiestan que si realizan una evaluación de los proveedores, con el fin de llevar un mayor control del desempeño y confiabilidad de los proveedores.

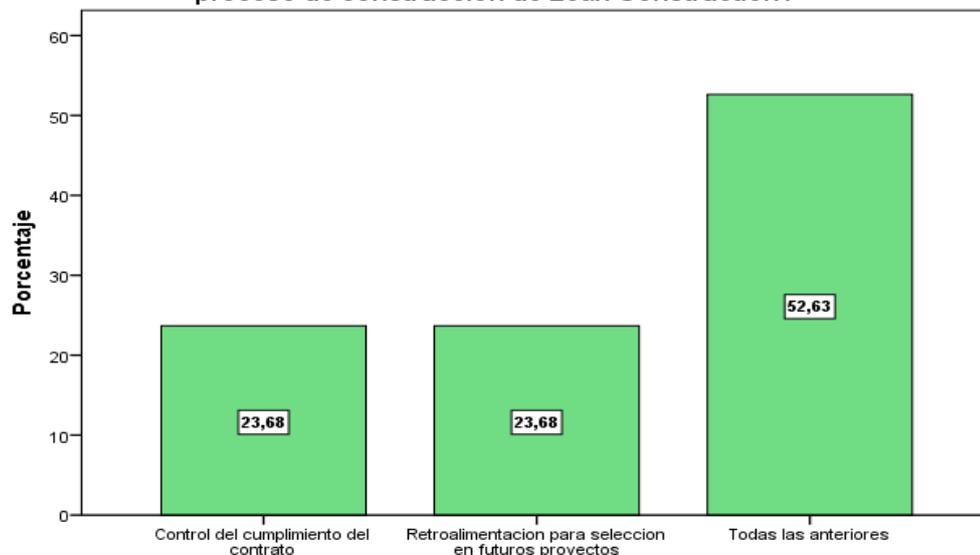
TABLA N° 11: Información de los proveedores

8. ¿Según Ud., para que se emplea la información obtenida de la evaluación en el proceso de construcción de Lean Construction?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Control del cumplimiento del contrato	9	23,7	23,7	23,7
	Retroalimentación para selección en futuros proyectos	9	23,7	23,7	47,4
	Todas las anteriores	20	52,6	52,6	100,0
	Total	38	100,0	100,0	

Figura N° 19: Información de los proveedores

8. ¿Segun Ud para que se emplea la información obtenida de la evaluación en el proceso de construcción de Lean Construction?



Interpretación

Se tiene que la información obtenida de la evaluación de los proveedores es utilizada en un 28.95% para la retroalimentación para selección en futuros proyectos y un 21.05% lo utilizan para el Control del cumplimiento del contrato. Se tiene que un 50% de los gerentes lo utiliza para los dos aspectos anteriores, con el fin de seleccionar y controlar de la mejor forma a los proveedores en la realización de la obra.

COMPROBACION DE HIPÓTESIS

Hipótesis Específica 1

La Planificación con la aplicación de la filosofía Lean Construction reduce la incertidumbre y la variabilidad de las actividades en la construcción de una Edificación Multifamiliar en Lima Metropolitana.

Tabla Nº 12: Tabla de Contingencias de Hipótesis Especifica 1

		3. ¿Cree Ud. que la planificación de la filosofía LEAN CONSTRUCTION reduce la variabilidad de las actividades de construcción en las Edificaciones?		Total
		Si	No	
Tipo de Empresa:	Grande	5	0	5
	Mediana	4	3	7
	Pequeña	24	2	26
Total		33	5	38

Prueba Estadística

Chi Cuadrado de Contingencias

Tabla Nº 13: Prueba Chi Cuadrado Hipótesis Especifica 1

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	6,841 ^a	2	,033
Razón de verosimilitudes	5,930	2	,052
Asociación lineal por lineal	,256	1	,613
N de casos válidos	38		

a. 4 casillas (66,7%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,66.

Conclusión

Como Sig.=0.033 < 0.05, se puede concluir que la Planificación con la aplicación de la filosofía Lean Construcción reduce la incertidumbre y la

variabilidad de las actividades en la construcción de una Edificación Multifamiliar en Lima Metropolitana.

Hipótesis Específica 2

El Diseño y ejecución de la obra con la aplicación de la filosofía Lean Construction mejora el cumplimiento del cronograma de las actividades en la construcción de una Edificación Multifamiliar en Lima Metropolitana.

Tabla Nº 14: Tabla de Contingencias de Hipótesis Especifica 2

		4. ¿Cree Ud. que el Diseño y Ejecución de la obra con la filosofía LEAN CONSTRUCTION mejora el cumplimiento del cronograma en las actividades de la Construcción?		Total
		Si	No	
Tipo de Empresa:	Grande	5	0	5
	Mediana	2	5	7
	Pequeña	24	2	26
Total		31	7	38

Prueba Estadística

Chi Cuadrado de Contingencias

Tabla Nº 15: Prueba Chi Cuadrado Hipótesis Especifica 2

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	16,209 ^a	2	,000
Razón de verosimilitudes	13,829	2	,001
Asociación lineal por lineal	1,166	1	,280
N de casos válidos	38		

a. 4 casillas (66,7%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,92.

Conclusión

Como $\text{Sig.} = 0.000 < 0.05$, se puede concluir que el Diseño y ejecución de la obra con la aplicación de la filosofía Lean Construction mejora el cumplimiento del cronograma de las actividades en la construcción de una Edificación Multifamiliar en Lima Metropolitana.

Hipótesis Específica 3

La Evaluación y Control del Avance de Obra con la aplicación de la filosofía Lean Construction evita las actividades no contributivas en la construcción de una Edificación Multifamiliar en Lima Metropolitana.

Tabla Nº 16: Tabla de Contingencias de Hipótesis Especifica 3

		6. Cree Ud. Que la Evaluación y Control del avance de obra con la aplicación de la filosofía LEAN CONSTRUCTION contribuye a la construcción		Total
		Si	No	
Tipo de Empresa:	Grande	5	0	5
	Mediana	3	4	7
	Pequeña	21	5	26
Total		29	9	38

Prueba Estadística

Chi Cuadrado de Contingencias

Tabla Nº 17: Prueba Chi Cuadrado Hipótesis Especifica 3

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	6,173 ^a	2	,046
Razón de verosimilitudes	6,586	2	,037
Asociación lineal por lineal	,000	1	,989
N de casos válidos	38		

a. 3 casillas (50,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 1,18.

Conclusión

Como $\text{Sig.}=0.046 < 0.05$, se puede concluir que la Evaluación y Control del Avance de Obra con la aplicación de la filosofía Lean Construction evita las actividades no contributivas en la construcción de una Edificación Multifamiliar en Lima Metropolitana.

CAPÍTULO V:

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Lean Construction es una nueva filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas).

Lean Construction introduce principios que cambian el marco conceptual de la administración del mejoramiento de la productividad y enfoca todos los esfuerzos a la estabilidad del flujo de trabajo. Mediante el enfoque Lean Construction se han desarrollado diversas herramientas tendientes a reducir las pérdidas a través del proceso productivo. Una de estas herramientas de planificación y control fue diseñada por Ballard y Howell. El sistema denominado el último planificador (Last Planner System) presenta cambios fundamentales en la manera como los proyectos son planificados y controlados, se basa en aplicar a cada obra una planificación que sea acorde a sus características. Para esto se utilizan tres herramientas: programación general, intermedia y semanal.

El método incluye la definición de unidades de producción y el control del flujo de actividades, mediante asignaciones de trabajo. Adicionalmente facilita la obtención del origen de los problemas y la toma oportuna de decisiones relacionada con los ajustes necesarios en las operaciones para tomar acciones a tiempo, lo cual incrementa la productividad.

El uso de la filosofía Lean Construction nos ayuda no solo con la eficiencia y eficacia del proyecto sino en todo lo que venga ligado a ello, como es el caso de la seguridad, ya que al tener cuadrillas especializadas (rotativas).

Es importante resaltar que la filosofía Lean Construction tiene como otro principio la reducción de la variabilidad en los procesos. Esto se hace en forma directa al generar una programación semanal confiable. Así se logra disminuir las diferencias entre lo programado y lo ejecutado realmente en la obra, lo que

significa reducir la variabilidad del proceso y ayudar a que el flujo de la producción no pare, esta metodología a diferencia de la forma tradicional de construcción, en la cual se programa sin considerar las restricciones y la variabilidad que se pueda presentar durante el proyecto, nos ayuda a asegurar el cumplimiento de la programación por lo cual poder hallar la cantidad de equipos de seguridad que se requerirán en cada proceso constructivo es mucho más sencillo, así como en qué momento del proyecto se requerirá cada uno de ellos.

La toma de decisiones para la construcción de edificaciones, presenta un espectro muy amplio debido a que puede partir desde la elección del sistema estructural continuando con el origen, tipo, marca y proveedor en el caso de los insumos.

En base a lo anterior se puede ver que para definir exactamente un insumo se deben tomar múltiples decisiones lo cual indica que la definición del abastecimiento no es proceso sencillo sino más bien complejo.

Es importante resaltar que las decisiones de abastecimiento abarcan las etapas de diseño, planificación y construcción. El abastecimiento debe definirse en las dos primeras etapas de tal manera que se minimicen las decisiones de "última hora" durante la construcción. Esto evitará retrasos y mayores costos para el proyecto.

Las decisiones de abastecimiento antes del diseño implican mayormente la elección de algunos materiales que influyen en los planos de un proyecto. Cabe resaltar que también existen algunos equipamientos o sistemas que influyen como por ejemplo: tipo de ascensor o el tipo de suministro de agua (cisterna-tanque o cisterna-presión constante hidroneumática). Uno de los objetivos principales de este tipo de decisiones es evitar las iteraciones negativas o rediseños de los planos.

Las decisiones de abastecimiento antes de la planificación tienen dos propósitos: determinación de los costos unitarios de las partidas para elaborar

un presupuesto y dar algunos parámetros para la programación. En este caso, se tienen que decidir sobre los tres tipos de recursos (materiales, mano de obra y equipos) por lo cual el rango de decisión es mucho más amplio que en el diseño. El objetivo principal, es evitar que la elaboración de presupuestos se haga sin analizar cuáles serán los requerimientos que exactamente utilizarán en la obra.

Las decisiones durante la construcción, como ya se comentó, deberían minimizarse y sólo se deben hacer cuando hayan factores externos que nos obliguen a hacerlos como por ejemplo: subidas de precios intempestivas, falta de stock, etc.

La teoría de decisiones ofrece un marco general de pasos a seguir con el objetivo de elegir entre varias alternativas aquella que satisfaga los objetivos planteados. Los pasos son: búsqueda de alternativas, determinación de los criterios, evaluación y selección de las alternativas.

Uno de los aportes de la tesis ha sido desarrollar un catálogo de alternativas para las partidas más incidentes del rubro de estructuras que facilitará la búsqueda de las alternativas.

Los criterios que se deben usar para evaluar las alternativas son de dos tipos: cualitativos y cuantitativos, siendo estos últimos los más difíciles de determinar. Para ayudar al decisor se ha elaborado un catálogo con criterios cualitativos para el catálogo de alternativas desarrolladas. Cabe resaltar que estos criterios son una base para el decisor pudiéndose agregarse otros de acuerdo a lo que se considere necesario.

Para la evaluación y selección de insumos se ha planteado una metodología que consta de tres partes fundamentales: evaluación cuantitativa, evaluación cualitativa y la evaluación integral. Esta metodología ofrece dos importantes ventajas; en primer lugar permite evaluar las alternativas usando criterios cualitativos y en segundo lugar integra los resultados de las evaluaciones cualitativas y cuantitativas en una evaluación final.

La literatura presenta innumerables métodos y herramientas que pueden ser empleados para las evaluaciones cualitativas; sin embargo, siendo conscientes de que uno de los fines de las tesis es proponer soluciones que puedan ser fácilmente aplicadas en el ejercicio profesional; se hizo una encuesta para determinar el método que tanto ingenieros civiles como arquitectos usarían. El resultado arrojó que el 53% de los encuestados emplearía el Método del Scoring.

El grado de dificultad de los tres métodos escogidos es variable siendo el Scoring el más fácil, la Matriz de Pares medianamente difícil y el AHP (Proceso de Análisis Jerárquico) el más difícil por lo cual es lógico que la mayoría de los encuestados se haya inclinado.

CAPÍTULO VI:

APLICACIÓN PRACTICA DEL CONCEPTO LEAN CONSTRUCTION

Como ya se ha contemplado hasta el momento, Lean Construction es una filosofía que permite optimizar los procesos constructivos.

Los proyectos inmobiliarios en Lima continúan haciéndose actualmente a un ritmo no tan acelerados como en años anteriores. Pero el inversionista cada vez busca optimizar cada vez más la obtención de más rentabilidad de su inversión.

Pero esto tiene tantas variables que siempre está tratando de ser cada vez más innovador.

Por ejemplo desde la concepción del proyecto se está viendo la necesidad que las variables sean cada vez menos y si es que no se puedan evitar sean lo suficientemente controlables.

En esta ocasión tuve la oportunidad de participar en la supervisión de un proyecto, donde claramente por la magnitud del mismo se tuvo que aplicar Lean Construction desde la concepción mismo del proyecto.

Las características que se presentaron antes de la concepción del proyecto eran las siguientes:

- Un área que se tenía (14,410 m²), el proyecto apuntaba a ser ambicioso y grande.
- La capacidad del suelo era pobre, menos de 1.0 kg/cm².
- El proyecto por la ubicación apuntaba a cubrir necesidades de usuarios de estratos media a baja.

- Por lo que tenía que estar considerado dentro del programa MI VIVIENDA.
- Las características generales de acuerdo a los parámetros municipales vigentes: se deberían cumplir Conjuntos Residenciales de 6 pisos máximo, área libre mínima del 50%, retiro de 3.0m de avenida y 1 estacionamiento por cada 3 departamentos.

Con este escenario existían varias propuestas para la concepción del proyecto, las cuales muestro las principales a continuación:

6.1. CUADRO DE CONCEPCION SIN LEAN CONSTRUCTION Y CON LEAN CONSTRUCTION:

CONCEPCION SIN LEAN CONSTRUCTION	CONCEPCION CON LEAN CONSTRUCTION
El proyecto siempre va buscar, cuando es masivo, departamentos típicos distribuidos adecuadamente en todos los pisos.	El proyecto considera departamentos típicos en todos los módulos, 04 por piso. Y distribuidos simétricamente. Esto permitirá hacer encofrados típicos metálicos que permitirán modulaciones y menos tiempo en estas labores. Además ya no se tarrajea muros y cielos raso. Bastara un solaqueo. Optimizando los tiempos hasta en un 30%.
La Cimentación por la calidad de suelo malo, será caro. Esto estará supeditado al N° de pisos que se asuma, según las normas tenemos hasta máximo 6 pisos.	La Cimentación por la calidad de suelo malo, será caro. Este proyecto solo asume 5 pisos, con el objetivo que la cimentación no se encarezca.
Concepción estructural sísmica puede ser el tradicional:	Concepción estructural sísmica, para este proyecto aplicando ya Lean Construction se asumió:

<p>Mixta; ósea columnas, vigas, aligerados y muros de ladrillo.</p> <p>Aporticadas: columnas, vigas y aligerados con muros de ladrillo y/o prefabricados.</p> <p>Refuerzo de acero, de variados diámetros.</p> <p>Encofrados de madera y/o metálicas.</p> <p>Tarrajeos de muros y cielo raso.</p>	<p>Concreto estructural: muros de placas de concreto y los techos losas de concreto. Lo que se consigue es que la construcción sea básicamente:</p> <p>Elaboración masiva de concreto estructural que nos va permitir tener una planta de concreto, garantizando la entrega oportuna del mismo.</p> <p>El refuerzo es básicamente de un diámetro.</p> <p>Encofrado modulares acondicionado a los departamentos típicos. Que se usan repetitivamente.</p> <p>Ya no se tarrajea solo se solaquea que es una labor mucho más rápido ejecutar y menos material a utilizar.</p>
<p>Los acabados son diversos, pero para el caso de pinturas, elementos pegados en pared y/o pisos se tendrá que esperar un tiempo de secado.</p>	<p>Los acabados son diversas calidades, la ventaja que ofrece este proyecto es que como los muros y techos solaqueados podemos pintar y/o pegar colomural en menos tiempo.</p> <p>De igual manera en los pisos cuando se quiera colocar elementos pegados.(20% de ahorro en tiempo muy útil en tiempo de invierno por ejemplo).</p>
<p>Existe más temas de control y logística.</p>	<p>Existe menos temas de control administrativo y logística.</p>
<p>Existe más posibilidad de haber acciones no contributivas.</p>	<p>Existe menos posibilidad de haber acciones no contributivas.</p>
<p>Es algo más complejo el control diario y/o mensual.</p>	<p>Es más claro y fácil el control diario y mensual.</p>

El hecho de haber más variables, se complica y se necesita más personal para aumentar la producción, encareciendo los costos.	La construcción se puede aumentar la producción a menores costos.
---	---

6.2. DESCRIPCION DEL PROYECTO APLICANDO LEAN CONSTRUCTION:

El proyecto integral consiste en un Condominio Residencial "VALLE ALTO", el cual contempla el emplazamiento de 22 bloques típicos de 05 pisos y 20 departamentos cada uno, con ambientes de servicios comunes, áreas verdes con juegos de niños en un terreno de 14,410.28 m². El proyecto se enmarca en una propuesta de condominio privado, generando atributos tales como Seguridad, Mantenimiento y Limpieza en el mismo, contemplándose áreas de Servicios Comunes como Sala de Reuniones, 02 Depósitos, 01 Garita de ingreso al condominio, 02 Bodegas, 01 Cuarto de Acopio de basura y Estacionamiento para 147 vehículos.

Las características del terreno y del Bloque típico se pueden resumir en los siguientes datos:

Área del terreno total	:	14,410.28 m ²
Área de Ocupación del Bloque Tipo	:	244.22 m ²
Área Techada 1er Piso en bloques	:	5,372.95 m ²
Área Techada 1er Piso demás áreas	:	<u>160.80 m²</u>
Área Techada Total 1er Piso	:	5,533.75 m ²
Área Libre	:	8,876.53 m ² (61.6%)
Área Techada Total en Bloques	:	26,864.75 m ²
Área Techada Total demás áreas	:	<u>160.80 m²</u>
Área Techada Total	:	27,025.55 m ²
Estacionamientos (1 auto c/03 dpto.)	:	147 autos

El proyecto cumple con los parámetros urbanísticos de la zona, adjuntamos cuadro comparativo de los términos utilizados en el proyecto:

FIGURA N° 20: Cuadro Normativo

CUADRO NORMATIVO		
PARAMETROS	NORMATIVOS	PROYECTO
ZONIFICACION	RESIDENCIA DE DENSIDAD MEDIA - RDM	RESIDENCIA DE DENSIDAD MEDIA - RDM
AREA TRATAMIENTO NORMATIVO	I	I
USOS PERMISIBLES	UNIFAMILIAR/ MULTIFAMILIAR/ CONJUNTO RESIDENCIAL	CONJUNTO RESIDENCIAL (440 DPTOS)
AREA LOTE MINIMO	CONJUNTO RESIDENCIAL: 800 m ²	14,410.28 m ²
FRENTE MINIMO	20 ML	110.23 ML
% AREA LIBRE MINIMA	UNID. FAMILIAR 30%/ MULTIFAM. 30%/ CONJ. RESD. 50%	0.616
ALTURA DE EDIFICACION	CONJUNTO RESIDENCIAL : 6 PISOS	5 PISOS
RETIRO FRONTAL	En calle: 1.50m/en avenida 3.00 m	3.00 m
ESTACIONAMIENTO	Unifam. 1 c/vivienda, Multifam. 1 c/ 2 vivienda, Conjunto Resid. 1 c/ 3 vivienda	147und. (1 c/ 3viviendas)
DENSIDAD NETA	2250 hab/ha	2250 hab/ha

BLOQUE TIPICO

Los Bloques Típicos presentan cuatro (04) departamentos por piso, teniéndose sólo dos (02) tipos de Departamentos. Adicionalmente se tiene un hall de distribución y escalera que nos lleva hasta el quinto piso.

Las áreas del bloque típico son las siguientes:

02 Dptos. De 52.86 m ²	:	105.72 m ²
02 Dptos. De 62.50m ²	:	125.00 m ²
Área Común de 13.50 m ²	:	<u>13.50 m²</u>
Área Total de Bloque	:	244.22 m ²

El Bloque Típico ha sido concebido de manera simétrica, con plantas típicas desde el primer piso, teniendo los primeros pisos patios interiores que lo diferencian de los otros niveles, además la distribución interior de los departamentos está concebida tomando en consideración la optimización del área.

Entre los aspectos técnicos a mencionar tenemos que el sistema estructural es de muros de concreto estructurados de 10 cm. con mallas

y platea de cimentación, respeto a las montantes de agua, electricidad y telecomunicaciones se encuentran el agrupadas en dos ductos en el hall previo al ingreso de los departamentos para tener la menor cantidad de ductos y pérdida de área además de evitar montante en interiores de los muros de concreto.

El proyecto contempla tener dos cisternas para satisfacer los 22 bloques y áreas comunes de todo el Condominio.

DESCRIPCIÓN DEL BLOQUE TIPICO:

Primer Piso:

Departamento N° 101 y N° 102, con la siguiente distribución: (C/u con Área= 52.86 m²)

- Sala – Comedor
- Cocina – lavandería - patio
- Baño Completo
- 01 Dormitorios principal
- 02 Dormitorios secundarios

Departamento N° 103 y N° 104, con la siguiente distribución: (c/u con Área = 62.50 m²)

- Sala – Comedor
- Cocina – lavandería - patio
- Baño Completo
- 01 Dormitorios principal
- 02 Dormitorios secundarios

Segundo al Quinto Piso:

Departamento N° 201, N° 202, N° 301, N° 302, N° 401, N° 402, N° 501 y N° 502, Con la siguiente distribución:

- Sala – Comedor
- Cocina – lavandería
- Baño Completo
- 01 Dormitorios principal
- 02 Dormitorios secundarios

Departamento N° 203, N° 204, N° 303, N° 304, N° 403, N° 404, N° 503 y N° 504, con la siguiente distribución:

- Sala – Comedor
- Cocina – lavandería
- Baño Completo
- 01 Dormitorios principal
- 02 Dormitorios secundarios

Azotea:

- Área libre

6.3. PRESUPUESTOS COMPARATIVOS:

CONDominio RESIDENCIAL "VALLE ALTO" PRESUPUESTO SIN APLICAR LEAN CONSTRUCTION

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO	
			MONTO
A1.	OBRA GRUESA	S/.	9,754,935.30
A1.01	TRABAJOS PRELIMINARES	S/.	304,002.95
A1.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS	S/.	384,348.64
A1.03	CONCRETO (Fabricación, transporte y colocación)	S/.	2,555,920.98
A1.04	ENCOFRADO	S/.	4,933,179.10
A1.05	ACERO	S/.	1,026,939.19
A1.06	MUROS ESTRUCTURALES (NO APLICA)		
A1.07	TECHUMBRE - COBERTURA	S/.	98,680.43
A1.08	REMATES Y RESANES CASCO	S/.	451,864.00
A2.	ACABADOS	S/.	5,048,217.88
A2.01	AISLACION		
A2.02	IMPERMEABILIZACION	S/.	49,956.80
A2.03	TABIQUES	S/.	293,348.00
A2.04	REVESTIMIENTOS EXTERIORES	S/.	78,133.09

A2.05	REVESTIMIENTOS INTERIORES	S/.	350,440.82
A2.06	CIELOS (TECHOS)	S/.	438,122.31
A2.07	PISOS	S/.	1,121,875.93
A2.08	MARCOS Y PUERTAS	S/.	729,811.88
A2.09	CERRAJERIA	S/.	73,868.00
A2.10	EQUIPAMIENTO / ACCESORIOS	S/.	33,000.00
A2.11	ALUMINIO Y VIDRIOS	S/.	549,879.53
A2.12	CARPINTERIA METALICA	S/.	99,946.00
A2.13	PINTURAS Y PAPELES	S/.	1,153,045.84
A2.14	MUEBLES (NO APLICA)		
A2.15	REMATES Y RESANES ACABADO	S/.	76,789.68
A3.	INSTALACIONES	S/.	3,824,574.15
A3.01	DESAGUE Y ARTEFACTOS	S/.	1,304,461.25
A3.02	AGUA POTABLE (SISTEMA DE AGUA FRIA - CALIENTE)	S/.	869,788.74
A3.03	ELECTRICIDAD	S/.	1,349,865.87
A3.04	INTERCOMUNICADORES (CORRIENTES DEBILES)	S/.	265,838.29
A3.05	GAS		
A3.06	CLIMATIZACION		
A3.07	ASCENSORES		
A3.08	BASURAS - CUARTO DE BASURA (EN SEGUNDA ETAPA)	S/.	34,620.00
A3.09	ASPIRACION CENTRALIZADA ('NO APLICA)		
A4.	OBRAS EXTERIORES	S/.	504,844.97
A4.01	ASEO EXTERIOR	S/.	13,050.00
A4.02	REJAS Y PORTONES	S/.	53,000.00
A4.04	MUROS EXTERIORES	S/.	212,219.49
A4.05	MUROS DE CONTENCIÓN	S/.	44,000.00
A4.06	COBERTIZOS Y MARQUESINAS	S/.	62,375.54
A5.	URBANIZACION	S/.	1,629,850.75
A5.01	PAVIMENTACION	S/.	252,643.95
A5.02	RED DE DESAGUE	S/.	48,582.75
A5.03	DESAGUE AGUAS LLUVIAS (NO APLICA)		
A5.04.	AGUA POTABLE - INCL CISTERNA	S/.	420,572.46
A5.08	ELECTRICIDAD Y ALUMBRADO	S/.	624,612.32
A5.09	SEÑALIZACION	S/.	8,876.00
A5.10	CORRIENTES DEBILES	S/.	78,938.45
A5.11	AREAS VERDES	S/.	195,624.82
A5.12	GAS		
	COSTO INDIRECTO	S/.	20,762,423.05
	GASTOS GENERALES (10%)	S/.	2,076,242.30
	SUB TOTAL	S/.	22,838,665.35
	IGV (18%)	S/.	4,110,959.76
	PRESUPUESTO TOTAL	S/.	26,949,625.12

CONDOMINIO RESIDENCIAL "VALLE ALTO"

PRESUPUESTO APLICANDO LA FOLOSOFIA LEAN CONSTRUCTION

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO	
		MONTO	
A1.	OBRA GRUESA	S/.	4,988,216.31
A1.01	TRABAJOS PRELIMINARES	S/.	304,002.95
A1.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS	S/.	384,348.64
A1.03	CONCRETO (Fabricación, transporte y colocación)	S/.	1,730,368.81
A1.04	ENCOFRADO	S/.	1,239,277.21
A1.05	ACERO	S/.	1,007,340.42
A1.06	MUROS ESTRUCTURALES (NO APLICA)		
A1.07	TECHUMBRE - COBERTURA	S/.	98,680.43
A1.08	HOJALATERIA (NO APLICA)		
A1.09	REMATES Y RESANES CASCO	S/.	224,197.84
A2.	ACABADOS	S/.	5,305,778.50
A2.01	AISLACION (NO APLICA)		
A2.02	IMPERMEABILIZACION	S/.	49,956.80
A2.03	TABIQUES	S/.	293,348.00
A2.04	REVESTIMIENTOS EXTERIORES	S/.	78,133.09
A2.05	REVESTIMIENTOS INTERIORES	S/.	350,440.82
A2.06	CIELOS (TECHOS)	S/.	438,122.31
A2.07	PISOS	S/.	1,121,875.93
A2.08	MARCOS Y PUERTAS	S/.	729,811.88
A2.09	CERRAJERIA	S/.	73,868.00
A2.10	EQUIPAMIENTO / ACCESORIOS	S/.	33,000.00
A2.11	ALUMINIO Y VIDRIOS	S/.	549,879.53
A2.12	CARPINTERIA METALICA	S/.	99,946.00
A2.13	PINTURAS Y PAPELES	S/.	1,410,606.47
A2.14	MUEBLES (NO APLICA)		
A2.15	REMATES Y RESANES ACABADO	S/.	76,789.68
A3.	INSTALACIONES	S/.	3,824,574.15
A3.01	DESAGUE Y ARTEFACTOS	S/.	1,304,461.25
A3.02	AGUA POTABLE (SISTEMA DE AGUA FRIA - CALIENTE)	S/.	869,788.74
A3.03	ELECTRICIDAD	S/.	1,349,865.87
A3.04	INTERCOMUNICADORES (CORRIENTES DEBILES)	S/.	265,838.29
A3.05	BASURAS - CUARTO DE BASURA (EN SEGUNDA ETAPA)	S/.	34,620.00
A3.08	ASPIRACION CENTRALIZADA (NO APLICA)		
A4.	OBRAS EXTERIORES	S/.	504,844.97
A4.01	ASEO EXTERIOR	S/.	13,050.00
A4.02	REJAS Y PORTONES	S/.	53,000.00
A4.04	MUROS EXTERIORES	S/.	212,219.49
A4.04	PAVIMENTO Y GRADAS DE ACCESO	S/.	120,199.95
A4.05	MUROS DE CONTENCIÓN	S/.	44,000.00
A4.06	COBERTIZOS Y MARQUESINAS	S/.	62,375.54

A5.	URBANIZACION	S/.	1,629,850.75
A5.01	PAVIMENTACION	S/.	252,643.95
A5.02	RED DE DESAGUE	S/.	48,582.75
A5.03	DESAGUE AGUAS LLUVIAS		
A5.04	AGUA POTABLE - INCL CISTERNA	S/.	420,572.46
A5.05	ELECTRICIDAD Y ALUMBRADO	S/.	624,612.32
A5.06	SEÑALIZACION	S/.	8,876.00
A5.07	CORRIENTES DEBILES	S/.	78,938.45
A5.08	AREAS VERDES	S/.	195,624.82
A5.09	GAS		
COSTO INDIRECTO		S/.	16,253,264.68
GASTOS GENERALES (10%)		S/.	1,625,326.47
SUB TOTAL		S/.	17,878,591.15
IGV (18%)		S/.	3,218,146.41
PRESUPUESTO TOTAL		S/.	21,096,737.56

COMPARACION DE PRESUPUESTOS		
SIN LEAN CONSTRUCTION	CON LEAN CONSTRUCTION	AHORRO
S/. 26,949,625.12	S/. 21,096,737.56	21.72%

FOTO N° 01.- Vista panorámica de la I ETAPA.



FOTO N° 02.- Vista panorámica de la división de la I ETAPA respecto de la II Etapa.



FOTO N° 03.- Vista de la planta de concreto que por la magnitud del concreto a preparar ha sido necesario utilizar, y garantizara el concreto en el tiempo oportuno.



FOTO N° 04.- Vista del uso de grúa telescópica que hace eficiente el traslado interior de materiales y equipos en el área de influencia del mismo.



FOTO N° 05.- Vista del uso de pizarra en la entrada de cada block donde se puede apreciar las actividades a realizar en el mes por cada departamento en cada piso.



FOTO N° 06.- Vista del uso de encofrado modular hecho especialmente para este proyecto debido a que todos los departamentos tienen la misma arquitectura y son simétricos. (04 departamentos por piso).



FOTO N° 07.- Vista panorámica de la II Etapa del proyecto y del uso de la planta de concreto.



FOTO N° 08.- Vista panorámica de los Block de la II Etapa del proyecto, obsérvese que no tarrajean solo se solaquea. Para aplicar la pintura en este caso.



FOTO N° 09.- Vista panorámica de uno de los Blocks ya imprimado y listo para pintar.



FOTO N° 10.- Vista panorámica de los Bloques en proceso del pintado.



FOTO N° 11.- Vista panorámica de la platea de cimentación recién vaciado el concreto de uno de los bloques.



FOTO N° 12.- Vista panorámica de la armadura de los muros y del encofrado en proceso. Obsérvese también el acabado de los muros después del vaciado del concreto.



FOTO N° 13.- Vista panorámica del solaqueo exterior que se ejecuta paralelamente al armado y encofrado de los muros del piso superior.



FOTO N° 14.- Vista panorámica de los muros interiores listos para el solaqueo interior.



FOTO N° 15.- Vista panorámica de las instalaciones sanitarias vistas en los baños.



FOTO N° 16.- Vista panorámica de las instalaciones eléctricas en los muros de los departamentos.

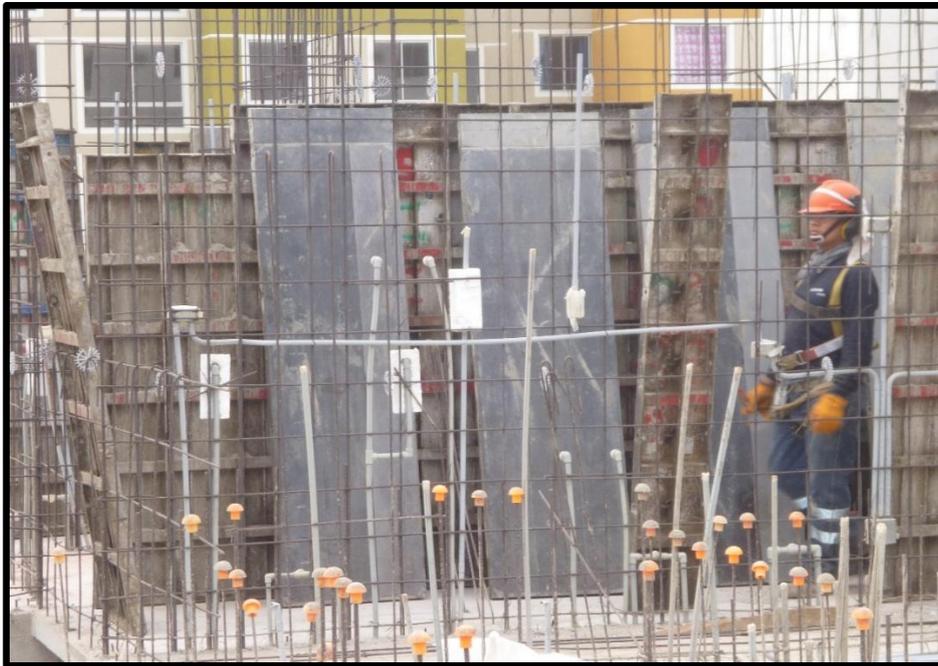


FOTO N° 17.- Vista panorámica de las instalaciones eléctricas, de comunicaciones y otros en ductos del block que luego serán cubiertos con drywall.



FOTO N° 18.- Vista panorámica de las instalaciones sanitarias ya cubiertas y colocación de enchapes en baño.



FOTO N° 19.- Vista panorámica de las instalaciones sanitarias exteriores adosadas a los muros.

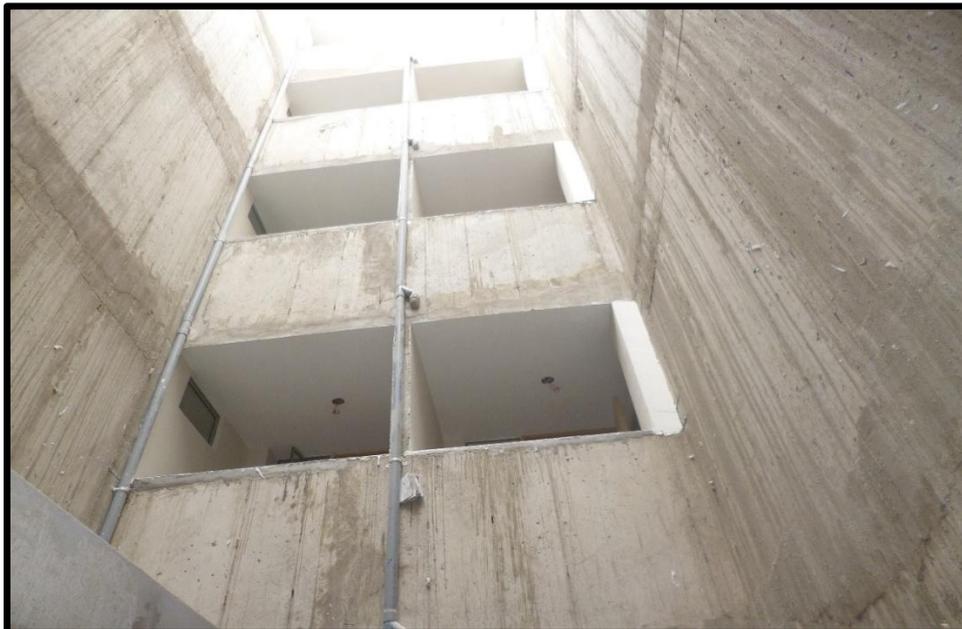


FOTO N° 20.- Vista panorámica de los aparatos sanitarios ya instalados.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- Las empresas constructoras de Lima Metropolitana en una tercera parte no han aplicado la filosofía Lean Construction.
- Las empresas constructoras opinan que es muy importante la planificación de Lean Construction para reducir la variabilidad de las actividades de construcción de edificios multifamiliares.
- Las empresas constructoras opinan que el diseño y ejecución de la filosofía de Lean Construction es muy importante para mejor el cumplimiento del cronograma de actividades.
- La etapa de planificación (presupuesto) es donde se seleccionan los insumos para la construcción según la filosofía Lean Construction.
- Las empresas constructoras opinan que la evaluación y control de los proveedores contribuye a la construcción.
- Las empresas constructoras opinan que la evaluación del desempeño de los proveedores contribuyen con los procesos productivos, para ello se debe tener con mayor control del cumplimiento de contratos, así como la retroalimentación de futuros proyectos en la construcción de viviendas multifamiliares.

RECOMENDACIONES:

- Se sugiere enviar a los encargados de operaciones de las empresas constructoras a capacitarse en la filosofía Lean Construction, para tener una mayor capacidad de decisión administrativa en la construcción de proyectos de edificios multifamiliares.
- Se aconseja capacitar a los jefes de producción en la filosofía Lean Construction desde el punto de vista de mejorar la productividad, mediante la reducción de defectos que se tengan en la construcción de edificios multifamiliares.
- Se recomienda realizar control semanal, quincenal y mensual acerca de los avances de obra, coordinados con asesores expertos en la aplicación de herramientas de gestión de Just in Time.
- Se aconseja a las Constructoras modernizarse, procurando ser innovadoras y crecer como tales, generando siempre un gran clima de colaboración, de participación entre todos sus integrantes, desde el que realiza la labor operativa más simple, hasta el que toma las grandes decisiones.
- Se recomienda a las constructoras tener una Organización gerencial ágil, con trato directo con el cliente, y con Comité de decisiones bastante veloz, evitando demoras.
- Se sugiere que para la aplicación del Lean Construction, es necesario comprender que un proyecto es una suma de flujos y que de no tener en cuenta el impacto de la variabilidad se pueden considerar escenarios muy poco realistas. Que nos puede llevar al fracaso.

BIBLIOGRAFÍA

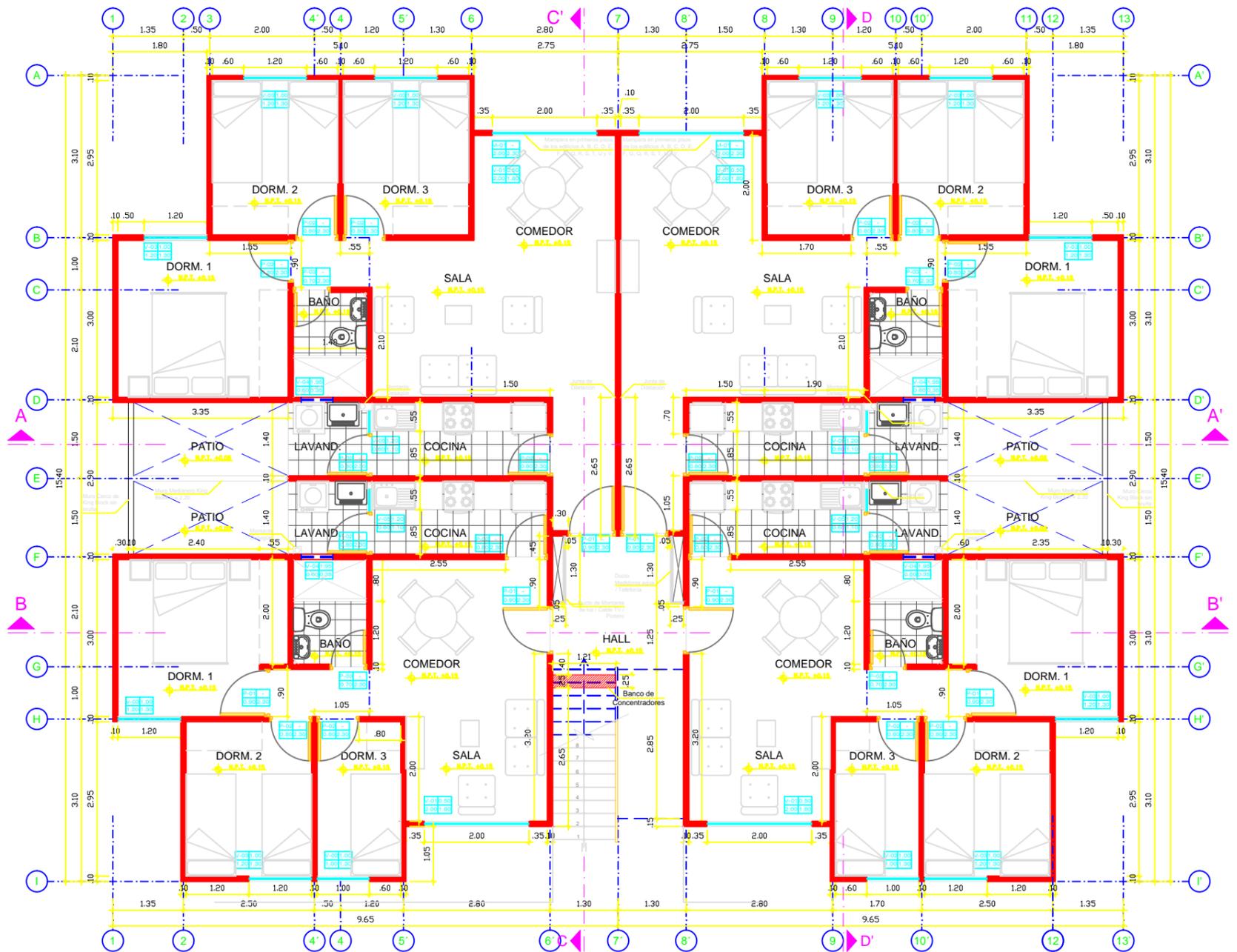
- Academic Ranking of World Universities. (2010). Retrieved 2010 from www.arwu.org: <http://www.arwu.org>
- AlSehaimi, A., Tzortzopoulos, P., & Koskela, L. (2009). Last Planner System: Experiences from pilot implementation in the Middle East. IGLC17- Taiwan (p. 14). Taiwan: Lean Construction Journal.
- AIDICO. (2009). Informe Sectorial de la piedra natural en España 2009. Observatorio del mercado de la piedra natural. Valencia: AIDICO.
- Bølviken, T., Gullbrekken, B., & Nyseth, K. (2010). Collaborative design management. Lean construction journal , 103-111.
- Ballard, G. (2010). Lean Construction Concepts and Methods. 2º Clase de las clases en la universidad. (p. 2). Berkeley: Project and Engineering Management program. University of California, Berkeley.
- Ballard, G. (2010 йил 14-Septiembre). Lean Project Delivery. University of California, Berkeley, California, Estados Unidos.
- Ballard, G., & A. Howell, G. (2003). Lean Project management. Building Research & Information .
- Ballard, H. G. (2000). Tesis doctoral: The Last Planner of Production Control. Birmingham, UK: University of Birmingham.
- Botero Botero, L. F., & Álvarez Villa, M. E. (2005). Last Planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción. Estudio del caso de la ciudad de Medellín. Ingeniería y Desarrollo (17), 148-159.

- Deming, W. E. (1986). Out of the Crisis. L: MIT Press.
- Goldratt, E. M. (1997). Cadena Crítica. Madrid: Nort River Press.
- Gosàlvez Botella, V. (2010). Cultura Lean Construction: Clave de la mejora competitiva. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia: UPV.
- Harris, F., & McCaffer, R. (2005). Construction Management. Manual de gestión de proyecto y dirección de obra. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SA.
- Jara, C., Alarcón, L. F., & Morgues, C. (2010). Accelerating interactions in project design through extreme collaboration and commitment management-A case study. Lean Construction Journal , 477-488.
- Pellicer Armiñana, E., & Alarcón Cárdenas, L. F. (2009). Un nuevo enfoque en la gestión: La construcción sin pérdidas. Revista de obras públicas (3496), 45-52.
- Project Management Institute. (2008). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) (4th, ed. 2008 ed.). Estados Unidos.
- PROJECT PRODUCTION SYSTEMS LABORATORY. (2010 йил 03-06). Project Production Systems Laboratory. Retrieved 2010 йил 03-06 from Global Charter of the Project Production Systems Laboratory: www.p2sl.berkeley.edu
- Sobek, Durward, K., Allen, C. W., & Jeffrey K, L. (1999). Toyota´s Principles of Set-Based Concurrent Engineering. Sloan Management Review (40 (2)), 67-83.
- Zofia, R. (2009). The Application of Root Cause Analysis and Target Value Design to Evidence- Based Design in the Capital Planning of Healthcare Facilities. Phd Tesis University of California, Berkeley. Berkeley: University of california, Berkeley.

ANEXOS



PROYECTO: CONDOMINIO RESIDENCIAL "VALLE ALTO"			
DISTRITO: PUENTE PIEDRA	DIRECCION: CALLE GERANIOS N°221, SUB LOTE "A", FUNDO CHILLON	PLANO: DISTRIBUCIÓN GENERAL	LAMINA: A-01
PROVINCIA: LIMA		ESCALA: 1/750	FECHA: JUNIO 2013
DEPARTAMENTO: LIMA			



PROYECTO:

CONDOMINIO RESIDENCIAL "VALLE ALTO"

DISTRITO:

PUENTE PIEDRA

PROVINCIA:

LIMA

DEPARTAMENTO:

LIMA

DIRECCION:

CALLE GERANIOS
N°221, SUB LOTE "A",
FUNDO CHILLON

PLANO:

PLANTA 1er PISO

ESCALA:

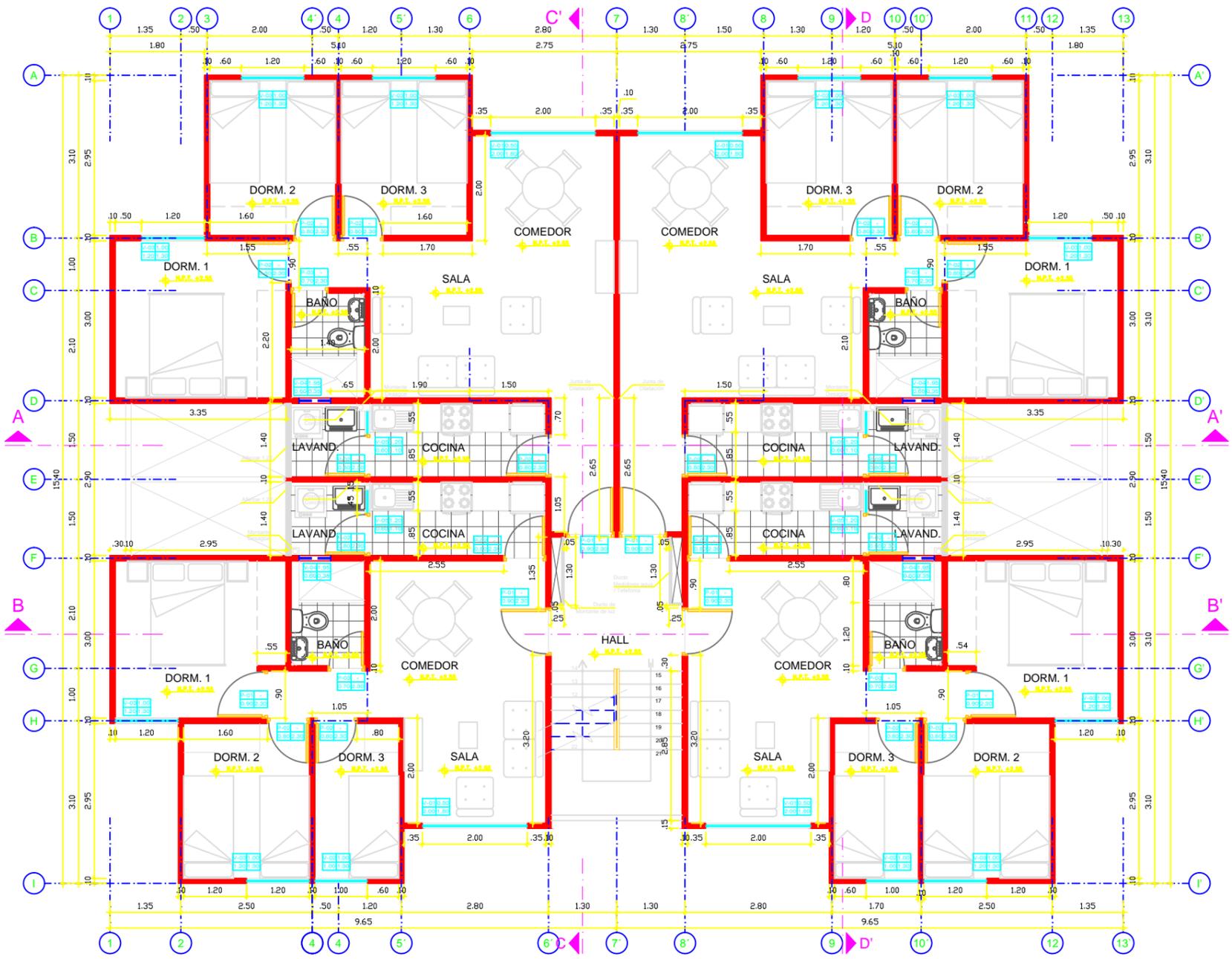
1/100

FECHA:

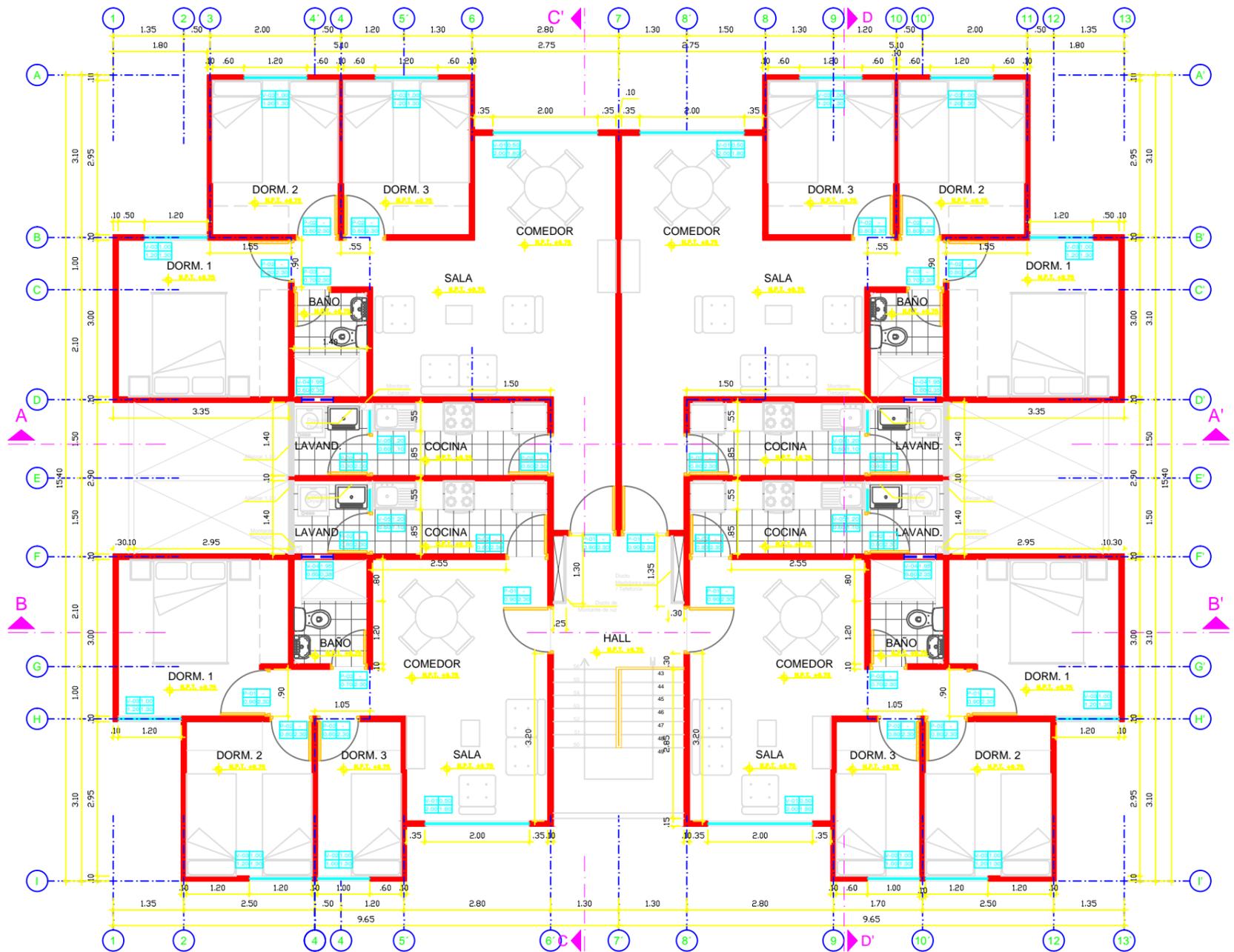
JUNIO 2013

LAMINA:

A-02



PROYECTO:				CONDOMINIO RESIDENCIAL "VALLE ALTO"			
DISTRITO:		DIRECCION:		PLANO:		LAMINA:	
PUENTE PIEDRA		CALLE GERANIOS N°221, SUB LOTE "A", FUNDO CHILLON		PLANTA 2do, 3er y 4to PISO		A-03	
PROVINCIA:				ESCALA:			
LIMA				1/100		JUNIO 2013	
DEPARTAMENTO:							
LIMA							



PROYECTO:

CONDOMINIO RESIDENCIAL "VALLE ALTO"

DISTRITO:
PUENTE PIEDRA

PROVINCIA:
LIMA

DEPARTAMENTO:
LIMA

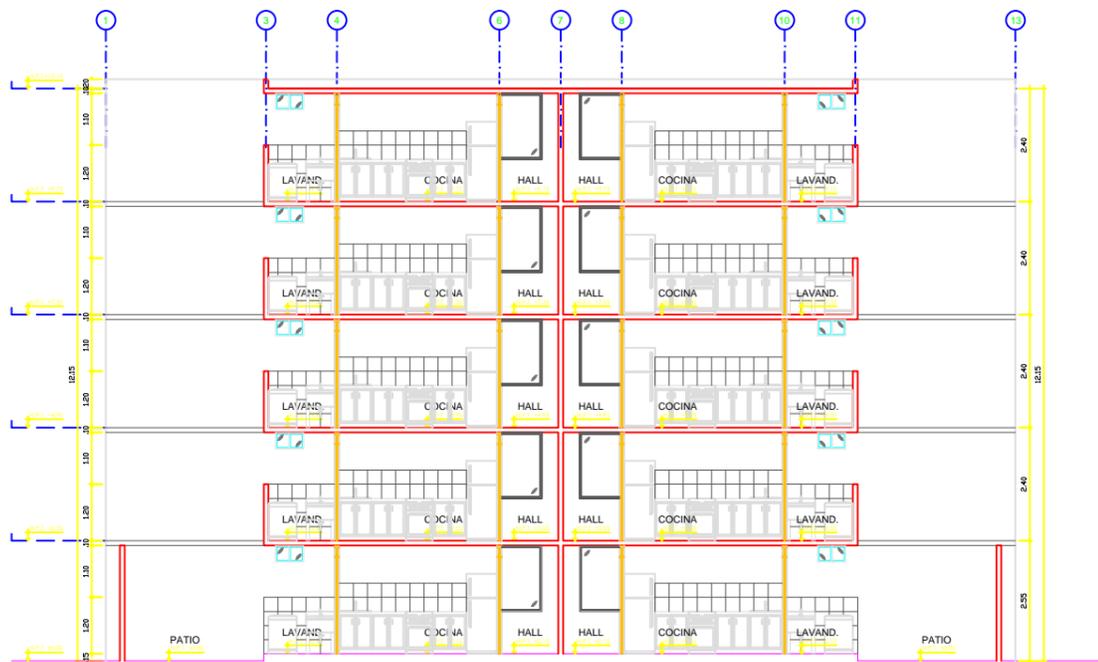
DIRECCION:
CALLE GERANIOS
N°221, SUB LOTE "A",
FUNDO CHILLON

PLANO:
PLANTA 5to PISO

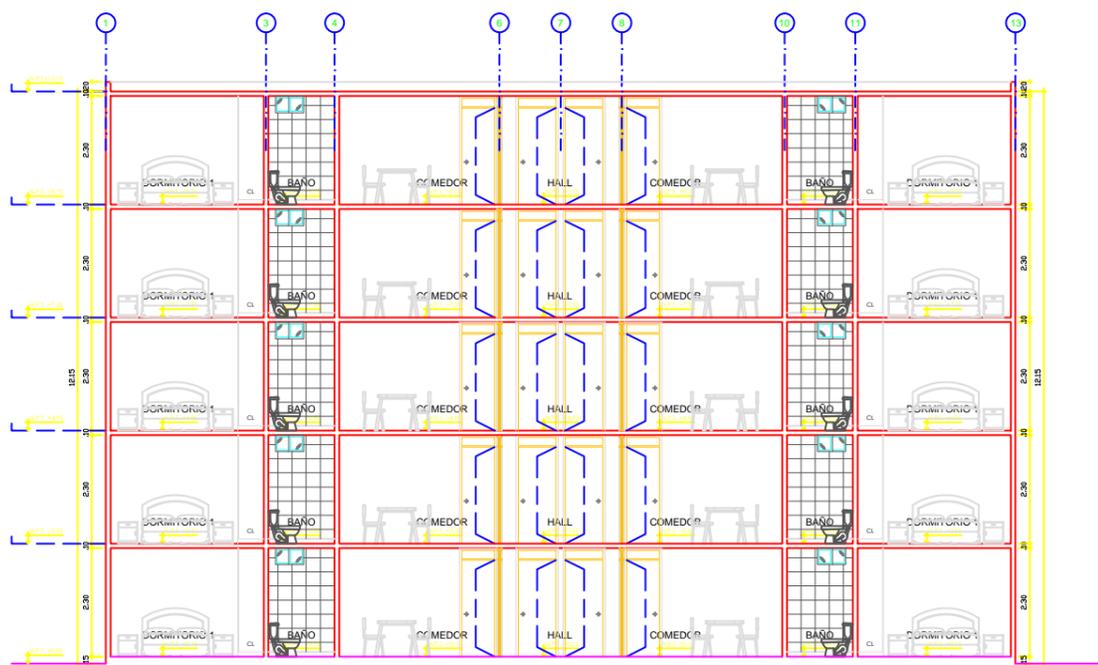
ESCALA:
1/100

FECHA:
JUNIO 2013

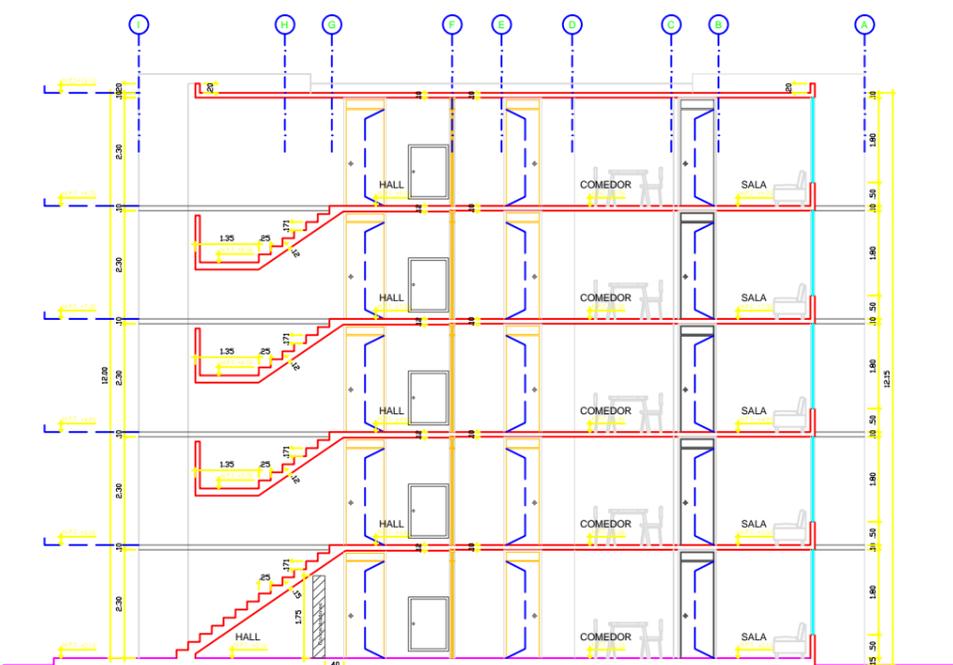
LAMINA:
A-04



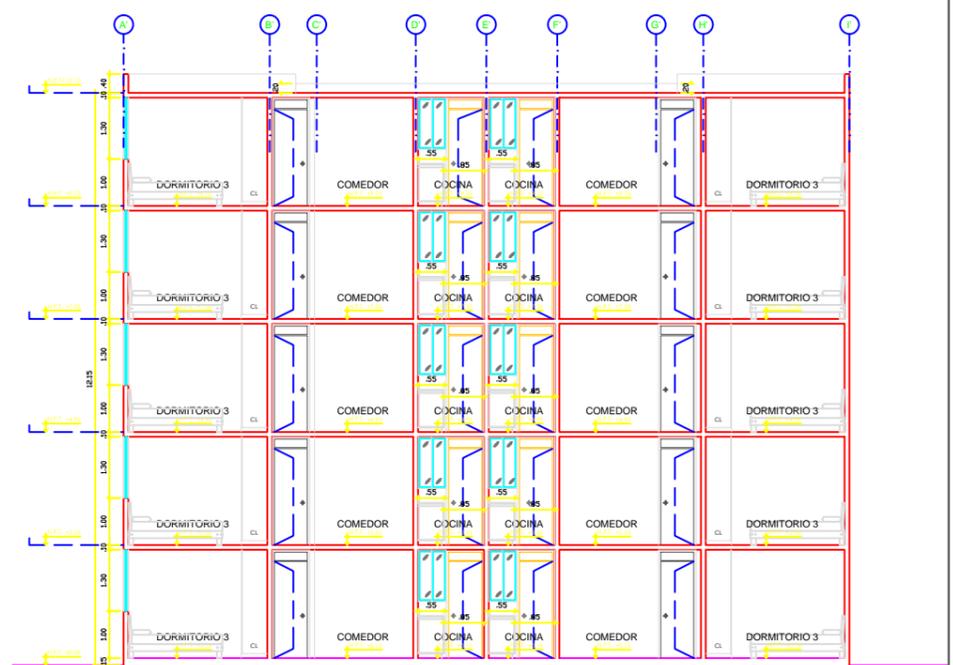
CORTE A-A'



CORTE B-B'



CORTE C-C'



CORTE D-D'

PROYECTO:

CONDOMINIO RESIDENCIAL "VALLE ALTO"

DISTRITO:
PUENTE PIEDRA

PROVINCIA:
LIMA

DEPARTAMENTO:
LIMA

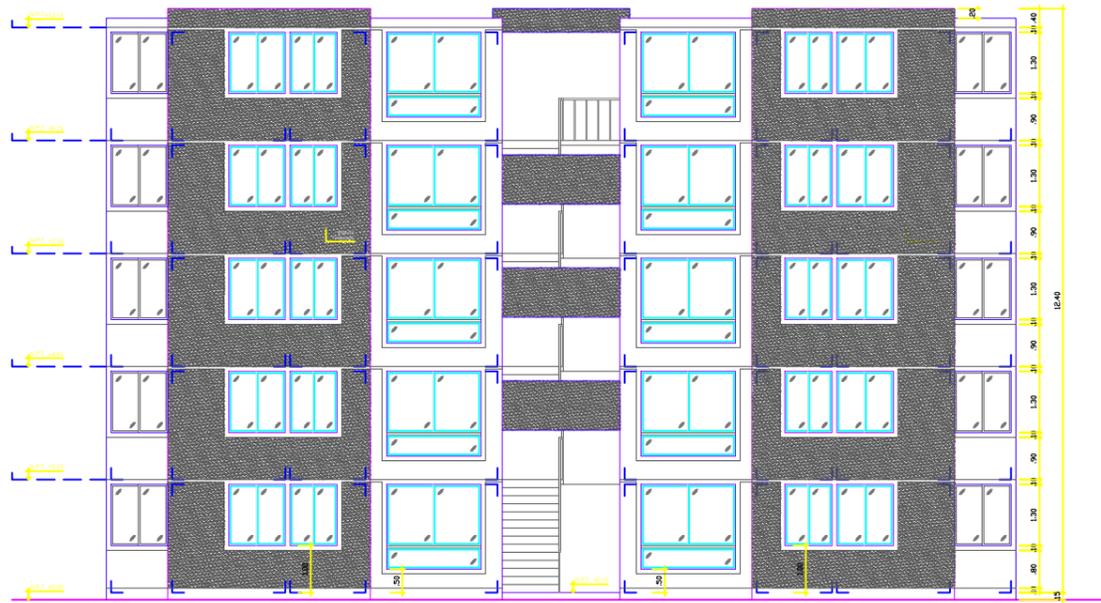
DIRECCION:
**CALLE GERANIOS
N°221, SUB LOTE "A",
FUNDO CHILLON**

PLANO:
CORTES

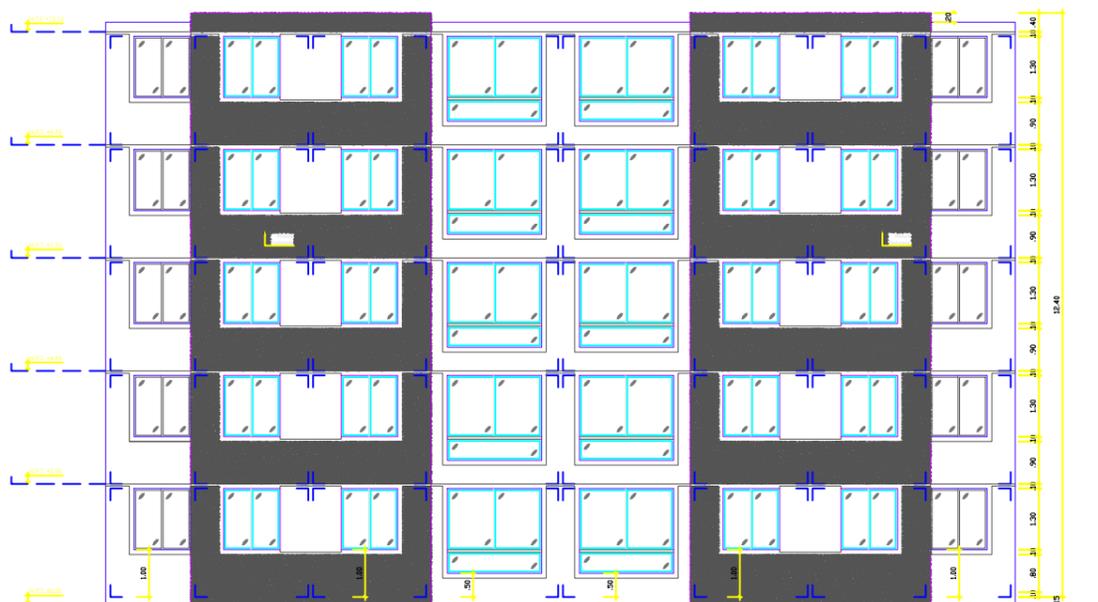
ESCALA:
1/150

FECHA:
JUNIO 2013

LAMINA:
A-05



ELEVACION PRINCIPAL



ELEVACION POSTERIOR



ELEVACION LATERAL IZQ / DER

PROYECTO: CONDOMINIO RESIDENCIAL "VALLE ALTO"			
DISTRITO: PUENTE PIEDRA	DIRECCION: CALLE GERANIOS N°221, SUB LOTE "A", FUNDO CHILLON	PLANO: ELEVACIONES	LAMINA: A-06
PROVINCIA: LIMA		ESCALA: 1/150	FECHA: JUNIO 2013
DEPARTAMENTO: LIMA			