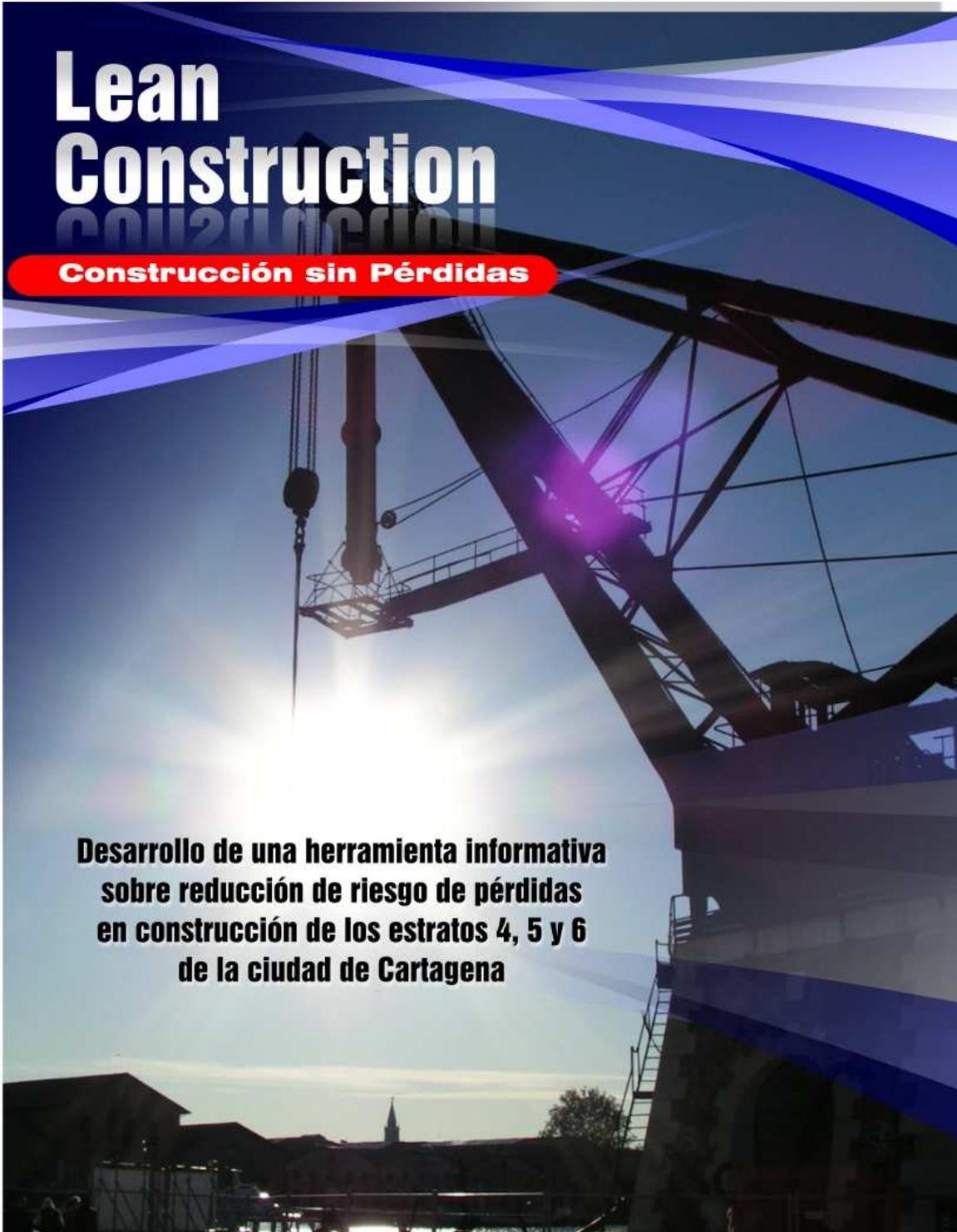


Lean Construction

Construcción sin Pérdidas

**Desarrollo de una herramienta informativa
sobre reducción de riesgo de pérdidas
en construcción de los estratos 4, 5 y 6
de la ciudad de Cartagena**



**DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA INFORMATIVA SOBRE REDUCCIÓN DE RIESGO DE
PÉRDIDAS EN CONSTRUCCIÓN DE LOS ESTRATOS CUATRO, CINCO Y SEIS DE LA CIUDAD
DE CARTAGENA**

**JUAN MANUEL CALVANO MENDEZ
CODIGO: 0207902**

**PEDRO FERNANDO SUAREZ BETANCOURT
CODIGO: 0107900**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.
2008**

**DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA INFORMATIVA SOBRE REDUCCIÓN DE RIESGO DE
PÉRDIDAS EN CONSTRUCCIÓN DE LOS ESTRATOS CUATRO, CINCO Y SEIS DE LA CIUDAD
DE CARTAGENA.**

**JUAN MANUEL CALVANO MENDEZ
CODIGO: 0207902**

**PEDRO FERNANDO SUAREZ BETANCOURT
CODIGO: 0107900**

**Proyecto de grado presentado como requisito
para optar por el Título de Ingeniero Civil**

**DIRECTORA DE TRABAJO DE GRADO
ING. YENIS LÓPEZ ESALAS
MAGISTER. Infraestructura Vial y Transporte
Universidad de los Andes**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.
2008**

Notas de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Cartagena Abril de 2008

AGRADECIMIENTOS

Mi inmensa gratitud a Dios por permitirme llegar con éxito a una de mis mas anheladas metas, a mis padres y hermanos por su continuo e ininterrumpido apoyo convertido en amor, que con su paciencia y sabiduría, fueron parte fundamental para lograrlo, a el amor de mi vida y compañera incondicional, que con sus consejos y apoyo estuvo conmigo siempre, y sin ella darse cuenta se convirtió en uno de los pilares indispensable para lograr mis metas, gracias Judith M^a López.

Pedro.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	15
1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.1 TÍTULO	18
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.3 OBJETIVOS	20
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1.4 JUSTIFICACIÓN	21
2. MARCO REFERENCIAL	23
2.1 ELIMINACIÓN DE LOS RECURSOS REDUNDANTES CONSIDERADOS COMO PÉRDIDAS	25
2.2 EL FLUJO EN LOS PROCESOS EN LA CONSTRUCCIÓN.	26
2.2.1 Mediciones que se debe hacer	26
2.3. PÉRDIDAS, CADENA DE VALOR Y LOGÍSTICA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SU DIRECCIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN.	27
2.3.1. Pérdidas	28
2.4. PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN EL DESARROLLO DE LAS MEDICIONES EN LA CONSTRUCCIÓN	29
2.5. SOLUCIONES PROPUESTAS POR LEAN CONSTRUCTION	30
2.5.1. Cadena de Valor	30
2.5.2. Logística	31
2.6. PRINCIPIOS DE LA CONSTRUCCIÓN LEAN CONSTRUCTION	33
2.7. DISEÑO DE PROCESOS DE FLUJO EN LA CONSTRUCCIÓN Y SU MEJORAMIENTO.	34
2.7.1. Reducir las actividades que no agregan valor. (Pérdidas)	34
2.7.2. Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.	35
2.7.3. Reducir la variabilidad	36
2.7.4. Reducir el tiempo del ciclo.	36
2.7.5. Simplificar mediante minimización de los pasos, las partes y la necesidad de conciliar información y uniones	38
2.7.6. Incrementar la transparencia en los procesos.	39
2.7.7. Enfocar el Control del proceso al proceso completo	39

2.7.8.	Introducir el mejoramiento continuo de los procesos.	40
2.7.9.	Referenciar permanentemente los procesos (Benchmarking).	40
2.8	MARCO CONCEPTUAL	42
3.	DISEÑO METODOLÓGICO	48
3.1.	ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	48
3.2.	DELIMITACIÓN.	48
3.2.1.	Delimitación Espacial	48
3.2.2.	Delimitación Conceptual	48
3.3.	FUENTES DE INFORMACIÓN	49
3.3.1.	Primarias	49
3.3.2.	Secundarias	49
3.4.	RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.5	VARIABLES	49
4.	ANÁLISIS DE LA APLICABILIDAD DE LA FILOSOFÍA DE GESTIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN, “LEAN CONSTRUCTION”, A LOS PROYECTOS DE LA CIUDAD DE CARTAGENA EN LOS ESTRATOS CUATRO, CINCO Y SEIS	52
4.1.	ASPECTOS GENERALES DE LA ESTRATIFICACIÓN SOCIOECONÓMICA EN CARTAGENA.	52
4.2.	ASPECTOS GENERALES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION.	53
4.3.	APLICABILIDAD DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION A PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE ESTRATOS CUATRO, CINCO Y SEIS DE LA CIUDAD DE CARTAGENA.	55
5.	FACTORES DE RIESGO DE PÉRDIDAS EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LOS ESTRATOS CUATRO, CINCO Y SEIS DE CARTAGENA	58
6.	METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LA HERRRAMIENTA INFORMATIVA.	67
7.	HERRAMIENTA INFORMATIVA SOBRE REDUCCIÓN DE RIESGO DE PÉRDIDAS EN LOS ESTRATOS CUATRO, CINCO Y SEIS DE LA CIUDAD DE CARTAGENA.	70
7.1.	INTRODUCCIÓN.	70
7.2.	FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION.	70
7.3.	EFFECTIVIDAD DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION.	71
7.4.	MODELO DE LEAN CONSTRUCTION PROPUESTO	71
7.4.1.	FASE 1. CONSULTA.	72
7.4.2.	FASE 2. PROYECTO.	74
7.4.3.	FASE 3. PLANIFICACIÓN.	77
7.4.4.	FASE 4. EJECUCIÓN DEL PROYECTO (CONSTRUCCIÓN)	81

8	CASO DE ESTUDIO: PROYECTO EDIFICIO HUGO LONDOÑO	93
8.1.	LA EMPRESA CONSTRUCTORA.	93
8.1.1.	Antecedentes de la firma.	93
8.1.2.	Objeto social de la firma	94
8.1.3.	Organización de la firma.	94
8.1.4.	Experiencia de la firma.	96
8.2.	FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO	97
8.3.	APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA INFORMATIVA	98
8.3.1.	FASE CONSULTA.	98
8.3.2.	FASE PROYECTO	101
8.3.3.	FASE PLANIFICACION	102
8.3.4.	FASE EJECUCIÓN	103
8.4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	103
8.5.	CONCLUSIONES DE LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA	108
9	CONCLUSIONES	110
	BIBLIOGRAFÍA	

LISTA DE FIGURAS

Figura	Descripción	Pág.
Figura 1.	Diagrama de flujo de fase de consulta del modelo propuesto	72
Figura 2.	Diagrama de flujo de fase de proyecto del modelo propuesto	75
Figura 3.	Diagrama de flujo de fase de planificación del modelo propuesto	79
Figura 4.	Diagrama de flujo de fase de ejecución del modelo propuesto	91

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Pág.
Cuadro 1	Operacionalización de variables del proyecto	
Cuadro 2	Muestra de proyectos de las empresas Suarez Betancourt Ltda. y Expertus Ltda.	62
Cuadro 3	Factores de riesgos de pérdidas presentados en los proyectos de muestra de la empresa constructora Suarez Betancourt Ltda. y Expertus Ltda.	63
Cuadro 4	Frecuencia de presencia de los factores de riesgos de pérdidas en los proyectos de muestra de la empresa Suarez Betancourt Ltda. y Expertus Ltda.	64
Cuadro 5	Guía de Categorías y causas del tiempo no contributivo y tiempo contributivo	82
Cuadro 6	Formato para la toma de datos sobre tiempo productivo prueba de la ronda	84
Cuadro 7	Formato de encuesta y detección de esperas	84
Cuadro 8	Formato para tabulación de datos prueba de la ronda	85
Cuadro 9	Formato para la toma de datos prueba de los 5 minutos	86
Cuadro 10	Formato para la tabulación de datos prueba de los 5 minutos	86
Cuadro 11	Formato de encuesta de identificación de pérdidas	87
Cuadro 12	Listado de proyectos de la empresa EXPERTUS LTDA	96
Cuadro 13	Listado de Proveedores escogidos por los representantes del proyecto	99
Cuadro 14	Valores utilizados para determinar los indicadores del proyecto del caso de estudio	105

LISTA DE ANEXOS

ANEXOS	Descripción	Pág.
ANEXO A	FORMATO DE ENCUESTA PARA EL ANÁLISIS DE FACTORES DE RIESGOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN	116
ANEXO B	REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL PROYECTO DEL CASO DE ESTUDIO	119

Lean Construction

Construcción sin Pérdidas

RESUMEN

RESUMEN

Cartagena es una ciudad en crecimiento, día a día se realizan obras de gran magnitud, y cada vez los clientes requieren más de las constructoras, es decir, es cada vez es más frecuente que el cliente solicite los servicios especializados de una firma constructora desde mucho antes de adquirir el lote. Sin embargo, resulta preocupante que, los clientes sigan quedando insatisfechos por los sobrecostos que le generan las construcciones, las entregas posteriores al tiempo pactado y la no correspondencia del terreno al tipo de construcción, entre otros.

En este documento se propone la difusión, por medio de una cartilla informativa, dirigida al sector constructor, de una metodología que contempla muchas de las falencias del sector constructor actual y propone directrices claras y sencillas para su mejoramiento a través de una construcción sin pérdidas. Esta cartilla se desarrolla por fases y contiene cuadros sinópticos que facilitan su comprensión. Todo con el fin de familiarizar a todo el sector constructor con la tendencia mundial hacia la reducción del desperdicio de dinero, de esfuerzo y de tiempo, manteniendo la satisfacción del cliente en el más alto nivel.

Lean Construction

Construcción sin Pérdidas

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El documento Desarrollo de una Herramienta Informativa Sobre Reducción de Riesgo de Pérdidas en los Estrato Cuatro, Cinco y Seis de la ciudad de Cartagena está constituido por nueve capítulos de los cuales, el primero contiene el planteamiento del problema, la formulación del mismo, la justificación, los objetivos generales y específicos.

El segundo capítulo contiene el marco referencial, las bases teóricas que fundamentan la metodología LEAN CONSTRUCCIÓN.

El tercer capítulo contiene el diseño metodológico, en el se especifica el tipo de investigación la delimitación conceptual y espacial las fuentes primarias y secundarias la definición de las variables independientes, dependientes e intervinientes y su operacionalización.

El cuarto capítulo contiene un análisis de la filosofía de gestión para el mejoramiento de los proyectos de construcción, "LEAN CONSTRUCTION", aplicables al los proyectos de la ciudad de Cartagena en los estratos cuatro, cinco y seis.

El quinto capítulo contiene una clasificación de los principales factores de riesgo de pérdidas presentes en los proyectos de construcción de los estratos cuatro, cinco y seis de la ciudad de Cartagena.

El sexto capítulo contiene la metodología que se llevó a cabo para la elaboración de la cartilla teniendo en cuenta que a quienes va dirigida no conocen el resto de la monografía.

Capítulo siete contiene la herramienta informativa, la cual explica brevemente la metodología LEAN CONSTRUCCION, explica su aplicación por fases, manejando un lenguaje incluyente.

El Capítulo ocho contiene un caso de estudio en el que se consignan los antecedentes de la firma constructora, su objeto social, su organización, la ficha técnica del proyecto y finalmente la implementación de la herramienta en cada una de las fases del proyecto.

En el capítulo nueve se consignaron las conclusiones de la investigación.

Lean Construction

Construcción sin Pérdidas

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1. TÍTULO.

DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA INFORMATIVA SOBRE REDUCCIÓN DE RIESGO DE PÉRDIDAS EN CONSTRUCCIÓN DE LOS ESTRATOS CUATRO, CINCO Y SEIS DE LA CIUDAD DE CARTAGENA

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La actividad constructora en la ciudad de Cartagena ostenta un importante lugar en la economía de esta ciudad. Han sido las nuevas construcciones las que han facilitado que el mundo conozca aquellas que datan desde la época colonial.

Con los años, Cartagena dejó de ser una ciudad a la que tan sólo se visitaba por sus murallas, para convertirse en una ciudad que se proyecta, además, como de interés turístico por la comodidad de sus hoteles, de interés industrial por su capacidad de crecimiento, especialmente en el sector constructor. Sin embargo, y a pesar de que el desarrollo de proyectos constructores son generadores permanentes de trabajo impulsando además otros sectores de la economía, con frecuencia se presentan anomalías consistentes en la demora en la entrega de los proyectos y el desperdicio en cantidades alarmantes en cada uno de ellos.

La causa principal de estos inconvenientes es la falta de aplicación de una metodología que les permita a las constructoras reducir los riesgos de pérdidas en los proyectos de construcción que se desarrollan en la ciudad de Cartagena, especialmente, en los estratos cuatro, cinco y seis. Y esto se

debe, principalmente a la escasez de herramientas informativas que sirvan de guía a estas empresas.

La tendencia tradicional de la construcción está basada en modelos obsoletos arraigados a la tradición. Estos modelos se sustentan en la simple transformación de las entradas hacia las salidas, considerando como entradas aspectos como la información, los materiales y la mano de obra; y como salidas el producto final. Los procesos de transformación de entradas en salidas se conocen como conversión. En este antiguo modelo no se tienen en cuenta las pérdidas, es decir aquellas actividades que, además de no agregar valor a las obras, consumen recursos importantes como tiempo, espacio y otros.

Por otra parte, el control de los procesos se desarrolla de forma individualizada, afectando la productividad, dado que se consiguen construcciones eficientes pero con un alto costo, lo cual las hace inadecuadas. Por tanto, mientras las empresas de Cartagena sigan desconociendo las nuevas ideas en el desarrollo de proyectos de construcción, no adoptarán metodologías que enfoquen la construcción con un nuevo concepto de producción considerando, además, las pérdidas, lo cual quiere decir que la tendencia será hacia la baja productividad y competitividad poniendo en desventaja al sector constructor de la ciudad frente a mercados globalizados.

Para contrarrestar la acción devastadora de las construcciones con amplios márgenes de pérdidas, en países como los Estados Unidos y los del continente europeo, implementaron a partir de la década del 90, un nuevo sistema de producción, basado en diferentes modelos presentando un conjunto de principios para la gestión productiva. Esta metodología ha dado muy buenos resultados a las empresas en donde se ha implementado, se conoce como filosofía "LEAN CONSTRUCTION". En Colombia apenas se empieza a conocer esta tecnología y sería conveniente que el sector constructor se familiarice con la misma a través de una herramienta informativa presentada con un lenguaje sencillo y claro.

Ante esta situación surge la siguiente pregunta problema

¿CÓMO PROPORCIONAR A LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE LOS ESTRATOS CUATRO, CINCO Y SEIS DE LA CIUDAD DE CARTAGENA LA INFORMACIÓN SOBRE LA FILOSOFÍA “LEAN CONSTRUCTION” COMO UNA METODOLOGÍA QUE LES PERMITA PLANIFICAR Y CONTROLAR LOS FACTORES DE RIESGO DE PÉRDIDAS EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.?

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. Objetivo General.

Desarrollar una herramienta informativa, basada en la reconocida metodología “LEAN CONSTRUCTION”, que proporcione a las empresas constructoras de los estratos cuatro, cinco y seis de la ciudad de Cartagena familiarizarse con una metodología que les permita planificar y controlar los factores de riesgo de pérdidas en los proyectos de construcción.

1.3.2. Objetivos Específicos.

Analizar la filosofía de gestión para el mejoramiento de los proyectos de construcción, “LEAN CONSTRUCTION”, aplicables al los proyectos de la ciudad de Cartagena en los estratos cuatro, cinco y seis.

Identificar mediante revisión bibliográfica los principales factores de riesgo de pérdidas presentes en los proyectos de construcción de los estratos cuatro, cinco y seis de la ciudad de Cartagena.

Implementar la filosofía de gestión “LEAN CONSTRUCTION”, como metodología para la identificación de los factores de riesgo de pérdidas en un caso de estudio.

Consignar de manera clara y concisa la información pertinente en el texto informativo dirigido a las empresas constructoras de los sectores cuatro, cinco y seis de la ciudad de Cartagena

1.4. JUSTIFICACIÓN.

El desarrollo de este proyecto se encuentra justificado en la falta de información que tienen las empresas sobre nuevas metodologías de construcción como LEAN CONSTRUCTION, desarrollar una herramienta informativa que explicita esta tecnología puede generar interés en los constructores y conducirlos a buscar más información al respecto hasta tomar, en algún momento, la decisión de implementarla en su propia empresa.

De este modo, el desarrollo de una herramienta informativa orientada a la solución de problemas relacionados con la ejecución de proyectos constructivos en Cartagena en los estratos cuatro, cinco y seis, se constituye en un aporte de la ingeniería civil al sector constructor, afianzando su condición de puente entre la Ciencia y la Técnica.

Se escogieron, para este proyecto los estratos cuatro, cinco y seis por ser los sectores constructores que facilitaron al grupo investigador la documentación necesaria para hacer el estudio de caso.

Cabe anotar que el desarrollo de este proyecto, surge como resultado de una formación de profesionales, impartida por la Universidad Tecnológica de Bolívar, con capacidad para asumir el liderazgo en la solución de problemas y en la generación de cambios en los diferentes sistemas de transporte, acueducto y alcantarillado, lo mismo que en la infraestructura vial y en el sector vivienda, observando siempre un sano criterio de conservación del medio ambiente y un alto grado de compromiso con el progreso regional y nacional.

Lean Construction

Construcción sin Pérdidas

MARCO REFERENCIAL

2. MARCO REFERENCIAL.

En cuanto al antiguo método de construcción, el cual se ejecutó de forma inalterable, durante los siglos XIX y XX, autores como Cornick 1991; Austin 1994; Koskela 1997; Ballard y Koskela 1998; Formoso 1998; tuvieron la visión de que la planificación y el control, fueron sustituidos en muchas oportunidades por caos e improvisaciones, causando: mala comunicación, documentación inadecuada, ausencia o deficiencia en la información de entrada de los procesos que se realizaban, desequilibrada asignación de los recursos, falta de coordinación entre disciplinas y errática toma de decisiones.

En consecuencia, surgieron intentos hechos para mejorar los problemas antes mencionados entre ellos están: La administración de proyectos, la ingeniería concurrente, modelos de procesos, Ingeniería del valor, nuevas formas organizacionales, apoyo de información tecnológica, nuevos índices de desempeño, etc. (Ballard y Koskela 19980).

Aunque los enfoques anteriores contienen interesantes y aparentemente efectivas técnicas, están sumamente fragmentadas y carecen de una sólida base conceptual. Esta base teórica, faltante en las técnicas anteriores, debe ser entendida como una relación entre tres diferentes modelos: conversión, flujo y valor, entendiéndose por valor el nivel de satisfacción del cliente.

Una serie de investigadores de todo el mundo, han realizado un esfuerzo por conceptualizar los problemas de la industria de la construcción, estructurando un marco teórico que permita entender mejor qué tipo de producción es la construcción. Esta referencia teórica desarrollada recibe el nombre de "LEAN CONSTRUCTION" o "Construcción sin Pérdidas", cuya función es minimizar o

eliminar todas aquellas fuentes que implique pérdidas, en el entendido que estas pérdidas implican menor productividad, menor calidad, más costos, etc.

“LEAN CONSTRUCTION” nace como una necesidad de adoptar una serie de estándares emanados de la empresa manufacturera. La industria de la construcción observó por muchos años, de manera expectante, cómo el mundo oriental le entrega una gran cantidad de ideas, filosofías y prácticas al mundo occidental. La nueva filosofía de producción ha demostrado que las nuevas técnicas, difundidas ampliamente en la industria automotriz, podían ser implementadas de forma exitosa en la industria de la construcción. Experiencias internacionales han demostrado que la implementación de la filosofía “LEAN CONSTRUCTION” puede mejorar la coordinación de todos los agentes participantes en el proyecto y por ende aumentar la fiabilidad de éste.

Sin Embargo, países como Colombia siguen neófitos en este tema; apenas las universidades empiezan a dar a conocer esta metodología mediante post grados. En cuanto a una publicación sencilla, de fácil manejo y de fácil comprensión que familiarice al sector constructor con las nuevas tendencias, no se conoce ninguna, incluso, en Cartagena, los libros especializados no se consiguen en las librerías, estos deben ser solicitados a Bogotá. Todo lo anterior refleja una baja producción de herramientas informativas sobre planeación y control en la construcción.

La planificación representa, aproximadamente, sólo un 10% del costo total de un proyecto, sin embargo, regula la ejecución global de éste. Por lo tanto una mala planificación representa la causa principal de los problemas en la construcción, como la no disponibilidad o inadecuada disponibilidad de recursos y, por el contrario, una buena planificación es la clave para lograr una buena eficiencia y efectividad (Lira, 1996).

Para una reducción de riesgo de pérdidas “LEAN CONSTRUCTION” propone los siguientes principios para el mejoramiento del proceso de producción:

2.1. ELIMINACIÓN DE LOS RECURSOS REDUNDANTES CONSIDERADOS COMO PÉRDIDAS.

Se trata de existencias, menos espacio, menos movimiento de materiales, menos tiempo para preparar la maquinaria, menos sistemas informativos y tecnologías más austeras y menos trabajadores. El suministro justo a tiempo (JAT) de los materiales que se van a utilizar o ensamblar es la forma de conseguir esos objetivos. El JAT regula también la relación con el cliente final y los programas de producción que son elaborados con el objeto de que presenten la mayor flexibilidad y sensibilidad posible a las variaciones del mercado.

- Los subcontratistas son elegidos dependiendo de su capacidad para colaborar con la empresa líder en proyectos a largo plazo. El resultado es el desarrollo de una compacta red cooperativa basada en relaciones de confianza, de recíproca transparencia y contratos a largo plazo.
- Amplia participación del personal en las decisiones sobre producción, lo que presupone una elevada capacidad profesional de los trabajadores, la cual no se limita a la destreza en las operaciones rutinarias sino que se manifiesta en la "multi especialización de los trabajadores", en la decisión autónoma de interrumpir el flujo cada vez que se observan anomalías y defectos, a fin de eliminarlos de inmediato y en la colaboración para solucionar los problemas planteados por la introducción de innovaciones tecnológicas.
- Calidad Total o Cero Defectos, se basa en el concepto de que la eliminación de un defecto es tanto más rápida y económica cuanto más próximo se está al momento en que se ha detectado el defecto. La consecuencia es que la calidad se incorpora al proceso productivo con la progresiva eliminación de los controles posteriores. Las diversas fases del proceso productivo se conciben como una relación entre el proveedor y el cliente regulada por la auto certificación de la calidad del material o de la prestación efectuada.

2.2 EL FLUJO EN LOS PROCESOS EN LA CONSTRUCCIÓN.

La construcción debe ser vista como un conjunto de procesos compuestos por una serie de flujos. El modelo de proceso de producción según los principios de "LEAN CONSTRUCTION" se basa en la consideración de los flujos de un proceso (actividades que no agregan valor), como las actividades de conversión (actividades que agregan valor) permitiendo enfatizar el análisis mediante la minimización y/o eliminación de las actividades de flujo (Bernardes, 2001), puesto que constituyen la mayor parte de los pasos en los procesos de producción en la construcción. El impacto sobre éstos tiene una influencia muy superior en el proceso de producción entero, en comparación a los procesos de conversión, que sólo representan entre un 3% a un 20% de los pasos que agregan valor (Alarcón, 2000).

2.2.1. Mediciones que se debe hacer:

La medición de datos se requiere por dos motivos: para conducir el mejoramiento interno de la organización, y para comparar los datos obtenidos de los indicadores escogidos. Para las organizaciones directamente implicadas en la construcción el primer motivo es el principal, mientras que para el cliente final el segundo pasa a ser mucho más importante. Los indicadores más importantes enfocados en los flujos, según la visión de "LEAN CONSTRUCTION", deben ser:

- Pérdidas: Tales como la cantidad de defectos, adaptaciones, el número de errores de diseño u omisiones, la cantidad de órdenes de cambio, gastos en seguridad, el exceso de materiales y el porcentaje de tiempo que no agrega valor al ciclo total.

- Valor: El valor se define como el grado de satisfacción del cliente final, o sea que todos sus requerimientos sean cumplidos sin inconvenientes. El valor debe ser medido por un proceso de medición post venta o post construcción.
- Tiempo de Ciclos: Los tiempos del ciclo principal y de sus subprocesos son uno de los indicadores más poderosos.
- Variabilidad: La producción en la construcción variará con alguna desviación estándar, por ejemplo, debido a la variación en tamaño y peso de los componentes instalados, facilidad de instalación, tolerancias de fabricación y elevación, etc. Esta desviación de lo planificado representa lo que se ha pasado a denominar "variabilidad". Ausencia de variabilidad significa producción confiable (Tommelein et. al. 1998).

2.3. PÉRDIDAS, CADENA DE VALOR Y LOGÍSTICA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SU DIRECCIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN.

Como fuente principal de mejoramiento de la producción en la construcción, "LEAN CONSTRUCTION" se centra en el mejoramiento de la logística de la producción, tanto de la cadena de los suministros como de la secuencia de actividades constructivas del proceso. En este sentido los conceptos de pérdidas, valor, logística y compromisos cobran una gran importancia para cualquier intento de mejoramiento del proceso, sin importar el sector productivo al cual la empresa pertenezca.

Los conceptos mencionados anteriormente se definen a continuación:

2.3.1. Pérdidas: La nueva filosofía de "Construcción sin pérdidas" acepta el concepto adoptado por Ohno como: "Todo lo que sea distinto de la cantidad mínima de equipos, materiales, piezas, y tiempo laboral absolutamente esenciales para la producción".

Para eliminar pérdidas en la construcción, primero debemos saber las fuentes de ellas. Si buscamos clasificaciones de pérdidas podremos encontrar diferentes tipos de clasificaciones como la de Shingo¹ en su estudio del Sistema Toyota, y Plosslen en su análisis de la dirección de producción enfocado a la manufactura, pero la visión más reciente y adecuada al campo de la construcción es entregada por Borcharding en 1986 quien propone un modelo cualitativo para identificar las causas de reducción de productividad en la construcción. Postula que la pérdida de productividad, en construcciones grandes y complejas, se explica con el uso de cinco grandes categorías de tiempo improductivo:

- Pérdidas por esperas (inactividad).
- Pérdidas por traslados.
- Pérdidas por trabajo lento.
- Pérdidas por trabajo inefectivo.
- Pérdidas por trabajo rehecho.

En la filosofía de "LEAN CONSTRUCTION" se clasifican los indicadores de desempeño en tres categorías: Por resultados, por procesos y por variables. Estos indicadores deben cumplir los siguientes requisitos:

- Especificidad: Deben estar relacionados con aspectos, etapas y resultados claves del proyecto o del proceso.
- Simplicidad: Deben ser de fácil aplicación, comprensión y medición.

¹ BORERO, Luis Fernando. Construcción sin Pérdidas. Legis .Bogotá pag 45

- Bajo costo: El costo de la medición debe ser significativamente menor que el potencial ahorro.
- Representatividad: Debe dar información veraz y confiable del proceso evaluado.

Los índices de desempeños de mayor importancia pueden ser clasificadas de acuerdo a su fuente según al área a la que pertenecen:

- Administración: Requerimientos innecesarios, exceso o falta de control, mala planificación o excesiva burocracia.
- Uso de Recursos: Exceso o falta de cantidad, mal uso, mala distribución o disponibilidad.
- Sistemas de Información: No necesaria, defectuosa, atrasada o poco clara.

El enfoque en la productividad de la "Construcción sin Pérdidas" propone nuevas herramientas de diagnóstico, medición y mejoramiento para este propósito. Encuestas de detección a los capataces, métodos de muestreo del trabajo, registros de materiales y otras herramientas han sido desarrolladas para permitir la toma de decisiones para el mejoramiento de la productividad en la construcción. El principal objetivo de estas herramientas es reducir las demoras, interrupciones y mejorar el almacenamiento de recursos, la coordinación y la planificación en la construcción.

2.4. PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN EL DESARROLLO DE LAS MEDICIONES EN LA CONSTRUCCIÓN:

Existen varios problemas en el desarrollo de las mediciones, LEAN CONSTRUCTION las ha clasificado así:

- El carácter de único de cada proyecto, mientras más complejo es un proyecto más difícil es comparar los resultados con los obtenidos en otros proyectos (índices de productividad, rendimientos, etc.).
- La dificultad de tomar datos en terreno.
- La variación en las definiciones y los procedimientos de la toma de datos.
- La poca capacitación del personal de supervisión en terreno y de los obreros.

Uno de los indicadores que no se puede dejar de lado es el desempeño de la mejor empresa del mercado y sus promedios, además del promedio de la industria completa el cual puede ser algunas veces contra producido pues en un nivel de funcionamiento es interesante, pero tiende a producir la autocomplacencia en aquellas empresas que están sobre el promedio. Para aquellas empresas bajo la media, el primer objetivo implícitamente señalado debe ser alcanzar el promedio. Mas adelante analizaremos en forma detallada la manera de encontrar el mejor desempeño de la industria y la forma de poder referenciarlo con nuestros resultados mediante un proceso de referenciación de empresas o Benchmarking.

2.5. SOLUCIONES PROPUESTAS POR LEAN CONSTRUCTION

A continuación se presentan las soluciones que propone LEAN CONSTRUCTION a los problemas mencionados:

2.5.1. Cadena de Valor: A continuación se realizará la definición de los distintos componentes de una cadena de valor:

- Actividad que agregan valor: La Actividad que convierte un material y/o la información hacia los requerimientos del cliente. En suma, son las actividades que el cliente reconoce en un estado de pagos del proyecto como ejecutadas. Por ejemplo, hormigonado de un elemento, albañilería de un muro, etc.
- La actividad que no agregan valor (pérdidas): aquellas que produciendo un costo, ya sea directo o indirecto, no agregan valor ni avance a un proyecto.
- Dirección de la cadena de valor: la manera de controlar, manejar, y de dirigir una secuencia de actividades que una empresa realiza para crear productos (servicios) que aumenten beneficio, disminuyan tiempo y costo, y mejoren la calidad para la empresa y generan beneficio (valor) para el cliente. Donde el "valor" se define como "cantidad, que crece cuando la satisfacción de cliente aumenta o los costos asociados disminuyen de un determinado producto (Lindfors, 2000). Usar el término de dirección de la cadena de valor, implica que el valor tiene que ser agregado en todos los puntos del proceso.

2.5.2. Logística

En la discusión acerca de la real eficacia de herramientas emanadas de la industria manufacturera en la industria de la construcción, el autor pretende dejar en claro que la filosofía de "Construcción sin pérdidas" apunta al mejoramiento de la Logística como herramienta principal de eliminación de pérdidas y en si es el concepto que se pretende aplicar a los sistemas productivos tradicionales. Recordemos que el proceso de producción se entiende no solamente como secuencia de las actividades de la conversión sino también como un proceso del flujo de materiales y de información y como proceso de generación de valor para el cliente.

De este concepto, se deduce que en un proceso de producción, la ventaja competitiva no puede venir solamente de mejorar la eficacia de las actividades de conversión, sino también reducir los

tiempos de espera, del almacenaje, de movimientos improductivos e inspecciones. Todas estas actividades son inherentes a un proceso logístico.

El concepto de dirección basada en la logística está definido como "el proceso de planificación, implementación, control de la ejecución eficiente de los flujos, el almacenamiento y aprovisionamiento de materiales, y de la administración eficiente de la información relacionada desde el punto de origen del flujo hasta el punto de ejecución con el fin de satisfacer los requisitos del cliente".

En términos de la construcción, la logística se puede entender como un proceso multidisciplinario que intenta garantizar en el tiempo exacto, el costo y la calidad del proceso:

- Suministro de materiales, su almacenaje, procesamiento y dirección;
- Suministro de mano de obra;
- Control de los programas de construcción;
- Movimiento de la maquinaria de construcción en terreno;
- Dirección de los flujos de construcción;
- Dirección de los flujos de información relacionada con los flujos en el proceso de ejecución.

Esto se logra con el mejoramiento en las actividades de planificación, organización y el control antes, durante y después de los trabajos de construcción.

Las funciones de la logística en una empresa constructora se pueden dividir en logística de recursos y la logística en terreno del proceso.

La logística de proveedores se relaciona con las actividades que son cíclicas en el proceso de producción. Estas actividades son básicamente: proveer los recursos necesarios (materiales, equipo y mano de obra), planificación de los suministros, adquisición de recursos, transporte al terreno y su entrega y control de almacenaje.

La logística en terreno se relaciona con la planificación física del flujo mediante la organización, dirección y control en terreno. Esto significa, dirección de los sistemas de información, equipos de seguridad, disposición de las cuadrillas en terreno, definición de la secuencia de la actividad y resolución de interferencia entre actividades de los equipos y las cuadrillas de construcción en terreno.

La primera visión convencional está enfocada a mejorar la eficiencia del proceso completo, olvidando cada uno de los subprocesos intermedios, buscando la reducción del costo y del plazo total. La segunda visión de calidad, apunta a reducir la mala calidad del producto terminal, mediante una serie de controles intermedios y posteriores a la producción, por ende reducir el costo del proceso final. Finalmente, la visión de Lean Construction se concentra en reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al producto final y a optimizar las actividades que sí agregan valor (actividades de conversión).

Los objetivos principales de un sistema logístico son maximizar el nivel de información hacia el cliente y reducir al mínimo costo total de las actividades del proceso. Es decir los objetivos son generar valor al cliente y reducir el costo en el proceso de producción.

2.6. PRINCIPIOS DE LA CONSTRUCCIÓN LEAN CONSTRUCTION

“LEAN CONSTRUCTION” enfoca La producción como un flujo de materiales y/o información desde la materia prima al producto final. En este flujo, el material es procesado dentro del mismo, se

producen inspecciones, esperas y posteriormente movimientos de recursos hacia la actividad siguiente. Este proceso de actividades intrínsecamente diferentes representa la visión de conversión de producción; la inspección, el movimiento y la espera representa el aspecto de flujo de producción. En esencia, la nueva conceptualización implica una doble visión de producción: esto consiste en conversiones y flujos. La eficacia total de producción es atribuible a la eficacia de ambas; el nivel de tecnología, las habilidades, la motivación, etc. de las actividades de conversión realizadas, así como la cantidad y la eficacia de las actividades de flujo por las cuales las actividades de conversión se entrelazan entre si.

Mientras todas las actividades tienen un costo y consumen tiempo, sólo las actividades de conversión agregan valor al material o a la información, siendo transformada en un producto final. Así, el mejoramiento de actividades de flujo principalmente debería ser enfocado en su reducción o eliminación, mientras que actividades de conversión deben ser más eficientes.

La primera visión convencional está enfocada a mejorar la eficiencia del proceso completo, olvidando cada uno de los subprocesos intermedios, buscando la reducción del costo y del plazo total. La segunda visión de calidad, apunta a reducir la mala calidad del producto terminal, mediante una serie de controles intermedios y posteriores a la producción, por ende reducir el costo del proceso final. Finalmente, la visión de Lean Construction se concentra en reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al producto final y a optimizar las actividades que sí agregan valor (actividades de conversión).

2.7. DISEÑO DE PROCESOS DE FLUJO EN LA CONSTRUCCIÓN Y SU MEJORAMIENTO.

2.7.1. Reducir las actividades que no agregan valor. (Pérdidas)

Reducir la parte de actividades que no agregan valor es una pauta fundamental. La experiencia muestra que las actividades que no agregan valor dominan la mayor parte de los procesos; por lo

general sólo el 3 al 20 % de pasos añaden valor (Ciampa 1991), y su parte de tiempo del ciclo total es insignificante, de 0.5 al 5 % (Stalk & Hout 1990). ¿Por qué están allí las actividades que no agregan valor en primer lugar? Parecen haber tres causas de origen: el diseño, la ignorancia y la naturaleza inherente de producción en la construcción tocada anteriormente.

La mayor parte de los principios presentados más adelante están dirigidos a eliminar actividades que no agregan valor. Sin embargo, es posible directamente atacar las pérdidas más visibles solamente por diagramas de flujo del proceso, luego señalar y medir actividades que no agregan valor, como para el diseño de la obra se usan P&ID (Diagramas de procesos e instrumentación), para la ejecución de ésta es fundamental crear diagramas de flujo de procesos constructivos claves.

Para la aplicación de este principio debemos realizar un diagramas de flujo de lo que se está haciendo actualmente, luego analizar y evaluar para mejorar este diagrama pensando en los flujos, luego realizar entrenamiento del personal para aplicar el sistema mejorado y seguirlo mejorando en busca del óptimo.

2.7.2. Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.

Este es otro principio fundamental. El valor se genera por la realización de exigencias del cliente, no como un mérito inherente de conversión. Para cada actividad hay dos tipos de clientes, el cliente interno y el cliente externo o final. Como esto parece evidente, otra vez tenemos que preguntar por qué las exigencias de cliente no han sido consideradas.

El fundamento práctico de este principio es realizar un diseño de flujo sistemático, donde los clientes sean definidos para cada etapa, por ejemplo cuando planificamos nuestras tareas semanales, y

analizadas sus exigencias, los planes de corto plazo o intermedios, deben ser mejorados en su diseño. El sistema del Último Planificador propone mejores planes intermedios o Lookahead, en donde los clientes internos o sea las actividades siguientes, son planificadas a través de una consideración sistemática de sus requerimientos.

2.7.3. Reducir la variabilidad.

Todos los procesos de producción son variables. Hay dos motivos para reducir la variabilidad del proceso. Primero, del punto de vista del cliente un producto uniforme siempre es mejor. Taguchi propone que cualquier desviación de un valor objetivo en el producto causa una pérdida al cliente interno y al externo (Bendell, 1989).

En segundo lugar, la variabilidad, especialmente de la duración de alguna actividad, aumenta el volumen de actividades que no agregan valor. Esto puede ser demostrado por la teoría de colas que la variabilidad aumenta el tiempo del ciclo del proceso (Krupka 1992, Hopp 1990).

2.7.4. Reducir el tiempo del ciclo.

El tiempo es una medida natural para los procesos de flujo. El tiempo entrega una medida más útil y universal que el costo o la calidad ya que puede ser usado de mejor forma para la mejora de los otros dos. (Krupka 1992).

Un flujo de producción puede ser caracterizado por el tiempo del ciclo, que se refiere al tiempo requerido para que un material atraviese parte del flujo.

Un principio básico de la nueva filosofía de producción es la compresión de los tiempos de ciclo, que obliga a la reducción de inspecciones, movimientos y esperas. En suma, los esfuerzos por eliminar las pérdidas y la compresión del tiempo total del ciclo podrían producir las siguientes ventajas (Schmenner 1988, Hopp & al. 1990):

- Cumplimientos de las fechas planificadas.
- Reducir la necesidad de hacer pronósticos sobre la demanda futura.
- Se disminuye la interrupción del proceso de producción debido a un cambio de órdenes.
- La gestión resulta más fácil porque hay menos requerimientos del cliente.

En cada escalón de la pirámide jerárquica de organización se agrega, generalmente, un organismo de control al proceso. Este hecho nos motiva en la búsqueda de disminuir capas de esta organización jerárquica, así autorizando a las personas que trabajan directamente dentro del flujo a tomar decisiones: "Un obrero mejor capacitado, puede tomar mejores decisiones de control y de calidad". Ejemplos prácticos de la reducción de tiempos de ciclo son los siguientes, desarrollados más en extenso por Hopp 1990 & Plossl 1991, Stalk & Hout 1990:

- La eliminación de los movimientos entre procesos con el objetivo de reducir tiempos de espera y así el tiempo del ciclo.
- Cambiar la disposición de planta con el fin de reducir las distancias al mínimo.
- Cuidar el movimiento de los elementos; parcelando y sincronizando los flujos.
- Atención con las actividades que se podrían cambiar de orden secuencial a orden paralelo.

Uno de los requisitos más importantes para la reducción del tiempo del ciclo, es el mejoramiento para la toma de datos en terreno. La industria de la electrónica ha proporcionado sistemas PALM a precios muchos más asequibles para que las empresas provean a sus profesionales en terreno de

estas nuevas tecnologías, lo que ayuda a estandarizar el proceso de recolección de datos en terreno.

2.7.5. Simplificar mediante minimización de los pasos, las partes y la necesidad de conciliar información y uniones.

Si no intervienen otros factores, la complejidad misma de un producto o del proceso aumentan los costos más allá de la suma de los costos de sus partes individuales o pasos. Otro problema fundamental de complejidad es la fiabilidad: sistemas complejos son naturalmente menos confiables que sistemas más simples. Simplemente puede entenderse como:

- Reducir la cantidad de componentes de un producto.
- Reducir la cantidad de pasos en el flujo de información o de materiales.

La división vertical y horizontal de trabajo siempre causa actividades que no agregan valor, que pueden ser eliminadas por unidades independientes (equipos multidisciplinarios y autónomos). Esfuerzos prácticos hacia la simplificación incluyen:

- Acortamiento de los flujos por la consolidación de actividades repetitivas. Debemos evaluar constantemente la calidad y el grado de aprendizaje de la mano de obra mediante sistemas de calificación del personal a corto plazo.
- Reducir la cantidad de partes del producto mediante cambios de diseño o partes prefabricadas.
- Estandarizar ciertas partes, materiales, herramientas, etc.
- Reducir al mínimo la cantidad necesaria de información para el control por una cantidad excesiva de índices de productividad medidos.

2.7.6 Incrementar la transparencia en los procesos.

Un proceso a la vista de la gente en sus métodos y procedimientos, es transparente. La carencia de transparencia del proceso aumenta la propensión a errar, reduce la visibilidad de errores, y disminuye la motivación para mejorar. Así, el objetivo es tratar de hacer la producción más transparente para facilitar el Control y el mejoramiento para: "hacer que el flujo principal de operaciones de principio a fin sean más visibles y comprensibles para todos los involucrados" (Stalk & Hout 1989).

Algunos esfuerzos prácticos para mejorar la transparencia son:

- Hacer los procesos directamente observables a través de planos en planta apropiados, figura anterior.
- Incorporar la información de los proceso en las áreas de trabajo, instrumentos, contenedores, materiales y sistemas de información.
- La utilización de órdenes visuales para permitir a cualquier persona inmediatamente reconocer normas y desviaciones de ellas.

2.7.7. Enfocar el Control del proceso al proceso completo

Todo proceso de construcción atraviesa por diferentes unidades de producción en una organización, en donde cada supervisor del proceso entrega su visión de cómo deben ser hechas las cosas, provocando incertidumbre en los trabajadores. Los compromisos en la planificación solucionan en parte el control del proceso completo. El sistema del Ultimo Planificador es el encargado de generar estos compromisos mediante reuniones de planificación periódicas. Hay al menos dos requisitos previos para el Control enfocado sobre el proceso completo.

Primero, el proceso completo debe ser medido. En segundo lugar, debe haber una autoridad de control para el proceso completo. Varias alternativas son usadas en la actualidad. En organizaciones

jerárquicas, se toman soluciones más radicales de dejar a equipos auto-dirigidos en el control de sus procesos (Stewart 1992).

Para enfocar el control al proceso completo es fundamental elegir los proveedores y subcontratistas de acuerdo con el compromiso con la obra completa y no sólo con el pedido individual.

2.7.8. Introducir el mejoramiento continuo de los procesos.

El esfuerzo de reducción de pérdidas y aumento del valor en la gestión de los procesos tiene carácter incremental, interno a la organización, que debe ser conducida u por un grupo especial responsable. Este principio está basado en el Kaizen, filosofía japonesa del Mejoramiento Continuo en general (no sólo de los procesos) sino de toda la cadena de valor.

El trabajo en equipo y la gestión participativa se constituye en los requisitos esenciales para la introducción de las mejoras continuas en los procesos. Estandarización de los procedimientos, de forma de consolidar las buenas prácticas constructivas y servir de referencia para futuras mejoras. La creación de una metodología de identificación de las causas de problemas es la base para comenzar la estandarización de los procesos. El análisis de las causas de no cumplimiento de la planificación apunta a conseguir el mejoramiento de los procesos.

2.7.9. Referenciar permanentemente los procesos (Benchmarking).

A diferencia de la tecnología para conversiones, el mejor proceso de flujo no está referenciado; tenemos que encontrarlo en algún proceso de clase mundial. A menudo el Benchmarking es un estímulo útil para alcanzar la brecha de mejoramiento. Esto ayuda a vencer viejas rutinas inculcadas

y las malas prácticas. Mediante ello, defectos fundamentales lógicos en los procesos pueden ser desenterrados.

Los pasos básicos del Benchmarking son los siguientes (Camp 1989):

- Saber del proceso; evaluación de las fuerzas y las debilidades de los subprocesos.
- Saber acerca de los líderes de la industria o competidores; encontrar, entender y comparar las prácticas de los mejores.
- Incorporar a las prácticas convencionales lo mejor; copiar, modificar o incorporar en sus propios procesos.
- Ganar y adelantarse a través de la combinación de las fuerzas existentes y lo mejor de las prácticas referenciadas.

Una metodología detallada para el Benchmarking ha sido presentada extensamente por Robert Camp (1989).

Muchos esfuerzos se han realizados en esta materia en Chile y en el extranjero. En nuestro país destaca la experiencia impulsada por la Cámara Chilena de la Construcción junto con una prestigiosa Universidad Chilena llamado, "Sistema Nacional de Benchmarking" en donde se referencian los procesos, variables y resultados de las empresas participantes en este proyecto⁹. Aunque lejos de los esfuerzos internacionales, como el famoso Benchmarking inglés M4I, en donde las empresas muestran sus índices de productividad y compiten por ocupar mejores ubicaciones en el "Ranking", las empresas chilenas ya están alcanzando estos niveles de competencia, pues así lo demuestra el interés que tienen las empresas por participar en procesos de referenciación conducido por la Cámara chilena de la Construcción.

2.8 MARCO CONCEPTUAL

CALIDAD: para Thomson Learning la calidad² es un conjunto de propiedades y características (implícitas o establecidas) de un producto o servicio que le confieren su aptitud para satisfacer unas necesidades implícitas o establecidas.

Jacques Horovitz dice que la calidad³ es el nivel de excelencia que la empresa ha escogido alcanzar, para satisfacer a su clientela.

CONTROL para el diccionario de economía y negocios el control⁴ es la capacidad para dirigir las decisiones básicas de una empresa, o ejercer una influencia sobre ella, mediante la posesión de opciones con derechos a votos, o vinculaciones contractuales.

Reyes Ponce dice que el control⁵ es un sistema que permite medir resultados actuales y pasados en relaciones como los esperados, con el fin de saber si han obtenido lo que esperaba corregir, mejorar y formular planes.

CONTROL DE CALIDAD de acuerdo a lo encontrado en el diccionario de economía y negocios el control de calidad⁶ es el proceso destinado a asegurar que la calidad de los bienes o servicios producido satisfagan una serie de estándares preestablecido

² Thomson, Learning; administración un enfoque basado en competencia; editorial vanguardia;1995

³ Jaques, Horovitz; Administración; Universidad de Columbia University, New Yor; editorial

⁴ Diccionario de economía y negocios; Madrid España; 1999; editorial espasa colpe S.A.

⁵ 12Reyes Ponce; introducción a la calidad; Madrid España; 1999; editorial Mc grawhill

⁶ Diccionario de economía y negocios; Madrid España; 1999; editorial espasa colpe S.A.

Chiavenato Idalberto dice que el control de calidad⁷ consiste en asegurar que la calidad del producto o servicio cumpla los patrones preescrito, estos patrones se denominan especificaciones cuando se trata de aprovechar un producto o servicio que se va a realizar. Cuando estas especificaciones no están bien definidas la calidad se vuelve ambigua y la aceptación o rechazo del producto u servicio pase hacer discutible. Se dice que un producto es de alta calidad cuando cumple los patrones y especificaciones con que fue creado.

CONTROL DE PROCESO David Hoyle dice que un control de proceso⁸ es la esencia del gerenciamiento en todos los niveles jerárquico de la empresa desde la presidencia hasta los obreros. El primer paso para entender el control de proceso es la comprensión de la relación causa efecto tal como se vera a lo largo, a esa se creara condiciones previas para que cada empleado de la empresa pueda asumir sus propias responsabilidades creando las bases del gerenciamiento participativo

CONVERSIONES: son los procesos en la producción. Son las actividades de transformación que convierten los materiales y la información en productos pensando en los requerimientos del cliente, por tanto agregan valor.

MANO DE OBRA La mano de obra que trabaje en un proceso, debe estar instruida y entrenada en las operaciones, sabiendo diferenciar un producto bueno de uno que no lo es. Deben conocer como reaccionar ante una no conformidad, y llevar los registros correspondientes a la operación.

⁷ Chiavenato, Idalberto; administración procesos administrativos; university of los Ángeles California; columbia 2001; Mc grawhill

⁸ David, Hole; manual de sistema de calidad; 1998

MÁQUINAS. Se deben usar las máquinas y los herramientas especificados en la hoja de procesos. Inicialmente al arrancar el proceso, se debe hacer un chequeo rápido por parte del operario, llamado a veces "Mantenimiento de 1er. nivel", donde se verifica que el equipo esté operable, que no haya ruidos ó golpeteos extraños, que no se verifiquen recalentamientos ó fugas de fluidos líquidos ó gaseosos, y la limpieza del mismo.

MATERIA PRIMA: Las materias primas necesarias para el proceso, deben ser las especificadas por las hojas de operaciones correspondientes, chequeando la procedencia, el estado, la cantidad y la fecha de fabricación/ingreso.

MEDICIÓN. Se refiere a todo tipo de medición que se hace en el sector. Por ejemplo: cantidad de piezas fabricadas, tiempos Standard de operación, cantidad de piezas conformes y no conformes, mediciones sobre dichas piezas.

MEDIO AMBIENTE: Muchas veces descuidado, el medio ambiente se refiere al orden y a la limpieza del sector productivo, y por que no a la seguridad de los operadores, y al trabajo sostenido en un clima agradable de colaboración y respeto mutuo. La falta de orden y limpieza atenta contra la obtención de buenos productos, favoreciendo la mezcla y la confusión, dificultando los desplazamientos libres, y aumentando las chances de accidentes de trabajo. En realidad todo sector productivo debiera asegurarse de este punto, antes de seguir con los demás.

MÉTODO DE TRABAJO: Las operaciones no deben hacerse de cualquier manera, sino que debe haber una forma pautada e indicada en las hojas de operaciones, que lleve a la repetibilidad de

acciones, de manera de asegurar la uniformidad en el resultado. El método indica la secuencia de acciones dentro de la operación, y el número de operarios involucrados.

PÉRDIDAS: Todas las actividades que no agregan valor pero que consumen tiempo, recurso y espacio, generando costos en los procesos de producción.

PRODUCCIÓN: Flujo de materiales y/o información desde la materia prima hasta el producto final.

PROCESO según Arenas Nidia Viventes el proceso⁹ es el conjunto de causas (que provoca uno o mas efectos) dividiendo en causas (materia prima, maquinas, medidas de medio ambiente, mano de obra y método) también llamados factores manufacturas. Una empresa es un proceso y dentro de si misma existen varios procesos. Por lo tanto, un proceso se gerencia a tavez de ítems de control que mide la calidad, costo, la entrega, la moral y seguridad de sus efectos.

Para Adam Smith los procesos¹⁰ son actividades que a través del insumo crean productos de valor para el cliente. En otras palabras el bien generador al cliente expresa el valor del proceso. Adam esmit es retomado por muchas empresas que afuera de dividir el trabajo en tareas cada vez mas simples y especializadas generan unos bienes al cliente y el valor del proceso.

PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN LÍNEA Y CONTINUOS Se utilizan para la fabricación de grandes volúmenes de productos uniformes. Suelen ser procesos altamente automatizados, aunque en algunos casos hay una gran intervención de mano de obra. El proceso de producción se descompone en una serie de tareas secuenciales relativamente sencillas que, generalmente, no es aplicable a pequeñas empresas de servicios. La cadena de producción utilizada para la fabricación de coches constituye el ejemplo más claro de este modelo de producción.

⁹ Arenas, Nidia, Viventes; tqc administración en la empresa; block editores S.A.; río de Janeiro Brasil;1994.

¹⁰ Adam, Esmith; introducción a la economía de hoy en día; editorial ultraeta; suecia; 2002.

PROCESOS PRODUCTIVOS según lo encontrado en la página www.emprendedorxxi.es¹¹ cada empresa debe diseñar el proceso productivo que mejor se adapte a sus características. Se podría afirmar que hay tantos procesos productivos diferentes como empresas. Sin embargo, se pueden identificar algunos modelos generales de producción.

PROYECTOS: Consisten en una serie de pasos separados diseñados para producir un artículo único. Es necesario coordinar cuidadosamente una amplia variedad de actividades que incluyen planificación, diseño, compras y producción. La programación y clasificación de las tareas es de una gran importancia. Generalmente, la interrelación entre las actividades es compleja y resulta más sencilla con una adecuada planificación.

Tanto los servicios como los productos fabricados deben ser considerados como proyectos, al igual que ciertas actividades especiales que se realizan dentro de la empresa como, por ejemplo, la campaña publicitaria de lanzamiento de un nuevo producto.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN TIPO TALLER Y DISCONTINUOS Se aplican cuando la empresa produce un gran número de bienes o servicios diferentes y en cantidades no muy grandes. Ofrecen una mayor adaptabilidad a las exigencias de distintos clientes. Los productos finales comparten algunas tareas en su elaboración.

Ejemplos de este sistema de producción son los talleres de mecánica y reparaciones, los fabricantes de muebles especiales, las empresas de confección, etc.

¹¹ [http/ www.emprendedorxxi.es/htm/crea_pempresa_art1,asp](http://www.emprendedorxxi.es/htm/crea_pempresa_art1.asp)

Lean Construction

Construcción sin Pérdidas

DISEÑO METODOLÓGICO

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto investigativo es, en cuanto a su enfoque, de carácter cualitativo, en él se identificarán, analizarán, y evaluarán los factores de riesgo que amenazan las construcciones civiles de estrato cuatro, cinco y seis de la ciudad de Cartagena. En cuanto al método de investigación ésta se enmarca dentro del carácter documental, puesto que para desarrollo el grupo investigador se basará en la revisión de la documentación, impresa, filmica electrónica y verbal especializada en el tema.

3.2. DELIMITACIÓN.

3.2.1. Delimitación Espacial: esta investigación se circunscribe específicamente al sector constructor de los estratos cuatro, cinco y seis de Cartagena, lo cual no excluye a ningún otro sector en cuanto a la utilización del material informativo que se generará a partir de la misma.

3.2.2. Delimitación Conceptual: Esta investigación girará en torno a los conceptos de **construcción y productividad, pérdidas en los sistemas de producción, sistemas de planificación, mejoramiento de la productividad.**

3.3. FUENTES DE INFORMACIÓN

3.3.1. Primarias: Se utilizarán como fuentes primarias las personas entrevistadas para el caso de estudio estas personas serán: el ingeniero civil residente, el gerente de la obra, y cualquier otro que la investigación, en su momento de ejecución requiera.

3.3.2. Secundarias: Como fuentes secundarias se tendrán en cuenta las revisiones bibliográficas, información tomada de revistas especializadas, información tomada de sitios web.

3.4. RECOLECCIÓN DE DATOS: La recolección de datos se realizará mediante los siguientes instrumentos: Entrevista, encuestas, observación indirecta y revisión bibliográfica.

3.5 VARIABLES

Las variables a tener en cuenta fueron de tres tipos, independientes, dependientes, intervinientes.

- **Variable dependiente:** Herramienta informativa para reducir el riesgo de pérdidas en los proyectos de construcción.
- **Independiente:** Riesgo de pérdidas en los proyectos de construcción
- **Interviniente:** El sector constructor de los estratos cuatro, cinco y seis de la ciudad de Cartagena.

Estas variables son operacionalizadas en el siguiente cuadro:

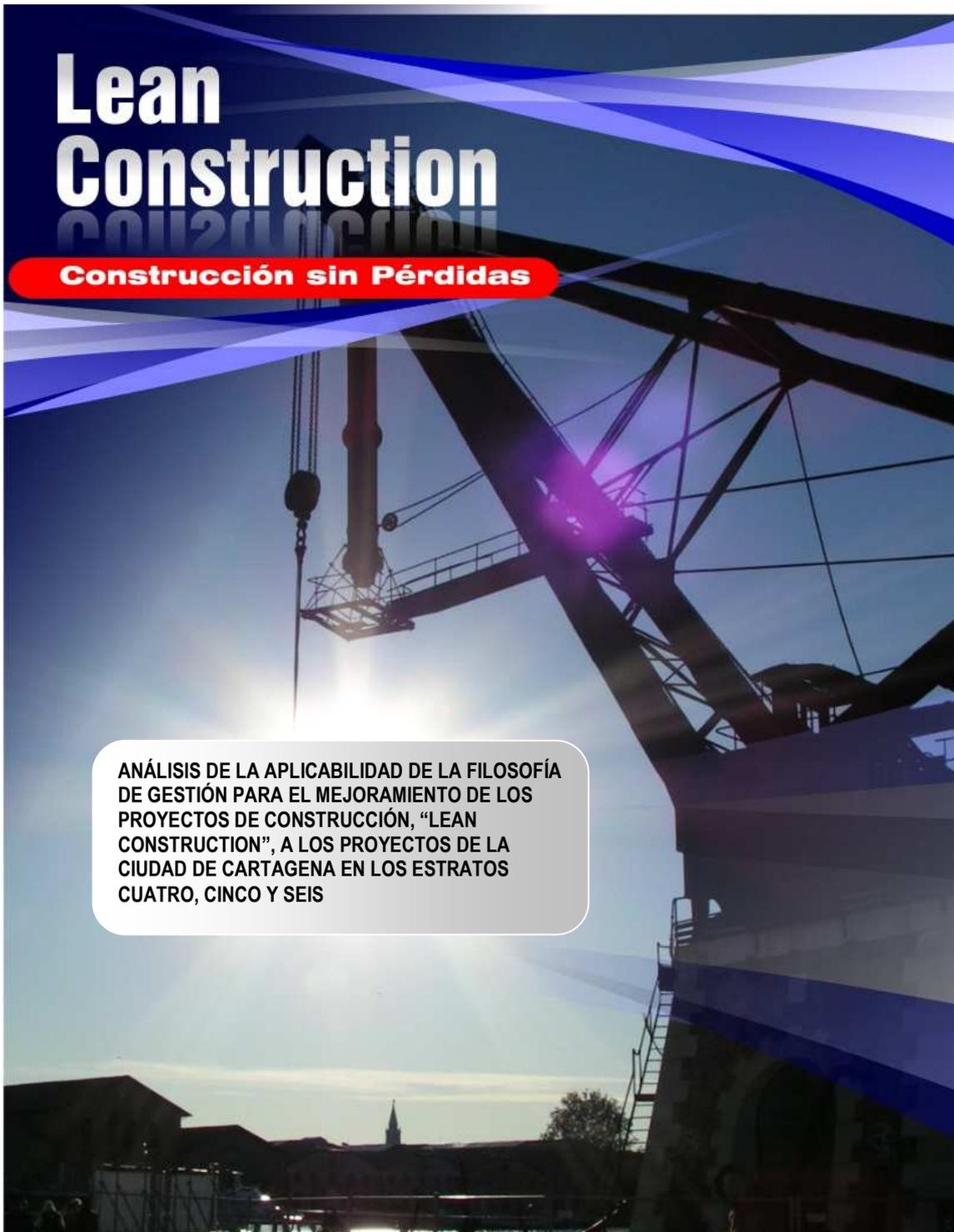
Cuadro 1. Operacionalización de Variables del proyecto

INDEPENDIENTE		
VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADORES
Riesgo de pérdidas en los proyectos de construcción.	Es la factibilidad de se presenten acontecimientos que, además de no agregar valor a las obras consumen recursos importantes como tiempo, espacio y otros.	Incumplimiento del presupuesto. Incumplimiento de los plazos de entrega. Baja actividad productiva
DEPENDIENTE		
VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADORES
Herramienta informativa sobre reducción de riesgo de pérdidas basados en la metodología de LEAN CONSTRUCCIÓN	Guía práctica en la que se definen las características de la metodología Lean Construcción y se aplica a un estudio de caso para familiarizar al sector constructor con las nuevas tendencias de construcción sin pérdidas	Estrategias para la reducción de actividades que no agregan valor (pérdidas). Estrategias para la reducción de la variabilidad. Estrategias para la reducción del tiempo de ciclo. Estrategias para la simplificación de número de pasos y partes. Estrategias para incrementar la flexibilidad de la producción Estrategias para el enfoque de control del proceso completo Estrategias para el mejoramiento continuo del proceso. Estrategia para el balanceo de mejoramiento de los flujos y las conversiones Estrategias para Benchmarking
INTERVINIENTE		
VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADORES
Sector constructor de los estratos cuatro, cinco y seis de la ciudad de Cartagena	Es el sector constructor de la ciudad de Cartagena dedicado a la construcción en los estratos cuatro, cinco y seis	Ubicación cercana a zonas turísticas y centros comerciales (Bocagrande, Castillogrande, laguito, corredor de la boquilla, frente al Hotel Las Américas). Estilos arquitectónicos modernos Edificaciones de 15 a 58 pisos Casas de 82 a 228 mts cuadrados con precios entre 260 a 750 millones de pesos

Lean Construction

Construcción sin Pérdidas

ANÁLISIS DE LA APLICABILIDAD DE LA FILOSOFÍA DE GESTIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN, "LEAN CONSTRUCTION", A LOS PROYECTOS DE LA CIUDAD DE CARTAGENA EN LOS ESTRATOS CUATRO, CINCO Y SEIS



4. ANÁLISIS DE LA APLICABILIDAD DE LA FILOSOFÍA DE GESTIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN, “LEAN CONSTRUCTION”, A LOS PROYECTOS DE LA CIUDAD DE CARTAGENA EN LOS ESTRATOS CUATRO, CINCO Y SEIS.

4.1. ASPECTOS GENERALES DE LA ESTRATIFICACIÓN SOCIOECONÓMICA EN CARTAGENA.

La estratificación socioeconómica es una herramienta que permite en una localidad clasificar la población en distintos estratos o grupos de personas que tienen características sociales y económicas similares. Es útil para establecer tarifas diferenciales de los servicios públicos, para asignar los subsidios, para focalizar los programas sociales y para determinar las tarifas del impuesto predial unificado de las viviendas.

La estratificación socioeconómica, en Cartagena como en el resto del país, se basa en la calidad de las viviendas como una aproximación a la calidad de vida de las personas que las habitan. Por eso, investiga las características físicas de las viviendas mediante un censo de manzanas, cuadras o viviendas individuales, y conforma los estratos aplicando un método estadístico. Las variables que se investigan sobre las viviendas constituyen los factores de estratificación. Son estas las características de las viviendas (materiales de las fachadas, de las puertas o ventanas, antejardines, garajes, etc.), las características del entorno inmediato (vías de acceso, andén y focos de contaminación, entre otros) y el contexto urbanístico (zona y servicios públicos).

Los municipios y distritos pueden tener entre uno y seis estratos, dependiendo de la heterogeneidad social y económica de sus viviendas. Estos estratos son:

Estrato uno (1): Bajo bajo.

Estrato dos (2): Bajo

Estrato tres (3): Medio bajo

Estrato cuatro (4): Medio

Estrato cinco (5): Medio alto

Estrato seis (6): Alto

Otros: Uso diferente a vivienda (industria, comercio y dotacional).

Las manzanas que tienen uso diferente a vivienda se clasifican en Otros. Siento los estratos cuatro cinco y seis los de mayor inversión en el tipo de construcción.

4.2. ASPECTOS GENERALES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION.

La filosofía LEAN CONSTRUCTION como método de planificación y gestión de proyectos en obras de construcción ha sido implementado con éxito en un número considerable de proyectos a nivel mundial, aunque también se tienen reportes de intentos fallidos de su aplicación, esto se debe a lo arraigado de antiguos métodos en los métodos de producción. A continuación se describen algunos aspectos importantes para lograr la implementación exitosa de esta metodología,

- Sensibilización sobre nuevos enfoques de producción aplicados a nuevos procesos de producción con una difusión del tema mediante seminarios dirigidos a creativos de empresas constructoras

- El compromiso de la gerencia de la empresa es factor clave en la implementación exitosa de la nueva filosofía de producción. Sin la activa participación de la gerencia se crea una barrera natural que impide cualquier esfuerzo en otros niveles de la organización. El cambio se realiza a través de las personas y con ellas se contribuye a una nueva cultura. La gerencia debe entonces, entender y creer en la nueva filosofía, sin su compromiso esta no puede implementarse.
- Capacitación del personal de producción de obra mediante la presentación de las herramientas utilizadas para muestreo de trabajo y control de la planificación dirigido a directores y residentes
- Identificación y reducción de pérdidas mediante medidores de distribución de tiempos y confiabilidad del sistema d planificación.
- Puesta en marcha del plan de acción sobre recomendaciones con las observaciones realizadas se sugiere mejorar los métodos de la producción
- Evaluación de la efectividad del plan de acción con recomendaciones de mejoramiento mediante la presentación de informes semanales
- Construcción de indicadores globales de la productividad mediante la conformación de un sistema de referenciación a nivel local y comparable internacional mente
- Cumplidas las condiciones mencionadas, se aumenta la factibilidad de que la implementación de la filosofía lean construction sea exitosa.

4.3. APLICABILIDAD DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION A PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE ESTRATOS CUATRO, CINCO Y SEIS DE LA CIUDAD DE CARTAGENA.

Actualmente en Cartagena lo mas común es que, en proyectos de construcción que se realizan por licitación o por concurso, generalmente el constructor recibe los planos de ingeniería detallados y todas las especificaciones técnicas pertinentes, el postor realiza los metrados y sus presupuestos, una vez ganada la obra, entregado el terreno y con el personal ya movilizado, se pone en marcha el proceso de construcción. Con esto el constructor aumenta las posibilidades de pérdidas de tiempo y sobrecoseos puesto que es muy frecuente que al ingeniero estructural no se le comuniquen de ciertos detalles sobre los procesos operativos que se utilizarán en la obra, muchas veces se pueden encontrar planos en los que se especifica un aligerado típico y sin embargo la obra se está construyendo con viguetas prefabricadas. E decir las decisiones de abastecimientos de elección de proveedores deben ser planificadas desde la concepción de la obra

En consecuencia, la aplicabilidad de la filosofía LEAN CONSTRUCTION a proyectos de construcción de estratos cuatro, cinco y seis de la ciudad de Cartagena, se sustenta sobre la base de la existencia de un mercado que cuenta con intereses bajos en los préstamos para vivienda, incentivos creados por el Gobierno Nacional de Colombia, como las cuentas AFC y la nueva Ley de Arrendamientos. Esto hacen que las empresas consultoras y constructoras reconozca la oportunidad en el mercado y ofrezcan los servicios de gerencia de proyectos de construcción, encargándose de la administración integral de los proyectos desde su concepción hasta el momento de culminación de la obra y entrega a los nuevos propietarios.

Así las cosas, las constructoras cartageneras pueden luego de elegir el mercado meta, y haber diseñado su estrategia de mercadeo, pasar a la búsqueda del terreno haciendo una relación costo-beneficio para analizar la rentabilidad teniendo en cuenta variables como el precio, la velocidad de ventas, el plazo de obra y el costo de construcción.

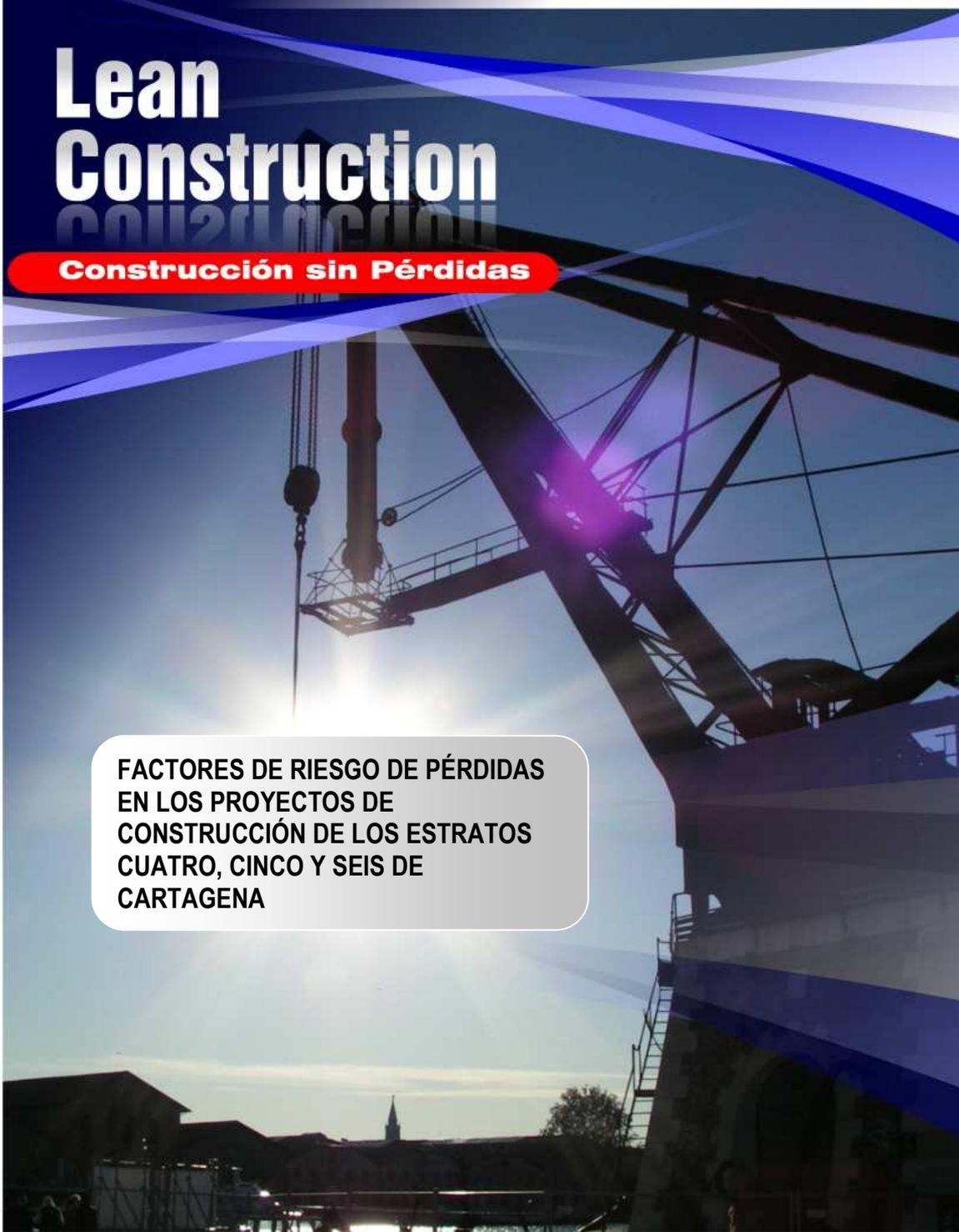
Como se sabe, la herramienta evaluación de factibilidad financiera es el flujo de caja y que el mayor beneficio que esta brinda es la sensibilización de la rentabilidad con las variables ya mencionadas. La velocidad de ventas depende en gran medida del precio y a su vez el precio del costo de construcción, por otro lado, el periodo de duración de todo el proyecto inmobiliario y por ende la rotación del capital, depende también del plazo de la obra. Finalmente el plazo de la obra y el costo de construcción dependen del manejo y de los sistemas constructivos a emplearse.

Con lo expuesto se afirma que en Cartagena se dan todas las condiciones para implementar la filosofía LEAN CONSTRUCTION a los proyectos de construcción en estratos cuatro cinco y seis. La decisión dependerá de las firmas constructoras.

Lean Construction

Construcción sin Pérdidas

**FACTORES DE RIESGO DE PÉRDIDAS
EN LOS PROYECTOS DE
CONSTRUCCIÓN DE LOS ESTRATOS
CUATRO, CINCO Y SEIS DE
CARTAGENA**



5. FACTORES DE RIESGO DE PÉRDIDAS EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LOS ESTRATOS CUATRO, CINCO Y SEIS DE CARTAGENA

La filosofía LEAN CONSTRUCTION establece que el proceso productivo se compone de conversiones y flujos, a diferencia del sistema tradicional de producción en el que solo se consideran los primeros.

Se denominan conversiones a todas las actividades de transformación que convierten los materiales y la información en productos, pensando en los requerimientos del cliente, por lo tanto en el proceso de producción son las actividades que agregan valor.

Las pérdidas, por el contrario, se consideran todas las actividades que no agregan valor pero que consumen tiempo, recursos y espacio, generando costos en el proceso de producción (actividades de flujos).

En la ciudad de Cartagena, existe gran cantidad de factores que afectan de diferentes formas la productividad en los proyectos de construcción. El profesional encargado de la administración de la obra, debe conocer cuales de ellos son positivos y cuales negativos, para actuar sobre los últimos y disminuir o eliminar su efecto.

Para el análisis e identificación de los factores de riesgo de pérdidas en los proyectos de construcción de la ciudad de Cartagena en los estratos cuatro, cinco y seis, el grupo de investigadores realizó una recopilación de información de proyectos desarrollados por las empresas

SUAREZ BETANCOURT LIMITADA y EXPERTUS LIMITADA, dado que uno de los miembros del grupo investigativo ha estado ligado laboralmente con estas firmas, hecho que facilita la consecución de la información necesaria para la elaboración del caso de estudio.

PROYECTO 1:

Nombre: Edificio URUPE

Construye: SUAREZ BETANCOURT LTDA.

Cliente: CONSTRUCTORA DEL MAR

Estrato: 5

Costo inicial: 530.000.000.00

Costo final: 600.000.000.00

Duración de construcción: 1 año.

Año de construcción: 1994

Dirección: Barrio Manga, tercer callejón.

Descripción general: edificio multifamiliar de 10 apartamentos. Consta de 6 pisos, 5 de apartamentos y 1 piso con una terraza Común.



PROYECTO 2:

Nombre: Edificio BALCONES DE LA ROCHELA

Construye: SUAREZ BETANCOURT LTDA.

Cliente: SUAREZ Y ORDOSGOITIA LTDA.

Estrato: 5

Costo inicial: 570.000.000.00

Costo final: 610.000.000.00

Duración de construcción: 1 año. Y 3 Meses.



Año de construcción: 1992

Dirección: Barrio Manga, segundo callejón.

Descripción general: edificio multifamiliar de 10 apartamentos, consta de 8 pisos.

PROYECTO 3:

Nombre: Edificio AL-AMIR

Construye: SUAREZ BETANCOURT LTDA.

Cliente: SUAREZ Y ORDOSGOITIA LTDA.

Estrato: 6

Costo inicial: 300.000.000.00

Costo final: 315.000.000.00

Duración de construcción: 1 año. Y 6 Meses.

Año de construcción: 1989

Dirección: Bocagrande avenida tercera.

Descripción general:



PROYECTO 4:

Edificio: LA CONCEPCION

Construye: SUAREZ BETANCOURT LTDA.

Cliente: SUAREZ BETANCOURT LTDA.

Estrato: 4

Costo inicial: 450.000.000.00

Costo final: 480.000.000.00

Duración de construcción: 10 Meses.

Año de construcción: 1996

Dirección: Barrio la concepción.



Descripción general: edificio multifamiliar.
Dentro la construcción se realizó trabajos de redes hidráulicas y sanitarias.

PROYECTO 5:

Edificio: REMODELACIÓN DIAN SINCELEJO

Construye: EXPERTUS LTDA.

Cliente: UNION TEMPOAL DIAN 2006.

Estrato: 4

Costo inicial: 300.000.000.00

Costo final: 380.000.000.00

Año de construcción: 2006 - 2007

Descripción general: edificio de 4 pisos.
Remodelación general de las Oficinas de la DIAN Sincelejo, partes eléctricas, fachada, ventanearía, pintura, etc.



PROYECTO 6:

Edificio: CONSTRUCCIÓN ESTACIÓN TERRESTRE DE TELECOMUNICACIONES DE INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ISA ESP ARCOS ISA

Construye: EXPERTUS LTDA.

Estrato: 4

Costo inicial: 307.000.000.00

Costo final: 320.000.000.00

Año de construcción: 2001

Descripción general:

Edificio inteligente de Chambacú



A continuación, se proyectará en el cuadro 2, la distribución de los proyectos seleccionados de la empresa anteriormente mencionada y la caracterización de los mismos; los cuales fueron tomados como objeto de análisis.

Cuadro 2: Muestra de Proyectos de la empresa Suarez Betancourt Ltda. y Expertus Ltda.. para el análisis de factores de pérdidas

SUAREZ BETANCOURT LTDA						
Proyecto	Tipo de Proyecto	Nombre del proyecto	No. de Pisos	Estrato	Presupuesto Inicial	Presupuesto Final
Proyecto 1	Edificio Multifamiliar, 10 apartamentos	URUPE	6 pisos: 5 pisos de apartamentos 1 piso de terraza comunitaria	5	530'000,000	600'000,000
Proyecto 2	Edificio Multifamiliar, 10 apartamentos	BALCONES DE LA ROCHELA	8 pisos	5	570'000,000	610'000,000
Proyecto 3	Edificio	AL-AMIR		6	300'000,000	315'000,000
Proyecto 4	Edificio Multifamiliar	LA CONCEPCIÓN		4	450'000,000	480'000,000
EXPERTUS LTDA						
Proyecto 5	Remodelación general de las Oficinas de la DIAN Sincelejo, partes eléctricas, fachada, ventanearía, pintura, etc	REMODELACION DIAN SINCELEJO	4 pisos	4	300'000,000	380'000,000
Proyecto 6	Edificio inteligente Chambacú	CONSTRUCCIÓN ESTACIÓN TERRESTRE DE TELECOMUNICACIONES DE INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA		4	307'000,000	320'000,000

Fuente: Archivo de las empresas constructoras Suarez Betancourt Ltda. y Expertus Ltda.

Después de realizar entrevistas y reuniones con los directivos y administradores de los proyectos anteriormente mencionados (ver anexo A: FORMATO DE ENCUESTA PARA EL ANÁLISIS DE FACTORES DE RIESGOS DE PÉRDIDAS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN), se llegó a la inferencia de los principales factores de riesgos que generaron pérdidas en estos proyectos los cuales fueron consignados en el cuadro 3:

Cuadro 3: Factores de riesgos de pérdidas presentados en los proyectos de muestra de las Empresas Constructora Suarez Betancourt Ltda. y Expertus Ltda..

FACTORES DE RIESGOS	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN DE CAUSA
F1	Errores en los diseños y falta de especificaciones	FLUJO
F2	Modificaciones a los diseños durante la ejecución del proyecto	FLUJO
F3	Falta de supervisión de los trabajadores	ADMINISTRACIÓN
F4	Agrupamiento de trabajadores en espacios muy reducidos (sobrepoblación en el trabajo)	CONVERSIONES
F5	Alta rotación de trabajadores	CONVERSIONES
F6	Pobres condiciones de seguridad industrial que generan altas tasas de accidentes	CONVERSIONES
F7	Composición inadecuada de las cuadrillas de trabajo	CONVERSIONES
F8	Distribución inadecuada de los materiales en la obra	FLUJO
F9	Falta de materiales requeridos	FLUJO
F10	Falta de suministro de equipos y herramientas	FLUJO
F11	Lotes con condiciones difíciles para su desarrollo	CONVERSIONES
F12	Excesivo control de calidad	CONVERSIONES
F13	Características de duración y tamaño de la obra que no motivan al personal	ADMINISTRACIÓN
F14	Clima y condiciones adversas en la obra	CAUSAS EXTERNAS

Fuente: Análisis de los investigadores como resultado de la entrevista aplicada.

De acuerdo a la clasificación que maneja el texto Construcción sin Pérdidas del autor Luis Fernando Botero Botero existen cuatro causas de pérdidas en proyectos de construcción de edificaciones, estas son:

- **Pérdidas por procesos de administración:** son las pérdidas ocasionadas por las decisiones que afectan el desempeño del sistema.
- **Pérdidas por flujos:** son aquellas ocasionadas por las entradas y salidas del sistema y que pueden dividirse en recursos e información.
- **Pérdidas por actividades de conversión:** son aquellas ocasionadas por los procesos que transforman los flujos en productos terminados y semielaborados.
- **Pérdidas por causas externas:** son aquellas ocasionadas por factores o entidades externas al sistema o construcción. En su mayoría se asocia con proveedores, diseñadores, condiciones climáticas y de festividades.

La frecuencia de estos factores en los anteriores proyectos se muestra a continuación en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. Frecuencia de presencia de los factores de riesgos de pérdidas en los proyectos de muestra de las empresas Suarez Betancourt Ltda. y Expertus Ltda.

Proyecto	Factor													
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14
1	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■			
2	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3		■			■		■	■			■			
4	■	■	■		■		■	■	■	■		■		
5	■	■	■	■	■		■	■	■	■				
6	■	■	■		■	■	■	■	■	■				

Fuente: Análisis de los investigadores como resultado de la entrevista aplicada.

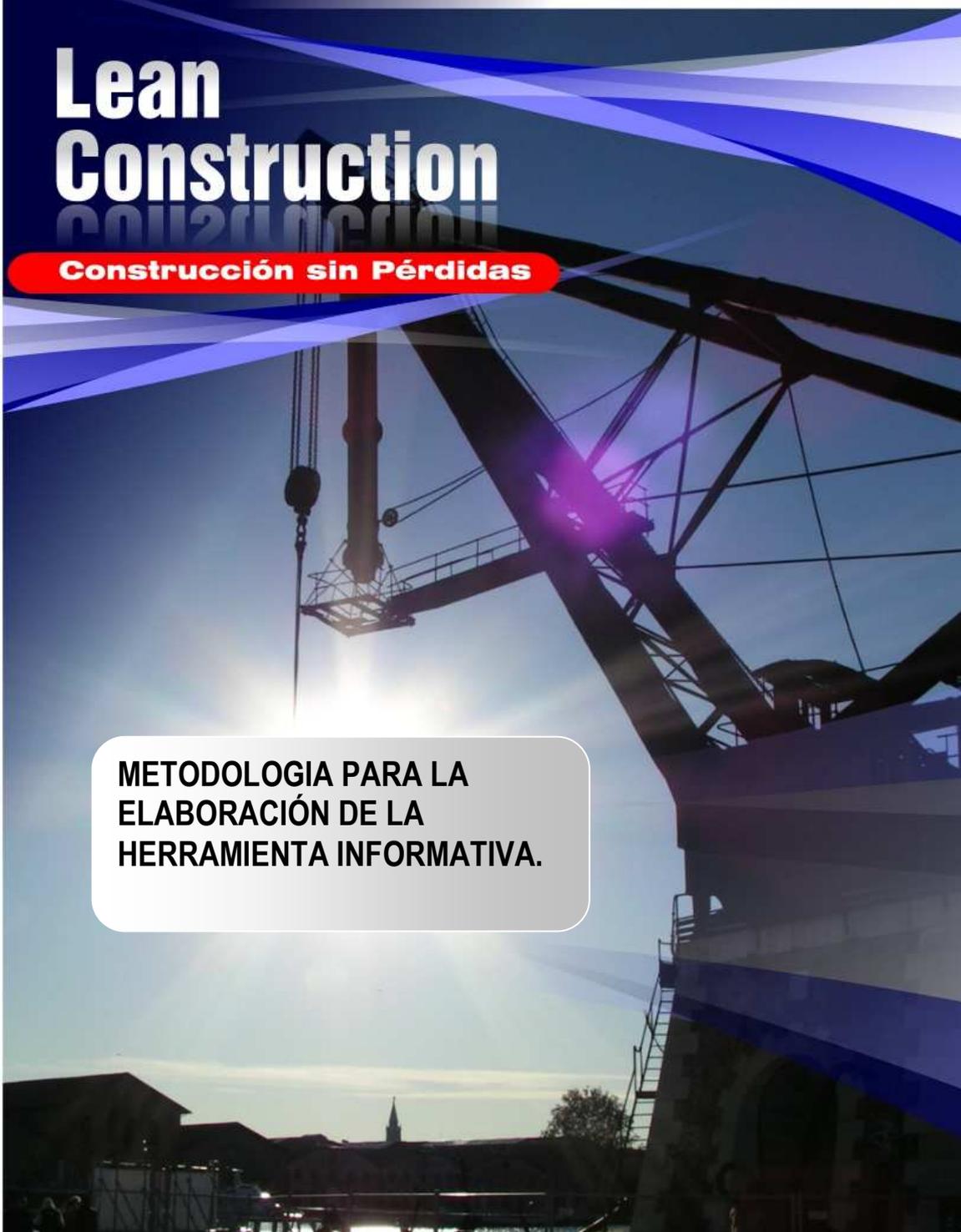
Con lo anteriormente expuesto se pudo establecer que los factores de riesgo de mayor incidencia en algunos proyectos de construcción son:

- Errores en los diseños y falta de especificaciones.
- Modificaciones a los diseños durante la ejecución del proyecto.
- Falta de supervisión de los trabajadores.
- Agrupamiento de trabajadores en espacios muy reducidos (sobrepoblación en el trabajo).
- Alta rotación de trabajadores.
- Pobres condiciones de seguridad industrial que generan altas tasas de accidentes.
- Composición inadecuada de las cuadrillas de trabajo.
- Distribución inadecuada de los materiales en la obra.
- Falta de materiales requeridos.
- Falta de suministro de equipos y herramientas.
- Lotes con condiciones difíciles para su desarrollo.
- Excesivo control de calidad.
- Características de duración y tamaño de la obra que no motivan al personal.
- Clima y condiciones adversas en la obra.

Lean Construction

Construcción sin Pérdidas

**METODOLOGIA PARA LA
ELABORACIÓN DE LA
HERRAMIENTA INFORMATIVA.**



6. METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LA HERRRAMIENTA INFORMATIVA.

El desarrollo de esta herramienta informativa parte del interés de diseminar en todo el entorno de la construcción de la ciudad de Cartagena, especialmente en los estrato cuatro cinco y seis, (por ser estos sectores los dedicados a la construcción de edificaciones, tal y como lo son las construcciones ejemplificadas en el proyecto investigativo) una información clara concisa y amena acerca de la metodología LEAN CONSTRUCTION.

En consecuencia con lo anterior, se ha diseñado una metodología que permita a los usuarios de la herramienta acceder a su contenido sin dificultades. Esta metodología consiste en:

- **Introducción.**

En esta parte se contextualiza al usuario acerca de la metodología LEAN CONTRUCCIÓN y se propone un modelo metodológico el cual será desarrollado para facilitar la explicación. Es imperativo que se tomen conceptos que fueron consignados en el marco referencial puesto que el público al que va dirigida la herramienta informativa desconoce el resto del documento.

- **Desglose en fases.**

Para explicar de forma concisa la metodología LEAN CONSTRUCTION los pasos se distribuirán en fases, en cada una de ellas se explican sus características y condiciones. Al finalizar cada una de estas fases se muestra un mapa conceptual que facilite la comprensión de la misma.

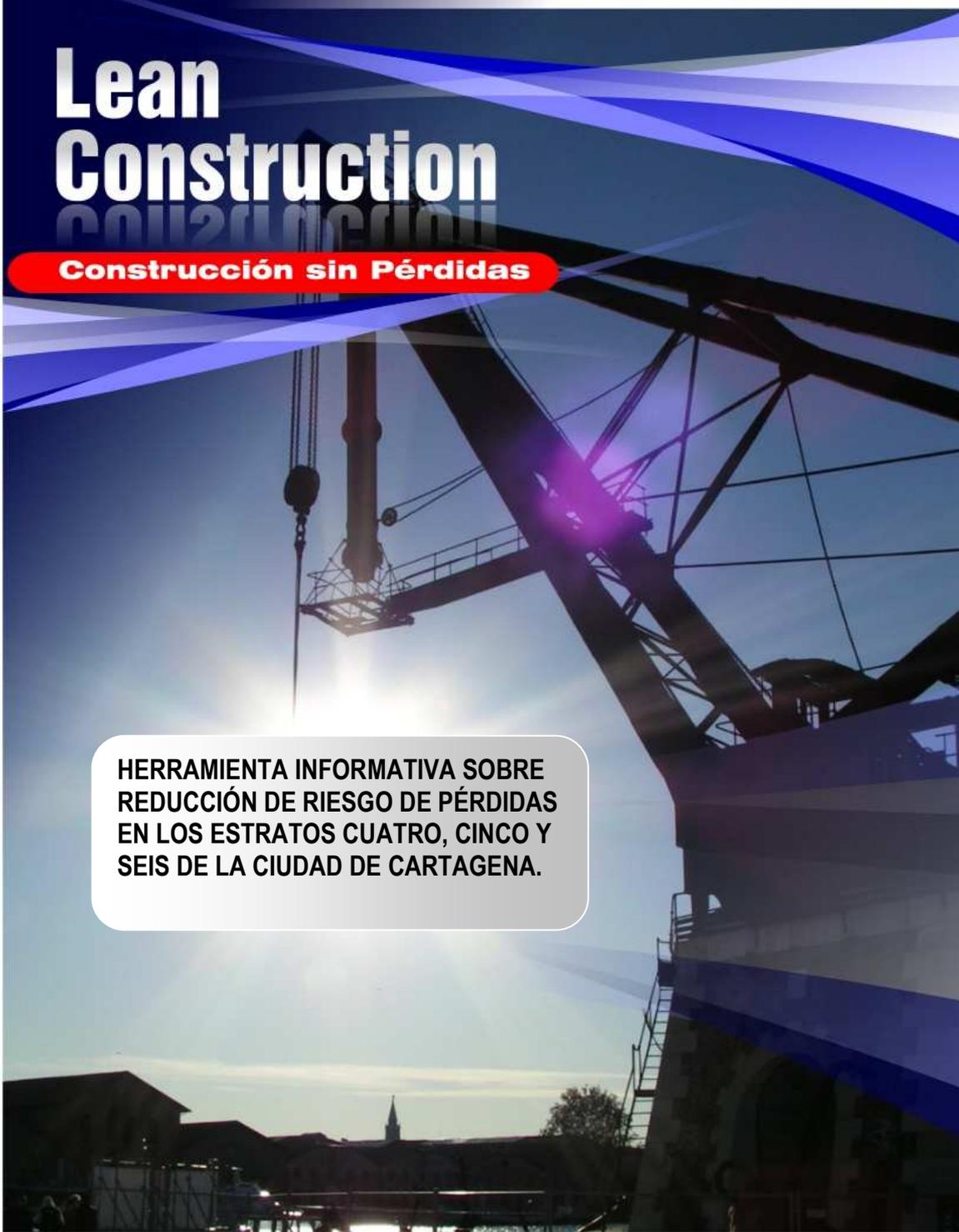
- **Lenguaje incluyente.**

Se trata de la utilización de un lenguaje sencillo al que tenga acceso todo el personal de la obra, a fin de familiarizarse con los conceptos y se generen en él inquietudes que le impulsen a ampliar más la información.

Lean Construction

Construcción sin Pérdidas

**HERRAMIENTA INFORMATIVA SOBRE
REDUCCIÓN DE RIESGO DE PÉRDIDAS
EN LOS ESTRATOS CUATRO, CINCO Y
SEIS DE LA CIUDAD DE CARTAGENA.**



7. HERRAMIENTA INFORMATIVA SOBRE REDUCCIÓN DE RIESGO DE PÉRDIDAS EN LOS ESTRATOS CUATRO, CINCO Y SEIS DE LA CIUDAD DE CARTAGENA.

7.1. INTRODUCCIÓN.

Las pérdidas que se originan en la construcción de edificaciones tienen diferentes causas, una de las más importantes radica en la elaboración no optimizada de proyectos. A continuación se exponen las recomendaciones y los pasos a seguir que sugiere la filosofía LEAN CONSTRUCTION en cada una de las fases de su sistema de entrega de proyectos sin pérdidas con el fin de proporcionar a las empresas constructoras de los estratos cuatro, cinco y seis de la ciudad de Cartagena información sobre la filosofía LEAN CONSTRUCTION como una metodología que les permita planificar y controlar los factores de riesgo de pérdidas en los proyectos de construcción.

7.2. FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION.

LEAN CONSTRUCTION es un conjunto de herramientas para reducción del riesgo de pérdidas en los proyectos de construcción basadas en varias metodologías como justo a tiempo, calidad total y seis sigma. Esta filosofía toma como punto de partida la planificación como toma de decisiones empresariales, clave para lograr eficacia y efectividad en la construcción y tiene en el control el mecanismo para nivelar la toma de dichas decisiones a lo largo del periodo de ejecución de la obra a través de la identificación de los desvíos ocurridos en la planificación inicial.

7.3. EFECTIVIDAD DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION.

La efectividad de la metodología está determinada por la correcta implementación de la misma, para ello deben darse unas condiciones tales como: el compromiso de la gerencia, medición del desempeño y del mejoramiento y un aprendizaje continuo de los conceptos y las herramientas.

7.4. MODELO DE LEAN CONSTRUCTION PROPUESTO.

Para el desarrollo del modelo ha sido necesario caracterizar algunas premisas que inciden en la planificación de la construcción civil. Este modelo debe responder a las solicitudes individuales típicas de cada situación, donde se destacan:

- **El Tipo de Obra.** La tipología de la obra es determinante para la aplicación del modelo; el número de especialidades implicadas altera la sobrecarga de los recursos disponibles;
- **El Costo/Beneficio Previsto.** Mediante el retorno calculado para la obra, el modelo debe ser capaz de funcionar por módulos, debe ser flexible para aplicarse por partes.
- **La Capacidad Instalada.** Es esencial poder aplicar el modelo de forma para conjugar y rentabilizar todos los recursos de la empresa.

El modelo contempla las fases de:

Fase 1: Consulta.

Fase 2: Proyecto.

Fase 3: Planificación.

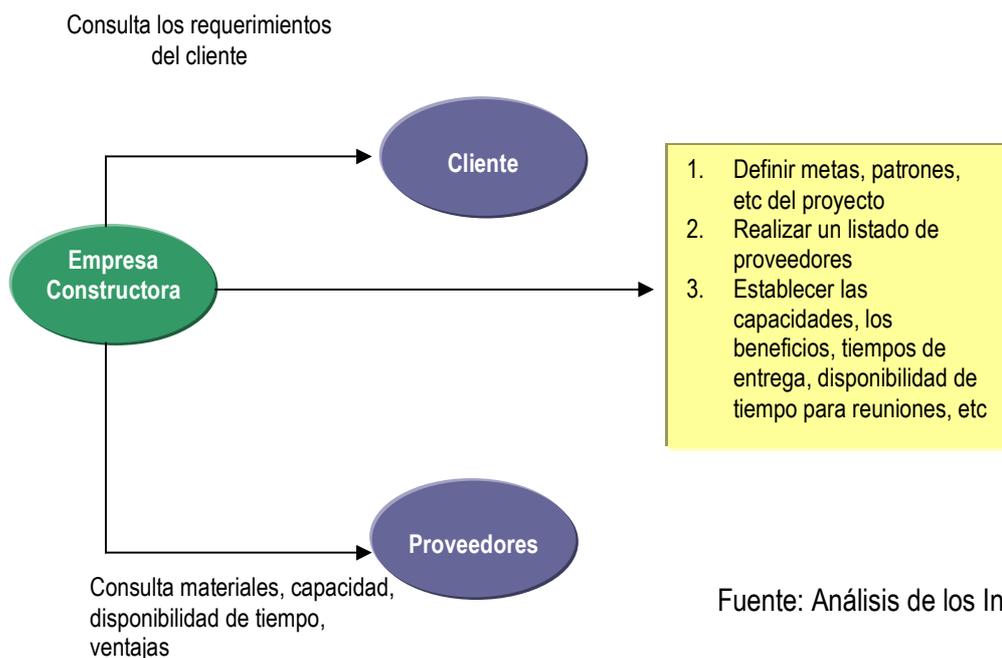
Fase 4: Ejecución del proyecto.

7.4.1. FASE 1. CONSULTA.

Durante la fase de consulta, el modelo recomienda que se efectúen contactos con los proveedores de materiales. Tal hecho fuerza al equipo responsable por el presupuesto a esclarecer eventuales dudas que surjan sobre las capacidades y especificaciones solicitadas, de tal forma que puedan responder a las necesidades y características requeridas por el cliente. Habiendo un compendio de proveedores principales, el modelo indica que éstos, más allá de las ventajas reconocidas (económicas, stock, etc.), deben presentar disponibilidad para comparecer en reuniones periódicas, cuando sean solicitados. El objetivo consiste en obtener la mayor ventaja posible de la logística envuelta en el proceso de aprovisionamiento de los materiales, lo que representará una mayor valía en el balance final de la obra.

Esta fase se puede representar gráficamente por medio del siguiente diagrama de flujo:

Figura 1. Diagrama de Flujo de la Fase de Consulta del Modelo propuesto



Fuente: Análisis de los Investigadores

Convenciones:

 → Entidades internas

 → Entidades externas

 → Procesos Internos

7.4.2. FASE 2. PROYECTO.

En esta fase, se debe aclarar las expectativas del cliente acerca del proyecto. Recuerde que los proyectos son promesas y que estas se basan en los requerimientos del cliente. Recuerde que la gente cambia de modo de pensar y que los proyectos se desarrollan de acuerdo a esos cambios.

El proyecto debe ser elaborado, no solamente respetando la voluntad del cliente y las normas y especificaciones, sino que también debe contemplar los eventuales motivos básicos de atraso verificados en la implementación y producción. Los proyectistas, conjuntamente con los ingenieros responsables, y si es posible, con los encargados de la obra, deben elaborar un proyecto que contemple una disminución del riesgo causado por los aspectos identificados: recursos humanos, equipamientos y herramientas, instalaciones, materiales y la propia distribución de los recursos.

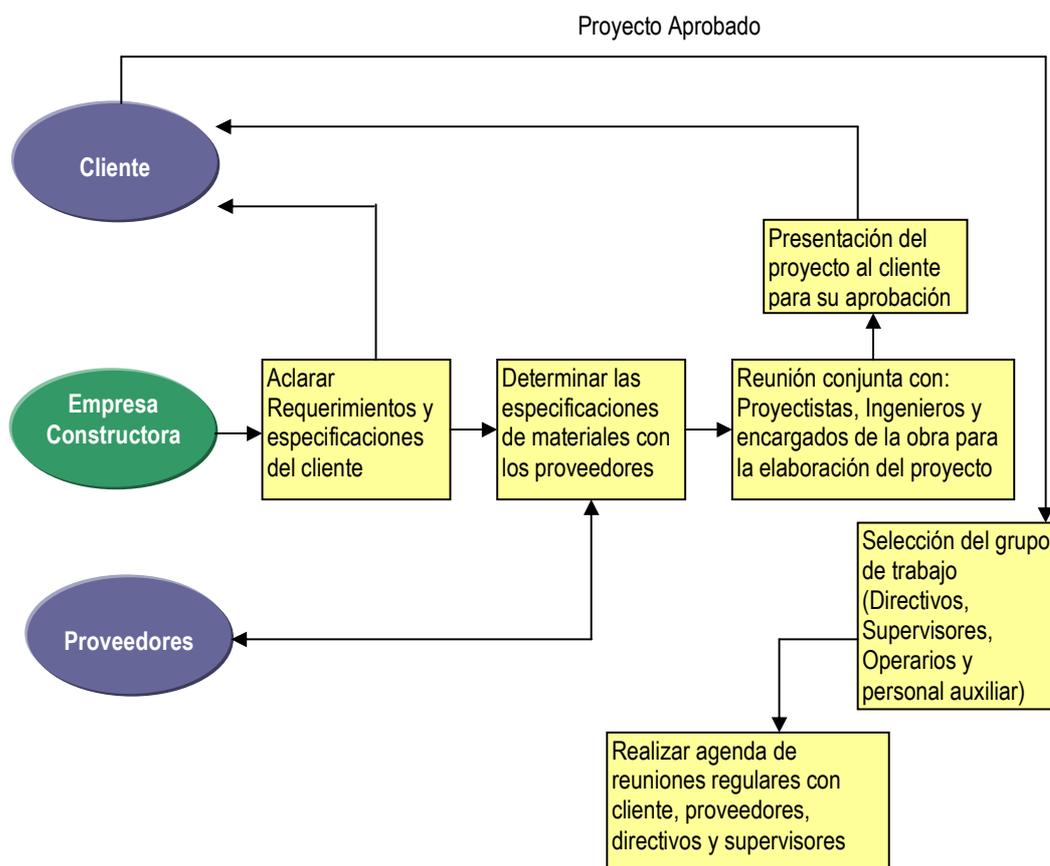
Se debe concertar una agenda de reuniones regulares, se debe establecer una reunión previa con los directores y proyectistas para analizar las restricciones y limitaciones existentes. El Director de Obra se debe reunir con el Director de Proyecto o con el equipo proyectista, sensiblemente en medio de la elaboración del proyecto de ejecución y posteriormente (próximo del final), para fomentar, no solamente la complicidad entre las partes involucradas, sino también para que se alineen informaciones e ideas (en el inicio) y verificar el alcance de las metas y objetivos alcanzados (en el final). Luego realizar reuniones con los clientes, las cuales le permitirá desarrollar relaciones sinceras con el cliente.

Organice un equipo de trabajo seleccionando personas altamente confiables para el proyecto. A menudo se conforman equipos de trabajos con personas que se encuentran disponibles en el momento sin tener en cuenta sus capacidades, si disfrutan lo que hacen, si se involucran en el proyecto y, por lo tanto, si tiene cuidado de cumplir la misión del mismo. Escoja un personal auxiliar para la toma de datos en las obras, se sugiere que sean estudiantes de pre-grado de ingeniería civil,

industrial, arquitectura o construcción; el objetivo principal de este personal auxiliar es ayudar a determinar y eliminar las pérdidas en las diferentes etapas del proyecto.

El diagrama de flujo representativo para esta fase se puede apreciar en la figura 2.

Figura 2. Diagrama de Flujo de la Fase de Proyecto del Modelo propuesto



Fuente: Análisis de los Investigadores

Convenciones:

 → Entidades internas

 → Entidades externas

 → Procesos Internos

7.4.3. FASE 3. PLANIFICACIÓN.

Es en esta fase se identifican gran parte de los posibles generadores de constreñimientos que se traducen en atrasos, costos, dificultades y otras complicaciones, algunas de las cuales irreversibles, que invariablemente aumentan el costo final. Esta fase de la planificación consiste, básicamente, en un conjunto de evaluaciones ordenadas y efectuadas por todas las partes interesadas en la conclusión de la obra.

La Planificación es iniciada con una Reunión de Planificación General (RPG), a la cual todos los principales interventores comparecerán. De la misma forma, el objetivo es integrar y nivelar los conocimientos sobre la obra. En esta reunión, más allá de la pormenorización de los proyectos, patrones, especificaciones técnicas, procesos ejecutivos y determinación de costos, es necesario obtener de los proveedores garantías de cumplimiento de los plazos. Con esta implicación de los proveedores, se pretende disminuir los riesgos de suministros errados, fuera de tiempo o inconstantes, entre otros.

Al reunirse con representantes del cliente, de los proveedores, del constructor y de la empresa de proyecto, la organización responsable por la RPG debe demostrar que todas las actividades son críticas, al iniciar la reunión. De este modo, son organizados los grupos transdisciplinarios que debaten las necesidades generales, de forma a efectuar un análisis preliminar de la obra. Después de este análisis, se inicia una segunda fase de la RPG que consiste en una pormenorización del proyecto. Los equipos pueden crear puentes para aclarar dudas de las diversas especialidades. Durante la reunión deben ser generadas listas de actividades por todos los grupos. Después de la observación de las listas, el director de obra debe presentar un esbozo sobre la forma a través de la cual se irán a organizar los equipos.

Sabiendo la fecha de entrega de la obra al cliente, es posible definir una secuencia de premisas que irán a determinar la continuidad de la Planificación. Las premisas son:

- Elaboración de una lista de actividades;
- Elaboración de una lista de equipos;
- Evaluación del ritmo de construcción ideal;
- Desarrollo de la planificación, admitiendo todas las actividades críticas;
- Definición de las velocidades de ejecución de cada equipo;
- Cálculo de los volúmenes de construcción para cada área;
- Cálculo de los plazos para construcción para cada área;
- Optimización de los equipos;
- Ajuste entre equipos y ritmo de construcción;
- Control del ritmo ejecutivo;
- Acompañamiento diario.

Al determinar los plazos para cada área, conjuntamente con las capacidades de los proveedores, discutidas en la RPG, es posible planear los encargos, con el objetivo de evitar imprevistos.

Por otro lado, la empresa se queda más liberada para elaborar un mapa de encargos aplazadamente. El proveedor puede, por su parte, aprovisionar de la forma que considere más conveniente. Esta complicidad permite, todavía, definir formas de pago que satisfagan los intereses de ambas partes. Los posibles riesgos identificados en la RPG son tenidos en cuenta cuando se está a definir una primera planificación general, bastante más real. De esta macroplanificación salen las respectivas directivas que irán a transformar las actividades elaboradas en la RPG, en tareas específicas, más precisas y concretas, una vez que se enfoca los objetivos y clarifica las restricciones del proyecto.

Después de la elaboración de esta macroplanificación, es necesario elaborar una planificación a medio plazo que vise presentar lo que va acontecer en el futuro, sin estar excesivamente detallado. Esta planificación debe ser hecha por el director de la obra en consonancia con el encargado, que posteriormente elaborará una última planificación diaria, donde se registran las tareas a efectuar de forma discriminada sobre las actividades que deben ser hechas en el día siguiente.

Publique la confiabilidad del plan en cartelera. La principal forma de medir la confiabilidad del plan es determinando el porcentaje del plan que fue prometido y completado. Se recomienda que el horizonte de la planeación sea máximo de una semana y por lo tanto se debe planear semanas de trabajo de lunes a sábado, con reuniones los viernes en la tarde para actualizar el plan de trabajo de la próxima semana.

El diagrama de flujo representativo para esta fase se puede apreciar en la figura 3.

Figura3. Diagrama de Flujo de la Fase de Planificación del Modelo propuesto



Fuente: Análisis de los investigadores

Convenciones:

 → Entidades internas

 → Entidades externas

 → Procesos Internos

7.4.4. FASE 4. EJECUCIÓN DEL PROYECTO (CONSTRUCCIÓN)

Durante la ejecución del proyecto/obra, es necesario establecer las causas de variación del plan y publicarlas en la cartelera, especialmente cuando ocurra un no cumplimiento. Registre las razones de incidencia más que la severidad.

Como se ha hecho referencia anteriormente, el proyecto se desarrolla por etapas y por cada una de esas etapas, se debe realizar actividades de captación de datos por parte del personal auxiliar de la obra; utilizando para ello unos formatos diseñados para ese fin específico y luego tabular los datos por medio de un software o de una hoja de cálculo que permitan realizar análisis estadísticos de la información correspondiente.

Recuerde que para que esta función se elabore correctamente, el personal auxiliar debe estar capacitado en el uso de los formatos establecidos y debe estar familiarizado con las actividades que deben realizarse en la obra y determinar previamente cuáles de ellas se clasifican como trabajo productivo, trabajo contributivo y trabajo no contributivo.

“Trabajo Productivo: Es el tiempo empleado por el trabajador en la producción de alguna unidad de construcción, por ejemplo, la colocación de la armadura de refuerzo, el vaciado de concreto en algún elemento estructural, la pegada de ladrillos en muros, etc¹². Se calcula dividiendo la sumatoria de los empleados realizando trabajos productivos entre el número total de trabajadores de la obra.

Trabajo contributivo: Es el tiempo que emplea el trabajador realizando labores de apoyo necesarias para que se ejecuten las labores productivas. Por ejemplo:

¹² BOTERO B., Luis Fernando. Construcción sin Pérdidas. Editorial LEGIS, 2da Edición, pág 54

limpieza de superficies y encofrados, mediciones previas y de inspección, transporte de materiales etc¹³. Se calcula dividiendo la sumatoria de los empleados realizando trabajos contributivos entre el número total de trabajadores de la obra.

Trabajo No contributivo: se define como cualquier otra actividad realizada por los obreros y que no se clasifica en las anteriores categorías, por tanto se consideran pérdidas. Ejemplos de esta categoría son los tiempos dedicados a espera, el tiempo ocioso¹⁴. Se calcula dividiendo la sumatoria de los empleados realizando trabajos productivos entre el número total de trabajadores de la obra.

A continuación en el cuadro 5 se listará una Guía de Categorías y causas del tiempo no contributivo y tiempo contributivo para que sean tenidas en cuenta al momento de capacitar al personal auxiliar que realizará la toma de datos.

Cuadro 5. Guía de Categorías y causas del tiempo no contributivo.

CATEGORIA		CAUSAS	
1	Espera	101	Falta de equipo y/o herramientas
		102	Falta de materiales
		103	Superpoblación
		104	Actividad previa sin terminar o mal ejecutada
		105	Falta de continuidad
		106	Cambio de mezcladora o mixer
		107	Falta de instrucción
		108	Otros
2	Tiempo Ocioso	201	Actitud del trabajador
		202	Tomando decisiones
		203	Superpoblación
		204	Falta de supervisión o instrucciones
		205	Conversando
		206	Otros

¹³ Ibidem

¹⁴ Ibidem

CATEGORIA		CAUSAS	
3	Desplazamientos	301	Falta de recursos
		302	Falta de supervisión o instrucciones
		303	Superpoblación
		304	Pobres condiciones de trabajo
		305	Actividad previa sin terminar
		306	Otras
4	Descanso	401	Agotamiento
5	Necesidades Fisiológicas	501	Hidratación
		502	Aseo Personal
		503	Ir al baño
		504	Otros
6	Procesos	601	Trabajo mal ejecutado
		602	Fue dañado por una cuadrilla diferente
		603	Falta de planeación
		604	Cambio de planos o especificaciones
7	Transporte	701	Mala distribución o localización de los recursos
		702	Falta de equipo
		703	Métodos inadecuados
		704	Otros

Fuente: Botero, L. Construcción sin pérdidas. Editorial LEGIS. 2da Edición, pág. 99

Esta captación de datos se efectúa por medio de los siguientes formatos:

- a. Formatos de la prueba de ronda: Esta toma de datos debe realizarse en forma aleatoria, es decir en cualquier momento de la jornada, pero se recomienda no efectuarla ni al inicio ni al final de la misma. Los formatos de prueba redonda se utilizan para calcular el tiempo productivo y no productivo de la obra. Los encargados de llenar dicho formato es el personal auxiliar designado para la captación de datos. Estos formatos son: Cuadro 6. Formatos para la toma de datos sobre tiempo productivo prueba de la ronda, Cuadro 7: Formato de encuesta y detección de esperas; y Cuadro 8. Formato para tabulación de datos prueba de la ronda.

Cuadro 6. Formato para la toma de datos sobre tiempo productivo o prueba de ronda

Empresa _____	Obra _____
Encuestador _____	Fecha _____ Día Semana ____
Actividad _____ C. Total ____ Hora ____	Actividad _____ C. Total ____ Hora ____
NC _____ Obs _____	NC _____ Obs _____
C _____ Obs _____	C _____ Obs _____
P _____ Obs _____	P _____ Obs _____
Comentarios:	Comentarios

Fuente: Botero, L. Construcción sin pérdidas. Editorial LEGIS. 2da Edición, pág. 96

Cuadro 7. Formato de Encuesta y detección de esperas

Cuadrilla	Número de obreros		
Fecha	Actividad		
Problemas que producen interrupciones en el trabajo	Horas – hombre perdidas		
	Número de Horas	Número de Obreros	Horas – Hombre perdidas
1. Esperando por materiales (bodega)			
2. Esperando por materiales (externo)			
3. Esperando herramientas no disponibles			
4. Esperando por equipos			
5. Modificaciones / rehacer trabajo (errores de diseño)			
6. Modificaciones /rehacer trabajo (errores de prefabricación)			
7. Modificaciones / rehacer trabajo (errores de construcción)			
8. Traslados a otras áreas de trabajo			
9. Esperando por información			
10. Interferencia con otras cuadrillas			
11. Sectores congestionados con trabajadores			
12. Otros			

Fuente: Botero, L. Construcción sin pérdidas. Editorial LEGIS. 2da Edición, pág. 59

Cuadro 8. Formato para la tabulación de datos de prueba de ronda

Empresa: _____ Obra: _____							
Toma Nro.	Enc.	Hora	Total de trabajadores observados	Total de trabajadores productivos	Total de trabajadores no productivos	% de trabajadores productivos	% de trabajadores no productivos
1							
2							
3							
4							
5							
30							
					% promedios		

Fuente: Botero, L. Construcción sin pérdidas. Editorial LEGIS. 2da Edición, pág. 59

- b. Formatos de la prueba de 5 minutos. Llamada también técnica de muestreo de trabajo; es utilizada para determinar el porcentaje de tiempo empleado por los trabajadores en labores productivas, contributivas y no contributivas, con la posibilidad de establecer la frecuencia de ocurrencia de las causas que generan esos porcentajes. Este formato permite la obtención de múltiple información que puede utilizarse en el análisis de las categorías y de las causas de los tiempos no contributivos y contributivos en las diferentes actividades, oficios, cuadrillas y trabajadores. Se denomina prueba de los cinco minutos porque las observaciones se les efectúan a una cuadrilla o a un trabajador realizando una actividad definida durante 300 segundos. Los encargados de llenar dicho formato es el personal auxiliar designado para la captación de datos. Los formatos establecidos están definidos en los siguientes cuadros: Cuadro 9. Formato para la toma de datos prueba de los 5 minutos y Cuadro 10. Formato para la tabulación de datos prueba de los 5 minutos.

Cuadro 9. Formato para la toma de datos prueba de los 5 minutos

Empresa _____	Obra _____
Encuestador _____	Fecha _____ Día Semana _____
Empleado: _____ Actividad: _____ Oficio: _____ Hora: _____	
Tiempo no contributivo	Observaciones
Tiempo contributivo	Observaciones
Tiempo productivo	Observaciones
Comentarios	

Fuente: Botero, L. Construcción sin pérdidas. Editorial LEGIS. 2da Edición, pág. 97

Cuadro 10. Formato para la tabulación de datos prueba de los 5 minutos.

RECOPILACIÓN DE TEIMPOS PRUEBA DE LOS 5 MINUTOS															
Obra: _____							Empresa: _____								
Toma número	Consecutivo	Fecha	Hora	Nombre Empleado	Actividad	Oficio	Código empleado	Código actividad	Código Oficio	Tiempo (seg) no contributivo	Tiempo (seg) contributivo	Tiempo (seg) productivo	% no contributivo	% contributivo	% productivo

Fuente: Botero, L. Construcción sin pérdidas. Editorial LEGIS. 2da Edición, pág. 59

- c. Encuesta de identificación de pérdidas: Esta herramienta se utiliza para la identificación de pérdidas en las etapas del proyecto / obra y permite realizar un análisis para detectar las fuentes y las frecuencias de las pérdidas en el proceso productivo de la construcción. Este cuestionario, a diferencia de los anteriores fue diseñado para ser diligenciado por los supervisores o personal de dirección de la obra. En el cuadro 11, se detalla el Formato de encuesta de identificación de pérdidas.

Cuadro 11. Formato de encuesta de identificación de pérdidas.

Clasifique según su frecuencia, las siguientes pérdidas:				
	Nunca	Frecuente	Ocasional	Rara vez
Administración				
Requerimientos innecesario				
Exceso de control				
Falta de control				
Mala planificación				
Burocracia				
Uso de recursos				
Exceso de cantidad				
Falta de cantidad				
Mal uso				
Mala distribución				
Mala calidad				
Disponibilidad				
Información				
No necesaria				
Defectuosa				
Inoportuna				
Poco clara				
Identifique cuales son las 5 pérdidas más frecuentes, según su percepción				
1. Trabajo sin hacer				
2. Reprocesos				
3. Trabajo innecesario				
4. Errores				
5. Detenciones				
6. Pérdidas de materiales				
7. Deterioro de materiales				
8. Movimiento innecesario de gente				
9. Movimiento innecesario de material				
10. Exceso de vigilancia				
11. Supervisión extra				
12. Req. Excesivos de espacios				
13. Retraso de actividades				
14. Procedimiento extra				
15. Necesidad de aclaraciones				
16. Desgaste anormal de equipos				

Fuente: Botero, L. Construcción sin pérdidas. Editorial LEGIS. 2da Edición, pág. 61

Con la información obtenida en los anteriores formatos, se deben realizar los siguientes análisis:

- **Análisis General del estudio del tiempo.** Este análisis es para determinar el porcentaje general de tiempo productivo, tiempo contributivo y tiempo no contributivo que se consume en la obra. Debe estar acompañado de una gráfica estadística en forma de pastel o de gráficas de barra.
- **Análisis del tiempo por actividad.** Este análisis debe reflejar la cantidad de tiempo productivo, contributivo y no contributivo de todas las actividades de cada etapa de la obra. Este es reflejado en forma de tabla.
- **Análisis de Categoría de pérdidas en el tiempo contributivo.** Se realiza para identificar el porcentaje general de las causas y frecuencia del tiempo contributivo que se emplea en la obra.
- **Análisis de categorías de pérdidas y sus causas en el tiempo no contributivo.** Se realiza para identificar el porcentaje general de las causas y frecuencia del tiempo no contributivo (pérdidas).

Durante el proyecto y por cada una de las actividades de la obra se debe crear una serie de indicadores que consigan expresar el estado de avance de la obra, y si está, o no, desviándose de lo que había sido inicialmente planeado. Esta información sólo puede ser captada por supervisores y gerentes de proyecto. Este conjunto de indicadores puede ser:

- **VAP:** Variación de Alteraciones al Proyecto; Es la diferencia entre la variación del costo del proyecto en función de las alteraciones. Se calcula basado en la siguiente fórmula:

$$\text{VAP} = \frac{\text{Total de todos los trabajos de más y a menos}}{\text{Valor presupuesto}}$$

- **VATA:** Variación de Alteraciones por Trabajos Adicionados; Es la diferencia entre la variación del costo del proyecto en función a los trabajos de más. Su cálculo se realiza bajo la siguiente fórmula:

$$\text{VATA} = \frac{\text{Costos con Trabajos de más}}{\text{Valor presupuesto}}$$

- **VATR:** Variación de Alteraciones por Trabajos Retirados; Es la diferencia entre la variación del costo del proyecto en función de los trabajos de menos. La fórmula sugerida para su cálculo es:

$$\text{VATR} = \frac{\text{Costos con Trabajos de menos}}{\text{Valor presupuesto}}$$

- **FA:** Frecuencia de las Alteraciones efectuadas; Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{FA} = \frac{\text{Número de Alteraciones}}{\text{Total de Actividades}}$$

- **PA:** Proporción de las Alteraciones con justificación; Su fórmula es:

$$\text{PA} = \frac{\text{Número de Alteraciones Justificadas}}{\text{Total de Actividades}}$$

- **GC:** Grado de Contribución; Es la importancia de alteración en el costo del proyecto. Su fórmula es:

$$GC = \frac{\text{Total de trabajos de mas y de menos justificados}}{\text{Costo Original}}$$

- **GIA:** Grado de Impacto de las Alteraciones. Se debe calcular por cada una de las alteraciones generadas en el proyecto

$$GIA = \frac{\text{Tiempo de más debido a una causa}}{\text{Tiempo Contractual}}$$

- **PAC:** Porcentaje de Asignaciones Es el número de las actividades realizadas divididas entre el número de actividades planificadas. Este indicador debe ser calculado por cada una de las etapas que llevará el proyecto

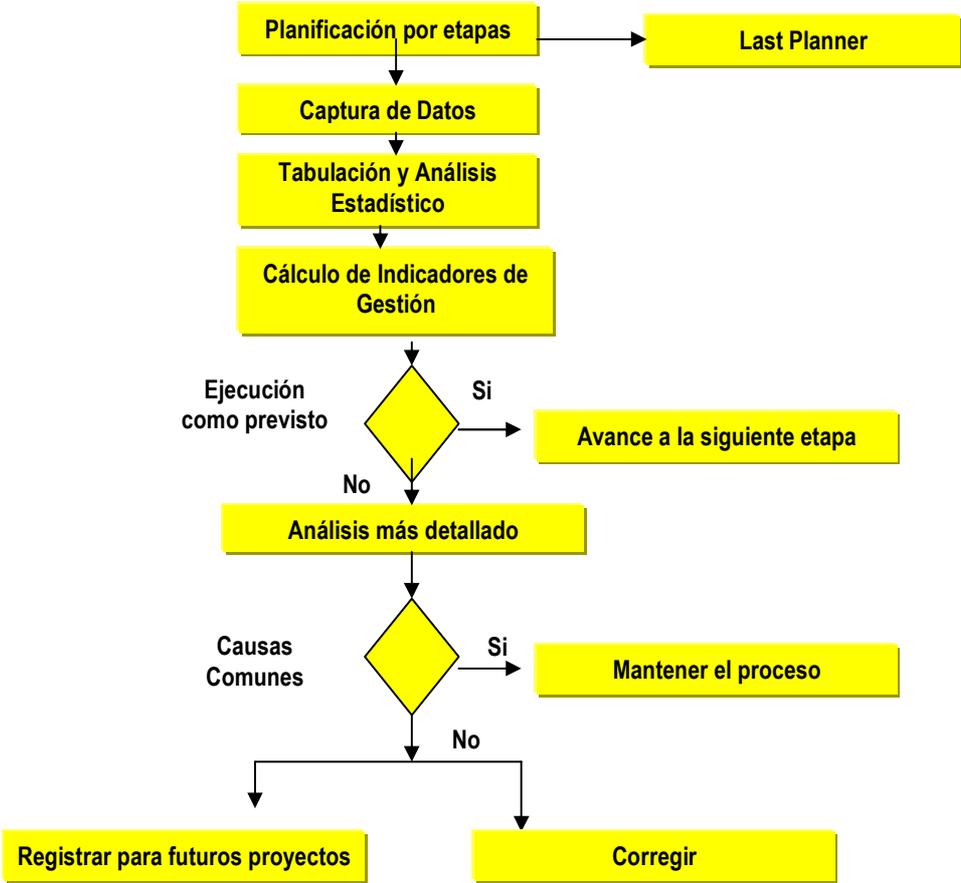
$$PAC = \frac{\text{Número de Actividades Realizadas}}{\text{Total de Actividades Planificadas}}$$

Estos indicadores se deben basar en autos de medición, en documentos escritos que determinan el desarrollo de la obra. Si la ejecución de la obra estuviera transcurriendo como lo previsto, se sigue la continuidad hasta la correspondiente conclusión. En caso contrario, se efectúa un análisis más detallado que pretende definir causas comunes o causas especiales de variación. Si las causas son comunes, hay que mantener el proceso porque, en principio, no se repetirán. Si las causas son especiales, en términos de variación, se deben promover dos tipos de acciones: Preventivas (para evitar futuras ocurrencias en otros proyectos); Correctivas (para actuar directamente sobre el look-ahead planning que se relaciona con los indicadores).

Los responsables de la obra, basados en la macroplanificación, heredado de la fase anterior, elaboran una planificación más cuidada, para un mes. Esta planificación del tipo “Último Planificador” es ejecutado de la forma descrita por el modelo presentado anteriormente, basado en el ritmo de ejecución. Esto es importante para la ejecución de la obra y se basa en compromisos y premisas desarrolladas en las diferentes fases del modelo.

El diagrama de flujo representativo para esta fase se puede apreciar en la figura 4.

Figura 4. Diagrama de Flujo de la Fase de Ejecución del Modelo propuesto



Lean Construction

Construcción sin Pérdidas

CASO DE ESTUDIO

8. CASO DE ESTUDIO: PROYECTO EDIFICIO HUGO LONDOÑO

Para la implementación del caso de estudio, se escogió un proyecto desarrollado por la empresa Expertus Ltda.

A continuación se dará una breve información de la empresa, así como la ficha técnica del proyecto y la implementación de la metodología de "LEAN CONSTRUCTION" en cada una de sus cuatro fases.

8.1. LA EMPRESA CONSTRUCTORA.

Nombre: EXPERTUS LIMITADA

NIT: 806.004.343 - 3

8.1.1. Antecedentes de la firma.

Es una sociedad limitada, constituida en el año de 1997 y protocolizada en la notaria sexta del círculo de Cartagena, mediante escritura pública Nro. 665 del 25 de julio de 1997, registrada en la Cámara de Comercio de Cartagena, el día 30 de diciembre de 1997, en el libro de registro Nro. 23.007.

La compañía esta operando actualmente en la ciudad de Cartagena en el centro comercial centro uno cuarto piso oficina 401

8.1.2. Objeto social de la firma.

La sociedad tiene como objeto social entre otros la compra y ventas de bienes e inmuebles de bienes raíz y su comercialización, en desarrollo de lo cual podrá dedicarse a la compra-venta, construcción, reparación y demolición para sí o por cuenta de terceros de casa, apartamentos, edificios y de cualquier clase de edificaciones y en general desarrollar actividades relacionadas con el objeto social y adelantar toda clase de negocios comerciales relacionados con la misma, permitiendo adquirir compromisos derivados de la contratación de créditos con bancos y corporaciones entre otros.

8.1.3. Organización de la firma.

Actualmente **EXPERTUS LTADA**, cuenta con una estructura orgánica lo suficientemente flexible para crecer o disminuir de acuerdo a los proyectos que se ejecuten sin afectar su funcionamiento normal.

La organización permite ofrecer el diseño y ejecución integral de los proyectos a través tres departamentos, para Diseños, Administración y Control de Proyectos y para la Construcción e Interventorias.

Para el primer departamento se cuenta con la dirección del arquitecto **PLINIO DANILO PINZON ORTIZ**, quien ha tenido a su cargo desde la creación de **EXPERTUS LTADA** toda esta función.

El departamento de Administración Programación y Control de obras esta a cargo del ingeniero **PEDRO SUAREZ HERRERA**, quien cuenta con más de 20 años de experiencia en la materia y en la dirección de la construcción de edificaciones.

El departamento de Construcción e Interventoria esta bajo la dirección del experimentado ingeniero Civil **LUIS SIERRA SAMER**, también con más de 20 años de experiencia en la construcción de obras civiles.

En estos departamentos además de sus directores y de acuerdo a los proyectos que se ejecuten, se cuenta con profesionales altamente calificados y de gran experiencia en proyectos de ingeniería, en el organigrama anexo se puede observar la estructura actual de la compañía y la experiencia del personal vinculado a la misma.

Adicionalmente a la estructura mencionada para cada obra o proyecto se utiliza además de los ingenieros o arquitectos residentes, una estructura adecuada de acuerdo ala naturaleza de la misma como son, almacenistas, supervisores, jefes de compras, etc.

La representación legal esta a cargo del arquitecto **HERNAN GUILLERMO TARRA ARRIETA**, quien adicionalmente también colabora en el departamento de Diseños.

8.1.4. Experiencia de la firma.

Actualmente la compañía cuenta con una experiencia creciente en las ramas de diseños, construcción y asesorías entre las que se destacan las siguientes listadas en el cuadro 12. Listado de proyectos de la empresa EXPERTUS LTDA. las cuales fueron dirigidas por el arquitecto y socio fundador **PLINIO DANILO PINZON ORTIZ** hoy director del departamento de Diseños.

Cuadro 12. Listado de proyectos de la empresa EXPERTUS LTDA.

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	AÑO DE EJECUCIÓN	VALOR \$
Remodelación sede de la DIAN en la ciudad de Sincelejo	2006-2007	312.000.000
Remodelación sede de la DIAN en la ciudad de Armenia	2006-2007	242.000.000
Diseño y presupuesto traslado de oficinas PNUD Cartagena	2005	5.000.000
Casas fiscales - mantenimiento departamento de bienestar y vivienda armada nacional	2005	78.345.370
Readecuación interior casa de la señora Hortensia Moreno de Bechara 450, Mtr Bocagrande	2004	35.000.000
Consolidación estructura de bodegas y restauración jGofra Fondo Rotatorio de la Armada Nacional Regional Atlántico 1500 Mtr ² Base Naval ARC Bolívar	2003	47.000.000
Adecuación de las instalaciones donde funciona la casina de sub oficiales edificio Rafael Reyes ENAP. Escuela base naval Almirante Padilla - Cartagena	2002	14.000.000
Restauración y Readecuación Almacén General Fondo Rotatorio Armada Nacional Regional Atlántico 450Mtr Base Naval ARC Bolívar	2002	5.800.000
Readecuación de oficinas Laboratorio Heel Colombia Ltada 280Mtr año 2002 Bocagrande – Cartagena	2002	3.752.000
Restauración, Readecuación y propuesta de colores en edificio Republicano, local del Almacén, El Centavo Menos. Israel de j Moreno y CIA S en C Cartagena	2002	12.000.000
Esquema básico anteproyecto casa Colonial Pasaje Comercial, entre calle larga y Avenida del Arsenal - Getsemani. Israel J Moreno y CIA S en C	2002	4.000.000
Construcción estación terrestre de telecomunicaciones de interconexión eléctrica ISA ESP Arcos ISA Cartagena Edificio inteligente Chambacu 19, Cartagena de Indias.	2001	320.000.000
Reestructuración tipologica de fachada, diseño y Readecuación de Casa colonial de propiedad de Israel de j Moreno 1250Mtr centro frente al parque bolívar Cartagena de indias	1999-2000	25.000.000
Reestructuración tipologica de fachada, diseño y Readecuación café Galería cano 450Mtr centro frente al parque bolívar Cartagena de indias	1999-2000	70.000.000
Consolidación estructural, restauración café Galería Cano centro 450Mtr 2 , centro frente al parque bolívar. Cartagena de Indias	1999	30.000.000
Readecuación oficina Suratep ubicadas en la avenida Bocagrande Ave San	1999	7.000.000

Martín calle 9 180Mtr 2 Cartagena de Indias		
---	--	--

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	AÑO DE EJECUCIÓN	VALOR \$
Readecuación casa republicana segundo orden, ubicada en Bocagrande Ave san Martín 9.480 Mtr 2 Cartagena de Indias	1999	3.500.000
Remodelación casa ubicada en castillo grande ave Piñango Cartagena	1999	9.000.000
Readecuación oficina de administración y mantenimiento preventivo obras en edificio Cartagena de indias, ubicado en b/grande	1999	6.756.000
Diseño y construcción de 4 apartamentos, barrio la concepción 510 MTR Cartagena de Indias	1998	22.750.000
Diseño vivienda Multifamiliar 440 Mtr 2 urbanización la granja Turbaco Bolívar	1998	35.000.000
Remodelación y Readecuación apartamento 5° Edificio Nautilus 170Mtr2 Laguito - Cartagena de Indias	1997	3.000.000
Diseño y construcción de vivienda Multifamiliar 3 pisos 480Mtr2 Arjona Bolívar	1997	45.000.000
Construcción de la casa del deporte 250Mtr2 Arjona Bolívar	1997	6.750.000

Fuente: Información suministrada por el departamento de Administración Programación y Control de obras

8.2. FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO

Nombre del proyecto: EDIFICIO HUGO LONDOÑO

Estratificación: 4.0

Dirección: Los Alpes Transversal 73 Nro. 31 A 46

Año de Realización: 2006-2007

Tiempo de Duración: 24 meses

Presupuesto Inicial: 259'850.501

Presupuesto Final: 277'967.125

8.3. APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA INFORMATIVA

Para la aplicación de la herramienta informativa de la metodología “LEAN CONSTRUCTION”, fue necesario mencionar, pero no anexar, información de las actas de las reuniones, y algunos costos y/o presupuestos parciales o en su defecto modificar en parte la información suministrada ya que esta era confidencial y reservada para la empresa.

El modelo desarrollado ha sido aplicado en una obra de pequeña dimensión, que fue acompañada de cerca, para monitorizar los resultados obtenidos. La obra consistió la construcción de un edificio de estratificación cuatro, todo el trabajo demoró veinticuatro meses.

8.3.1. FASE CONSULTA.

Elaboradas las reuniones necesarias con el Cliente y con el Director de Proyecto, se procedió a la descripción de las especialidades envueltas para disponer de los recursos necesarios a la ejecución de la tarea en causa: instalaciones eléctricas; instalación de aire acondicionado y sistemas de incendio; elaboración del proyecto de arquitectura; concretización del proyecto. Las consultas fueron orientadas por la propia especialidad pretendiendo, de este modo, reunir el mayor número de informaciones posibles sobre los materiales a incorporar en el proyecto.

En la fase de consulta se procedió a la elaboración de registros, así como a la recogida de informaciones y datos, esenciales a la fase de proyecto de ejecución, principalmente lo que respecta a proveedores, habiendo sido generado un mapa de proveedores, con el objetivo de preparar la fase siguiente. Acabada la consulta, el sector responsable por el presupuesto elaboró una propuesta comercial, basada en la consulta efectuada.

En la fase de consulta del proyecto, se realizó una solicitud a los principales proveedores con información de materiales, precios, stock, tiempos de entrega, y disponibilidad para reuniones (día y hora disponible para reunirse con los representantes del proyecto), personal de contacto el cuál asistirá a las reuniones. A continuación se listará en el cuadro 13, la información de los proveedores tales como Razón Social, Nit, Materiales que ofrece, Persona de Contacto y Disponibilidad de Tiempo; se omitió los valores, stock y tiempos de entrega ya que fueron resultados de negociaciones de la empresa con los proveedores y es considerada información confidencial de la empresa.

Cuadro 13. Listado de Proveedores escogidos por los representantes del proyecto

	Razón Social	Nit	Materiales	Contacto	Tiempo disponible
1	El Constructor	806008176-8	Block # 4 y 6 Tubos sanitarios de 4" Soldadura pvc Cemento gris Chipa de 3/8 lisa Alambre negro Puertas entambradas para baños Fijaplust Combo sanitario Varillas de 1/2, 3/8, 3/4, 1 pulgadas	Teresita Meléndez	1 hora
2	AGOFER	800216499-1	perfiles galvanizados 1.2 mm tejas termo-acustica ajover laminas cubiertas mallas soldadura tubos estructurales pinturas anticorrosivas	Ángel Torres	1 1/2 horas

	Razón Social	Nit	Materiales	Contacto	Tiempo disponible
3	MATERCON & CIA S EN C	890403145-9	abarco ceiba cativo roble cedro güino	Ana Ponce	2 horas
4	Ferretería el pintor	900082500-7	brocha de 2" y 4" rodillos de 2" y 4" pinturas tipo vinilo pintura de aceite lijas	Raúl manjares	1 hora
5	Eléctricos Morales	73117463-6	curva de 1/2, 3/4 tuvo de 1/2, 3/4 cajas de 4x4 en pvc cajas octagonales en pvc cajas 2x4 en pvc adaptadores de 1/2 tablero de 8 circuitos		1 1/2 hora
6	Hijos de Jose Yacaman	890400234-2	láminas de metaldeck maya electrosoldad perfiles metálicos pernos soldaduras	Humberto Yacaman	2 horas
7	CIDECO LTDA	890402514-9	Alquiler de: andamios gatos viguetas tableros plataformas crusetas de 2 t 3 mts	Lourdes Zuloaga	1 1/2 horas
8	HOLCIM de Colombia S.A	860009808-5	hormigon de 3500 psi hormigon de 3000 psi hormigon de 4500 psi mortero impermeabilizado	Jaime Porto Cortes	1 hora

	Razón Social	Nit	Materiales	Contacto	Tiempo disponible
9	Antonio Acuña Gomez	876624-5	Alquiler de: picos , palas y barretas motobombas mezcladoras planchetas vibratoria poleas sencillas y dobles buggys	Antonio Acuña	1 hora
10	CALYPSO	860039794-9	tela pp doron 210		1 hora

Fuente: Información suministrada por la empresa EXPERTUS LTDA.

8.3.2. FASE PROYECTO

El proyecto se inició con una reunión donde se entregó a cada elemento interventor, la base del proyecto elaborada por el Director de Proyecto, a partir de la cual, los proyectistas de las diversas especialidades irían a trabajar. El programa base incluyó los requisitos:

- Esquema de la obra o de la secuencia de las diversas operaciones a desear;
- Indicación de las principales restricciones;
- Piezas escritas y diseñadas, necesarias para las diferentes fases.

El responsable del proyecto entregó un mapa donde solicitó a cada responsable, el número de diseños a presentar. De esta forma fue posible monitorizar el avance del proyecto, ya que solamente

así fue posible planear el resto de las reuniones. La presentación de esta lista obligó los equipos interventores a elaborar un calendario por objetivos de diseños concluidos, una vez que en el medio del proyecto existió una reunión con el cliente, donde se clarificó y corrigió cualquier duda referente al proyecto. Esta es la altura ideal para requerir alteraciones. Surgieron también nuevas evaluaciones del proyecto relativamente a la relación con el exterior y con el funcionamiento en el interior. Concluido el proyecto, se efectuó otra reunión con el cliente para que éste estuviera al corriente de la versión definitiva y de cuando se iniciarían las actividades de construcción.

8.3.3. FASE PLANIFICACION

La metodología seguida en la planificación fue esencialmente invitar al cliente a participar en las reuniones de planificación, así como a los proveedores de los principales materiales y equipamientos.

La planificación de la construcción, demoró seis semanas. Este tiempo se debió a la dificultad que se verificó en la reunión inicial, ya que fue difícil reunirse con todos los proveedores. A esta reunión comparecieron los principales interventores responsables de la conclusión de la obra. De la reunión se produjeron listas de actividades para ser trabajadas por el responsable de la obra y del proyecto, para organizar un calendario de funcionarios, de recepción de material, de verificaciones, etc.

Para la elaboración del mapa era necesario presentar un cálculo aproximado del volumen de construcción por área. Dado que la obra era localizada en un espacio pequeño, se agruparon las actividades relativas al "cálculo de volumen" de "construcción por área" y "cálculo de los plazos para cada área" apenas en una unidad, porque es simple determinar las fechas de entrega de los encargos de los proveedores. Al asegurar la recepción de los materiales de una forma just-in-time, se minimizó el riesgo de atraso por incumplimiento del plazo. En este momento, se recogieron todas las planificaciones efectuadas a lo largo de las fases y se elaboró la planificación global de la obra.

(Esta información la obtuvo el grupo investigador de las actas que se firmaron en cada reunión, de las cuales la constructora no permitió su reproducción)

8.3.4. FASE EJECUCIÓN

El Director de Obra fue, también, el Responsable por el Proyecto, lo que facilitó el entendimiento de los intereses del Cliente. Por otro lado, esta situación se reveló ventajosa en la relación con el encargado de la obra.

En obra, se efectuó una reunión con el encargado general, Director de Obra y operarios para presentar la planificación veinte meses, de modo que todos los implicados, no solamente fuesen parte ejecutante del proceso, sino que también pudiesen efectuar, en esta fase, contribuciones pertinentes para la conclusión de la obra. Se registraron las observaciones y se inició la obra de acuerdo con lo planeado. Al efectuar esta reunión, todos los participantes en la obra, sintieron que estaban implicados y responsabilizados, percibiendo de inmediato lo que se pretendía construir. Iniciada la obra, el Encargado, entregaba el Plano Semanal al Director de Obra para que este estuviera siempre actualizado sobre las necesidades emergentes de las tareas.

8.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos por la aplicación del modelo, fueron los siguientes:

1. **Lista de proveedores.** Se reveló bastante útil y fue aplicada en la fase de planificación, no solamente por la disponibilidad de los proveedores, sino que también por las informaciones que de ellos derivaron;

2. **Implicación del cliente.** La presencia del Cliente en las reuniones, en el medio y fin del proyecto, revelaron que no fue preciso hacer grandes alteraciones en el proyecto, del tipo rework, las alteraciones efectuadas fueron solicitadas en tiempo útil. El Cliente tuvo oportunidad de informar que, durante el desarrollo de la obra, era posible que solicitase algunos trabajos de más. Donde fueron contempladas algunas soluciones en ese sentido;

3. **Reunión de Planificación General.** Esta reunión permitió juntar casi todos los Interventores en la obra. El Cliente se envolvió en la planificación y permitió algunas alteraciones de materiales, solicitadas por la empresa en el momento en que los proveedores, también presentes, presentaron los tiempos de espera. Esta alteración acabó por ser fundamentada y registrada en los Planos de Aprobaciones de Materiales; el proceso fue bastante abreviado con la garantía de equivalencia de productos. Al reunirse con proveedores, la empresa ejecutante de la obra, pudo generar un calendario más preciso de la entrega del material. En este tipo de obra, el espacio es reducido y, normalmente, no existe solar, tampoco almacén donde depositar el material hasta la instalación. El Encargado puede con alguna confianza hacer cargas de trabajadores con mapas de horas, gestión de herramientas, de materiales, planos de inspección y ensayo. La macroplanificación puede ser elaborada con una margen de error mucho menor, una vez que los riesgos que envolvían la obra fueran debatidos y acabaron por ser reducidos con la transformación de las actividades en tareas.

4. **Porcentaje de Planificación Completa (PPC).** La elaboración del plano semanal, se reveló una herramienta útil al calcular la PPC, así como informar que para recuperar el tiempo perdido, se tiene que aumentar la carga de trabajadores en obra;

5. **Causas de no cumplimiento.** De acuerdo con el modelo, cuando la ejecución no corresponde a lo planeado es necesario identificar las causas de no cumplimiento de la

planificación. Se constató un atraso que tuvo su origen en, la postura del enchape para baños junto con la grifería. El PPC disminuyó en el tiempo previsto para la recepción del material referido. Siendo la PPC un indicador de conclusión que solamente es válido cuando la actividad está completa, acabó por verificarse un porcentaje de conclusión bastante bajo, en los últimos cuatro meses.

6. **Indicadores.** Al aplicar otros indicadores se verificó que el atraso en la postura del enchape, pisos y la grifería no fue el único responsable por el incumplimiento del plazo. El cliente al pedir algunas de las alteraciones acabó por empujar la fecha de conclusión de la obra para delante. En el cuadro 14 están representados los valores utilizados para determinar los indicadores del proyecto para la actividad específica de construcción de los apartamentos del 2do piso

Cuadro 14. Valores utilizados para determinara los indicadores del proyecto

Conceptos	Valores
No de alteraciones	36
No. De alteraciones con justificación	27
Total de actividades	112
Tiempo previsto (actividad estudiada)	90 días
Tiempo real (actividad estudiada)	115 días
Valor presupuesto	\$259'850.501
Valor Total	\$277'967.125
Valor trabajos de más	\$18'116.624
Valor trabajos de menos	0

Fuente: Cálculos realizados por los investigadores del proyecto basados en la información suministrada por la constructora Expertus Ltda.

A continuación se desarrollará el cálculo de los indicadores del proyecto

$$\text{VAP} = \frac{\text{Total de todos los trabajos de más y a menos}}{\text{Valor presupuesto}}$$

$$\text{VAP} = \frac{18116624}{259850501} = 0.069 \times 100\% = 6.9\%$$

$$\text{VATA} = \frac{\text{Costos con Trabajos de más}}{\text{Valor presupuesto}}$$

$$\text{VATA} = \frac{18116624}{259850501} = 0.069 \times 100\% = 6.9\%$$

$$\text{VATR} = \frac{\text{Costos con Trabajos de menos}}{\text{Valor presupuesto}}$$

$$\text{VATR} = \frac{0}{259850501} = 0.0 \times 100\% = 0\%$$

$$\text{FA} = \frac{\text{Número de Alteraciones}}{\text{Total de Actividades}}$$

$$\text{FA} = \frac{36}{112} = 0.321 \times 100\% = 32.1\%$$

$$\text{PA} = \frac{\text{Número de Alteraciones Justificadas}}{\text{Total de Actividades}}$$

$$PA = \frac{11}{112} = 0.098 \times 100\% = 9.8\%$$

$$GC = \frac{\text{Total de trabajos de mas y de menos justificados}}{\text{Costo Original}}$$

$$GC = \frac{18116624}{259850501} = 0.069 \times 100\% = 6.9\%$$

$$GIA = \frac{\text{Tiempos de más debido a una causa}}{\text{Tiempos Contractual}}$$

$$GIA = \frac{25}{90} = 0.27 \times 100\% = 27\%$$

7. Es posible afirmar que con el modelo de planificación se disminuirán las alteraciones sin justificación, así como el impacto de estas alteraciones en el costo previsto de la obra. Por otro lado, se verifica que los trabajos de más (y de menos) disminuirán y acompañan, también, la disminución de la frecuencia de las alteraciones registradas. De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede afirmar que el modelo mejoró la realización de la obra. Sin embargo, la joyería acabó por ser entregada con un porcentaje de atraso, proveniente de los problemas surgidos con el mobiliario que comprometieron la conclusión de la obra.

8.5. CONCLUSIONES DE LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA

Con este estudio se percibió que la implicación del cliente, en este tipo de obras, es fundamental; no solo disminuye el número de alteraciones solicitadas al proyecto (en tiempo útil), sino que también aumentan los flujos de información, clarificando el diálogo global entre todos los interventores. De las reuniones (previstas en el modelo) surge también la mayor facilidad de planear, sin tener de recurrir, por ejemplo, a software complejo de planificación, confrontando los proveedores con las necesidades de la obra. La implicación generada en estas reuniones resultó en una complicidad que dio origen a un cumplimiento de plazos mejor, incluso con proveedores con incumplimientos en el pasado.

Es importante realzar que la participación de los clientes, durante todas las fases del modelo, es una de las valías más introducidas por el modelo. La presencia de los clientes en la RPG, apoya la aclaración sobre lo que efectivamente se va a hacer; por otro lado, facilita el entendimiento relativo a eventuales ausencias de materiales en obra o en stock y se perciben las dificultades debatidas por los encargados y otros técnicos responsables. Es posible concluir que la implicación del cliente innova bastante todo el sistema productivo, bien como la confianza adquirida. Repárese que el límite de la línea del back-office deja de ser tan bien definida en el momento en que el cliente es llamado a participar en reuniones de decisión y de planificación.

Este modelo de planificación introduce algunas alteraciones, siendo de destacar la conjugación de la realidad de la organización con las diversas fases que el prevé: consulta, proyecto, planificación y ejecución. Por otro lado, el caso estudiado indicó que al generar la planificación semanal, el encargado ofrece elementos esenciales para acompañamiento de la obra. En obras de corta duración, normalmente, los métodos comunes de monitorización no revelan mucho éxito. La planificación semanal, con el PPC, reveló ser un indicador claro del desvío entre la planificación y la realidad verificada en la obra. La planificación semanal también indica, de forma simple, cual debe ser el aumento de carga de personal, para que se consiga recuperar eventuales atrasos.

Lean Construction

Construcción sin Pérdidas

CONCLUSIONES

9. CONCLUSIONES

El Desarrollo de una Herramienta Informativa Sobre Reducción de Riesgo de Pérdidas en los Estrato Cuatro, Cinco y Seis de la Ciudad de Cartagena permitió establecer:

La existencia en el mercado de la ciudad Cartagena condiciones para que los constructores ofrezcan los servicios de gerencia de proyectos de construcción, encargándose de la administración integral de los proyectos desde su concepción hasta el momento de culminación de la obra y entrega a los nuevos propietarios. Esto se estableció mediante un análisis de la filosofía de gestión para el mejoramiento de los proyectos de construcción, "LEAN CONSTRUCTION", aplicables al los proyectos de la ciudad de Cartagena en los estratos cuatro, cinco y seis.

Los principales factores de riesgo de pérdidas presentes en los proyectos de construcción de los estratos cuatro, cinco y seis de la ciudad de Cartagena obedecen a causas como: errores en los diseños y falta de especificaciones, modificaciones a los diseños durante la ejecución del proyecto, falta de supervisión de los trabajadores, agrupamiento de trabajadores en espacios muy reducidos (sobrepoblación en el trabajo), alta rotación de trabajadores, pobres condiciones de seguridad industrial que generan altas tasas de accidentes, composición inadecuada de las cuadrillas de trabajo, distribución inadecuada de los materiales en la obra, falta de materiales requeridos, falta de suministro de equipos y herramientas, lotes con condiciones difíciles para su desarrollo, excesivo control de calidad, características de duración y tamaño de la obra que no motivan al personal, clima y condiciones adversas en la obra.

La metodología que se llevó a cabo para la elaboración de la cartilla permite, por su sencillez, que todo el personal involucrado en el proceso de la construcción de la obra acceda a ella.

Implementación de la herramienta al caso de estudio, dejó clara la importancia de involucrar al cliente en el diseño del proyecto y de controlar cada una de las etapas del mismo.

Lean Construction

Construcción sin Pérdidas

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFIA

BOTERO, L. Construcción sin Pérdidas. Editorial LEGIS. Bogotá - Colombia. 2006

CONSUEGRA, J. Presupuestos de Construcción. 2Da Edición. Editorial BHANDAR EDITORES. Bogotá – Colombia. 2002

ESMITH, Adam. Introducción A La Economía De Hoy En Día. Editorial Ultraeta. Suecia. 2002

ARENAS, Nidia. Tqc Administración En La Empresa. Block Editores S.A.. Río De Janeiro Brasil. 1994

CHIAVENATO, Idalberto. Administración Procesos Administrativos. University Of Los Ángeles California. Mc Grawhill. Columbia. 2001

HOLE, David. Manual De Sistema De Calidad. 1998

Diccionario De Economía Y Negocios.. Editorial Espasa Colpe S.A. Madrid España 1999

GUZMAN V., Isaac. Proceso Administrativo. Editorial Diana S. A.

http://www.emprendedorxxi.es/htm/crea_pempresa_art1.asp

Horovitz, Jaques. Administración. Universidad de Columbia University, New York;

MOCHON, MORCILLO, Francisco. Principios De Economía; Universidad Nacional De Educación A Distancia. Madrid España; 2001

REYES, Ponce. Introducción A La Calidad. Editorial Mc Grawhill. Madrid España; 1999;

LEARNING, Thomson. Administración Un Enfoque Basado En Competencia; Editorial Vanguardia;1995

Lean Construction

Construcción sin Pérdidas

ANEXOS

**ANEXO A: FORMATO DE ENCUESTA PARA EL ANÁLISIS DE FACTORES DE RIESGOS DE
PÉRDIDAS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

OBJETIVO: Identificar los principales factores de riesgo de pérdidas presentados en los proyectos de construcción de edificaciones de las empresas Expertus Ltda. y Constructora Suarez Betancourt Ltda. para los estratos 4, 5 y 6 de la ciudad de Cartagena.

NOMBRE DE LA EMPRESA: _____

NOMBRE DEL PROYECTO: _____

NOMBRE ING. RESIDENTE: _____

NOMBRE DEL CLIENTE: _____

1. DESCRIPCION DEL PROYECTO

Estrato:

Dirección de la edificación:

Números de pisos:

Presupuesto inicial:

Costo total del proyecto:

Tiempo de ejecución:

Fecha de iniciación:

- a. Cursos, Seminarios, Diplomados, Especializaciones, otros.
- b. Libros, artículos de revista, noticias.
- c. Internet.
- d. Diálogo o contacto con personal del medio de la construcción.
- e. Otro _____

5. alguna vez ha implementado la metodología LEAN CONSTRUCTION en el desarrollo de un proyecto?

SI

NO

ANEXO B: REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL PROYECTO DEL CASO DE ESTUDIO

Fotografías del estado inicial del terreno



Estado final del proyecto



Vistas desde los Balcones



Fotografías de tiempo no contributivo



Tiempo de Ocio



Detención por espera de materiales (grifería y enchapes)



Daños por una cuadrilla diferente



Reproceso