UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE ESTANDARIZACION Y MEJORA DE PROCESOS DEL
AREA DE GERENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCION
APLICANDO HERRAMIENTAS DE LEAN CONSTRUCTION Y BPM**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR

Majluf Chacón, Yazer Najle (0000-0002-6995-799X)

ASESOR

Castro Rangel, Percy (0000-0001-8512-8625)

Lima, 10 de diciembre de 2019

DEDICATORIA

A mi madre, que siempre me empujó y motivó a seguir creciendo.

Gracias por todo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi familia por el apoyo constante en el desarrollo de este proyecto, a mis profesores por las enseñanzas y consejos, y, por último, a mis amigos, compañeros de trabajo y todas las personas que contribuyeron conmigo de alguna manera.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, tiene como objetivo, disminuir el tiempo de retraso en la entrega de obras de construcción. Cabe mencionar que estos retrasos ocasionan pérdidas y penalidades a la empresa e insatisfacción por parte del cliente. El estudio se basa en desarrollar un método de mejora integral a las áreas de calidad, planificación y procura. Para ello, se detalla la situación actual de la empresa, luego se establecen mejoras a tratar a partir de las causas de los problemas identificados y de esta manera obtener beneficios económicos para la empresa.

Se inicia el trabajo de investigación desarrollando un marco teórico sobre la situación del rubro de construcción y las herramientas y metodologías a emplear, estos ayudarán a entender el contenido del informe. Posteriormente, se describe la situación actual de la empresa, cómo se encuentra organizada, sus unidades de negocio, misión y visión. Por último, se identifican las causas principales de los problemas de las áreas anteriormente mencionadas.

A partir de los problemas identificados, se trabajarán las propuestas de mejoras, las cuales se enfocan en la implementación de las herramientas Business Process Management (BPM), Last Planner (LP) y Visual Management (VM). Evaluando los tiempos de trabajo en una obra realizada en el año 2018 como indicadores para evaluar las posibilidades y poder tomar decisiones a partir de ello mediante la simulación.

Finalmente, este trabajo de investigación busca beneficios económicos mediante la reducción del pago de gastos y penalidades a la empresa mediante la información obtenida del sistema simulado. La metodología BPM reduce un 30% de tiempo a las actividades que se encuentran asociadas, el LP un 15.57% y VM un 33.3%. Por otra parte, el ahorro en pérdidas y penalidades en un escenario conservador equivale un 22.13%.

Palabras Clave: Gestión por procesos, mejora integral, sistema simulado, herramientas.

ABSTRACT

The purpose of this research work is to reduce the time of delay in the delivery of work. It should be mentioned that delays cause losses and penalties to the company. This study is based on developing a method of integral improvement to the areas of quality, planning and procurement. The current situation of the company is detailed, then improvements are established to deal with the causes of identified problems and thus obtain economic benefits for the company.

The research work begins by developing a theoretical framework on the situation of the construction sector and the tools and methodologies to be used; these will help understand the content of the report. Subsequently, the current situation of the company is described: how it is organized, its business units, mission and vision. The main causes of the problems in the aforementioned areas are identified.

Based on the problems identified, proposals for improvements will be worked on, which focus on the implementation of Business Process Management (BPM), Last Planner System (SLP) and Visual Management (VM) tools. Evaluating the work times in a work carried out in 2018 as indicators, this study evaluates the possibilities and is able to make decisions from them through simulation.

Finally, this research work seeks economic benefits by reducing the payment of expenses and penalties to the company through the information obtained from the simulated system. The BPM methodology reduces the associated activities by 30% of time, the LP 15.57% and VM 33.3%. On the other hand, the savings in losses and penalties in a conservative scenario are equivalent to 22.13%.

Key Words: Business Process Management, Last Planner System, Visual Management, theoretical framework.

TABLA DE CONTENIDO

1. CAPITULO I: ESTADO DEL ARTE / MARCO TEÓRICO 16

1.1.	Antecedentes	16
1.1.1.	Problema.	19
1.1.2.	Importancia del problema.	20
1.1.3.	Objetivos.	21
1.1.3.1.	Objetivo general.....	21
1.1.3.2.	Objetivos específicos.	21
1.1.4.	Propuesta.....	22

1.1.5.	Organización de la tesis.	22
1.2.	Marco teórico	23
1.2.1.	Gestión por procesos.....	23
1.2.1.1.	¿Qué es un proceso?.....	23
1.2.1.2.	Gestión por procesos.....	23
1.2.2.	Cadena de valor.....	25
1.2.3.	Mapa de procesos.....	25
1.2.4.	Normalización de procesos.	26
1.2.5.	Lean manufacturing.	27
1.2.5.1.	5'S.....	29
1.3	Estado del arte.....	31
1.3.1	Artículo 1	31
1.3.2	Artículo 2	37
1.3.3	Artículo 3	42
1.3.4	Artículo 4	54
1.3.5	Artículo 5	59
1.3.6	Artículo 6	63
1.4	Marco normativo.....	66
1.4.1	Base legal actual.	66
1.4.2	Razón de base legal.....	67
2.	CAPITULO II: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	68
2.1.	Empresa.....	68
2.1.1.	Descripción.	68
2.1.2.	Ubicación.	69
2.1.3.	Misión.	70
2.1.4.	Visión.....	70
2.1.5.	Organigrama.	71
2.1.6.	Productos.....	73
2.1.7.	Clientes.	75
2.1.8.	Competidores.	77

➤ CBRE	77
➤ GCAP Ingenieros	77
➤ DRRP Arquitectura.....	77
➤ Eddico	78
2.1.9. Proveedores.....	78
2.2. Proceso del área de gerencia de proyectos.....	85
2.2.1. Flujograma de operaciones del proceso.....	87
2.3. Diagnóstico de la situación actual de la empresa.....	90
2.3.1. Días de retraso por proyecto.	90
2.3.2. Impacto económico.	93
2.3.3. Causas del problema.	94
2.3.3.1. Causas de las observaciones del promotor por incumplimientos técnicos.	100
2.3.3.2. Causas del problema de los reprocesos por fallos en la construcción.	103
2.3.3.3. Causas del problema en la ruta crítica por incumplimiento en la entrega de materiales importados.	106
2.3.4. Matriz de priorización de causas.....	108
2.3.5. Matriz de enfrentamiento de las causas	109
2.3.6 Árbol de problemas.....	113
2.4. Hipótesis	114
2.5. Vinculación de causa con la solución	115
2.6. Diseño de la propuesta	117
2.7. Conclusión	117
3. CAPÍTULO III: PROPUESTA DE MEJORA	119
3.1. Diseño de la propuesta general	119
3.1.1 Primera propuesta de mejora – proceso de calidad.....	121
3.1.2 Segunda propuesta de mejora – proceso de planificación.	124
3.1.3 Tercera propuesta de mejora – proceso de procura.	127
3.2 Implementación de propuestas de mejora.....	129
3.2.1 Implementación del BPM para la estandarización de los procesos.	129
3.2.2 Implementación del visual management para el seguimiento y control de los procesos.....	145

3.2.3	Indicadores para la evaluación funcional de la propuesta.	149
3.3	BENCHMARKING	151
3.4	Consideraciones para la implementación de las mejoras.....	152
3.5	Cronograma de implementación de las mejoras	153
4.	CAPÍTULO IV: VALIDACIÓN DEL MODELO	155
4.1	Implementación.....	155
4.1.1	Desarrollo del primer modelo.	155
4.1.2	Resultados del modelo actual.....	166
4.1.3	Resultados del modelo con la mejora.	167
4.2	Evaluación económica	170
4.3	Análisis de sensibilidad del proyecto.....	177
4.4	Conclusiones	178
	BIBLIOGRAFÍA	181
	ANEXOS	185

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Evolución del Índice Mensual de la Producción Nacional - Setiembre 2018</i>	16
Tabla 2: Índice Mensual de la Actividad en el Sector Construcción - PBI de Construcción	17
Tabla 3: Factores de riesgo que afectan el tiempo, sus índices y valores de PET	35
Tabla 4: Actividades y observaciones durante la ejecución del proyecto	36
Tabla 5: Resumen de entrevistas realizadas.....	39
Tabla 6: Detalles de las variaciones de cada parámetro	52
Tabla 7: Resultados de los diferentes escenarios para un turno.....	53
Tabla 8: Área intervenida por proyecto en el año 2015	75
Tabla 9: Área intervenida por proyecto en el año 2016.....	75
Tabla 10: Área intervenida por proyecto en el año 2017.....	75
Tabla 11: Área intervenida por proyecto en el año 2018.....	76
Tabla 12: Proveedores de la empresa.....	78
Tabla 13: Resumen de las áreas intervenidas y valor de proyectos por año	90
Tabla 14: Porcentaje de retraso por proyecto en el año 2015	90
Tabla 15: Porcentaje de retraso por proyecto en el año 2016	91
Tabla 16: Porcentaje de retraso por proyecto en el año 2017	91
Tabla 17: Porcentaje de retraso por proyecto en el año 2018	92
Tabla 18: Penalidades y gastos adicionales del año 2015 al 2018.....	93
Tabla 19: Penalidades y gastos adicionales por proyecto del año 2018	94
Tabla 20: Porcentaje de retraso por motivo	98
Tabla 21: Matriz de priorización de causas	108
Tabla 22: Resultado de la matriz de priorización de causas	109
Tabla 23: Hoja de proceso para el proceso de gestión del cronograma.....	131
Tabla 24: Hoja de proceso para el proceso de gestión de procura.....	133
Tabla 25: Hoja de proceso para el proceso de gestión de calidad	135
Tabla 26: Casos de éxito	151
Tabla 27: Determinación de la cantidad de días de retraso aplicando las mejoras.....	168
Tabla 28: Total gastos de penalidad en los últimos tres años	170
Tabla 29: Penalidades proyectadas en dólares y moneda local	171

Tabla 30: Requerimiento de Hardware	172
Tabla 31: Requerimientos de Software	173
Tabla 32: Costo de taller por fase de implementación de VM	174
Tabla 33: Costo por materiales por fase de implementación de VM.....	174
Tabla 34: Tabla resumen de costos por fase de implementación de VM	175
Tabla 35: Tabla resumen proyectada de inversiones a realizar por año	175
Tabla 36: Tabla resumen proyectada de los gastos a implementar por año en miles de soles ...	176
Tabla 37: Ingresos proyectados en miles de soles para los siguientes años	176
Tabla 38: Flujo de caja proyectado en los siguientes cinco años en miles de soles	176
Tabla 39: Indicadores económicos.....	177
Tabla 40: Tabla resumen de indicadores en distintos escenarios	177

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Variación acumulada de la Producción del Sector Construcción 2009 – 2018 (Enero-Setiembre)	18
Figura 2: Composición de la población ocupada, según ramas de actividad 2008 y 2017 (Porcentajes)	19
Figura 3: Adaptación actualizada de la casa de Toyota.....	29
Figura 4: Pasos para implementar la metodología.....	32
Figura 5: Estructura de codificación de los datos extraídos	40
Figura 6: Principales pasos del análisis	45
Figura 7: Causas raíz de la baja productividad	46
Figura 8: Mecanismo en ejecución inicializado.....	48
Figura 9: Proceso de decisión de reposición regular	49
Figura 10: Creación de orden y elección de camino.....	50
Figura 11: Etapas de la adopción de BPM.....	64
Figura 12: Ubicación de las oficinas.....	70
Figura 13: Organigrama de las unidades de negocio.....	71
Figura 14: Organigrama de la Gerencia de Proyectos y Construcción.....	72
Figura 15: Diseño e Implementación de Oficinas - Imagen 1	74
Figura 16: Diseño e Implementación de Oficinas - Imagen 2	74
Figura 17: Área intervenida del año 2015 al 2018.....	76
Figura 18: Flujograma del proceso del área de Gerencia de Proyectos.....	89
Figura 19: Diagrama de Ishikawa respecto a los retrasos en la entrega de proyectos	95
Figura 20: Pareto sobre los motivos de retraso en obra	99
Figura 21: Diagrama de Ishikawa respecto a los reprocesos en acabado	100
Figura 22: Diagrama de Ishikawa respecto a la demora en la respuesta en la atención de imprevistos o cambios.....	103
Figura 23: Diagrama de Ishikawa respecto a los retrasos en la entrega de equipos y materiales.....	106
Figura 24: Diagrama de árbol de problemas.....	113
Figura 25: Vinculación de las causas con solución	116
Figura 26: Artículos utilizados para elaborar diseño de propuesta.....	117

Figura 27: Sistema Last Planner	120
Figura 28: Propuesta general de mejora.....	121
Figura 29: Fases a seguir para la implementación de BPM - Proceso de Calidad.....	122
Figura 30: Pasos para la implementación del sistema BPM - Proceso de Calidad.....	123
Figura 31: Fases a seguir para la implementación de VM - Proceso de Calidad.....	123
Figura 32: Fases a seguir para la implementación de LP - Proceso de Planificación.....	125
Figura 33: Fases a seguir para la implementación de BPM - Proceso de Planificación.....	126
Figura 34: Pasos para la implementación del sistema BPM - Proceso de Planificación	126
Figura 35: Fases a seguir para la implementación de VM - Proceso de Planificación.....	127
Figura 36: Fases a seguir para la implementación de BPM - Proceso de Procura.....	128
Figura 37: Pasos para la implementación del sistema BPM - Proceso de Procura.....	128
Figura 38: Fases a seguir para la implementación de VM - Proceso de Procura.....	129
Figura 39: Diagrama de flujo para el proceso de gestión del cronograma	132
Figura 40: Diagrama de flujo para el proceso de gestión de procura	134
Figura 41: Diagrama de flujo para el proceso de gestión de calidad.....	136
Figura 42: Modelado del proceso de gestión del cronograma en BPM.....	138
Figura 43: Modelado del proceso de gestión de procura en BPM.....	140
Figura 44: Modelado del proceso de gestión de la calidad en BPM.....	143
Figura 45: Acta de reunión de los talleres	146
Figura 46: Ficha Indicador para el porcentaje de demora sobre tiempo planificado.....	150
Figura 47: Cronograma de implementación de las propuestas de mejora	154
Figura 48: Primer modelo en Arena.....	156
Figura 49: Definición del block CREATE.....	157
Figura 50: Asignación del atributo numproyecto	158
Figura 51: Ingreso de tiempo planificado de cada proyecto de obra	159
Figura 52: Ingreso de la duración del proyecto en el block DELAY	160
Figura 53: Determinación del tiempo transcurrido de obra (planificado)	161
Figura 54: Asignación de problemas a las obras	162
Figura 55: Asignación de las causas en función a los problemas	163
Figura 56: Asignación de porcentajes de mejora según la causa que se desea atacar	164
Figura 57: Definición de días de demora por proyecto.....	165

Figura 58: Definición del tiempo adicional al tiempo planificado	166
Figura 59: Resultados de la corrida del modelo actual	167
Figura 60: Comparación de los Resultados con y sin mejora.....	168
Figura 61: Cronograma de obra en Ms Project.....	169
Figura 62: Regresión lineal para el costo de penalidades	171

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Hojas de control del área de Gerencia de Proyectos del año 2018	185
Anexo 2: Actividades que forman parte de elaboración del proyecto	196
Anexo 4: Actividades que forman parte de concurso para la implementación de oficinas	197
Anexo 5: Actividades que forman parte de trabajos preliminares	197
Anexo 6: Actividades que forman parte de obras provisionales.....	197
Anexo 7: Actividades que forman parte de sistema de DryWall en tabiques.....	198
Anexo 8: Actividades que forman parte del sistema de DryWall en techos.....	198
Anexo 9: Actividades que forman parte de las instalaciones eléctricas	198
Anexo 10: Actividades que forman parte de las instalaciones sanitarias	199
Anexo 11: Actividades que forman parte del sistema de aire acondicionado	199
Anexo 12: Actividades que forman parte del sistema de alarma contra incendio	200
Anexo 13: Actividades que forman parte del sistema de agua contra incendio	200
Anexo 14: Actividades que forman parte de pintura	201
Anexo 15: Actividades de luminarias	201
Anexo 16: Actividades que forman parte de cristal templado.....	201
Anexo 17: Actividades que forman parte de zócalos.....	202
Anexo 18: Actividades que forman parte de puertas contra placadas	202
Anexo 19: Actividades que forman parte de aparatos sanitarios y accesorios de baño.....	202
Anexo 20: Actividades que forman parte de mobiliario	202

CAPITULO I: ESTADO DEL ARTE / MARCO TEÓRICO

En este primer capítulo, se presentarán conceptos teóricos, los cuales serán usados como referencias en el presente trabajo. Este capítulo está estructurado en cuatro partes bien desarrolladas. La primera, es sobre la situación actual del mercado en el Perú. La segunda parte, trata sobre el marco conceptual, en el cual se definen las metodologías y herramientas a emplear en el presente trabajo. La tercera, contiene el estado del arte, en donde se presentarán ejemplos de la implementación de algunas de las metodologías descritas en la segunda parte. Finalmente, en la cuarta parte, se presenta el marco normativo, en él se expondrán todas las normas o leyes que rigen en el rubro de la empresa, tales como la ley de seguridad, salud en el trabajo, entre otros.

1.1. Antecedentes

En el Perú, el sector de la construcción se ha convertido en una de las actividades económicas más importantes, aportando al desarrollo y crecimiento sostenible, tal como se puede observar en la Tabla N°1, el cual es una medición del bienestar económico nacional.

Tabla 1: Evolución del Índice Mensual de la Producción Nacional - Setiembre 2018

SECTOR	PONDERACIÓN 1/	VARIACIÓN PORCENTUAL		
		2018/2017		OCT 17 - SET 18 /
		SETIEMBRE	ENERO - SETIEMBRE	OCT 16 - SET 17
Economía Total	100.00	2.13	3.64	3.30
DI - Otros Impuestos a los Productos	8.29	-0.55	3.67	3.72
Total Industrias (Producción)	91.71	2.37	3.64	3.26
Agropecuaria	5.97	4.40	7.92	7.13
Pesca	0.74	19.68	17.86	-1.68
Minería e Hidrocarburos	14.36	0.90	-1.01	0.00
Manufactura	16.52	1.19	4.33	1.77
Electricidad, Gas y Agua	1.72	3.40	3.34	2.55
Construcción	5.10	-2.90	4.18	5.62
Comercio	10.18	1.41	2.70	2.44
Transporte, Almacenamiento, Correo y Mensajería	4.97	4.49	5.35	5.10
Alojamiento y Restaurantes	2.86	4.25	3.33	2.88
Telecomunicaciones y Otros Servicios de Información	2.66	4.24	4.86	5.44
Financiero y Seguros	3.22	4.00	5.81	5.31
Servicios Prestados a Empresas	4.24	3.11	3.23	2.81
Administración Pública, Defensa y otros	4.29	4.96	4.38	4.27
Otros Servicios 2	14.89	3.59	3.93	3.84

Fuente: INEI - Instituto Nacional de Estadística e Informática

Como se puede observar en la Tabla N° 1, la construcción es el quinto sector con mayor participación en el PBI Nacional. La industria de la construcción se diferencia con las demás por

las actividades que se realizan y el costo que involucran, generan una gran cantidad de empleo contratando ingenieros, arquitectos, personal técnico que dirige el trabajo en campo, supervisores, operarios, entre otros. Al mismo tiempo este sector involucra a fabricantes y distribuidores de materiales y equipos pesados. Por lo tanto, el sector de construcción debe considerarse, desde la actividad de los profesionales proyectista hasta la de los productores de insumos, como generador de una gran cantidad de puestos de trabajo.

Tabla 2: Índice Mensual de la Actividad en el Sector Construcción - PBI de Construcción

Variación porcentual (%) respecto a igual mes del año anterior												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2018	7.84%	7.92%	0.03%	10.55%								
2017	-5.26%	-6.89%	-3.81%	-8.00%	-3.91%	3.49%	3.80%	4.78%	8.94%	14.25%	5.33%	6.62%
2016	-2.67%	5.37%	3.45%	1.36%	5.55%	-3.78%	-7.53%	1.33%	-3.81%	-16.51%	-8.69%	-4.19%
2015	-2.98%	-9.88%	-7.75%	-8.57%	-13.56%	-3.15%	-6.69%	-8.12%	-4.87%	-1.26%	-6.57%	0.08%
2014	3.20%	9.78%	3.06%	-8.89%	4.75%	3.13%	-6.02%	-3.73%	6.93%	-3.18%	3.68%	4.98%

Fuente: INEI - Instituto Nacional de Estadística e Informática

Como se puede observar en la Tabla N°2, la variación del PBI del sector construcción es muy variable, ya que en muchos años ha incrementado y otros ha disminuido. Sin embargo, en el último año se ha mantenido en un considerable aumento y se espera que en estos próximos meses se mantenga dicha tendencia.

Según datos del último informe del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en el periodo del año 2018 de enero a setiembre hubo un incremento del 4.18% en el sector construcción respecto al año anterior, esto es el resultado a que el avance físico de obras creció en 4.45% y el consumo interno de cemento en 4.16%, debido al incremento de la inversión del Gobierno Regional y Gobierno Local. En el último año creció la inversión en Obras de Prevención de Riesgo, donde destaca la obra de rehabilitación del sistema de agua potable en Piura. También se incrementó la inversión en Servicios Básicos, destacando la instalación de agua potable y alcantarillado sanitario en la nueva ciudad de Olmos – Lambayeque. Igualmente, aumentó la Construcción de Edificios no Residenciales, destacando las obras de creación de los servicios de La Villa Panamericana en el distrito de Villa El Salvador y mejoramiento de los servicios deportivos de la Villa Deportiva Nacional – Videna.

**Figura 1: Variación acumulada de la Producción del Sector Construcción
2009 – 2018 (Enero-Setiembre)**

(*) Respecto a similar periodo del año anterior

Fuente: INEI - Instituto Nacional de Estadística e Informática

Según información recabada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, la población ocupada según ramas de actividad al año 2017 está conformada de la siguiente manera: la agricultura, pesca y minería compone el 25.8% (4 millones 268 mil 600 personas) de trabajadores del país; el comercio es otro sector importante que concentra al 18.8% (3 millones 109 mil 400 personas) de trabajadores, la actividad manufactura reúne al 9.4% (1 millón 550 mil 700 personas) y transportes y comunicaciones agrupa al 8.6%, entre los principales. Respecto a los datos del año 2008, la participación de la población ocupada que trabaja en actividades primarias (agricultura, pesca y minería) y manufactura disminuyeron en 2.9 y 1.6 puntos porcentuales. Por otro lado, sectores como transportes y comunicaciones, hoteles y restaurantes, construcción, comercio y otros servicios se incrementaron.

**Figura 2: Composición de la población ocupada, según ramas de actividad
2008 y 2017 (Porcentajes)**

1/ Incluye: Electricidad, Gas y Agua, Intermediación Financiera, Actividades de Servicios Sociales, Administración Pública, Defensa, Enseñanza, entre los principales.

Fuente: INEI - Instituto Nacional de Estadística e Informática

1.1.1. Problema.

El retraso en la entrega de proyectos, se puede relacionar a una mala planificación y ejecución por parte de los empleados y método de trabajo en la empresa.

Según el arquitecto Iván Osuna Motta, director del programa de arquitectura de la Pontificia Universidad Javeriana Cali, “la mayoría de obras se atrasan más del 50% del tiempo previsto por causas atribuidas al contratista o constructor, al contratante o propietarios, y otras imprevistas”.

A continuación, se detallarán 5 factores que retrasan una obra según el arquitecto Osuna:

- **Mala planificación del cronograma**

Muchas obras inician sin tener todos los planos para ejecutar la construcción y dejan aspectos para decidir durante el proceso y en la mayoría hay que realizar modificaciones, lo cual se traduce en retrasos y sobrecostos. Normalmente hay dificultades en el diseño y en el momento de ejecutar la construcción se ve esa inconsistencia y mientras se encuentra la solución que permite articular bien los diferentes componentes, se genera un retraso.

- **Estudios insuficientes del terreno**

Inconsistencia entre la información que se tiene y la real sobre el terreno. El arquitecto Osuna menciona: “si se llega al terreno y este es distinto a lo que se tenía en los planos es porque se hizo un levantamiento topográfico inadecuado”.

- **No hacer un adecuado seguimiento**

Durante la ejecución de una obra se debe realizar un control y seguimiento eficiente, de manera que se puedan realizar ajustes a tiempo que no ocasionen retrasos. Según el profesional Orlando Rincón, hay que tener un muy buen plan de control de calidad, que permita identificar problemas o errores de manera temprana, para así implementar acciones correctivas de manera eficiente, sin que se afecte la programación. Esto es posible si se dispone del personal idóneo.

- **Falta de materiales**

En algunos casos la disponibilidad de recursos o materiales no es suficiente, como ocurre en algunas zonas del país donde se requiere cubrir grandes distancias para el transporte de estos insumos, lo que puede ocasionar demoras y sobre costos.

- **Condiciones climáticas**

Hay obras que son sensibles a las condiciones climáticas imperantes y solo se pueden ejecutar bajo ciertas restricciones de precipitación y/o temperatura. Cambios en los regímenes de lluvia, por ejemplo, pueden generar alteración significativa en los cronogramas previstos.

En resumen, existen diversas razones por las que la mayoría de proyectos de obra sufren retrasos en la fecha de entrega, lo cual ocasiona sobre costos por penalidades a pagar. Por ello, se analizará la situación de la empresa para disminuir los tiempos de retraso en sus proyectos de construcción.

1.1.2. Importancia del problema.

Según lo mencionado anteriormente, en los últimos meses se estuvo incrementando la cantidad de proyectos de obra de construcción en el Perú. Lo cual ocasiona que la empresa requiera de mejor personal y método de trabajo para poder competir con las demás empresas de

construcción. Los clientes, al tener una cartera de empresas posibles a los que recurrir para realizar un proyecto de construcción, optan por las empresas que ofrezcan un mejor servicio, en el menor tiempo y costo posible. Para ello, se debe organizar una mejora en los procesos iniciales para generar el mayor rendimiento posible y evitar pérdidas. En el Perú, es común encontrar que durante la etapa de ingeniería conceptual y básica de un proyecto se realicen cambios y correcciones a los diseños, los cuales generan ampliaciones de plazo y adicionales de obra. De modo complementario, una vez terminada la construcción e iniciada la etapa de operación, los clientes y/o usuarios encuentran en él, una serie de carencias de funcionalidad, que se ven reflejados en altos costos operativos, de energía y mantenimiento.

Esta investigación tiene como objetivo implementar mejoras en los procesos de planificación y gestión en la etapa inicial de implementación de proyectos de obras de construcción del área de Gerencia de Proyectos de la empresa, así como un control y seguimiento en plena ejecución de obra.

1.1.3. Objetivos.

1.1.3.1. Objetivo general.

Realizar un trabajo de investigación aplicada, el cual busque implementar mejoras en los procesos de planificación y gestión en la etapa inicial de implementación de proyectos de obras de construcción del área de Gerencia de Proyectos de la empresa, así como un control y seguimiento en plena ejecución de obra. Este trabajo de investigación aplicada contribuirá a mejorar la planificación de proyectos de obra y reducir los retrasos por entrega de proyectos finales.

1.1.3.2. Objetivos específicos.

- **Objetivo Específico 1 - Marco teórico**

Realizar una investigación en búsqueda de información relevante para el sustento de la tesis. La información provendrá de fuentes bibliográficas, artículos científicos e investigaciones académicas pasadas.

- **Objetivo 2 – Diagnóstico**

Realizar un análisis de los procesos del área Gerencia de Proyectos de la empresa, para encontrar el problema; las causas y efectos tales como desprestigio y costos que tienen las deficiencias en los proyectos realizados o falta de estandarización. El análisis se realizará a partir de la recolección de información actual e histórica.

- **Objetivo 3 - Propuestas**

Desarrollar e implementar propuestas de mejora en la planificación y gestión en el área de Gerencia de Proyectos. La propuesta busca estandarizar y mejorar los procesos; además, realizar constantes capacitaciones asegurando el aprendizaje continuo de los trabajadores del área en estudio para resolver en su totalidad o de forma parcial el problema de retrasos en la etapa de ejecución de obra, así como la demora en entrega de la misma y costos asociados a ello.

- **Objetivo 4 - Validación**

Realizar las validaciones económica y funcional. El objetivo de estas validaciones es medir el impacto que tendrán las propuestas implementadas en el negocio y su ambiente laboral.

- **Objetivo 5 - Conclusiones y recomendaciones**

Presentar conclusiones en torno a la implementación de las propuestas de mejora de procesos. Además, presentar recomendaciones para los problemas que pueden surgir en el negocio o para mejorar las deficiencias en los otros procesos no contemplados en el estudio.

1.1.4. Propuesta.

“Propuesta de mejora de los procesos de planificación, control, seguimiento y gestión inicial para reducir los retrasos de entrega final de proyectos en una empresa de construcción utilizando las herramientas Business Process Management, Sistema Last Planner y Visual Management”

1.1.5. Organización de la tesis.

El presente trabajo consta de cinco etapas.

- En la primera etapa se realizó la búsqueda de las fuentes de investigación, principalmente de artículos científicos relacionados con las herramientas y metodologías a emplear.

Además, casos de éxitos en la aplicación de las herramientas Business Process Management, Sistema Last Planner y Visual Management que corroboren la funcionalidad de la propuesta de mejora.

- Para la segunda etapa, se procedió a analizar la situación actual de la empresa, el proceso de las actividades, las problemáticas que ocurren en la planificación, control, seguimiento y ejecución de proyectos de obra y las causas que lo originan.
- En la tercera etapa, se estableció y ejecutó las herramientas a implementar para mejorar la productividad de los procesos. Las herramientas a implementar serán Business Process Management, Sistema Last Planner y Visual Management
- Finalmente, en la cuarta etapa se validó el impacto económico de las mejoras aplicadas y en la quinta etapa, se finalizó con las conclusiones y recomendaciones para la mejora continua en el proyecto.

1.2. Marco teórico

En esta parte del primer capítulo se presentarán los conceptos, herramientas y metodologías a emplear en los posteriores capítulos.

1.2.1. Gestión por procesos.

Para comenzar, se definirán los conceptos de las herramientas de gestión por procesos.

1.2.1.1. ¿Qué es un proceso?.

Según Schoknecht, Thaler, Fettke, Oberweis & Laue (2017), “el término proceso se define como una secuencia de acciones llevadas a cabo en un contexto de negocios para la creación de bienes y servicios” (p. 52:2).

Con la definición ya realizada, se definirán e identificarán los procesos más importantes y que agregan valor a la empresa, así como identificar las posibles deficiencias en la empresa en estudio.

1.2.1.2. Gestión por procesos

La gestión de procesos, gestión basada en procesos o Business Process Management (BPM) es una forma de organización en la cual las actividades se enfocan en la necesidad y deseo del

cliente. Los procesos son administrados de manera estructurada y una gestión adecuada mejora el flujo de trabajo para incrementar sus índices de calidad, productividad y excelencia.

Según Páez, Rohvein, Paravie y Jaureguiberry (2017), “se define BPM como todos los esfuerzos de una organización para analizar y mejorar continuamente las actividades fundamentales, tales como la fabricación, comercialización, comunicaciones y otros elementos importantes de las operaciones de la empresa” (p.686).

Según Van Rensburg (2014), menciona:

Para que una organización sobreviva, depende de su “memoria”. Esta “memoria” organizativa se forma a través de la interacción y el repositorio de conocimiento colectivo de sus trabajadores. Conserva un pasado, pero también es actual; y permite pensar y responder a futuros desafíos. La forma en que la gestión de procesos de negocio (BPM) se basa en esta “memoria” tiene un profundo impacto en el rendimiento de la organización, El rol y la posición de BPM en una organización dependen del valor que aporta a la sostenibilidad de la organización. BPM debe garantizar que la estrategia comercial se traduzca de manera adecuada a través de un buen diseño en prácticas de flujo de trabajo operativo. En este contexto, BPM asegurará que las actividades operacionales estén alineadas con las políticas y objetivos tácticos, apoyando la estrategia de negocios. (p. 51)

Según Wang & Wu (2010), mencionan:

El BPM es un factor crítico de éxito porque la eficiencia y la eficacia de los procesos comerciales subyacentes se han convertido en la principal fuente de ventaja competitiva de las empresas, (...). El diseño del proceso es la base y el componente más crítico de BPM, donde los nuevos procesos de negocios se desarrollan para resolver problemas de negocios específicos y/o procesos existentes se revisan para mejorar su desempeño. (p. 12:97)

De acuerdo a lo expuesto anteriormente por los investigadores, la gestión de procesos o Business Process Management (BPM) es la integración de procesos que satisfagan las

necesidades de los clientes, que garanticen un adecuado índice de productividad y el éxito de la empresa.

1.2.2. Cadena de valor

La cadena de valor es una representación gráfica, en el cual se muestran las actividades primarias y actividades de soporte de la empresa. Las actividades primarias están compuestas por la logística interna, operaciones, distribución y logística externa, ventas y marketing, y servicio. Mientras las actividades de soporte están compuestas por la infraestructura de la empresa, administración de los recursos humanos, desarrollo de la tecnología y adquisición (compras).

La cadena de valor descompone las actividades estratégicas que aportan valor a la empresa y ocasionan una ventaja competitiva. Según Rhemann (2017), menciona:

La cadena de valor ha sido seleccionada para examinar más de cerca la relevancia de los componentes y procesos organizacionales comunes. La “cadena de valor”, que debe su linaje al Dr. Michael Porter, retrata una serie de vínculos comerciales y su representación de valor en cada paso del proceso (Porter, 1985). La cadena de valor ha sido tradicionalmente utilizada por corporaciones y organizaciones para la planificación estratégica para comprender cómo cada actividad aporta valor al proceso en general. (p.27)

Según lo mencionado anteriormente, la cadena de valor menciona las actividades principales de la empresa y aquellas que agregan valor para el cliente. En consecuencia, se aplicará esta herramienta en el capítulo 2 del presente estudio.

1.2.3. Mapa de procesos.

El mapa de procesos es una representación gráfica que muestra la interrelación de los procesos que ocurren dentro de la empresa.

Según Salvador & Fernández (2012), mencionan:

Para desarrollar un mapa de procesos se deben realizar dos acciones, la primera es identificar los procesos y el segundo es determinar la secuencia e interacciones entre

ellos. En la primera fase, se obtiene una visión global de las tareas realizadas en el servicio y conseguir la información necesaria para identificar los procesos y sus responsables. Posteriormente, la segunda fase consiste en definir, estructurar y describir las tareas, actividades y registros utilizados en cada proceso, secuenciarlas en diagramas de flujo y plasmar todo en un procedimiento. La redacción inicial de cada procedimiento dio paso a una fase iterativa de revisión y depuración con el responsable principal de cada proceso y todo el personal implicado en cada procedimiento hasta llegar a su redacción definitiva. Los procesos se definen tres tipos: estratégicos, clave y apoyo. (p. 314)

- **Estratégicos**

Según Salvador & Fernández (2012), “analizan las necesidades de la organización y constituyen las guías adecuadas al resto de procesos para asegurar una respuesta adecuada a dichas necesidades. Definen la misión, la estrategia, la política y los objetivos del sistema” (p. 314).

- **Clave**

Según Salvador & Fernán (2012), “contienen las actividades esenciales que conducen al objetivo final de la organización. Son los que distinguen y caracterizan a la organización y son necesarios para realizar el producto, en este caso, información accesible en la web” (p. 314).

- **De apoyo**

Según Salvador & Fernán (2012), “son los responsables de proveer todos los recursos necesarios en cuanto a personas, equipos, materiales y materia prima. Son los que dan soporte a los procesos clave para que éstos cumplan adecuadamente con su misión” (p. 314).

1.2.4. Normalización de procesos.

Según Fernández de Velasco, en su libro Gestión por Procesos cómo utilizar ISO 9001:2000 para mejorar la gestión de la organización, el uso de diagrama de bloques proporciona una visión clara, sencilla y rápida de un proceso complejo, la normalización de procesos es la actividad encaminada a poner orden en aplicaciones repetitivas que se desarrollan en el ámbito de la industria, la tecnología, la ciencia y la economía. (p.93). Se deben tener en cuenta:

- Las necesidades específicas de la empresa
- El tamaño y la complejidad de la Organización (número de procesos diferentes)
- Las características de los productos y de los procesos.
- Los riesgos de incumplimiento o funcionamiento no predecible

Una de las herramientas para la normalización de procesos es el desarrollo de la “Hoja de Proceso”, el cual se realiza de la siguiente manera:

- Encabezamiento
- Diagrama de flujo del proceso
- Breve descripción de las actividades operativas y de control del proceso
- Ejecutor de cada actividad

1.2.5. Lean manufacturing.

Para comenzar a explicar la importancia de la filosofía Lean Manufacturing o Producción Esbelta, es importante explicar las razones para que una empresa deba mejorar constantemente.

Así lo explica Hong, Yang & Dobrzykowski (2014), quienes explican que:

La adquisición de capacidades competitivas se ha convertido en un criterio crítico para ganar en el mercado competitivo. Las capacidades competitivas se definen como “la fuerza competitiva real o realizada del fabricante en relación con los competidores principales en sus mercados objetivos. Las empresas deben cumplir con los requisitos específicos valorados por los clientes para ganar pedidos específicos sobre los competidores. A lo largo de los años, dichos criterios han pasado de dimensiones convencionales, como bajo costo, buena calidad y entrega rápida y confiable, a factores más sofisticados, como la innovación y el nivel de servicio. (p.700)

La filosofía Lean Manufacturing se basa en la identificación y eliminación de actividades que no agregan valor, además de la búsqueda de mejorar y optimizar continuamente los procesos de una empresa.

Según Randhawa & Ahuja (2017), mencionan:

La filosofía Lean fue desarrollado por primera vez por la compañía Toyota en Japón. Desde la década de 1960, las iniciativas Lean han demostrado ser estrategias de fabricación más importantes para el desarrollo de las organizaciones en todos los sectores. Lean básicamente significa producción sin desperdicio. Su objetivo final es lograr la más alta calidad de producción al costo mínimo. El principio de lean es enfocarse en la extinción de actividades sin valor agregado y aumentar el trabajo de valor agregado según lo requiera el cliente. (p. 948)

Según Morales, Rojas y Hernández (2014), mencionan:

La Producción Esbelta es un paradigma que tiene como base un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de desperdicios. Establece una filosofía de gestión enfocada a la creación de valor, para poder entregar el máximo valor para los clientes, utilizando para ello los mínimos recursos necesarios. Esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizados y capacitados. La creación de valor se focaliza en la reducción de los ocho tipos de desperdicios en productos manufacturados eliminando el desperdicio, mejorando la calidad y reduciendo el tiempo de producción y el costo. Se han identificado ocho tipos de desperdicios que no agregan valor al proceso de manufactura, estos desperdicios son: sobreproducción, inventario, reparación y rechazos, movimientos innecesarios, procesamiento incorrecto, tiempo de espera y talento humano. (p. 184)

Figura 3: Adaptación actualizada de la casa de Toyota

Fuente: Artículo Modelo metodológico de implementación de Lean Manufacturing – Sarria, Fonseca & Bocanegra

Como se puede observar en la Figura N° 3, la filosofía Lean Manufacturing cuenta con una gran cantidad de herramientas y técnicas que eliminan los desperdicios. A continuación, se procederá a explicar las herramientas que se utilizarán en el presente trabajo.

1.2.5.1. 5'S.

Las 5's es una herramienta de Lean Manufacturing que se basa en la creación de buenos hábitos, creando un entorno eficiente y productivo en la empresa.

Según Randhawa & Ahuja (2017), mencionan:

El programa 5S se originó inicialmente en Japón durante 1955-1960, cuando se previó que el Sistema de Producción Toyota afectaría mejoras significativas en el desempeño organizacional. En las etapas iniciales del programa 5S, solo se introdujeron los elementos 1S y 2S del programa 5S (Seiri y Seiton) como un sistema de gestión japonés. Más adelante, durante 1956-1972, los elementos 3S (Seiso) y 4S (Seiketsu) se

desarrollaron aún más para construir la estandarización y eliminar los desperdicios de TPS. El último elemento de 5S fue introducido durante el período 1973-1980. (p. 192)

En otro artículo Randhawa & Ahuja (2015), mencionan:

La técnica de las 5S consta de cinco elementos que actúan como base de un buen sistema de operación. El concepto 5S está destinado a organizar, limpiar, estandarizar y mantener la disciplina de en el lugar de trabajo en la búsqueda de mejoras sostenibles en la productividad, la optimización de costos de eficiencia y la reducción de desechos en una organización. (p. 338)

- **Seiri (Clasificar)**

Según Gupta & Jain (2014), mencionan:

La clasificación es el primer paso de las 5S y su ideal principal es eliminar los elementos innecesarios del lugar de trabajo. (...) Los artículos que no son completamente necesarios se eliminan de la organización. La clasificación ayuda a eliminar herramientas rotas, chatarra, plantillas y accesorios obsoletos. Esto hace que el flujo de artículos sea más suave y los trabajadores trabajen y se muevan fácilmente. (p. 74)

- **Seiton (Ordenar)**

Según Gupta & Jain (2014), mencionan:

“Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar” es una cita adecuada para definir Seiton. Se centra en la segregación de las cosas y el almacenamiento efectivo. (...) La organización de artículos en el lugar correcto hará que las plantillas, accesorios, herramientas y otros recursos sean detectables, perceptibles y fáciles de usar. (p. 75)

- **Seiso (Limpiar)**

Según Hernández & Camargo (2014), mencionan:

La tercera “S” busca definir las condiciones óptimas del entorno de trabajo para mantener el espacio de trabajo en condiciones ideales. La limpieza regular del espacio de trabajo permite a los operadores identificar y eliminar fuentes de suciedad o desorden. La tercera “S” también busca mecanismos para prevenir una estación de trabajo sucia y desordenada. (p. 108)

- **Seiketsu (Estandarizar)**

Según Hernández & Camargo (2014), mencionan:

La estandarización implica distinguir fácilmente una situación normal de una anormal mediante la aplicación de reglas simples visibles para todos los operadores. El propósito de este paso es mantener las tres S anteriores como un estándar que permite a los operadores realizar sus actividades diarias de manera consistente. (p. 108)

- **Shitsuke (Disciplina)**

Según Hernández & Camargo (2014), mencionan:

La disciplina consiste en hacer que cada una de las cinco S funcione permanentemente de acuerdo con las reglas, acuerdos y compromisos que se establecieron para implementar la metodología. (...) Uno de los factores clave para lograr y mantener una implementación exitosa es la ejecución de auditorías periódicas para revelar el estado de cada S. Las auditorías deben centrarse en asegurar que se cumplan las rutinas y los programas específicos. (p. 108)

1.3 Estado del arte

1.3.1 Artículo 1

A continuación, se analizará cada caso de éxito encontrado en nuestra revisión de literatura. Issa, U. H. (2013). Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time. Alexandria Engineering Journal, 52(4), 697–704. doi:10.1016/j.aej.2013.07.003

- **Problema**

Egipto, como país en desarrollo, enfrenta muchos problemas en la industria de la construcción, como la falta de datos previos detallados y documentos relacionados con los riesgos y la falta de adaptación de técnicas modernas para minimizar el efecto de los factores de riesgo en los objetivos de los proyectos de construcción.

- **Motivación**

Los proyectos de construcción involucran varios factores de riesgo que tienen varios impactos en el objetivo de tiempo que pueden llevar a un exceso de tiempo. Este estudio sugiere y aplica una nueva técnica para minimizar el efecto de los factores de riesgo en el tiempo utilizando los principios de construcción *Lean*. La construcción *Lean* se implementa en este estudio utilizando el *Sistema Last Planner* (LPS) a través de la ejecución de un proyecto industrial en Egipto. La evaluación del efecto de usar la nueva herramienta se describe en términos de dos medidas: *Percent Expected Time-overflow* (PET) y *Percent Plan Completed* (PPC). Los factores de riesgo más importantes se identifican y se evalúan, mientras que el PET se cuantifica al inicio del proyecto y durante la ejecución del proyecto utilizando un modelo para la cuantificación de tiempo excedido.

- **Descripción del aporte del autor**

- Identificar los factores de riesgo asociados con el estudio de caso y calcular sus probabilidades de ocurrencia y sus impactos al tiempo al inicio del proyecto, además, realizar el programa maestro del proyecto, incluidas todas las actividades para mostrar (lo que se debe hacer).
- Cuantificar el PET debido al efecto de los factores de riesgo en el momento en que se inicia el proyecto, utiliza un modelo para la cuantificación de tiempo que se explicará más adelante.
- Realizar *look-ahead* de tres semanas para mostrar (lo que se puede hacer) y un *Weekly Work Plan* (WWP) para mostrar (lo que se hará).
- Cuantificar el tiempo excedido esperado debido al efecto de los factores de riesgo al tiempo durante la ejecución del proyecto (cada tres semanas).
- Evaluar los trabajos terminados basados en el plan de trabajo semanal y el *look-ahead* de tres semanas mediante el cálculo del PPC para mostrar (lo que se ha hecho).
- Modificar el calendario maestro y el *look-ahead* de tres semanas basadas en observaciones y soluciones introducidas por las razones y los riesgos.

Figura 4: Pasos para implementar la metodología

Fuente: Usama Hamed Issa (2013). Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time. *Alexandria Engineering* 52, 699.

- **Proceso para resolver el problema**

Los factores de riesgo más críticos que afectan el tiempo del proyecto fueron identificados y desarrollados por el grupo consultor, con la ayuda del representante del propietario y del contratista. Los datos se introducen como probabilidad de ocurrencia e impacto al tiempo para cada factor de riesgo en forma de dos índices: el *Probability Index* (PI) que representa la probabilidad de ocurrencias para un determinado factor de riesgo y el *Impact Index for Time* (IIT) que representa el impacto de un cierto factor de riesgo al tiempo. La forma de estos índices puede introducirse como variables lingüísticas. Los estados de las variables lingüísticas se definen de la siguiente manera: *Very Low* (VL), *Low* (L), *Medium* (M), *High* (H) y *Very High* (VH). Estos datos se utilizan como entrada para el modelo y la salida será PET, que estima el tiempo de ejecución esperado del proyecto en cualquier etapa. Debido a los factores de riesgo esperados al inicio del proyecto.

En este proyecto, se utiliza un enfoque sistemático de la identificación de riesgos y la cuantificación del efecto del riesgo al tiempo. Además, se rediseñan los procedimientos de trabajo y se toman decisiones para superar los efectos de los riesgos y los principales obstáculos

en los trabajos. Para eliminar los efectos de los riesgos, se utilizan la planificación de look-ahead efectiva y gestión de los puntos de transferencia entre diferentes disciplinas.

- **Resultados**

Los resultados mostraron que el tiempo total del proyecto se reduce en un 15,57% debido a la disminución de los valores de PET, mientras que los valores de PPC mejoraron. Esto minimiza y mitiga el efecto de la mayoría de los factores de riesgo en este proyecto debido a la implementación de técnicas de construcción lean. Los resultados demostraron que el modelo de cuantificación es adecuado para evaluar el efecto del uso de técnicas de construcción lean. Además, los resultados mostraron que el valor promedio de PET debido a los factores afectados por las técnicas lean representa el 67% de los valores de PET debido a todos los factores de riesgo minimizados.

Se determinó el PET igual a 22.50% del tiempo total del proyecto. Se espera que, debido al efecto de los factores de riesgo, el proyecto necesite 16 días adicionales más el tiempo original para completar el trabajo. Basado en los resultados y la evaluación de los trabajos durante la ejecución, la probabilidad y los impactos de los factores también se identifican cada tres semanas y el PET se calcula para gestionar el efecto de los elementos del plan incompletos. En la siguiente tabla se muestra la identificación de los factores de riesgo críticos y sus índices para el estudio de caso.

Tabla 3: Factores de riesgo que afectan el tiempo, sus índices y valores de PET

Factores que afectan el tiempo	Al inicio del proyecto		En la semana 4		En la semana 7		En la semana 10	
	PI	IIT	PI	IIT	PI	IIT	PI	IIT
1. Problemas del contratista y experiencia inadecuada	H	VH	VL	VL	VL	VL	0	0
2. Cambio en los precios de los materiales o escalada de precios	M	M	VL	VL	VL	VL	0	0
3. Trabajadores no calificados y baja productividad laboral	H	VH	M	VH	M	H	M	L
4. Uso ineficiente de los equipos	L	L	L	L	VL	VL	0	0
5. Retraso en la ejecución de los pagos de facturas al contratista	L	M	L	M	L	VL	VL	VL
6. Retraso en la compra de material	L	VH	L	H	L	M	VL	L
7. Errores de diseño y adecuación a la naturaleza	L	M	M	M	L	M	VL	VL
8. Problemas del cliente como la burocracia en la organización del cliente	M	M	M	M	M	M	L	M
9. Mecanismo de toma de decisiones inadecuado y lento	H	VH	H	VH	H	M	M	L
10. Mala calidad de los materiales locales	H	VH	H	VH	H	H	M	L
11. Mala coordinación entre las partes	H	H	L	L	L	L	0	0
12. Retrabajo por error en ejecución	H	VH	H	VH	H	H	H	M
13. Alojamiento inadecuado para los trabajadores	M	H	L	L	0	0	0	0
PET utilizando el modelo de cuantificación de tiempo excedido	22.50		15.10		12.35		4.70	

Fuente: Usama Hamed Issa (2013). Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time. *Alexandria Engineering* 52, 700.

En la Tabla N°4 se resume las actividades más importantes y las observaciones positivas y negativas durante la ejecución del proyecto. Las soluciones para cualquier problema son sugeridas introducidas. El programa maestro se modifica cada tres semanas según las sugerencias, los resultados y la evaluación disponible.

Tabla 4: Actividades y observaciones durante la ejecución del proyecto

ACTIVIDADES	OBSERVACIONES NEGATIVAS	OBSERVACIONES POSITIVAS
Semanas 1, 2 y 3		
Trabajos de topografía, excavación para el túnel, apoyo a los lados del suelo excavado mediante muros de contención, trabajos de vertido para la fundación de túneles de PC, fabricación e instalación de barras de refuerzo de cimentación de túneles, trabajos de cimentación para cimientos de túneles RC, trabajos de carpintería para paredes de túneles y fabricación e instalación de túneles barras de refuerzo	<ul style="list-style-type: none"> - Rechazo para la excavación y la grava del consultor - El cliente dudaba en tomar muchas decisiones y hubo problemas por parte de sus representantes - Observaciones por algunos errores de diseño - Retraso en El suministro de materiales - Hubo muchos errores de trabajadores especialmente trabajos de carpintería 	<ul style="list-style-type: none"> - Menos problemas provienen del contratista, no como se esperaba en el inicio del proyecto - No hay aumento en los precios de los materiales - No hay problemas debido al alojamiento de los trabajadores.
Semanas 4, 5 y 6		
Instalación para armaduras de paredes de túneles, trabajos de colada para paredes de túneles, trabajos de carpintería para losas de túneles, fabricación e instalación de barras de armadura para túneles, trabajos de colada para losas de túneles RC y trabajos de aislamiento para elementos de túneles	<ul style="list-style-type: none"> - No mejora la calidad de los materiales (grava) - Hubo algunos errores de los trabajadores - Observaciones por pequeños errores de diseño - El cliente dudaba en tomar muchas decisiones y hubo problemas por parte de sus representantes 	<ul style="list-style-type: none"> - Rediseño para el plan de trabajo y las especificaciones, por ejemplo, utilizando los muros de contención para obras de carpintería de túnel en lugar de carpintería lateral, usando aditivos de concreto para disminuir el tiempo de curado y modificando el paquete de trabajo para combinar el trabajo de las paredes y losas de túnel en una sola obra - Ligeramente mejora en el suministro de material - El problema de alojamiento para los trabajadores desapareció por completo - Mejora en la toma de decisiones del cliente
Semanas 7, 8 y 9		
Relleno de nuevo alrededor del túnel, compactación alrededor del túnel, excavación de cimientos de silos, ajuste de niveles de tierra, trabajos de carpintería para cimientos de silos de PC, trabajos de colada para cimientos de silos de PC, trabajos de carpintería para cimientos de silos RC	<ul style="list-style-type: none"> - La calidad del material todavía no es buena - Hubo algunos errores de los trabajadores - Rechazo a algunas obras, como rellenar de nuevo alrededor del túnel - El cliente dudaba en tomar muchas decisiones y hubo problemas por parte de sus representantes 	<ul style="list-style-type: none"> - Desaparecieron los problemas del contratista - Obtención inmediata de los materiales requeridos - Aumento del número de tripulaciones para obras de fundaciones de silos
Semanas 10, 11 y 12		
Trabajos de carpintería para fundaciones de silos RC, fabricación e instalación de barras de refuerzo de silos, trabajos de vaciado para fundaciones de silos RC, trabajos de aislamiento para fundaciones de silos, instalación y fijación de silos de acero	<ul style="list-style-type: none"> - La calidad del material todavía no es buena - Hubo pequeños errores de trabajadores - El cliente dudaba en tomar algunas decisiones 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumentar las horas de trabajo - Usar bloques de ladrillos en lugar de trabajos de carpintería en una de las fundaciones de silos - Retrasar El aislamiento de la cimentación después de instalar los silos de acero

Fuente: Usama Hamed Issa (2013). Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time. Alexandria Engineering 52,

1.3.2 Artículo 2

Bygballe, L. E., Endresen, M., & Fållun, S. (2018). The role of formal and informal mechanisms in implementing lean principles in construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*. doi: 10.1108/ecam-07-2017-0138

- **Problema**

¿Cuál es el papel de los mecanismos formales e informales en la implementación de la construcción lean?

Para responder la pregunta, el documento se basa en un estudio de caso de la implementación de principios lean innovadores en un proyecto de construcción pública en Noruega. El estudio se enfoca en particular en las implicaciones del proceso de selección del contratista y los acuerdos contractuales (es decir, los mecanismos formales), y la interpretación y el aprendizaje colectivo y en curso del concepto a medida que avanzaba el proyecto (es decir, los mecanismos informales) para la implementación de la construcción lean.

- **Motivación**

Reconociendo que la construcción lean está asociada con una gama de diferentes conceptos, principios, métodos y herramientas, nos centramos aquí en lo que se definió como principios lean en el caso particular estudiado, a saber, un enfoque en la reducción de desperdicios, flujo y carga frontal, y *Lean Takt Time Planning* (TTP). Además de la ubicación conjunta y el uso del *Building Information Modeling* (BIM). Juntos, estos elementos constituyeron el concepto lean utilizado en el proyecto, que representó un modelo innovador de entrega de proyectos para las partes involucradas. Si bien el concepto incluía también el diseño y la planificación lean, nuestro estudio se enfoca en particular en la implementación de la construcción lean y TTP.

- **Descripción del aporte del autor**

El estudio se basó en datos cualitativos, que se recopilaban principalmente durante un período de 12 meses (junio de 2015 a junio de 2016). Los datos se basaron en entrevistas formales y varias horas de conversaciones informales en la sede del cliente y el sitio del proyecto. Uno de los autores pasó una pasantía de dos meses en la empresa cliente durante el verano de 2015, lo que permite conocer en profundidad los procesos. Uno o más de los autores también participaron

en un total de diez seminarios de construcción lean a lo largo de 2015 y 2016, que fueron organizados por la red nacional de construcción lean. Estos seminarios involucraron a un promedio de 35 participantes, tanto de la industria como de la academia, que intercambiaron experiencias y discutieron temas relevantes relacionados con la inclinación en el entorno de la construcción. El proyecto del caso estaba en la agenda formal en dos de los seminarios, donde los representantes de las partes respectivas informaron sobre sus experiencias. En uno de estos seminarios, participaron 80 personas, lo que refleja el interés nacional en el proyecto. Las notas de campo y los resúmenes de estas reuniones complementaron y apoyaron las ideas de las entrevistas y las conversaciones informales. Además, se analizaron los documentos proporcionados por la empresa cliente, incluidos los documentos de licitación, contractuales y de proyectos, y los informes de evaluación. Estos documentos fueron particularmente importantes para comprender los procesos de selección y los trámites relacionados con el proyecto, así como los puntos de vista sobre las lecciones aprendidas. La triangulación de las fuentes de datos permitió la consistencia de los datos y ayudó a garantizar la calidad del estudio.

En total, 21 participantes de la industria fueron entrevistados en 17 entrevistas. Algunos de ellos estuvieron directamente involucrados en el proyecto del caso, mientras que otros fueron entrevistados debido a su experiencia en el diseño magro y su adopción en la industria de la construcción noruega en general. Se entrevistó a representantes de las partes clave involucradas en el proyecto. Estas incluyeron entrevistas con la alta gerencia en la empresa cliente para comprender más sobre el estado de lean dentro de la compañía y los representantes del cliente en el proyecto, conformando el equipo de administración del proyecto del cliente. Además de los *Project Managers* (PM) del cliente, este equipo estaba formado por el arquitecto y los consultores de servicios de ingeniería y gestión de proyectos. Se entrevistó a los contratistas, tanto los que ganaron la licitación como algunos contratistas que no lo hicieron. Esto brindó una base rica para comprender cómo se iniciaron y utilizaron los principios lean, es decir, se implementaron en el proyecto. Las entrevistas continuaron hasta que se alcanzó la saturación, lo que significa que no se agregaron nuevas ideas. El responsable principal del cliente fue la persona de contacto clave durante el estudio, y proporcionó información invaluable más allá de la entrevista formal. Las entrevistas duraron alrededor de una hora.

Tabla 5: Resumen de entrevistas realizadas

Actor	Entrevistas
El cliente	Siete entrevistas, incluyendo al CEO, el director de construcción, el CFO, el propietario del proyecto, el gerente del proyecto y dos gerentes de proyecto asistentes
El arquitecto	Una entrevista con el director del proyecto.
El ingeniero consultor	Una entrevista con el director del proyecto.
El contratista	Una entrevista con el director del proyecto.
El contratista especialista	Una entrevista con el director del proyecto.
Un contratista de construcción (sin ganar la licitación)	Una entrevista conjunta con el CEO, el gerente de HMS / KS / IKT y el gerente del proyecto / cálculos
Un contratista de construcción (sin ganar la licitación)	Una entrevista conjunta con el CEO y el gerente de proyecto
Un contratista especialista (que no gana la licitación)	Una entrevista con el director del proyecto.
Expertos en construcción lean en Noruega (no involucrados en el proyecto)	Tres entrevistas con personas de la industria que se consideran expertos en construcción lean, incluida una entrevista conjunta con dos personas que participaron en otro gran proyecto de construcción pública realizado al mismo tiempo que el proyecto de caso

Fuente: Bygalle Lena Elisabeth, Endresen Maria y Fåln Silje, (2018). The role of formal and informal mechanisms in implementing lean principles in construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(10), 1328.

- **Proceso para resolver el problema**

El análisis se realizó en dos fases. Primero, se creó una descripción general del proyecto general y el proceso de implementación a través de un análisis de primer orden. Esto reveló los problemas dominantes expresados por los participantes en el estudio. La segunda fase involucró un proceso de codificación para identificar conceptos que podrían describir y explicar cómo se llevó a cabo la implementación de la construcción lean. Esto implicó que las entrevistas fueron investigadas en busca de problemas que parecían ser importantes para comprender el proceso de implementación, y se buscaron en entrevistas y documentos posteriores, así como en las observaciones en seminarios. La unidad de análisis fueron las acciones e interacciones de los gerentes en diferentes niveles y, posteriormente, los mecanismos formales (es decir, regulaciones contractuales y sistemas de control) e informales (es decir, dinámicas sociales y confianza) involucrados en estos procesos. Las cuestiones iniciales se examinaron y clasificaron en conceptos de segundo orden, que se relacionaron con temas agregados. Por ejemplo, los enfoques específicos del cliente en el concepto lean y los esfuerzos para facilitar un entendimiento común y asegurar la competencia suficiente se combinaron en el tema agregado

del papel de los mecanismos formales para crear coherencia y limitar el alcance. Para cada tema, los hallazgos de las entrevistas se compararon para capturar puntos de vista conflictivos. Los puntos de vista conflictivos se discutieron tanto entre los investigadores como con los entrevistados durante todo el período de recopilación de datos, lo que garantiza la validez de los hallazgos. Los puntos de vista conflictivos proporcionaron al estudio una rica discusión y hallazgos interesantes. La estructura de codificación final de los hallazgos se resume en la Figura N° 5.

Figura 5: Estructura de codificación de los datos extraídos

Fuente: Bygballe Lena Elisabeth, Endresen Maria y Fålun Silje, (2018). The role of formal and informal mechanisms in implementing lean principles in construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(10), 1329.

Se estableció un *Client Management Team* (CMT) al comienzo del proyecto. Consistía en representantes del cliente (incluido el PM), una empresa de gestión de proyectos, el arquitecto y una empresa de ingeniería. La ambición era lograr que la filosofía Lean permeara el proyecto de principio a fin, incluidos los procesos de planificación y diseño lean y la construcción lean, en la que TTP era el principio clave. Además, se utilizaron la co-localización y BIM. El objetivo era obtener un proyecto lo más magro posible en diseño y construcción, y en todos los niveles y en todas las fases. Se reconoció que lean y TTP requerían un proceso de planificación detallado y una estrecha colaboración entre fiestas. Como resultado, el proyecto se organizó en tres fases de colaboración: contratación (A); descripción y diseño (B); y colaboración y planificación (C). Para lograr un control total sobre lo que la CMT consideraba un proyecto muy complejo, y para cortar el elefante en piezas más pequeñas y manejables, el equipo planificó el 80 por ciento del trabajo de construcción antes de la selección de contratistas. El cliente buscó el control total y la dirección sobre el proyecto y el proceso lean, incluido el *plan de takt*.

TTP significa que cada parte depende de la capacidad de la anterior para completar el trabajo y, posteriormente, se requiere que terminen las actividades para que el comercio posterior pueda comenzar según lo planeado. El *plan de takt* se puede considerar un horario fijo con una holgura mínima. Esto hace que el compromiso colectivo con el plan de trabajo, la adaptación mutua y la colaboración entre los participantes del proyecto sean cruciales para el éxito del proyecto. Para tener éxito con la implementación de los principios lean y el proyecto en general, el cliente inició el desarrollo de un memorando de cooperación lean. Esto sirvió como referencia para todas las partes involucradas en la comprensión de lean y las metas y objetivos del proyecto. Además, todos los participantes contratados debían asistir a un seminario de TTP en el extranjero organizado por la firma de consultoría takt, con quien el primer cliente del cliente se había reunido antes de que comenzara el proyecto. La educación formal no solo se usó para crear coherencia en el concepto, sino también para crear un entendimiento y un compromiso comunes con el concepto.

- **Resultados**

Esto ayudó a crear coherencia en la comprensión de los nuevos conceptos. Los hallazgos también demuestran cómo los mecanismos informales, como las relaciones laterales, la confianza y las normas sociales influyeron en la implementación de los principios lean. Estos ayudaron a crear compromiso con los conceptos. En resumen, los hallazgos amplían la comprensión existente de los procesos de implementación de construcción lean, al mostrar cómo dichos procesos se habilitan mediante la interacción entre mecanismos formales e informales.

Los clientes tienen una gran oportunidad para establecer la dirección de innovaciones como la construcción lean y TTP, y pueden utilizar mecanismos formales para mejorar la coherencia. Los acuerdos contractuales y los criterios de adjudicación son medios importantes para iniciar tales ambiciones, pero las intervenciones estructurales que facilitan el uso real de los nuevos principios en todo el proyecto son igual de importantes. Además, no se debe subestimar el papel de los mecanismos informales en la mejora de la implementación de lean y TTP.

1.3.3 Artículo 3

Bamana F., Lehoux N., & Cloutier C. (2019). Simulation of a Construction Project: Assessing Impact of Just in Time and Lean Principles. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(5), 05019005.doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0001654

- **Problema**

Aunque la prefabricación podría no ser propicia para todos los proyectos de construcción, el estudio de caso considerado en esta investigación concierne la construcción de un edificio de madera de tamaño medio. La madera ha sido reconocida como un material sostenible con una huella ecológica baja debido a su alta retención de carbono (Asociación de Productos Forestales de Canadá 2018). Por lo tanto, es comprensible que los constructores muestran un creciente interés por los productos hechos de madera. Sin embargo, dado que la madera es sensible al clima, manteniéndola en stock en la construcción puede incrementar el costo al mantenerla protegida.

Las entregas *Just-in-time* (Justo a tiempo) de componentes de madera prefabricados podrían entonces reducir estos costos.

- **Motivación**

La prefabricación ha llegado con la esperanza de aprovechar los beneficios de las operaciones de estilo de fábrica, ya que conlleva beneficios como la mejora de la calidad, la reducción de desechos y la construcción más rápida de edificios. Sin embargo, los beneficios de ahorrar tiempo parecen inútiles si la logística del transporte y las entregas de materiales no están bien administradas. Así, la filosofía JIT adaptada para el sector de la construcción se convierte en una interesante vía a considerar. Puede consistir en producir lotes más pequeños de cada componente y enviarlos al sitio en el tiempo de instalación requerido para reducir el desperdicio, disminuir el espacio de almacenamiento en el sitio y cumplir con los plazos y los altos estándares de la industria de la construcción.

Sin embargo, si un camión llega al sitio de construcción y no hay espacio o recursos disponibles para descargar los materiales, el camión y su conductor serán monopolizados. Esta monopolización es costosa para el proveedor o para el contratista principal. Para evitar tales situaciones que contrarrestan las ganancias de tiempo logradas por las entregas prefabricadas y JIT, las herramientas de construcción Lean y el pensamiento también podrían adoptarse para las actividades en el sitio de construcción.

Además, aplicar las entregas perfectas de JIT en la construcción es un poco idealista debido a la interdependencia de las partes interesadas y las condiciones duras y variadas de los sitios de construcción. Por lo tanto, introdujeron el concepto de un JIT modificado en la construcción para garantizar un nivel mínimo de stock de reserva con el fin de amortiguar posibles retrasos

- **Descripción del aporte del autor**

El objetivo de esta investigación es examinar cómo la filosofía JIT podría mejorar la productividad en la industria de la construcción. Más específicamente, los métodos Lean como 5S, tarjetas kanban y gestión visual podrían utilizarse para administrar los sitios de construcción de manera más eficiente; Las entregas de JIT podrían limitar el inventario en el sitio (stock de reserva); y la prefabricación podría reducir el tiempo de construcción en el sitio. Por lo tanto, para proporcionar resultados medibles, se desarrolló un modelo de simulación para determinar el impacto de la combinación de diferentes niveles de (1) métodos Lean, (2) stock de reserva in situ

y (3) prefabricación. La simulación también comparó el uso de solo un turno de día con el uso de turnos de día y de noche. Los indicadores de desempeño monitoreados para cada escenario fueron la duración de la construcción, la escasez y la utilización de mano de obra. Los resultados de la simulación resaltaron las ventajas y desventajas de implementar métodos de administración Lean del 0%, 50% o 100%, manteniendo entre 1 y 4 días de stock de reserva en el sitio de construcción, con 80% o 100% de prefabricación de componentes, y utilizando 1 o 2 equipos de construcción. Además, al combinar diferentes niveles de mejores prácticas, fue posible encontrar la mejor combinación que maximice el rendimiento (es decir, una mayor utilización del trabajo, pero una menor escasez y duración de la construcción).

Dado que los sitios de construcción son sistemas dinámicos con complejos interrelaciones y altas dosis de incertidumbre, la simulación es una herramienta eficaz para determinar el impacto de diferentes parámetros en los resultados de salida.

- **Proceso para resolver el problema**

Primero se realizó un pre análisis para identificar la productividad. Esto ayudó a validar la elección de parámetros para enfocar y combinaciones de escenarios para ser probado con la simulación. El siguiente paso involucró la recolección de datos para desarrollar un modelo de simulación válido y fiable. De esta forma se llevó a cabo el proyecto de construcción reproducido con el modelo de simulación (estado actual) para asegurar la precisión del modelo a través de una verificación y validación ejercicio. Luego, se simularon los escenarios seleccionados para probar el impacto de las entregas JIT, los métodos Lean y la prefabricación.

En la productividad de la construcción el impacto de estos tres conceptos. La duración de la construcción, la utilización de mano de obra y la escasez se analizaron utilizando el enfoque de diseño de experimentos. Finalmente, se propusieron ideas gerenciales junto con una figura resumen para ilustrar los resultados medibles obtenidos de simular un proyecto real de construcción que involucra Lean, JIT, y uso de prefabricación

Figura 6: Principales pasos del análisis

Fuente: Bamana Flora, Lehoux Nadia y Cloutier Caroline. (2019). Simulation of a Construction Project: Assessing Impact of Just-in-Time and Lean Principles. *J. Constr. Eng. Manage.*, 2019, 145(5): 05019005, 3.

Un pre-análisis del proyecto de construcción, validado con el experto quien ayudó a identificar los parámetros que influyen en la productividad y desarrollar un diagrama de Ishikawa resaltando las causas raíz de la baja productividad en este proyecto. Parámetros como el clima dependen más sobre peligros, otros como la ubicación de la construcción depende principalmente de la voluntad del cliente, y otros como la entrega del material dependerá más de la logística detrás de la construcción del proyecto. De hecho, en base al pre análisis y la información disponible en el estudio de caso, fue posible encontrar parámetros y combinaciones de escenarios.

Figura 7: Causas raíz de la baja productividad

Fuente: Bamana Flora, Lehoux Nadia y Cloutier Caroline. (2019). Simulation of a Construction Project: Assessing Impact of Just-in-Time and Lean Principles. *J. Constr. Eng. Manage.*, 2019, 145(5): 05019005, 4.

Para desarrollar un modelo que refleje la construcción real, los datos fueron cuidadosamente recolectados a través de la documentación, así como observaciones en sitio.

El sitio de construcción estaba ubicado en un área espaciosa, permitiendo un espacio para almacenamiento flexible en el sitio. El sitio de construcción se convierte en una estación de montaje donde se encuentran los componentes prefabricados, traídos al sitio para ser ensamblados e instalados. El proceso de construcción comenzó en la planta. Cuando la planta recibió un pedido del sitio de construcción, tomó en promedio 11.5 h (+/- 0.5 h) para tener un camión completo listo para salir de la planta con materiales. Tomó aproximadamente 7.5 h (+/- 0.5 h) para viajar desde la planta al sitio de construcción. Cada vez que el camión llegaba al sitio, la descarga de materiales tomó aproximadamente 7 minutos por palet (+/- 1 minuto). Una vez que los materiales fueron descargados, podrían ser utilizados para erigir el edificio. Los materiales de CLT se mantuvieron en el contenedor dejado en el sitio mientras se almacenaban las cubiertas, estructuras de madera y accesorios en el suelo en una zona de almacenamiento intermedio. Dependiendo del tamaño de los materiales, el tiempo de viaje entre el área de almacenamiento intermedio y el exacto lugar donde se consumieron los materiales tomó entre 10 y 20 minutos. El promedio del punto de reorden fue de 2.33 días. Como se mantiene en el sitio de construcción real.

Al comienzo de la simulación, la ejecución del proceso se crea para tener materiales en el sitio cuando la construcción comienza el primer día. El proceso ilustrado en la figura N°8 muestra cuando mecanismo en ejecución se inicializó. Una creación de orden de entrega es lanzada al inicio de la simulación a través del paso creado. Cuando se crea el pedido, el inventario inicial de cada material se asigna a las variables designadas en el primer paso Asignar, mientras que en el segundo paso Asignar, las cantidades ordenadas de cada material se actualizan. Posteriormente, se envía la orden al búfer del área de almacenamiento para que los materiales estén indicados como disponibles para utilizar. Si algunas cantidades de materiales se indicaron previamente en la definición de las variables, se creará un pedido en el sitio para recoger los Materiales en la zona de amortiguamiento y enviarlos a la primera ubicación de instalación.

Figura 8: Mecanismo en ejecución inicializado

Fuente: Bamana Flora, Lehoux Nadia y Cloutier Caroline. (2019). Simulation of a Construction Project: Assessing Impact of Just-in-Time and Lean Principles. *J. Constr. Eng. Manage.*, 2019, 145(5): 05019005, 5.

La simulación del proyecto de construcción implica el desarrollo de dos subsistemas principales en el modelo: uno para la reposición y uno para la ejecución de actividades en la obra.

Cada subsistema requiere diferentes procesos para ser funcional. En el primer subsistema, la planta llena el área de stock de reserva, basado en el punto de pedido de la sección en la que trabajan los trabajadores en el sitio de construcción. El primer día de construcción comienza con la entrega de materiales para asegurar que los recursos humanos y equipos tales como la grúa, que se alquila caro por hora, no se mantengan inactivos mientras esperan los materiales. En la simulación, variables de estado para cada material se asigna al inventario inicial apropiado y los materiales recibidos se envían al área de almacenamiento intermedio para ser descargado. La empresa utiliza Kanban en el proyecto de construcción para señalar la necesidad de entrega de materiales en sitio. Se activa la reposición de inventario ya sea por debajo del punto medio de pedido (reposición regular) o por debajo de la cantidad necesaria para proceder con la construcción en un subconjunto deseado (reposición irregular). Una lista de materiales requeridos se fabrica para pedir un camión completo de la planta. Aproximadamente 30 pallets

caben en un camión. Actualmente, el total del tiempo requerido para descargar un camión es de 3.5 h. La simulación utiliza así un proceso gradual en el que las paletas se descargan de una en una.

Figura 9: Proceso de decisión de reposición regular

Fuente: Bamana Flora, Lehoux Nadia y Cloutier Caroline. (2019). Simulation of a Construction Project: Assessing Impact of Just-in-Time and Lean Principles. *J. Constr. Eng. Manage.*, 2019, 145(5): 05019005, 6.

En la segunda subsección para la ejecución de actividades, todos los trabajadores comienzan a las 8 a.m., como en el sitio de construcción real: el operador de la grúa, el skytracker, el supervisor de sitio, el trabajador que espera poner materiales en la grúa, y los otros dos trabajadores que utilizan ascensores para instalar la estructura. El lugar exacto donde se encuentran los materiales depende del submontaje y de la sección en la que los trabajadores están trabajando. Por lo tanto, este proceso también gestiona la elección por caminos que el skytracker debe seguir para llegar al lugar correcto de instalación. Con nueve subunidades por sección, 54 diferentes, las rutas se crean en el modelo para ir desde el área de almacenamiento intermedio. A las áreas específicas de montaje en sitio. Dependiendo del tamaño de materiales, el tiempo de viaje entre el área de almacenamiento intermedio y el lugar exacto donde se usan los materiales toma entre 20 y 40 min, lo que lleva al uso de una distribución uniforme (mín y máx). Cada distribución tiene su propio flujo aleatorio, que es, para una distribución, una serie específica de

observaciones aleatorias de esa distribución. Esto asegura que ninguna aleatoriedad adicional agregue más variación de las medidas de rendimiento de salida.

Figura 10: Creación de orden y elección de camino

Fuente: Bamana Flora, Lehoux Nadia y Cloutier Caroline. (2019). Simulation of a Construction Project: Assessing Impact of Just-in-Time and Lean Principles. *J. Constr. Eng. Manage.*, 2019, 145(5): 05019005, 6.

La participación constante del experto de la compañía aseguró que el modelo de simulación desarrollado era válido. La validación del modelo también involucro la comparación de los valores de salida de la simulación con la construcción real. Por ejemplo, el proyecto real duró 26 semanas y la construcción simulada tuvo una duración promedio de 25.92 semanas luego de 10 carreras, lo cual fue aceptable dada la varianza de las distribuciones. De hecho, se realizaron pruebas estadísticas como la prueba de hipótesis para probar la capacidad del modelo en la predicción del sistema real dadas las mismas condiciones (input aplicado, políticas y estrategias) pero diferentes independientes observaciones aleatorias. La prueba de hipótesis fue la siguiente. Dejar H_0 será la hipótesis nula y H_1 la hipótesis alternativa.

$$H_0: E(Y) = \mu_0 = 26 \text{ semanas y } H_1: E(Y) \neq 26 \text{ semanas}$$

Si H_0 es rechazada, el modelo debería ser revisado. De lo contrario no hay razón para pensar que el modelo no es válido. Si $|t_0| > |t|$, entonces H_0 debería ser rechazado y podríamos concluir que es inadecuado para predecir el tiempo de duración de la construcción.

La duración promedio de la construcción para 10 repeticiones fue de 25.92 semanas con una desviación estándar de 0.30 semanas. El nivel de significación $\alpha = 0.05$ y el número de repeticiones $n = 10$. Con la distribución estudiantil.

$$t_{\left(1-\frac{\alpha}{2}; n-1\right)} = t_{(0.025; 9)} = 2.262. \text{ El valor estadístico } t_0 = \frac{E(Y) - \mu_0}{S/\sqrt{n}} = \frac{25.92 - 26}{0.30/\sqrt{10}} \\ = -0.8419. \text{ Uno puede notar que } |t_0| = 0.8419 < |t| = 2.262.$$

Por lo tanto, H_0 no pudo ser rechazado y el modelo fue aceptado como válido. Con 10 repeticiones, se pudo confirmar con el 95% confianza en que el valor real de la duración de la construcción estaba entre 25.70 y 26.13 semanas, mientras que, con 20 repeticiones, uno podría confirmar con un 95% de confianza que el valor real de la construcción. La duración fue de entre 25.78 y 26.06 semanas.

Se cuantificó el nivel de prefabricación de materiales al 80% o al 100%. La Tabla N° 6 describe cuáles son estos dos niveles de prefabricaciones corresponden al sitio de construcción, así en como esto afecta a los parámetros de tiempo de instalación del suben samblaje en la simulación.

El uso de métodos Lean se estimó en 0%, 50% o 100%. En la Tabla N° 6 se resume las técnicas Lean utilizadas en el sitio de construcción para cada nivel e indica los correspondientes parámetros de tiempo de viaje entre el área de almacenamiento intermedio y la ubicación de instalación en la simulación. Se cuantificaron las entregas JIT por el número de días de reserva mantenidos en la construcción en sitio. Los valores evaluados fueron 1, 2, 2.33, 3 o 4 días de valores buffer. Basado en los parámetros reales del sitio de construcción que fueron equivalente a 2,33 días de stock de reserva, 50% de magra y 80% de prefabricación, y representado por el Escenario 0, fue posible crear escenarios haciendo variaciones en estos parámetros, como se muestra en la Tabla N° 6.

Tabla 6: Detalles de las variaciones de cada parámetro

Porcentaje	Descripción
Parámetro de prefabricación	
80	Proyecto de construcción : <ul style="list-style-type: none"> • Área definida para el almacenamiento de materiales, equipos y herramientas de trabajo; • Sistema de clasificación para localizar las piezas necesarias; y • Los trabajadores encuentran piezas rápidamente. Simulación: Los tiempos de instalación para cada subensamblaje corresponden a una distribución triangular aleatoria de (82.6, 83.8, 85) minutos.
100	Proyecto de construcción : <ul style="list-style-type: none"> • Área definida para el almacenamiento de materiales, equipos y herramientas de trabajo; • Sistema de clasificación para localizar las piezas necesarias; y • Los trabajadores encuentran piezas rápidamente. Simulación: Los tiempos de instalación de cada subensamblaje corresponden a una distribución triangular aleatoria de (42.6, 43.8, 45) minutos.
Parámetro magro	
0	Proyecto de construcción: <ul style="list-style-type: none"> • Materiales almacenados donde hay espacio en el sitio; • No hay sistema de clasificación para localizar las piezas necesarias; • Los trabajadores necesitan buscar equipo y materiales; y • Los trabajadores tardan mucho tiempo en encontrar las piezas. Simulación: Los tiempos de viaje entre el área de amortiguación y el área de instalación corresponden a una distribución uniforme aleatoria entre 20 y 40 minutos.
50	Proyecto de construcción : <ul style="list-style-type: none"> • Área definida para el almacenamiento de materiales; • No hay sistema de clasificación para localizar las piezas necesarias; y • Los trabajadores tardan un poco en encontrar piezas. Simulación: Los tiempos de viaje entre el área de amortiguación y el área de instalación corresponden a una distribución uniforme aleatoria entre 10 y 20 minutos.
100	Proyecto de construcción : <ul style="list-style-type: none"> • Área definida para el almacenamiento de materiales, equipos y herramientas de trabajo; • Sistema de clasificación para localizar las piezas necesarias; y • Los trabajadores encuentran piezas rápidamente. Simulación: Los tiempos de viaje entre el área de amortiguación y el área de instalación corresponden a una distribución aleatoria uniforme entre 6 y 12 minutos.

Fuente: Bamana Flora, Lehoux Nadia y Cloutier Caroline. (2019). Simulation of a Construction Project: Assessing Impact of Just-in-Time and Lean Principles. *J. Constr. Eng. Manage.*, 2019, 145(5): 05019005, 7.

En la Tabla N° 7 se presentan los resultados de los diferentes escenarios probados en el Software de simulación para un turno de trabajo. Como se ve en la tabla, el modelo de simulación de estado actual (S0) refleja la realidad de la construcción del edificio de madera de 6 pisos. Un stock de reserva de 2.33 días se mantienen en el sitio de construcción durante toda la construcción,

El tiempo de viaje entre el área de almacenamiento intermedio y la ubicación de la instalación es *Random Uniform* (10,20) min, y el tiempo de instalación es aleatorio. Triangular (82.6, 83, 8,85) min. Promedio. La carrera de simulación terminó a las 26.08 semanas similar al proyecto real. El tiempo promedio de espera en el sitio para la llegada. La duración de los materiales fue de 19,92 h, incluyendo noches, pero excluyendo fines de semana. Dos veces en la simulación, los recursos estaban inactivos en el sitio mientras a la espera de materiales, dejando la utilización media de mano de obra en un 68,9%.

Tabla 7: Resultados de los diferentes escenarios para un turno

INDICADORES CLAVE DE RENDIMIENTO			
ESCENARIO	DURACIÓN (SEMANAS)	UTILIZACIÓN (%)	ESCASEZ
S0	26.09	68.90	2
S1a	33.73	54.90	3
S2a	27.74	36.30	11
S3a	28.33	69.30	5
S4a	21.45	51.50	10
S5a	25.76	76.00	6
S6a	19.51	57.00	14
S7a	33.72	54.20	2
S8a	26.36	35.80	2
S9a	26.09	68.90	2
S10a	17.51	55.00	0
S11a	22.67	78.50	2
S12a	14.39	67.70	0
S13a	33.72	54.20	0
S14a	26.08	36.30	0
S15a	17.47	54.90	0
S16a	22.29	80.90	0
S17a	14.39	67.80	0
S18a	32.35	55.40	0
S19a	26.08	36.30	0
S20a	24.59	72.70	0
S21a	17.49	54.80	0
S22a	22.31	80.90	0
S23a	14.10	67.40	0
S24a	32.06	56.10	0
S25a	26.08	36.30	0
S26a	24.59	72.70	0
S27a	17.47	99.80	0
S28a	22.31	80.50	0
S29a	14.04	67.60	0

Fuente: Bamana Flora, Lehoux Nadia y Cloutier Caroline. (2019). Simulation of a Construction Project: Assessing Impact of Just-in-Time and Lean Principles. *J. Constr. Eng. Manage.*, 2019, 145(5): 05019005, 8.

- Resultados

Para entender completamente las actividades en el sitio de construcción y crear un modelo de simulación efectivo, visitas y mediciones en el sitio, así como entrevistas con los expertos de la compañía, la empresa compartió los datos y la documentación relacionados con la construcción y fue muy colaborativa con el equipo de investigación. Debido a las políticas de confidencialidad de la compañía, todos los datos cuantitativos y resultados presentados en el artículo fueron modificados proporcionalmente con un factor matemático. La construcción real el proyecto se terminó 2 meses antes del inicio de la simulación.

1.3.4 Artículo 4

Denise Ann Brady, Patricia Tzortzopoulos, John Rooke, Carlos Torres Formoso, Algan Tezel, (2018). Improving transparency in construction management: a visual planning and control model. *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 25 Issue: 10, pp.1277-1297, <https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2017-0122>

- **Problema**

La falta de transparencia en los procesos de construcción en los proyectos de construcción a menudo conduce a una comunicación y coordinación deficientes, una orientación deficiente del proceso, una toma de decisiones ineficaz, condiciones de trabajo inseguras, insatisfacción de los trabajadores y estrés y altos niveles de desperdicio y variabilidad en el proceso de construcción

- **Motivación**

En la construcción, las funciones tradicionales de planificación, ejecución y control tienden a estar desconectadas y desequilibradas. La programación tiende a ser sobre enfatizada y, a veces, percibida como sinónimo de la gestión de proyectos en su conjunto. En la gestión tradicional de proyectos, a menudo se adopta un enfoque denominado "gestión como planificación", en el que la creación, revisión e implementación de planes dominan la actividad de gestión. El proceso de planificación y sus resultados no se cuestionan y se supone que lo que se planifica puede llevarse a cabo. Este supuesto ha sido ampliamente criticado ya que generalmente no es posible prever circunstancias emergentes, o mantener una representación integral de ellas. La incertidumbre a menudo se descuida y las acciones necesarias para minimizarla o eliminar sus efectos a menudo no se llevan a cabo.

- **Descripción del aporte del autor**

Analizar un modelo de control y planificación de la producción conocido como el modelo de gestión de construcción Lean (LCM), que aplica una serie de herramientas visuales de forma sistemática al proceso de planificación y control.

- **Proceso para resolver el problema**

VM soporta el flujo de trabajo continuo al mejorar la capacidad de los trabajadores y gerentes para detectar problemas y corregirlos antes de que detengan el sistema. Además, VM puede ayudar a facilitar la flexibilidad necesaria para adaptarse a los cambios a corto plazo en la especificación del producto, el equilibrio de la carga de trabajo y las asignaciones de personal. Por lo tanto, los sistemas VM tienen el potencial de facilitar el flujo de información y la transparencia del proceso en las actividades de planificación y control en la construcción.

El modelo de gestión de construcción Lean (LCM), presentado en este documento, utiliza VM para mejorar la transparencia del proceso en la planificación y el control en la construcción.

En la planificación y el control, son necesarios diferentes niveles de planificación jerárquica porque las decisiones de gestión de la producción difieren mucho con respecto a la duración del tiempo en que persisten sus consecuencias. La planificación a largo plazo está relacionada principalmente con decisiones estratégicas, relacionadas con el establecimiento de objetivos. La planificación a mediano plazo se ocupa de los medios para lograr esos objetivos, que involucran decisiones tácticas dentro de las limitaciones establecidas por decisiones a largo plazo. Finalmente, a nivel operacional, las decisiones a corto plazo abordan el control, moviendo materiales y trabajadores, ajustando procesos y equipos y tomando las acciones necesarias para garantizar que el sistema continúe funcionando hacia su objetivo. Los diferentes horizontes de planificación implican distintas frecuencias de planificación, supuestos de modelado y niveles de detalle. Un desafío importante en cualquier sistema de planificación y control es mantener la coherencia entre los diferentes niveles de toma de decisiones. La aplicación sistemática de VM en la planificación y control de producción es necesaria por las siguientes razones:

- Para facilitar la colaboración y la planificación jerárquica: se requiere una alta capacidad para manejar e intercambiar información, para dirigir, coordinar y comunicar de manera efectiva entre todas las partes involucradas en la realización de un proyecto de construcción. En la ejecución, se necesitan planes transparentes de nivel inferior para facilitar este intercambio de información en tiempo real.
- Para respaldar la mejora continua: es necesario hacer transparentes los flujos de proceso e información entre las diferentes funciones, a fin de comprender completamente las fuentes de errores, identificar mejoras, corregirlas y facilitar la comunicación entre las interfaces durante la implementación.
- Para desarrollar confianza y motivar a los participantes del proceso: los sitios de construcción generalmente tienen pocos mecanismos visuales para inspirar, instruir o motivar a los trabajadores a desempeñar su trabajo de manera más efectiva, eficiente y segura. La transparencia del proceso puede mejorar la claridad de la información sobre la tarea en cuestión y alienta una mayor comunicación entre los participantes.

Las herramientas visuales proporcionan ayudas físicas al flujo de información sobre el proyecto, con el objetivo de hacer que tanto los planes como el trabajo en curso sean transparentes para los participantes. Los principales elementos visuales del modelo son el mapa del proceso general (OPM) (Fase 1), la herramienta PP (Fase 2) y la placa de planificación (Fase 3).

Fase 1: OPA

La OPA se realiza de dos a tres meses antes de que comiencen los trabajos de construcción. Consta de dos a cinco talleres durante los cuales se lleva a cabo un análisis del proceso general del proyecto. Los participantes incluyen planificadores clave, el administrador del sitio, representantes de clientes y el administrador de LCM (que prepara y facilita los talleres). El objetivo de la OPA es producir el primer elemento visual del modelo, el OPM.

La OPM utiliza notas post-it en papel marrón para visualizar: los principales procesos de construcción; sus interdependencias e interfaces; y cualquier restricción identificada. Cada comercio está representado por un color diferente, mientras que las notas post-it de diamante

rosa describen las restricciones percibidas. Las notas post-it están dispuestas a lo largo de dos ejes, el eje x representa la ubicación y el eje y representa el tiempo. Una vez que se completa la OPM, la discusión se centra en las soluciones para la eliminación de restricciones. Estos están documentados en un plan de acción supervisado por el administrador del sitio. Para cada restricción y acción, se define una persona responsable y se establece una fecha de finalización objetivo.

Fase 2: PP

La fase de PP comienza al menos un mes antes de que comience la construcción y continúa durante toda la fase de ejecución. Los talleres mensuales de PP, que involucran a los mismos participantes que en la OPA, y, además, las empresas de construcción, se enfocan en acordar la secuencia de actividades de trabajo y las restricciones que se eliminarán dentro de un plazo de cuatro a seis meses. La herramienta PP es una representación visual de este acuerdo. Está estructurado de acuerdo con las ubicaciones y procesos identificados en la OPM.

Cada comercio tiene su propio color y los bloques de actividad de construcción en el PP reflejan estos colores. Cada actividad se compara con los hitos definidos, como las fechas de entrega del material y las fechas de aprobación; y en contra de la disponibilidad de recursos. Los hitos son acordados por los participantes en el taller de PP. El administrador de LCM o el administrador del sitio facilitan la discusión y aseguran que la secuencia de trabajo esté de acuerdo con el proceso representado en la OPM y que las soluciones a las restricciones hayan sido identificadas y documentadas en la acción Plano.

Fase 3: Fase DP

DP comienza cuando comienza la ejecución. Una sección de tres a cuatro semanas de la herramienta PP es el centro de atención de las reuniones del PD, que se llevan a cabo de forma diaria y semanal y reciben la asistencia de los mismos participantes que en el PP. En preparación para las reuniones semanales (que duran entre 10 y 20 minutos), los paquetes diarios de trabajo que deben completarse se documentan en las tarjetas de y se distribuyen en la pizarra de planificación. En el área de LCM. Las restricciones a resolver se identifican e ingresan en el plan de acción. Además, los recursos necesarios, como grúas, elevadores y contenedores, se identifican y visualizan en un tablero de logística. Un tablero de diseño del sitio adyacente

muestra las áreas asignadas para el almacenamiento de materiales y equipos, manteniendo el sitio ordenado y resolviendo las demandas conflictivas de espacio.

Las reuniones diarias (que duran de 5 a 10 minutos) se centran en las acciones de finalización del trabajo, calidad y mejora del día anterior. El tablero de planificación es la herramienta central en LCM, muestra las tarjetas de planificación y vincula estas y otras herramientas visuales para proporcionar una visión general completa del estado actual del proceso de construcción. De este modo, facilita la coordinación de los equipos de trabajo a nivel operativo.

Los planos codificados por colores resaltan diferentes áreas de la estructura en un diseño. Al comienzo de su turno, los líderes de los equipos de trabajo toman sus tarjetas de planificación de la junta de planificación y las colocan en los planes codificados por colores para indicar a todos dónde se está realizando el trabajo. Cuando se completa el trabajo, el líder del equipo de trabajo da vuelta la tarjeta de planificación, mostrando el reverso verde. Esto inicia un control de calidad indicando al capataz que la tarea se ha completado.

Si la calidad del trabajo es buena, el gerente del sitio vuelve a colocar la tarjeta en la junta de planificación. Si el trabajo no se ha completado correctamente, se define una acción y la tarjeta permanece en el plan hasta que se complete dicha acción. Los datos de KPI, como el rendimiento a tiempo y los resultados de las inspecciones de calidad, se recopilan y analizan durante las reuniones diarias, para facilitar la mejora continua. El KPI de rendimiento a tiempo es una medida del número total de tarjetas completadas en comparación con las planificadas y el KPI de calidad mide la cantidad de problemas de calidad por tarjeta completada.

Cada fase de LCM se diseñó para abordar los desafíos de planificación, ejecución y control de la construcción mediante el uso de herramientas visuales específicas. La OPA (objetivos estratégicos) facilita la participación temprana de las partes interesadas, la identificación del flujo de trabajo óptimo y el control de interdependencia.

El PP (planificación a medio plazo) se ocupa principalmente de identificar y eliminar restricciones. La DP (planificación a corto plazo) se utiliza para la coordinación diaria del trabajo y la resolución de problemas a corto plazo.

- **Resultados**

En cuanto a la utilidad, las entrevistas con los gerentes de LCM indican que se logró una mejora notable en la transparencia, la comunicación y la planificación diaria y que, como

resultado, los requisitos de materiales se definieron mejor y las grúas se utilizaron mejor. Un problema clave antes de la aplicación de LCM fue la mala comunicación sobre los requisitos de materiales entre la ingeniería y la construcción (el detalle de los requisitos a menudo se entregaba demasiado tarde). La visualización del PP ayudó a identificar claramente cuándo se debe entregar la información sobre los requisitos de los materiales y qué restricciones se anticiparon con varias semanas de anticipación. También ayudó a mejorar la comprensión de un proceso altamente complejo y, a su vez, el tiempo de reacción para cambiar y el rendimiento a tiempo (el reconocimiento temprano de las restricciones mejoró la viabilidad laboral). Una planificación más precisa llevó a una reducción en el tiempo de entrega en algunas áreas de las centrales eléctricas (acero principal, acero secundario), en algunos casos hasta por dos meses.

Los datos de KPI se recopilaron en cuatro proyectos de construcción de centrales eléctricas y parecen (durante ciertos períodos) respaldar la opinión del cliente de que se mejoraron la planificación diaria, la utilidad de grúas y la PTO.

1.3.5 Artículo 5

Son, M.-J., & Kim, T. (2013). Implementation of an executable business process management model for the ship hull production design process. *Journal of Marine Science and Technology*, 19(2), 170–184.doi:10.1007/s00773-013-0238-x

- **Problema**

En la industria de la construcción naval el diseño de la producción del casco del barco, una tarea basada en el proceso, requiere la mayor cantidad de horas de trabajo entre todos los procesos de diseño del barco y se acopla directamente con la producción del barco. Anteriormente el avance de cada trabajador era invisible. Por lo tanto, cuando un trabajador renuncia o está ausente, se produce un vacío de trabajo porque es difícil comprender el estado actual del trabajo o, si se capta, es difícil determinar cómo proceder y qué hacer. Además, la capacitación de un nuevo empleado requiere muchas horas de trabajo, y es difícil determinar si el proceso de trabajo se transmite bien o no. Debido a que el proceso no se comparte, si el mismo trabajo se divide entre trabajadores expertos y no expertos, las diferencias en la eficiencia del trabajo y la calidad de los resultados pueden ser las únicas diferencias significativas.

- **Motivación**

La construcción que se realiza sobre la base del diseño del detalle del casco no se puede completar solo a partir del diseño y análisis estructural de la estructura del casco correspondiente. También requiere la confirmación de los colaboradores relevantes del equipo de diseño de equipamiento, la revisión del gerente de la parte de diseño y la aprobación del propietario del barco. Por lo tanto, dependiendo de la dificultad de trabajo y la correlación con el equipo relevante, este proceso puede tardar de 1 mes a 1 año en completarse. La construcción tiene la forma de un dibujo de letra grande, como el tamaño A0 o A1, y puede superar los 7 m de longitud en ciertos casos. El proceso de diseño de la producción del casco requiere más horas de trabajo y producción para completar; por lo tanto, se espera que esta área muestre la mayoría de las mejoras empresariales y las ganancias de productividad cuando se aborda desde la perspectiva de un proceso empresarial.

- **Descripción del aporte del autor**

Ningún estudio ha analizado y presentado el proceso de diseño de la producción del casco del barco desde la perspectiva del flujo de trabajo. Por lo tanto, esta es una de las contribuciones originales de la presente investigación.

- **Proceso para resolver el problema**

El BPM en sí mismo es un proceso con las siguientes seis tareas: descubrimiento (aclaración de cómo funcionan los procesos de negocios), diseño [construcción del *Product Definition Models* (PDM) para procesos de negocios], ejecución (proporcionando servicios de promulgación), operación (interacción con los participantes mientras se monitorean los procesos de negocio), optimización (mejora de PDM) y análisis. Después de que un experto en dominios captura el trabajo correspondiente en la forma de un proceso, un modelador de procesos lo convierte en el modelo BPM para su ejecución en un BPMS. Un motor BPM asigna el modelo de proceso BPM implementado a un usuario final del BPMS, que también está a cargo del trabajo correspondiente en el mundo empresarial real, para crear una instancia de proceso. Cada vez que un participante comienza y completa una tarea, el motor BPM implementa las tareas automáticamente de acuerdo con el proceso. Este tipo de instancias de proceso puede existir para varios participantes, y un solo participante puede tener múltiples instancias de proceso al mismo

tiempo. Incluso dentro de un solo proceso, los participantes pueden ser diferentes para cada tarea. Esto se demuestra mediante el proceso de aprobación: este proceso se realiza cuando diferentes participantes confirman en orden secuencial (por ejemplo, personal, asistente del gerente, gerente y director).

Un BPMS muestra el proceso como un diagrama visible y proporciona las tareas correspondientes al trabajador a cargo. Por lo tanto, los trabajadores de una corporación o departamento que ha adoptado un BPMS realizan tareas asignadas, participan en el proceso de negocios y también ven fácilmente en qué etapa se encuentra su trabajo en el proceso general. Por la misma razón, el gerente también verifica y supervisa el estado en tiempo real del progreso del trabajo, los recursos humanos y los materiales del proyecto.

El proceso de diseño de la producción del casco del barco comienza con la emisión de la construcción, que es la salida del diseño de detalle del casco. El diseño de producción se realiza para que el trabajo sea conveniente para los astilleros; Con el fin de mejorar la productividad, las tareas se configuran en bloques de la misma manera que se utiliza para la producción en astilleros. El dibujo de diseño de producción resultante del diseño de producción del casco del barco comprende un dibujo de trabajo, un dibujo de nido y corte, *Manufacturing Bill of Materials* (M-BOM) y un dibujo de ingeniería de producción. Como el dibujo de diseño de producción debe representar todos los mamparos y partes del casco en geometría 3D, un dibujo de trabajo puede exceder 40 hojas de tamaño A3, dependiendo de los bloques. Estos tipos de dibujos requieren varias horas de trabajo, y el anidamiento no es fácil cuando se realizan con borradores de ingenieros de diseño.

Para la generación del modelo, todas las partes del casco están etiquetadas para su clasificación en fases posteriores de producción, como el corte y el ensamblaje. Estas etiquetas conducen a la M-BOM. Los modelos 3D se generan por separado pieza por pieza para anidar. Debido a que las placas de acero reales se cortan de acuerdo con el anidamiento, el modelo 3D debe hacerse con delicadeza y precisión. Por lo tanto, las características estructurales de la construcción deben modificarse a dimensiones que tengan en cuenta los efectos de producción, como la deformación de la soldadura, las deformaciones debidas a la transición del bloque, la rotación, el almacenamiento en yardas y los márgenes de montaje. Se realiza un modelado adicional sobre la base de los símbolos en la construcción, las partes omitidas y la información

de corte final del rigidizador de acuerdo con las especificaciones de construcción y las características de las piezas estándar.

En un proceso, hay varios tipos de tareas y cada tarea puede ordenarse según los criterios por los que se maneja la tarea. Una tarea que requiere el tratamiento de una persona es una tarea humana, y una que se maneja automáticamente por el BPMS se define como una tarea automática. Y las tareas automáticas se pueden dividir en la tarea de secuencia de comandos y la tarea de servicio según los criterios que definen en qué tipo de lenguaje de programa se define la tarea. Si la forma detallada de las acciones de la tarea se define en el lenguaje de secuencia de comandos, entonces se puede consultar a la tarea de secuencia de comandos, y si la tarea requiere un servicio web, puede remitirse a la tarea de servicio. Por otro lado, una tarea también se puede ordenar por nivel jerárquico. Si la tarea es demasiado compleja para ser definida como una sola tarea, entonces puede definirse en la forma de un proceso. Por lo tanto, como la tarea en un proceso debe definirse como un proceso, se refiere a un subproceso. Si la tarea es compleja de definir, pero se puede definir con el apoyo de funciones y datos externos, entonces se puede referir a la tarea única con funciones y datos externos. Los otros se clasifican como la única tarea con datos solamente. Además, los contenidos detallados, como el tipo de mensaje que se usará, cuánto tiempo después o la frecuencia con la que se debe activar el temporizador, y si la tarea es tarea humana, quién es responsable de la tarea y qué tipo de interfaz de usuario se requiere realizar la tarea, debe hacerse.

- **Resultados**

Afirmamos que es necesario diseñar el modelo BPM para que incluya la condición de activación del proceso, la definición del tipo de tarea y la descripción del nivel de tarea. Además, también expresamos que, de acuerdo con este modelo, también es esencial crear un modelo que se pueda ejecutar en el BPMS a través de la generación de datos de proceso, la configuración de datos detallados, la implementación de páginas de formularios, la selección de actores y el desarrollo de funciones externas.

1.3.6 Artículo 6

Buh, B., Kovačič, A., & Indihar Štemberger, M. (2015). Critical success factors for different stages of business process management adoption – a case study. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 28(1), 243–258.doi:10.1080/1331677x.2015.1041776

- **Problema**

Snaga es una empresa pública eslovena que proporciona una serie de servicios para los ciudadanos de la Municipalidad de Ljubljana y los municipios suburbanos, que incluyen la recolección, eliminación y eliminación de desechos municipales, limpieza de áreas públicas, administración de baños, rotulación y reacondicionamiento.

Antes de la adopción e implementación de un nuevo sistema de información por parte de BPM, la compañía tenía soluciones de TI obsoletas y no integradas que no respaldaban suficientemente las operaciones comerciales. La adquisición de datos para los empleados en diferentes departamentos consumió mucho tiempo y muchos registros de transacciones comerciales y otros datos se llevaron manualmente en Microsoft Excel y Word. Los procesos de negocio existentes no se organizaron adecuadamente, lo que resultó en una duplicación innecesaria del trabajo y demoras excesivas.

- **Motivación**

Los ejecutivos de la compañía eran conscientes de que la forma actual de hacer negocios era inadecuada y que los cambios eran necesarios para que la empresa mejorara sus operaciones comerciales y mantuviera su ventaja competitiva. Por lo tanto, decidieron rediseñar completamente los procesos de negocio existentes y también adoptar otras prácticas de BPM.

Los principales objetivos de Snaga de adoptar BPM fueron mejorar la eficacia y la eficiencia de sus operaciones comerciales, reducir los costos y el tiempo empleado en la prestación de los servicios, aumentar la productividad, hacer la transición de la organización funcional a la de procesos y aumentar la calidad del servicio. Además, los ejecutivos de la compañía anticiparon que la adopción de BPM y la optimización de los procesos de negocios les permitirían seleccionar e implementar la solución apropiada de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) y el sistema de inteligencia de negocios (BI) para respaldar los procesos de negocios en la compañía. Además, la adopción de BPM también permitiría la implementación de la gestión de

las relaciones con los clientes (CRM), la gestión de la cadena de suministro (SCM) y la gestión de recursos humanos (HRM) y el mantenimiento de los certificados de calidad (estándares ISO).

- **Descripción del aporte del autor**

Mientras que la mayoría de investigaciones se centran en identificar y explicar los CSF de la adopción de BPM completa, el propósito de este artículo es discutir las diferentes etapas de la adopción de BPM y encontrar qué CSF son importantes en cada etapa de la adopción de BPM.

- **Proceso para resolver el problema**

La compañía Snaga renovó de manera integral sus operaciones comerciales y adoptó BPM realizando varios proyectos consecutivos e interdependientes. El proceso de adopción de BPM en Snaga se presenta en la Figura N° 11 y muestra cómo la adopción de BPM de Snaga coincide con el marco. La compañía adoptó BPM siguiendo la metodología BII (Indihar Štemberger & Jaklič, 2007) y con orientación profesional de consultores externos. Por lo tanto, las etapas de adopción de BPM en Snaga son muy similares a las sugeridas por la literatura.

Figura 11: Etapas de la adopción de BPM

Fuente: Buh Brina, Kovačič Andrej y Štemberger Mojca Indihar. (2015). Critical success factors for different stages of business process management adoption – a case study. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 28:1, 245.

El primer paso hacia la adopción de BPM por parte de Snaga fue la conciencia de que había problemas con los procesos en la organización y de que había oportunidades para mejorarlos. Los ejecutivos de Snaga estaban conscientes de los desafíos futuros y la necesidad de cambiar sus operaciones comerciales. Decidieron adoptar BPM porque, como dijo el CEO, "creían que BPM aportaría a Snaga una mayor competitividad, una mejor gestión de los procesos de

negocios y un éxito a largo plazo". Una condición previa de esta decisión, que representa la segunda etapa de la adopción de BPM de Snaga, fue, por lo tanto, el conocimiento y la comprensión de BPM que llevaron al deseo de adoptar BPM.

El iniciador de la adopción de BPM fue el Director de Información (CIO) de la compañía, que trabajó estrechamente con consultores externos y también aseguró el apoyo suficiente de la alta dirección. Se contrataron consultores externos para supervisar la implementación de los proyectos y asesorar a la compañía cuando existían discrepancias con respecto a los objetivos principales de la adopción de BPM.

Al comienzo de la tercera etapa de adopción de BPM, el equipo del proyecto fue designado por el CEO. Incluía empleados que tenían el conocimiento y la experiencia para contribuir a la adopción exitosa de BPM, incluidos los ejecutivos de la empresa, los jefes de departamentos y los usuarios clave. El primer proyecto que realizaron fue el modelado, análisis y rediseño de procesos de negocios. Consultores externos modelaron y analizaron varios procesos de negocio existentes. Esto se hizo de acuerdo con una metodología verificada sobre la base de entrevistas con los empleados involucrados en el proceso y la documentación disponible. Incluso durante el modelado y la descripción de los procesos, se resolvieron muchas incertidumbres y los empleados adquirieron una mejor comprensión de BPM y la orientación de los procesos empresariales.

Luego, los consultores propusieron varias mejoras de los procesos y también los gerentes de Snaga y otros empleados. Los cambios propuestos fueron la optimización del proceso, la introducción de la propiedad del proceso y la creación de una oficina de BPM. Durante el proyecto, se llevaron a cabo una serie de talleres para alentar la forma de pensar del proceso en la empresa. El mayor desafío al rediseñar los procesos existentes de la empresa fue cambiar la mentalidad (forma de pensar) de las personas en los procesos. Al final de esta etapa, Snaga introdujo algunos de los conceptos importantes de la orientación del proceso, como la propiedad del proceso para los procesos centrales de extremo a extremo.

La cuarta etapa de la adopción de BPM en Snaga involucró el establecimiento de la oficina de BPM, que es administrada por el ex CIO, quien se convirtió en el CPO. Los ejecutivos de la empresa y la oficina de BPM redefinieron la estrategia de desarrollo de la empresa, incluida la visión, la misión y los objetivos estratégicos y los proyectos estratégicos identificados para lograrlos; desarrollaron una estrategia y una hoja de ruta para la adopción de BPM (un programa

BPM). Como dijo el CPO, "la compañía prestó mucha atención para garantizar una comunicación adecuada, tanto vertical (de arriba a abajo y viceversa) como horizontal (dentro de los procesos de negocios) entre los diversos sectores y departamentos". Al fomentar la comunicación, querían asegurarse de que todos los empleados de la empresa comprendieran los objetivos de la adopción de BPM y de que surgiera una cultura organizativa adecuada.

- **Resultados**

La adopción de BPM ha traído beneficios considerables a la compañía. Un cambio clave provocado por la adopción de BPM fue la transición de una organización funcional a una más orientada a los procesadores con un mayor enfoque en el cliente. La compañía introdujo la propiedad del proceso, estableció una oficina de BPM e introdujo KPI para medir el rendimiento y la eficiencia de los procesos y las operaciones comerciales. Además de los propietarios de procesos, presentaron administradores de procesos de negocios cuyo trabajo es conectar activamente los procesos de negocios centrales y de soporte, y buscar oportunidades para una mejora continua de los procesos de negocios en cooperación con los propietarios de los procesos. Además, la adopción de BPM ha dado resultados positivos significativos para la compañía y sus operaciones comerciales. La empresa obtuvo una buena visión general de sus procesos comerciales, se expusieron y eliminaron las deficiencias de los procesos, lo que contribuyó a un aumento de la satisfacción de los clientes y empleados, una reducción del 50% de las quejas, la competitividad de precios y la mejora del valor comercial de la empresa.

1.4 Marco normativo

Desde hace varios años, se ha venido reconociendo en el país la importancia de velar por la seguridad y salud del personal de la empresa para mantenerla en el contexto económico. Por consiguiente, se presenta un conjunto de las principales normas y leyes que rigen sobre la seguridad y salud del personal de la empresa en la actualidad:

1.4.1 Base legal actual.

- **Ley N° 29783-Ley de seguridad y salud en el trabajo (2011)**

El objetivo de esta ley es promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país. Para ello, existe el deber de prevención de los empleados, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales, quienes, a través del dialogo social, velan por la promoción, difusión y cumplimiento de la normativa sobre la materia. Su decreto supremo es el N° 005-2012-TR (PERU, 2011, p. 1).

- **Ley N° 28551- Ley que establece la obligación de elaborar y presentar planes de contingencia (2005)**

El objeto de esta ley es establecer la obligación y procedimiento para la elaboración y presentación de planes de contingencia, con sujeción a los objetivos, principios y estrategias del Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres (PERU, 2011, p. 1).

1.4.2 Razón de base legal.

Las leyes analizadas nos ayudan a dilucidar si existe algún impedimento legal que obstruya la implementación de la mejora y el impacto de estas en el trabajo realizado. Esta base legal será usada nuevamente en el capítulo tres para evaluar las alternativas de mejora desde un punto de vista legal.

CAPITULO II: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este segundo capítulo se realizó un análisis respecto a los problemas en la Gerencia de Proyectos de la empresa, haciendo uso de herramientas y metodologías explicadas en el capítulo anterior. Luego de identificar las problemáticas, sus causas e impacto en la empresa se determinaron y asignaron las metodologías y herramientas indicadas para erradicar y/o disminuir el impacto de los problemas encontrados.

2.1. Empresa

2.1.1. Descripción.

La empresa en cuestión inició como una oficina de bienes raíces en Filadelfia. En 1931 superó la Gran Depresión, convirtiéndose en un referente global en el ámbito inmobiliario. Con mucha visión, energía y una serie de acertadas decisiones, lograron hacerse líderes en el sector. Actualmente, la empresa cuenta con más de 250 oficinas en los principales países del mundo y con más de 25 años de presencia en el mercado peruano.

La empresa en cuestión, cuenta con 4 unidades de negocio, las cuales son las siguientes:

- **Servicios de Consultoría Inmobiliaria:**

En esta área se realiza la compra-venta de activos inmobiliarios, estudios de factibilidad y evaluación de proyectos corporativos; además se realiza la gestión de portafolio inmobiliario, operaciones financieras, asesoría de inversión, estudios de mercado y evaluaciones económicas y financieras de los proyectos.

- **Gerencia de Proyectos y Construcción:**

Esta área se dedica a la implementación integral de oficinas y espacios comerciales, diseño y construcción, supervisión de obras.

- **Facility Mangement (Facilidades de Gestión):**

En esta área se realiza la administración integral y mantenimiento de áreas comunes y privadas, así como gestión de contratos y remodelaciones internas.

- **Tasaciones Comerciales:**

Esta área se enfoca en realizar tasaciones y valorizaciones de Inmuebles, Maquinarias, equipos, garantías y líneas de transmisión eléctrica.

El presente trabajo se enfocará en la unidad de negocio de Gerencia de Proyectos y Construcción.

2.1.2. Ubicación.

La empresa se encuentra ubicada en el departamento de Lima, en el distrito de San Isidro y está localizada en la Calle Las Orquídeas N° 585, oficina N° 301.

The map shows a street grid in a city. A red pin is placed on a street labeled 'Calle Las Orquídeas 585'. Other streets visible include 'Av. Javier Prado Este', 'Av. Andrés Reyes', 'Calle Antequera', 'Av. Paseo Parodi', and 'Luis Felipe Villarín'. Landmarks and businesses marked include 'Parque Combate de Abtao - San Isidro', 'Parque Antequera', 'Parque Andrés Reyes', 'Chifa Pagoda', 'Mota-Engil Perú', 'Financiera TFC (Oficina Principal)', 'Adecco Perú', 'Sapia', 'Banco de Crédito del Perú', 'Tienda Interbank - Rivera Navarrete', 'La Carreta', 'Green Incorporation SAC', 'Great Place To Work Peru', 'Estación de Servicio Repsol', 'KIA DEALER', 'Clicina Javier Prado', 'Sede San Isidro', 'Onda Cero', 'Paseo Parodi', 'Lirios', 'Tellería', and 'The Westin & Conven'. A red circle highlights the intersection area where the red pin is located.

2.1.3. Misión.

2.1.4. Visión.

70

2.1.5. Organigrama.

A continuación, se observa la representación gráfica de la estructura organizacional y de las unidades de negocio de la empresa. De esta manera, se detalla esquemáticamente las áreas que conforman la empresa.

Figura 13: Organigrama de las unidades de negocio

Fuente: Elaboración Propia

En la presente tesis se realiza un análisis sobre la unidad de negocio de la Gerencia de Proyectos y Construcción; por lo cual, se realiza un organigrama de la respectiva unidad de negocio.

Figura 14: Organigrama de la Gerencia de Proyectos y Construcción

Fuente: Elaboración Propia

2.1.6. Productos.

En la unidad de negocio de Gerencia de Proyectos se especializan en realizar las siguientes actividades:

- **Construcción:**

Se brinda un servicio único, exclusivo y altamente personalizado, sólo para clientes exigentes e inversionistas que deseen desarrollar su proyecto de edificaciones con altos estándares de calidad.

- **Diseño e implementación de oficinas:**

Este servicio consta de 4 actividades. La primera es Conceptualización, en el cual se plasma la visión corporativa al espacio de futuras oficinas; luego sigue el Diseño, en el cual se diseña cada ambiente para satisfacer las necesidades de confort, técnicas y operativas de su empresa; el siguiente paso es la Ejecución, en el cual personal altamente calificado en la dirección y control de obra, gestión de calidad y seguridad con el fin de garantizar el éxito del proyecto; finalmente es el Cierre, en el cual se asesora en la mudanza, se entrega dossier de calidad, licencia de financiamiento y finalmente se firma el acta de satisfacción del proyecto.

- **Servicios de Gerencia:**

Este servicio consta de 3 fases. La primera fase, es el Diseño de Proyecto y Licencia de Obra, se determinan los objetivos específicos del proyecto coordinado con todos los *stakeholders*, se selecciona el arquitecto y especialistas; la segunda fase es la Selección de Contratista y Ejecución de Obra, se selecciona bajo concurso de nivel internacional al contratista principal y proveedores de equipamiento del edificio poniéndose énfasis en la gestión de costos y de plazo asegurando el mejor ratio de construcción al cliente, además durante la obra se intensifica la gestión de calidad y la gestión de riesgos; la fase final es la Liquidación y Cierre del Proyecto, en esta fase se controla y administra el correr de todos los contratos del proyecto y se firma las actas de cierre.

- **Supervisión de obras:**

Se basa en la implementación en obra del sistema de gestión de calidad, utilizando técnicas y herramientas para asegurar la correcta ejecución del proyecto conforme al expediente técnico, buenas prácticas y normativa peruana.

A continuación, se muestran imágenes de diseños e implementación de oficinas realizadas por la empresa.

Figura 15: Diseño e Implementación de Oficinas - Imagen 1

Fuente: Binswanger Perú – página web

Figura 16: Diseño e Implementación de Oficinas - Imagen 2

Fuente: Binswanger Perú – página web

2.1.7. Clientes.

A continuación, se presentan los proyectos desarrollados, la ubicación de los mismos y el área intervenida por la Gerencia de Proyectos de la empresa desde el año 2015 al año 2018.

Tabla 8: Área intervenida por proyecto en el año 2015

DISTRITO	PROYECTOS DEL 2015	MODALIDAD DE CONTRATACION	ÁREA INTERVENIDA (m2)
Miraflores - 1	Ampliación y Remodelación de Oficinas	Implementación de Oficinas	348.00
Cercado de Lima - 1	Ampliación y Remodelación de Oficinas	Implementación de Oficinas	1,150.00
San Isidro - 1	Ampliación y Remodelación de Oficinas	Implementación de Oficinas	780.00
SJM - 1	Nuevas Oficinas Administrativas	Implementación de Oficinas	980.00
San Isidro - 2	Nuevas Oficinas Administrativas	Implementación de Oficinas	199.60
San Isidro - 3	Nuevas Oficinas Administrativas	Implementación de Oficinas	580.00
San Isidro - 4	Nuevas Oficinas Administrativas	Implementación de Oficinas	350.00
Jesús María - 1	CE San Antonio 28 de Julio	Servicios de Gerencia y Supervisión de Obras	19,296.40
La Molina - 1	Complejo Recreacional Pancha Playa	Servicios de Gerencia y Supervisión de Obras	174,000.00
TOTAL			197,684.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9: Área intervenida por proyecto en el año 2016

DISTRITO	PROYECTOS DEL 2016	MODALIDAD DE CONTRATACION	ÁREA INTERVENIDA (m2)
Magdalena - 1	Nuevas Oficinas administrativas	Diseño del Proyecto	2,811.00
Cercado de Lima - 1	Nuevas Oficinas NOVONORDISK	Diseño del Proyecto	298.50
San Isidro - 1	Ampliación y Remodelación de Oficinas	Implementación de Oficinas	560.00
San Isidro - 2	Nuevas Oficinas JOHSON NUTRITION	Implementación de Oficinas	1,002.80
Cercado de Lima - 2	Showroom Huawei - Oficina Principal	Implementación de Oficinas	280.00
Miraflores - 1	Cadena de Hoteles BELMOND	Servicio de Consultoría	14,500.00
Surco - 1	Nuevo Proyecto de Hotel SI	Servicio de Consultoría	7,800.00
Surquillo - 1	Nueva Sede SENATI	Servicios de Gerencia y Supervisión de Obras	17,895.00
Miraflores - 2	Nuevas Oficinas Administrativas	Servicios de Gerencia y Supervisión de Obras	1,451.00
TOTAL			46,598.30

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10: Área intervenida por proyecto en el año 2017

DISTRITO	PROYECTOS DEL 2017	MODALIDAD DE CONTRATACIÓN	ÁREA INTERVENIDA (m2)
Miraflores - 1	Nuevas Oficinas Administrativas	Diseño del Proyecto	4,067.50
Magdalena - 1	Centro de Atención al cliente	Implementación de Oficinas	423.40
Miraflores - 2	Nuevas Oficinas Administrativas	Implementación de Oficinas	1,827.90
Miraflores - 3	Nuevas Oficinas Administrativas	Implementación de Oficinas	1,136.30
San Isidro - 1	Nuevas Oficinas Administrativas	Implementación de Oficinas	2,505.60
San Isidro - 2	Nuevas Oficinas Administrativas	Implementación de Oficinas	18,673.30
San Isidro - 3	Nuevas Oficinas Administrativas	Servicios de Gerencia y Supervisión de Obras	1,050.00
San Isidro - 4	Nuevas Oficinas Administrativas	Supervisión de Obras	1,249.00
TOTAL			30,933.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11: Área intervenida por proyecto en el año 2018

DISTRITO	PROYECTOS DEL 2018	MODALIDAD DE CONTRATACIÓN	ÁREA INTERVENIDA (m2)
Magdalena - 1	Centro de Alta Capacitación	Implementación de Oficinas	548.00
San Isidro - 1	Remodelación de Oficinas	Implementación de Oficinas	1,200.00
San Isidro - 2	Nuevas Oficinas Administrativas	Implementación de Oficinas	1,413.00
San Isidro - 3	Nuevas Oficinas Administrativas	Implementación de Oficinas	358.00
Cercado de Lima - 1	Nuevas Oficinas Administrativas	Implementación de Oficinas	1,090.00
San Isidro - 4	Nuevas Oficinas Administrativas	Implementación de Oficinas	312.00
Cercado de Lima - 2	Nuevas Oficinas Administrativas	Implementación de Oficinas	1,069.90
San Isidro - 5	Nuevas Oficinas Administrativas	Implementación de Oficinas	3,231.10
San Isidro - 6	Remodelación de Oficinas	Implementación de Oficinas	1,250.00
Cercado de Lima - 3	Nuevas Oficinas Administrativas	Servicios de Gerencia y Supervisión de Obras	18,673.30
Magdalena - 2	Nuevas Oficinas Administrativas	Servicios de Gerencia y Supervisión de Obras	4,320.00
Cercado de Lima - 4	Nuevo Local RETAIL	Servicios de Gerencia y Supervisión de Obras	785.00
TOTAL			34,250.30

Fuente: Elaboración Propia

Figura 17: Área intervenida del año 2015 al 2018

Fuente: Elaboración Propia

2.1.8. Competidores.

De acuerdo a las actividades que se realizan en el área de Gerencia de Proyectos existen 2 tipos de competidores, aquellos con los que se compite en la gerencia de proyectos y con los que se compite en la implementación de oficinas. Estas empresas son las siguientes:

- **Gerencia de Proyectos:**

- **CBRE**

Empresa que realiza sus operaciones en el Perú desde 1998. Ofrece los siguientes servicios:

- ✓ Servicios de transacciones: Servicios industriales, Servicios Comerciales y de oficina y Servicios Corporativos.
- ✓ Servicios de Gerencia: Administración de propiedades, administración de instalaciones y Gerencia de Proyectos.
- ✓ Servicios Financieros: Inversiones, BPO y Servicios de Consultoría y Desarrollo

- **GCAP Ingenieros**

Empresa con más 57 años de experiencia en el Mercado, cuenta con más de 14,000 proyectos realizados en diferentes partes del país. Ofrece los siguientes servicios:

- ✓ Diseño Estructural: Diseño y cálculo de sistemas estructurales con finalidad de conseguir proyectos económicos, seguros, resistentes y funcionales.
- ✓ Gerencia de Proyectos: Administrar la ejecución de los proyectos en sus distintas fases asignando el riesgo debidamente entre las partes intervinientes.
- ✓ Supervisión de proyectos: verificar que la obra se ejecute logrando los parámetros de alcance, calidad, costo, plazo y riesgo planteados para el proyecto.

- **Implementación de oficinas:**

- **DRRP Arquitectura**

Empresa especializada en arquitectura corporativa brindando los servicios de diseño e implementación de oficinas, locales comerciales e institucionales. Opera desde el año 2006. Tiene las siguientes especialidades:

- ✓ Arquitectura

- ✓ Diseño
- ✓ Implementación
- ✓ Arquitectura y diseño corporativo
- ✓ Comercial e institucional
- ✓ Implementación de oficinas
- ✓ Diseño de oficinas

➤ **Eddico**

Empresa peruana con más de quince años ofreciendo soluciones de alta calidad a las necesidades de Espacio Corporativo de empresas locales e internacionales. Su filosofía consta en realizar sus proyectos de manera innovadora, eficiente y de calidad. Los servicios que ofrecen son:

- ✓ Diseño
- ✓ Construcción
- ✓ Bienes raíces
- ✓ Gestión de recursos

2.1.9. Proveedores

A continuación, se presenta una cartera de proveedores con los cuales la empresa ha trabajado en los últimos 2 años.

Tabla 12: Proveedores de la empresa

ITEM	PROVEEDOR
AA, EXTRACCIÓN DE MONÓXIDO Y PRESURIZACIÓN	
1	AC PRODUCTS PERÚ
2	ACS REFRIGERACIÓN S.A.C.
3	ASCENSORES S.A.
4	EMERSON DEL PERÚ S.A.C. / AA PRESICIÓN
5	FRIONOVO
6	JOHNSON CONTROLS PERÚ S.R.L

7	PROTERM
8	REFRICORP
9	SERVIPARAMO
10	SIDERIS
11	TECNO AMBIENTAL S.A.C.
12	TERMOREP
ACERO INOXIDABLE	
1	ACERIX S.A.C.
AGUA CONTRA INCENDIOS	
1	ACI INGENIERÍA S.A.C.
2	AUTOMATIC SOLUTIONS
3	ESS
4	GEDIZA E.I.R.L.
5	MGC INGENIERÍA
6	MPCAD
AISLAMIENTO ACÚSTICO	
1	KOSTEC
ALFOMBRAS	
1	ARTCO
2	DECORLUX
3	ROCA
4	TRIBECA
ARCHIVOS MÓVILES	
1	DECORLUX / DECOR OFFICE
2	FURSYS
3	MOSAN
4	SQUADRA
5	TRIBECA
AUDIO Y VIDEO	

1	AV INTEGRADORES
2	CONTROL AUDIOVISUAL S.A.C.
3	GLOBAL LINK
4	OTS ONE TOUCH SOLUTIONS S.A.C.
5	TSP FIRE & SECURITY S.A.C.
CARPINTERIA DE MADERA	
1	ARNI DECORATION GROUP
2	DMD CONSULTORES Y EJECUTORES S.A.C.
3	EPS
4	JUAN GALVEZ (MOSAN)
5	VICTOR NOVOA
CARPINTERIA FINA	
1	CASTELLANO
2	H.W. SPRINCKMOLLER S.A.C.
3	MOBEL
CCTV - CONTROL DE ACCESOS - AUTOMATIZACIÓN	
1	AUTOMATIC SOLUTIONS
2	CONTROLMATIC
3	ESS
4	GLOBAL ACCESS S.A.C.
5	JP INGENIERÍA & DISEÑO S.A.C.
6	SIAPROCI PERÚ S.A.C.
7	TECEMPERU S.A.C.
8	WESTFIRE SUDAMÉRICA S.C.R.L.
9	WHITE LION
DRYWALL - OBRAS CIVILES SIMPLES SANITARIAS	
1	C. VILCHEZ CONTRATISTAS S.A.C.
2	CONSTRUCCIONES EDD S.A.C.
3	CONSTRUCTORA MORCONST S.A.C.

4	EDIFIK
5	GEDIZA E.I.R.L.
6	LUGUS
7	MARPYO
8	R&R CONTRATISTAS S.A.C.
9	RG
ILUMINACIÓN / LUMINARIAS	
1	ARQUILUZ
2	EL CONSORCIO ELÉCTRICO E&J
3	GLOBAL ACCESS S.A.C
4	JOSFEL ILUMINACIÓN S.A.C.
5	LUMI CENTER
6	PHILIPS PERUANA S.A.
INDECI	
1	GLOBAL SECURITY CONSULTING
2	SANCHEZ GUILNET & ASOC.
INSTALACIONES ELÉCTRICAS - COMUNICACIONES	
1	DIAZA SOLUCIONES S.A.C.
2	E&V INGENIEROS
3	GEDIZA E.I.R.L.
4	GSM TELECOM S.A.C.
5	INSOLCON
6	INTELEC
7	LK
8	LUNDHER
9	MPCAD
10	OPELCOM
LAMINAS ARENADAS DE SEGURIDAD	
1	PROTEMAX HOME & OFFICE S.A.C.

2	SERCENTER
LIMPIEZA FINA	
1	DECO CLEAN EXPRESS
2	JAB MANTENIMIENTO GENERALES
3	SSAYS
LUMINARIAS	
1	ALTAMES PERÚ
2	ARQUILUZ
3	GLOBAL ACCESS S.A.C.
4	JOSFEL ILUMINACIÓN S.A.C.
MARMOLES Y PIEDRAS	
1	MARMOTEC
2	PIEDRA TOTAL
3	ROSSINI STONE E.I.R.L.
MOVILIO KITCH - REPOSTEROS - PUERTAS	
1	INVERSIONES RUVAL S.A.C.
2	MOSAN
3	MUEBLES CONTY S.A.C.
4	SCAGEP S.A.C.
5	VICTOR NOVOA
MUDANZA	
1	WORLD SHIPPING
MUEBLES MODULARES	
1	DECORLUX / DECOR OFFICE
2	FURSYS
3	LAS DOS TORRES
4	OFICINAS INTEGRALES
5	OPEN SPACE S.A.
6	TRIBECA

MUEBLES NACIONALES	
1	MOSAN
2	OFICINAS INTEGRALES
3	OPEN SPACE S.A.
4	PAROFFICE
5	SQUADRA
6	TRIBECA
PANELES MOVILES	
1	DECORLUX / DECOR OFFICE
2	FURSYS
3	LAS DOS TORRES
PERSIANAS	
1	ARTCO
2	DECO INTERIOS
3	DECORLUX
4	ROCA
5	TRIBECA
PINTURA	
1	YACILA
PISO TÉCNICO	
1	ARTCO
2	JASON S.A.C.
PORCELANATOS	
1	ARQ STUDIO
2	ARTCO
3	CASINELLI
4	DECORCENTER
5	DECORLUX
PREVENCIONISTA	

1	BEATRIZ QUINTANA
2	LIMA VERTICAL
PUERTAS CORTAFUEGO	
1	BASH
2	REGEYSER
PUERTA DE BOVESA	
1	CESAR LAU
SEGURIDAD	
1	J&V RESGUARDO SAC (LIDERMAN)
2	JCV SEGURIDAD Y ASOCIADOS S.A.C.
SEÑALETICA	
1	A&S CORPORACIÓN S.A.C.
2	CVDI
3	DIPROM
TABLEROS ELÉCTRICOS	
1	CRAZY TABLETOS
2	GESCEL
3	MANELSA
4	PRIANA
5	TJ CASTRO
6	TRIANON
7	TRIANON
TOPOGRAFO	
1	MILAGROS HUARI
UPS TRANSFORMADORES	
1	ANCONA
2	AREQUIPA S.A.C. - PERÚ
3	EMERSON DEL PERÚ S.A.C.
4	N2 SOLUCIONES

5	RED FERRETERIA INDUSTRIAL
VIDRIOS	
1	AND ASOCIADOS S.A.C.
2	CÁNOVAS
3	CORPORACIÓN SAN FRANCISTO
4	LRC CRISTALES S.A.C.
5	MULTI GLASS S.A.C.

Fuente: Elaboración Propia

2.2. Proceso del área de gerencia de proyectos

El proceso de operación en el área de Gestión de Proyectos y Construcción es la siguiente:

- El proceso inicial es realizar un estudio sobre la viabilidad del proyecto, realizado por los especialistas de la empresa, en este caso hay dos resultados posibles:
 - El primero caso es que el estudio realizado del proyecto no resulte viable, con lo cual este se cancela/rechaza.
 - El segundo caso es que al estudio realizado el proyecto resulte viable, con lo cual se procederá a continuar con analizar el alcance del proyecto.
- Una vez realizado el alcance del proyecto se realiza el acta de reunión (Acta de Constitución del Proyecto), en el cual se colocan los acuerdos realizados, riesgos, restricciones, stakeholders, costos estimados, el acta es revisada y firmada por los participantes y es el documento que se debe respetar desde todas las partes.
- Una vez realizado el diseño del proyecto, pasan a ser verificados por el cliente para la realización de ajustes, ya con vistas en 3 dimensiones, que permite mejor visualización de los espacios requeridos, en caso no lo acepte se volverá a realizar los cambios respectivos hasta que el cliente se encuentre conforme. Toda reunión debe estar avalada por un acta de reunión, en la cual deben quedar claro los alcances dados para el diseño.

- Posteriormente se realizan los planos y memorias descriptivas y/o de especificaciones, pasan a ser verificados por la Gerencia de Proyectos, en caso no lo acepte se realizarán los cambios respectivos hasta que el cliente se encuentre conforme.
- Una vez definida la arquitectura se procede a desarrollar las ingenierías que requiere el proyecto, involucrando en la definición y aprobación a los especialistas del cliente definidos en el acta de constitución del proyecto. Una vez elaborado, se presenta especialmente al área de sistemas los planes de tendido de redes de energía y comunicaciones, para su revisión y consolidación para confirmar la cantidad de equipos activos a adquirir o mudar directamente.
- Posteriormente se seleccionan los participantes del proyecto, esta información se consulta con el cliente, en caso de haber inconvenientes se seleccionan otros participantes hasta que el cliente se encuentre conforme.
- El siguiente paso es el de organizar y lanzar el proyecto a licitación, es decir pasar a materializar la planificación realizada en los pasos anteriores. El cliente verifica si está de acuerdo con la propuesta lanzada del proyecto, en caso de haber inconvenientes se realizan las rectificaciones correspondientes y se continúa con los siguientes pasos.
- El siguiente paso es adjudicar la obra por paquetes de contratación a las empresas con las que la empresa en cuestión suele trabajar en conjunto. Habiendo adjudicado la obra por paquetes, se procede a gestionar los primeros detalles del trabajo, tales como contratos u órdenes de servicio, fecha de inicio, tiempo de entrega, presupuesto, penalidades, finanzas, entre otros.
- Durante la construcción, la gerencia de proyecto verifica que se vaya cumpliendo la programación acordada, en caso de haber atrasos o inconvenientes se realiza la observación al contratista para que presente un plan de contingencia y recuperación de los tiempos perdidos, donde se debería emplear el sistema Percent Plan Completed (PPC)

que alerta los posibles retrasos que deben ser atendidos. Este proceso debería ser repetitivo o reiterativo según el proyecto.

- Con la obra ya finalizada y apta para la entrega al cliente, se verifica si se cumplieron los estándares de calidad óptimos, en caso de no ser así se desarrolla un acta de recepción provisional donde se realizan las observaciones correspondientes y se les otorga a los contratistas un plazo entre 15 y 20 días calendario para el levantamiento de las observaciones (plazo aceptable para el cliente).
- Una vez transcurrido el tiempo de levantamiento de observaciones y dándose por aceptada de obra, se firma el acta de conformidad para concluir con la entrega del proyecto y proceder con el cierre contable y administrativo del mismo.
- La etapa de cierre del proyecto debe ser planificada y comenzar un mes antes de la entrega porque se requiere la recopilación de documentos de calidad, formatos y certificados que deben ser añadidos a los planos según lo construido (as-built), que forman parte de los entregables a la finalización del proyecto y que son previos a la cancelación de los pagos a los contratistas.

2.2.1. Flujograma de operaciones del proceso.

Mediante la descripción del proceso del área de Gerencia de Proyectos, se procedió a realizar un flujograma siguiendo los pasos explicados por Fernández de Velasco, en su libro Gestión por Procesos cómo utilizar ISO 9001:2000 para mejorar la gestión de la organización. A continuación se mencionan los pasos que se realizaron:

- Determinar los principales componentes del proceso
- Ordenar las actividades
- Seleccionar los símbolos correspondientes para cada actividad
- Colocar las conexiones entre las actividades
- Indicar el comienzo y el final del proceso
- Revisar el diagrama de procesos realizado

En la Figura N° 18, se puede visualizar quienes son los encargados a realizar cada actividad en el proceso del Área de Gerencia de Proyectos.

Figura 18: Flujograma del proceso del área de Gerencia de Proyectos

Fuente: Elaboración Propia

2.3. Diagnóstico de la situación actual de la empresa

En los últimos años, la empresa ha realizado múltiples proyectos, los cuales principalmente son sobre implementación de oficinas, diseño del proyecto, servicios de gerencia y supervisión de obras, entre otros.

A partir del año 2016 hubo una considerable disminución de los m² de los proyectos desarrollados, disminuyó un 76.43% en el 2016 respecto al 2015, en el 2017 de igual manera se disminuyó en un 33.62% respecto al año anterior y finalmente en el 2018 se incrementó un 10.72% respecto al año anterior. En el capítulo 1, se mostró que según datos de INEI, que los índices de actividad en el sector construcción eran variables, pero más consistentes a la baja en los últimos años; sin embargo, en los últimos meses esta situación había cambiado y se esperaba que siga creciendo la actividad en este sector. Los datos del INEI se ven reflejados en el área intervenida por el área de Gerencia de Proyectos.

Tabla 13: Resumen de las áreas intervenidas y valor de proyectos por año

AÑO	Nº DE PROYECTOS	ÁREA INTERVENIDA (m2)	VALOR DEL PROYECTO SIN IGV
2015	9	197,684.00	\$ 55,008,022.32
2016	9	46,598.30	\$ 18,967,465.02
2017	8	30,933.00	\$ 18,155,268.09
2018	12	34,250.30	\$ 24,735,980.10

Fuente: Elaboración Propia

2.3.1. Días de retraso por proyecto.

La mayoría de los proyectos desarrollado por el área de Gerencia de Proyectos y Construcción han sufrido de retrasos, lo cual ocasiona penalidades y gastos a la empresa. A continuación, se mostrarán los días de retraso por proyecto realizado desde el año 2015 al año 2018.

Tabla 14: Porcentaje de retraso por proyecto en el año 2015

DISTRITO	DÍAS PLANIFICADO	DÍAS DE TRABAJO REALIZADO	DÍAS DE RETRASO	PORCENTAJE DE RETRASO
Miraflores - 1	39	42	3	7.69%
Cercado de Lima - 1	138	157	19	13.77%
San Isidro - 1	94	96	2	2.13%
SJM - 1	118	145	27	22.88%
San Isidro - 2	24	27	3	12.50%
San Isidro - 3	70	98	28	40.00%
San Isidro - 4	45	52	7	15.56%
Jesús María - 1	675	740	65	9.63%
La Molina - 1	1392	1483	91	6.54%
TOTAL	2595	2840	245	9.44%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15: Porcentaje de retraso por proyecto en el año 2016

DISTRITO	DÍAS PLANIFICADO	DÍAS DE TRABAJO REALIZADO	DÍAS DE RETRASO	PORCENTAJE DE RETRASO
Magdalena - 1	309	372	63	20.39%
Cercado de Lima - 1	35	42	7	20.00%
San Isidro - 1	60	67	7	11.67%
San Isidro - 2	120	128	8	6.67%
Cercado de Lima - 2	33	35	2	6.06%
Miraflores - 1	870	904	34	3.91%
Surco - 1	468	506	38	8.12%
Surquillo - 1	626	680	54	8.63%
Miraflores - 2	80	85	5	6.25%
TOTAL	2601	2819	218	8.38%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16: Porcentaje de retraso por proyecto en el año 2017

DISTRITO	DÍAS PLANIFICADO	DÍAS DE TRABAJO REALIZADO	DÍAS DE RETRASO	PORCENTAJE DE RETRASO
Miraflores - 1	445	480	35	7.87%
Magdalena - 1	48	51	3	6.25%
Miraflores - 2	200	219	19	9.50%
Miraflores - 3	136	159	23	16.91%
San Isidro - 1	276	312	36	13.04%
San Isidro - 2	486	540	54	11.11%
San Isidro - 3	58	60	2	3.45%
San Isidro - 4	69	90	21	30.43%
TOTAL	1718	1911	193	11.23%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17: Porcentaje de retraso por proyecto en el año 2018

DISTRITO	DÍAS PLANIFICADO	DÍAS DE TRABAJO REALIZADO	DÍAS DE RETRASO	PORCENTAJE DE RETRASO
Magdalena - 1	66	69	3	4.55%
San Isidro - 1	150	172	22	14.67%
San Isidro - 2	170	186	16	9.41%
San Isidro - 3	43	53	10	23.26%
Cercado de Lima - 1	131	144	13	9.92%
San Isidro - 4	35	37	2	5.71%
Cercado de Lima - 2	128	170	42	32.81%
San Isidro - 5	388	445	57	14.69%
San Isidro - 6	150	162	12	8.00%
Cercado de Lima - 3	654	718	64	9.79%
Magdalena - 2	208	234	26	12.50%
Cercado de Lima - 4	40	43	3	7.50%
TOTAL	2163	2433	270	12.48%

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en las tablas anteriores, en el año 2015 se tuvo una importante cantidad de días de retraso con 245 días y un promedio de 27 días por proyecto. En el año 2016 hubo una disminución de m² en los proyectos desarrollados, lo cual se ha relacionado directamente proporcional con los días de retraso, obteniendo un total de 218 días y un promedio de 24 días de retraso por promedio. Adicionalmente en los años 2017 y 2018, se obtuvieron un retraso de 193 y 270 días de retraso y un promedio de 24 y 22 días de retraso por proyecto respectivamente.

Cabe mencionar que los retrasos en las obras son atribuidos a la Gerencia de Proyectos, por lo cual generan pérdidas y penalidades a la empresa.

En el transcurso de los años, la empresa ha venido presentando una reducción en rentabilidad de los proyectos que se realiza el área de Gerencia de Proyectos. El dejar de cumplir con alguna cláusula estipulada previamente con clientes del sector privado como por ejemplo exceder el tiempo establecido, origina una penalización económica.

En el Anexo N° 1 se pueden observar las hojas de control del área de Gerencia de Proyectos del año 2018 desarrolladas por los ingenieros de la empresa, de ahí se pueden desprender algunas problemáticas que afectan a la empresa, entre las principales están las siguientes:

- Conflicto en los horarios de trabajo y el administrador del edificio
- Demora en la entrega de equipamientos eléctricos

- Demora en la entrega e instalación de mobiliario
- Descoordinación entre el diseño del mobiliario y el equipamiento
- Modificaciones y/o cambios en las Instalaciones Eléctricas y Equipamiento
- Modificaciones y/o cambios en obra
- Picado y otros para empalme con Instalaciones existentes
- Reprocesos por fallos en la construcción

2.3.2. Impacto económico.

En el transcurso de los años, la empresa ha venido notando una reducción en la rentabilidad de los proyectos que realiza el área de Gerencia de Proyectos. Esto se debe a las penalidades asociadas, las cuales se acordaron previamente entre ambas partes en el contrato inicial.

Con las tablas mostradas en el Anexo N° 2 se realiza una tabla resumen con los gastos generales adicionales y penalidades sufridas por las demoras en la entrega de proyectos en el año 2018.

Tabla 18: Penalidades y gastos adicionales del año 2015 al 2018

AÑO	N° DE PROYECTOS	ÁREA INTERVENIDA (m2)	VALOR DEL PROYECTO	VENTA DE G.P \$	PENALIDADES Y GASTOS \$	% SOBRE LAS VENTAS
2015	9	197,684.00	\$ 55,008,022.32	\$ 6,096,917.70	\$ 777,796.33	12.76%
2016	9	46,598.30	\$ 18,967,465.02	\$ 2,305,098.98	\$ 214,735.25	9.32%
2017	8	30,933.00	\$ 18,155,268.09	\$ 2,359,416.88	\$ 238,430.33	10.11%
2018	12	34,250.30	\$ 24,735,980.10	\$ 3,106,184.96	\$ 358,953.55	11.56%
TOTAL	38	309,465.60	\$ 116,866,735.53	\$ 13,867,618.52	\$ 1,589,915.46	11.46%

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la Tabla N° 18, los retrasos en los últimos 4 años han ocasionado entre gastos generales adicionales y penalidades un costo de \$ 1, 589,915.46. Este costo equivale a un 11.46% de las ventas obtenidas. Por lo cual se comprueba que mejorando los procesos del área y disminuyendo el retraso de las obras, la empresa se ahorraría una considerable cantidad de dinero.

Tabla 19: Penalidades y gastos adicionales por proyecto del año 2018

PROYECTO - AÑO 2018	ÁREA INTERVENIDA (m2)	VENTA DE G.P \$	PENALIDADES Y GASTOS \$	% SOBRE LAS VENTAS
Magdalena - 1	548.00	\$ 114,083.27	\$ 8,994.11	7.88%
San Isidro - 1	1,200.00	\$ 165,420.72	\$ 23,919.73	14.46%
San Isidro - 2	1,413.00	\$ 607,909.50	\$ 86,801.24	14.28%
San Isidro - 3	358.00	\$ 196,562.28	\$ 27,274.34	13.88%
Cercado de Lima - 1	1,090.00	\$ 13,916.31	\$ 1,763.33	12.67%
San Isidro - 4	312.00	\$ 182,533.18	\$ 11,264.04	6.17%
Cercado de Lima - 2	1,069.90	\$ 234,043.21	\$ 28,493.71	12.17%
San Isidro - 5	3,231.10	\$ 940,786.71	\$ 100,298.22	10.66%
San Isidro - 6	1,250.00	\$ 139,380.56	\$ 17,572.92	12.61%
Cercado de Lima - 3	18,673.30	\$ 188,237.36	\$ 18,035.66	9.58%
Magdalena - 2	432.00	\$ 154,012.36	\$ 19,385.54	12.59%
Cercado de Lima - 4	785.00	\$ 169,299.50	\$ 15,150.71	8.95%
TOTAL	30,362.30	\$ 3,106,184.96	\$ 358,953.55	11.56%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 19 se muestran los ingresos, gastos generales adicionales y penalidades obtenidos en el último año por el área de Gerencia de Proyectos.

2.3.3. Causas del problema.

Para determinar los motivos de retraso en la entrega de proyectos se realizó un diagrama de Ishikawa utilizando el método de las 6M, el cual se enfoca en que los principales motivos se agrupan en la mano de obra, método, maquinaria, materiales, mediciones y medio ambiente.

Figura 19: Diagrama de Ishikawa respecto a los retrasos en la entrega de proyectos

Fuente: Elaboración Propia

- **Personal:**

- **Falta de un manual con procesos definidos y estandarizados de instalación**

No se cuenta con un manual con los procedimientos de las actividades, el personal no cuenta con una guía de indicaciones para realizar las operaciones de manera más óptima. Esto es principalmente importante dado el sin número de acabados y técnicas de aplicación para los distintos materiales que se venden en el mercado y que en algunos casos no hay experiencia previa.

- **Inadecuado seguimiento al proceso**

Al ejecutar la obra se requiere que la Gerencia de Proyecto sepa los avances que se van realizando, para constatar que la planificación inicial se está cumpliendo. Además, al controlar el avance de obra se programa la cantidad de obreros y materiales a utilizar.

- **Métodos:**

- **Reprocesos por fallos en la construcción**

Cuando el proceso de planificación no fue elaborado tomando en cuenta el tren de trabajo natural de un proyecto, pueden cometerse errores de adelantar o retrasar actividades, que no pueden serlo y se generan reprocesos en trabajos ya ejecutados, por daños de otras partidas que fueron relegadas. Esto ayudaría el Last Planner, porque son los mismos trabajadores o contratistas los que definen los entre-procesos.

- **Demora en la entrega e instalación de mobiliario**

En este caso, básicamente se toma la decisión de compra por folleto, por imagen, pero las diferencias de medidas reales, no son plasmadas en obra, para ver si existirán conflictos con el traslado por escaleras como la ubicación de los puntos eléctricos/data.

- **Maquinaria:**

- **Falta de mantenimiento**

La empresa usa equipos electromecánicos que requieren un mantenimiento periódicamente para poder funcionar óptimamente y que requieren una etapa de verificación en pre-operación para descartar fallos de fábrica o mantenimiento preliminar.

- **Retraso en la entrega de equipos alquilados**

Hay equipos y maquinarias que por costo o dimensiones la empresa constructora no tiene y opta por alquilarlo. Esto ocasiona un retraso en obra cuando el mercado se encuentra desabastecido y esta restricción no estuvo mapeada al elegir el proveedor, el cual no cuenta con la maquinaria disponible en el momento necesario.

- **Materiales:**

- **Productos de difícil procura**

Hay productos que son de difícil adquisición, ya sea porque hay pocos o únicos proveedores, por su costo, dimensiones, condiciones de almacenamiento lo cual ocasiona que no se soliciten a pedido. Además, hay insumos que se requieren importarlos y el tiempo de importación varía de procedencia a procedencia y esto puede ocasionar demora en la ejecución de la obra.

- **Falta de especificaciones de los estándares de calidad**

Al no contar con indicadores de calidad ni estandarización de procesos, los trabajadores suelen realizar a su manera algunos trabajos en la obra, que no cumplen con las expectativas con lo esperado, lo cual conlleva a realizar reprocesos.

- **Mediciones:**

- **Mala calibración de equipos y herramientas**

Los equipos y herramientas que se utilizan requieren un mantenimiento periódicamente, así como el reemplazo de algunos accesorios que les otorgan la categoría de precisión. Si no se ejecuta controles de este estado de equipos y herramientas o no se especifica la exigencia generará problemas para que se puedan utilizar óptimamente.

- **Falta de calidad en los resultados**

Al no contar con indicadores de calidad ni estandarización de procesos, se suelen realizar trabajos con los cuales el trabajo no está conforme y se requiere que se realicen reprocesos, si bien no son un costo de la gerencia de proyectos sino para el contratista, es un reproceso que se presenta por falta de control y aseguramiento de la calidad de la Gerencia de proyectos.

- **Medio ambiente:**

- **No contar con proveedores certificados**

Es importante que la empresa empiece a trabajar con proveedores que cuenten con certificación ISO 14001:2015, el cual implica contar con una política que aporta valor al cuidado del medio ambiente. Es importante definir este tema en el acta de constitución del proyecto porque es nuestro país el manejo medio ambiental no está muy difundido aún y representa un sobre costo en la gestión.

➤ **No separar los restos por material**

La empresa requiere implementar un sistema de separación de residuos de manera que facilite su correspondiente desecho o reciclaje. Esta separación debería ser entre residuos inertes (ladrillos, tejas, hormigón endurecido, entre otros), no peligrosos (metal, madera, papel y cartón, plástico, entre otros) y peligrosos.

Analizando las variables de retraso obtenidas en el diagrama de Ishikawa, además de los motivos de retraso indicados en la hoja de verificación se realiza la siguiente tabla, en el cual se pueden visualizar los días de retraso por motivos en el año 2018.

Tabla 20: Porcentaje de retraso por motivo

MOTIVOS DE RETRASO	DÍAS DE RETRASO	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Reprocesos en acabados	97	35.93 %	35.93 %
Demora en la respuesta en la atención de imprevistos o cambios	68	25.19 %	61.11 %
Retraso en la entrega de equipos y materiales	54	20.00 %	81.11 %
Descoordinación entre el diseño del mobiliario y el equipamiento	18	6.67 %	87.78 %
Falta de control en la compra y provisión de equipos	16	5.93 %	93.70 %
Demora en la ejecución de partidas contraincendios	7	2.59 %	96.30 %
Búsqueda de proveedores en obra por imprevistos	5	1.85 %	98.15 %
Conflicto en los horarios de trabajo y el administrador del edificio	5	1.85 %	100.00 %

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, con los datos obtenidos se procede a realizar un diagrama de Pareto, en el cual se pueden visualizar los mayores inconvenientes al momento de planificar y ejecutar los proyectos de construcción. Las primeras 3 variables son los que ocasionan el mayor porcentaje de retraso, y son en los que se enfocará el presente trabajo.

Figura 20: Pareto sobre los motivos de retraso en obra

Fuente: Elaboración Propia

Los 3 motivos de retraso que afectan más a la empresa, que representa el 81.11%, son las siguientes:

- Reprocesos en acabados
- Demora en la respuesta en la atención de imprevistos o cambios
- Retraso en la entrega de equipos y materiales

Se procede a realizar un diagrama de Ishikawa de cada uno de los motivos que ocasionan más demora en los proyectos de construcción.

2.3.3.1. Causas de las observaciones del promotor por incumplimientos técnicos.

Figura 21: Diagrama de Ishikawa respecto a los reprocesos en acabado

Fuente: Elaboración Propia

- **Personal**

- **Falta de preparación del espacio de trabajo**

El área de trabajo no se encuentra ordenada de manera que facilite la ubicación y obtención de insumos e instrumentos que los trabajadores requieren.

- **Falta de capacitación o inducción sobre los estándares de calidad**

Los trabajadores reciben capacitación sobre las normas de la empresa y las medidas de seguridad a seguir en obra. Sin embargo, la empresa no cuenta con una capacitación sobre técnicas, ni estándares de calidad, ni metodología lean y de mejora continua, de manera que los trabajadores puedan mejorar su eficiencia al trabajar.

- **Métodos**

- **Falta de programación al detalle**

Antes de empezar la ejecución de obra, se realiza la planificación inicial sobre la duración del proyecto, la mano de obra e insumos a utilizar. Sin embargo, no se hace uso de la herramienta Look Ahead para revisar y reprogramar lo que sea necesario, sobre los cambios que ocurren debido a imprevistos o solicitudes del cliente.

- **Falta de procesos definidos de control de calidad**

Las operaciones que se desarrollan en obra no cuentan con indicadores de calidad que permitan mantener un control de eficiencia, eficacia y productividad.

- **Falta de control de riesgos**

Los posibles riesgos deben detectarse tempranamente, para lo cual es necesario involucrar a los gerentes de proyecto en el conocimiento de todos los tipos de acciones que se tendrán dentro y fuera de la obra, para que puedan junto con el responsable de SSOMA, generar manuales de seguridad y control de riesgos y poder definir si debe existir un monto económico para la atenuación de los mismos.

- **Materiales**

- **Falta de manual de calidad**

Los materiales deben indicar cuales son las consideraciones óptimas de calidad de instalación y debe existir un compromiso del vendedor en asesorar al comprador en dicho

proceso. No suele involucrarse al fabricante en estos temas a pesar de ser el ente técnico especialista.

➤ **Incumplimiento de especificaciones**

Cuando no existe un ordenamiento del proceso para reemplazo de materiales por escasez en el medio o por simple irresponsabilidad del contratista, se detectan incumplimientos a las especificaciones tardíamente, que representan devoluciones o cambios que impactan en el proceso de ejecución del proyecto.

➤ **Inadecuado almacenamiento**

Usualmente los materiales llegan a obra sin definir volúmenes de almacenamiento ni condiciones mínimas, eso lleva a que se almacenen distintos tipos de materiales de fineza diferente, en lugares no aptos, impiden buena manutención de sus condiciones de fábrica, cosa que solo puede verse al momento de la instalación.

- **Mediciones**

➤ **Falta de realización de pruebas y controles**

Para garantizar la buena calidad del producto resultante, deben realizarse pruebas y protocolos de calidad en todo el proceso de ejecución de la obra, para evitar tener que hacer reprocesos para hacer las correcciones. Estas pruebas se desarrollan tardíamente, afectarán partidas posteriores que ya están en ejecución.

2.3.3.2. Causas del problema de los reprocesos por fallos en la construcción.

Figura 22: Diagrama de Ishikawa respecto a la demora en la respuesta en la atención de imprevistos o cambios

Fuente: Elaboración Propia

- **Personal**

- **Desconocimiento para la solución de imprevistos en obra**

En plena ejecución de obras suelen suceder imprevistos fuera de lo planificado inicialmente, y es importante que la empresa pueda capacitar a los gerentes de proyecto, de manera, que sepan manejar estas situaciones y tengan las herramientas y canales que necesitan para ellos, cosa que actualmente no sucede.

- **Desconocimiento de tiempos contractuales**

Al momento de firmar contrato con el cliente se hace un acuerdo del diseño, costo y fecha de entrega del proyecto. Las condiciones y restricciones contractuales no son difundidas y los contratistas suelen no tener conocimiento o no tomar importancia para cumplir con las obras, porque no se les involucra en el éxito del proyecto o porque el Gerente de Proyecto no está comprometido con las metas del cliente.

- **Métodos**

- **Carencia de procesos de inducción a los profesionales responsables de obra**

Los empleados no se encuentran capacitados para reaccionar ante distintos imprevistos que ocurren en plena ejecución de obra.

- **Falta establecer un proceso de consultas**

Actualmente, la empresa no cuenta con un sistema de recepción de sugerencia o módulo o lugar donde los contratistas puedan recurrir en caso de dudas o consultas.

- **Normas, Contratos y leyes**

- **Inconsistencia de los alcances contractuales de las subcontratas y la empresa**

Actualmente, la empresa al realizar los acuerdos contractuales coloca varios beneficios a los clientes, como el porcentaje de penalidades a pagar en caso de retrasos, un mínimo porcentaje de variabilidad de costo del proyecto, pero que no son trasladados a los distintos contratistas, en la misma medida de impacto.

- **Mediciones**

- **Inexistencia de semaforización y estandarización de procesos**

En la empresa no se utiliza un sistema de visualización de colores para identificar si hay algún proceso retrasado, y si está en capacidad de revertirse o no dicho retraso.

2.3.3.3. Causas del problema en la ruta crítica por incumplimiento en la entrega de materiales importados.

Figura 23: Diagrama de Ishikawa respecto a los retrasos en la entrega de equipos y materiales

Fuente: Elaboración Propia

- **Personal**

- **Ineficiencia en gestión de la procura**

Esto se debe a que no hay un área que busque y califique a los proveedores y que haga el seguimiento a sus obligaciones contractuales y se reincide en contratar a proveedores incumplidos. Tampoco se hace seguimiento a las obligaciones de pago que condicionan a las entregas de materiales. Por lo cual el uso de una MRP (planificación de requerimientos de materiales) puede solucionar esta problemática.

- **Falta de conocimiento de desaduanaje**

Cuando se optan por materiales importados es importante, contar con el seguimiento del proceso de importación y estar seguros que se cuenta con el servicio de desaduanaje capacitado para evitar demoras por temas burocráticos o sobrecostos por almacenaje.

- **Métodos**

- **Cambio en procesos de desaduanaje no mapeados**

Cuando se trata de procesos de importación no hay fechas definidas exactas, por lo que es importante informar al cliente antes de la toma de decisiones por el uso de un determinado material.

- **Falta de planificación de procesos y procesos pre - establecidos**

El desconocimiento de la productividad y rendimiento del personal para las distintas tareas, especialmente debido a la contratación de profesionales demasiado jóvenes y sin experiencia, puede conducir a una planificación inadecuada y a la diagramación de proceso erróneos.

- **Materiales**

- **Falta de materiales de sustitución**

La excesiva demanda y la falta de especificaciones técnicas del proyectista para usar materiales similares que permitan un desarrollo de la actividad de modo seguro, deja abierta una acción de coordinación tardía que puede generar atrasos en la obra.

- **Metrado deficiente**

El metrado es el proceso de medir con exactitud las dimensiones del área a trabajar. En caso de realizar un mal metrado se llega a planificar mal la cantidad de insumos a utilizar.

Esto implicaría que se debe incluir una exhaustiva revisión del contrato donde el contratista se hace responsable del proyecto a suma alzada, es decir, revisó el proyecto y los planos y realizó sus propias comprobaciones de cantidades.

2.3.4. Matriz de priorización de causas

Las causas mostradas en los diagramas se obtuvieron a partir del cuaderno de obra donde se encuentra a detalle las causas de cada uno de los motivos indicados. Como siguiente paso se ha realizado una matriz de priorización de causas para poder determinar las causas raíz de cada uno de los motivos identificados. Esta matriz mide la probabilidad de ocurrencia y el impacto generado a través de una escala del 1 al 5 donde 1 es muy bajo y 5 es muy alto. Esta matriz se ha realizado en base a la opinión de una junta de expertos, en este paso se utilizó a los gerentes de obra; cada uno de ellos dio un valor para cada categoría y al final se promedió obteniendo el cuadro mostrado a continuación:

Tabla 21: Matriz de priorización de causas

Problema	Causa	P	I	Puntaje
Reprocesos en acabados	Falata de capacitación o inducción sobre estándares de calidad	4	5	20
	Falta de preparación del espacio de trabajo	4	4	16
	Falta de procesos definidos	5	4	20
	Falta de programación a detalle	4	4	16
	Falta de control de riesgos	3	5	15
	Falta de manual de calidad	4	4	16
	Inadecuado almacenamiento	4	4	16
	Incumplimiento de las especificaciones	4	4	16
	Falta de realización de pruebas y controles	4	4	16
Demora en respuesta de imprevisto	Desconocimiento de tiempos contractuales	4	4	16
	Desconocimiento para la solución de imprevistos en obra	5	5	25
	Carencia de procesos de inducción a los profesionales de obra	4	4	16
	Falta establecer un proceso de consultas	3	5	15

	Inconsistencia de los alcances contractuales de las subcontratas	4	4	16
	Inexistencia de semaforización y estandarización de procesos	4	5	20
Retraso en entrega de materiales	Falta de seguimiento y control en el proceso de procura	5	5	25
	Falta de conocimiento de desaduanaje	3	4	12
	Cambio en procesos de desaduanaje no mapeados	2	5	10
	Falta de planificación de procesos y procesos preestablecidos	4	5	20
	Metrado deficiente	2	4	8
	Falta de materiales de sustitución	4	4	16

Fuente: Elaboración Propia

Se define causa raíz como aquellas causas que tienen un puntaje mayor o igual a 20. A continuación, se muestran las causas raíz para cada uno de los problemas identificados:

Tabla 22: Resultado de la matriz de priorización de causas

Problema	Causa raíz
Reprocesos en acabados	Falta de capacitación o inducción sobre estándares de calidad
	Falta de procesos definidos
Demora en respuesta de imprevisto	Desconocimiento para la solución de imprevistos en obra
	Inexistencia de semaforización y estandarización de procesos
Retraso en entrega de materiales	Falta de seguimiento y control en el proceso de procura
	Falta de planificación de procesos y procesos preestablecidos

Fuente: Elaboración Propia

2.3.5. Matriz de enfrentamiento de las causas

Para determinar los porcentajes que representa cada causa sobre el problema, se ha realizado una matriz de enfrentamiento donde se ha hecho comparaciones pareadas entre cada par de causas asignando un valor del 1 al 9, donde 1 significa que la causa A es menos importante que la causa B y 9 significa que la causa A es más importante que la causa B. Luego se obtiene el puntaje sumando todos los valores de las comparaciones. Para obtener el porcentaje, se divide cada puntaje sobre el puntaje total

Tabla 23: Matriz de enfrentamiento de las causas para procura

MATRIZ DE ENFRENTAMIENTO DE LAS CAUSAS PARA PROCURA								
Clave	Causa	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	Puntaje
C-1	Falta de seguimiento y control en el proceso de procura		9	8	9	9	8	43
C-2	Falta de conocimiento de desaduanaje			2	1	2	2	7
C-3	Cambio en procesos de desaduanaje no mapeados				1	1	1	3
C-4	Falta de planificación de procesos y procesos preestablecidos	8	8	9		9	9	43
C-5	Metrado deficiente						2	2
C-6	Falta de materiales de sustitución					6		6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Matriz de enfrentamiento de las causas para imprevistos

MATRIZ DE ENFRENTAMIENTO DE LAS CAUSAS PARA IMPREVISTOS								
Clave	Causa	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	Puntaje
B-1	Desconocimiento de tiempos contractuales		2	1	3	1	2	9
B-2	Desconocimiento para la solución de imprevistos en obra		9	8	8	9	8	42
B-3	Carencia de procesos de inducción a los profesionales de obra			1	2	3	2	8
B-4	Falta establecer un proceso de consultas				2	1	2	5
B-5	Inconsistencia de los alcances contractuales de las subcontratas					2	1	3
B-6	Inexistencia de semaforización y estandarización de procesos	9	6	7	9	8		39

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Matriz de enfrentamiento de las causas para imprevistos

MATRIZ DE ENFRENTAMIENTO DE LAS CAUSAS PARA REPROCESOS EN OBRA											
Clave	Causa	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9	Puntaje
A-1	Falta de capacitación o inducción sobre estándares de calidad		8	7	9	8	9	8	8	7	64
A-2	Falta de preparación del espacio de trabajo			1	2	1	2	2	1	1	10
A-3	Falta de procesos definidos				8	9	9	8	9	8	51
A-4	Falta de programación a detalle					2	1	1	2	1	7
A-5	Falta de control de riesgos						1	2	1	1	5
A-6	Falta de manual de calidad							2	1	1	4
A-7	Inadecuado almacenamiento								1	2	3
A-8	Incumplimiento de las especificaciones									1	1
A-9	Falta de realización de pruebas y controles										0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Ponderación de cada causa:

REPROCESOS EN OBRA		
Clave	Causa	Peso
A-1	Falta de capacitación o inducción sobre estándares de calidad	44,14%
A-2	Falta de preparación del espacio de trabajo	6,90%
A-3	Falta de procesos definidos	35,17%
A-4	Falta de programación a detalle	4,83%
A-5	Falta de control de riesgos	3,45%
A-6	Falta de manual de calidad	2,76%
A-7	Inadecuado almacenamiento	2,07%
A-8	Incumplimiento de las especificaciones	0,69%
A-9	Falta de realización de pruebas y controles	0,00%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Imprevistos

IMPREVISTOS		
Clave	Causa	Peso
B-1	Desconocimiento de tiempos contractuales	8,49%
B-2	Demora por desconocimiento para la solución de imprevistos en obra	39,62%
B-3	Carencia de procesos de inducción a los profesionales de obra	7,55%
B-4	Desconocimiento de tiempos contractuales	8,49%
B-5	Inconsistencia de los alcances contractuales de las subcontratas	2,83%
B-6	Inexistencia de semaforización y estandarización de procesos	36,79%

Fuente: Elaboración propia**Tabla 28: Procura**

PROCURA		
Clave	Causa	Peso
C-1	Falta de seguimiento y control en el proceso de procura	41%
C-2	Falta de conocimiento de desaduanaje	7%
C-3	Cambio en procesos de desaduanaje no mapeados	3%
C-4	Falta de procesos preestablecidos	40%
C-5	Metrado deficiente	2%
C-6	Falta de materiales de sustitución	6%

Fuente: Elaboración propia

2.3.6 Árbol de problemas.

En las Figuras N° 21-22-23, se ha colocado los motivos de los mayores causantes de la demora de la entrega de los proyectos. A continuación, se procede a realizar un árbol de problemas en el cual se detallan las causas y consecuencias del problema.

Figura 24: Diagrama de árbol de problemas

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se procede a explicar el árbol de problemas. Los proyectos entregados fuera de fecha acordada con el cliente ocasionan 4 inconvenientes importantes. La primera es el incremento de penalidades por incumplimiento en la fecha de entrega pactada inicialmente, lo cual ocasiona insatisfacción al cliente y reduce los ingresos de la compañía. El segundo inconveniente es el incremento de las horas extras no programadas dentro de la planificación inicial y la tercera es el incremento de días no planificados para la terminación del proyecto fuera de las fechas programadas. Estos dos inconvenientes ocasionan incremento de costos de mano de obra, lo cual equivale a un aumento en los costos operativos. El último inconveniente importante es el incremento de uso de materiales fuera de los planificados inicialmente para el proyecto, esto ocasiona incremento de costos de materiales, lo cual equivale incremento en los costos operativos. Todos estos inconvenientes ocasionan una reducción de la rentabilidad de la empresa en un 11.56%.

Estos inconvenientes se deben a los motivos colocados en el árbol de problemas, son 3 los motivos más importantes. El primer motivo es el reproceso en los acabados, con un 35.93% de responsabilidad, lo cual se debe a falta de estandarización de la calidad y los criterios de aceptación. El segundo motivo es la demora en la respuesta en la atención de imprevistos o cambios, que implica una serie de modificaciones y reprocesos en la obra, poniendo en riesgo la calidad, tiempo y costos contratados, con un 25.19% de responsabilidad, lo cual se ocasiona por el deficiente proceso de seguimiento al cronograma de obra. El último inconveniente es el retraso de entrega de equipos y materiales, con un 20.00% de responsabilidad, lo cual se ocasiona por la demora en la logística de materiales y servicios, deficiente selección de proveedores y deficiente gestión del calendario de pagos.

2.4. Hipótesis

Mediante la aplicación de las herramientas de árbol de problemas, diagrama de Ishikawa y Pareto, se clasificaron 3 variables como problemas importantes al momento de planificar y ejecutar los proyectos de construcción. Entre observaciones del promotor por incumplimientos técnicos, reprocesos por fallos en la construcción y problemas en la ruta crítica por incumplimiento de entrega de materiales, el planteamiento para solucionar estos inconvenientes se basa en aplicar las metodologías Business Process Management (BPM), Sistema Last Planner

(SLP) y Visual Management (VM), los cuales como se han explicado en el estado del arte del capítulo 1, son idóneos para mejorar la situación actual de la empresa.

2.5. Vinculación de causa con la solución

Una vez que se determinaron los principales problemas, que retrasan la entrega de obras, se analizaron las razones que lo ocasionan y el impacto económico que ocasionan a la empresa. Se procedió a realizar un esquema para mostrar gráficamente el problema, los motivos e impacto que ocasiona. El problema principal se encuentra en la parte izquierda de la Figura N° 25. Los reprocesos en acabado, se generan por la falta de capacitación o inducción sobre los estándares de calidad y la falta de parámetros claros y procesos de aseguramiento de control de calidad. La demora en la respuesta en la atención de imprevistos y/o cambios se debe a la falta de procesos de inducción a los profesionales responsables de obra. Los retrasos en la entrega de equipos y materiales se deben a la falta de planificación y procesos pre-establecidos de adquisición y la falta de seguimiento y control en el proceso de procura y gestión de contratos. En la parte derecha del gráfico se muestran las metodologías/herramientas propuestas en base a los artículos seleccionados en el capítulo 1.

Los porcentajes de las causas que ocasionan los motivos del retraso en la entrega de proyectos en obra, se obtuvieron de las anotaciones en los cuadernos de ocurrencia de obra, estas anotaciones son realizadas por los arquitectos, ingenieros y supervisores.

Figura 25: Vinculación de las causas con solución

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se elaborará el diseño de cada propuesta y su desarrollo correspondiente.

2.6. Diseño de la propuesta

Para la propuesta relacionada a la solución de reprocesos en acabados, demora en la respuesta en la atención de imprevistos y/o cambios y retraso en la entrega de equipos y materiales importados se emplearán los siguientes artículos: *Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time*, *Improving transparency in construction management: a visual planning and control model*, *Implementation of an executable business process management model for the ship hull production design process*, *Simulation of a Construction Project: Assessing Impact of Just-in-Time and Lean Principles* y *Critical success factors for different stages of business process management adoption – a case study*. En la Figura N° 26 se muestra el resumen de los artículos a utilizar en la propuesta de mejora.

Figura 26: Artículos utilizados para elaborar diseño de propuesta

Fuente: Elaboración Propia

2.7. Conclusión

El presente capítulo consistió en la presentación general de la empresa, mostrando los servicios y procesos del área de Gerencia de Proyectos y Construcción, con el fin de exponer la manera que se trabaja en la empresa en cuestión.

Para la realización del diagnóstico se comenzó recolectando información y datos de la empresa, con lo cual se detectó que se gasta una gran cantidad de dinero en penalidades y gastos administrativos adicionales asociadas a los retrasos en la entrega de proyectos.

Una vez se definió el problema, se utilizaron herramientas tales como: árbol de problemas, diagrama de Ishikawa, hojas de control y Pareto, los cuales han permitido evidenciar los motivos más importantes que afectan a la empresa.

Finalmente, se plantearon las metodologías más apropiadas a utilizar, Business Process Management (BPM), Sistema Last Planner (SLP) y Visual Management (VM), para solucionar la problemática que afecta al área de Gerencia de Proyectos y Construcción.

CAPÍTULO III: PROPUESTA DE MEJORA

En el anterior capítulo se realizó el diagnóstico de la situación actual de la empresa, se describió las operaciones que realizan, los principales problemas que afrontan y las metodologías/herramientas a emplear. Utilizando el árbol de problemas, los principales motivos son: reprocesos en acabados, demora en la respuesta en la atención de imprevistos o cambios y retraso en la entrega de equipos y materiales. Las metodologías a emplear son las siguientes: Business Process Management (BPM), Sistema Last Planner (SLP) y Visual Management (VM). En el presente capítulo, se elaborarán las propuestas de mejora para cada problema identificado. Las soluciones se realizan a base de los artículos estudiados con problemas similares al proyecto en estudio.

3.1. Diseño de la propuesta general

En la Figura N° 27 se puede observar los pasos a seguir para la implementación del Sistema Last Planner utilizado para desarrollar la propuesta general, en el artículo *Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time*, se realizaron los siguientes 6 pasos.

- El primer paso fue identificar los factores de riesgo asociados con el estudio del caso y calcular las probabilidades de ocurrencia y sus impactos a tiempo al inicio del proyecto, además, realizar el programa maestro del proyecto, incluidas todas las actividades para mostrar lo que se debe hacer.
- El segundo paso es la cuantificación del PET (Percent Expected Time-overrun) debido al efecto de los factores de riesgo en el momento en que se inicia el proyecto, utiliza un modelo para la cuantificación del PPC (Percent Plan Completed).
- El tercer paso es realizar tres semanas de anticipación para mostrar (lo que se puede hacer) y el plan de trabajo semanal (WWP) para mostrar (lo que se hará).
- El cuarto paso es cuantificar el tiempo excedido esperado debido al efecto de los factores de riesgo a tiempo durante la ejecución del proyecto (Cada tres semanas) utilizando el mismo modelo utilizado en el segundo paso.
- El quinto paso es evaluar los trabajos terminados por un plan de trabajo semanal y semanal de tres semanas mediante el cálculo del PPC para mostrar (lo que se ha hecho).

- El paso final es la modificación del calendario maestro y las tres semanas de anticipación basadas en observaciones y soluciones introducidas por las razones y los riesgos.

Figura 27: Sistema Last Planner

Fuente: Usama Hamed Issa (2013). Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time. *Alexandria Engineering* 52, 699.

Los resultados obtenidos en el artículo es una reducción en un 15.57% del tiempo total del proyecto debido a la disminución de los valores del PET, mientras que los valores del PPC mejoraron.

Para comenzar con la planificación de la implementación de las mejoras seleccionadas, se comenzará con un gráfico general que abarca todas las herramientas/metodologías a utilizar y los pasos a seguir, como se muestra en la Figura N° 28. El primer paso fue identificar los motivos más importantes que ocasionan retraso en la entrega de proyectos de obra, los cuales son reprocesos en acabados, demora en la respuesta en la atención de imprevistos o cambios y retraso en la entrega de equipos y materiales, los cuales están asociados a los procesos de control de calidad, control del seguimiento de cronograma de obra y proceso de procura. Al analizar las

causas de los motivos de retraso en la entrega de proyectos en obra, se ha determinado que se requiere implementar una mejora y estandarización en los procesos antes mencionados, además de un plan de control y seguimiento. Las herramientas/metodologías seleccionadas para mejorar la situación actual son Business Process Management (BPM), Sistema Last Planner (LPS) y Visual Management (VM).

Figura 28: Propuesta general de mejora

Fuente: Adaptación del artículo Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time - Issa

3.1.1 Primera propuesta de mejora – proceso de calidad.

La primera propuesta de mejora está enfocada en el proceso de control de calidad, y tal como se indicó en el proceso general se emplearán las herramientas/metodologías Business Process Management (BPM) para establecer los parámetros claros y procesos de aseguramiento de

control de calidad y Visual Management (VM) para realizar un plan de talleres de capacitación e inducción para los trabajadores.

La primera herramienta a implementar es la herramienta Business Process Management (BPM), quien según el artículo *Implementation of an executable business process management model for the ship hull production design process*, consta de 5 pasos básicamente: el diseño que trata sobre la identificación de las actividades que se realizan actualmente en el proceso de aseguramiento del control de calidad, además de diseñar cambios propuestos (en flujograma). Posteriormente, se realiza el modelado del flujograma realizado anteriormente en lenguaje BPM. El siguiente paso es la ejecución del mismo en un software llamado BONITA en el que permite administrar las propuestas de mejora en el proceso de control de calidad. Luego, se realiza un monitoreo en el que se analizan los resultados obtenidos en el software BONITA; y finalmente, el último proceso es la optimización en el que se analiza el proceso mejorado elegido y se buscan oportunidades de mejora en el nuevo proceso de aseguramiento de control de calidad.

En la Figura N° 29, se muestran las fases a seguir para la implementación de BPM en el proceso de control de calidad.

Figura 29: Fases a seguir para la implementación de BPM - Proceso de Calidad

Fuente: Adaptación del artículo Improving transparency in construction management: a visual planning and control model – Brady, Tzortzopoulos, Rooke, Formoso Tezel

En la Figura N° 3 se puede observar los pasos de implementación del sistema BPM incluyendo a los encargados de la realización en el proceso de control de calidad. La programación se tercerizará a otra empresa experta en el lenguaje BPM.

Figura 30: Pasos para la implementación del sistema BPM - Proceso de Calidad

Fuente: Adaptación del artículo Improving transparency in construction management: a visual planning and control model – Brady, Tzortzopoulos, Rooke, Formoso Tezel

La segunda herramienta a implementar es Visual Management (VM), que según el artículo *Improving transparency in construction management: a visual planning and control model*, se encarga del desarrollo de plan de capacitación a los trabajadores mediante la implementación de cuatro talleres programados un mes antes del inicio de la obra para mejorar el proceso de calidad. Mediante simulación, se evaluarán los cambios en indicadores de eficiencia y eficacia para medir los resultados de la implementación de talleres.

En la Figura N° 31, se muestran las fases para implementación de talleres de capacitación e inducción a los trabajadores.

Figura 31: Fases a seguir para la implementación de VM - Proceso de Calidad

Fuente: Adaptación del artículo Implementation of an executable business process management model for the ship hull production design process – Son & Kim

3.1.2 Segunda propuesta de mejora – proceso de planificación.

La segunda propuesta de mejora, está enfocada en el proceso de planificación de obra, y tal como se indicó en el proceso general se emplearán las herramientas/metodologías: Business Process Management (BPM) para establecer la estandarización del proceso de control de cronograma de obra, Sistema Last Planner (SLP) para minimizar el efecto de los impactos en los riesgos identificados en obra y Visual Management (VM) para realizar un plan de control y seguimiento al proceso de intervención de imprevistos en obra.

La primera herramienta a implementar es el Sistema Last Planner (LPS), que según el artículo *Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time*, se desarrollará de la siguiente manera: al inicio de cada obra se deberá realizar en paralelo el diseño de un cronograma de actividades (con las duraciones estimadas y las actividades predecesoras) e identificar los posibles riesgos que ocasionarían demoras en la ejecución de cada tarea. Por ejemplo, el material solicitado no se encontraba disponible al momento de realizar el pedido, tanto por temas de calidad, abastecimiento, entre otros. Para cada riesgo identificado, se debe cuantificar la probabilidad de ocurrencia y el impacto en obra. Por ejemplo, el riesgo que el material no se encuentre disponible impacta negativamente en la realización del proyecto de obra ocasionando costos de penalización que serán asumidos por la empresa constructora, estos deberán ser reflejados en una matriz de probabilidad, riesgos e impactos como se indica en el artículo 1. Con la ayuda de un diagrama de Gantt es posible cuantificar el tiempo excedido del proyecto (y los costos de penalización) a través de la ruta crítica. Además, se puede aplicar un diagrama PERT-CPM con los tiempos estimados (probable, pesimista y optimista) para determinar la duración del proyecto bajo escenarios diferentes. La revisión del cronograma debe ser de manera periódica (se aconseja cada tres semanas) para poder observar si se ha cumplido o no con lo establecido y determinar el porcentaje del trabajo completado. Esta metodología ha sido aplicada en el artículo 1 logrando reducir considerablemente los tiempos excedidos del proyecto de construcción y se recomienda su aplicación en la construcción e implementación de proyectos de obra debido a su eficiencia y simplicidad.

Figura 32: Fases a seguir para la implementación de LP - Proceso de Planificación

Fuente: Adaptación del artículo Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time - Issa

La segunda herramienta a implementar es la herramienta Business Process Management (BPM), que según el artículo *Implementation of an executable business process management model for the ship hull production design process*, consta de 5 pasos básicamente: el diseño, que trata sobre la identificación de las actividades que se realizan actualmente en el proceso de seguimiento de cronograma de obra, además de diseñar cambios propuestos (en flujograma); posteriormente se realiza el modelado del flujograma realizado anteriormente en lenguaje BPM;; el siguiente paso es la ejecución del mismo en un software llamado BONITA en el que permite administrar las propuestas de mejora en el proceso de seguimiento de cronograma; de ahí se realiza un monitoreo en el que se analizan los resultados obtenidos en el software BONITA; y finalmente, el último proceso es la optimización, en el que se analiza el proceso mejorado elegido y se buscan oportunidades de mejora en el nuevo proceso de seguimiento de cronograma.

En la Figura N° 33, se muestran las fases a seguir para la implementación de BPM en el proceso de seguimiento de cronograma.

Figura 33: Fases a seguir para la implementación de BPM - Proceso de Planificación

Fuente: Adaptación del artículo *Improving transparency in construction management: a visual planning and control model* – Brady, Tzortzopoulos, Rooke, Formoso Tezel

En la Figura N° 34, se puede observar los pasos de implementación del sistema BPM incluyendo a los encargados de la realización en el proceso de seguimiento de cronograma de obra. La programación se tercerizará a otra empresa experta en el lenguaje BPM.

Figura 34: Pasos para la implementación del sistema BPM - Proceso de Planificación

Fuente: Adaptación del artículo *Improving transparency in construction management: a visual planning and control model* – Brady, Tzortzopoulos, Rooke, Formoso Tezel

La tercera herramienta a implementar es Visual Management (VM), que según el artículo *Improving transparency in construction management: a visual planning and control model*, el cual se desarrolla en tres fases. La primera fase es el análisis general del proceso (OPA), en el que se desarrollarán dos talleres entre los planificadores de obra, administrador del sitio y representantes de clientes, donde se define el plan maestro, lista de inventario en sitio y lo

planificado, entre otros puntos a seguir. La segunda fase, es la planificación del proceso (PP). Esta fase se desarrolla quince días antes del inicio de la obra y continúa durante toda la ejecución. En él, se realizarán talleres quincenalmente y se enfocarán en acordar la secuencia de actividades de trabajo y las restricciones. Para esto se utilizará una representación visual mediante post-it. La última fase, es la planificación detallada (DP). Se realizan reuniones diarias con una duración entre 10 y 15 minutos, en el que se centran en las acciones de finalización de trabajo, calidad y mejora del día anterior. Además, mediante el uso de un tablero de planificación, en el que se ubican los post-it de la fase 2, se proporciona una visión general completa del estado actual de la ejecución de la obra.

En la Figura N° 35, se muestran las fases para implementación de un plan de control y seguimiento al proceso de seguimiento de cronograma de obra.

Figura 35: Fases a seguir para la implementación de VM - Proceso de Planificación

Fuente: Adaptación del artículo *Implementation of an executable business process management model for the ship hull production design process* – Son & Kim

3.1.3 Tercera propuesta de mejora – proceso de procura.

La tercera propuesta de mejora está enfocada en el proceso de procura y tal como se indicó en el proceso general se emplearán las herramientas/metodologías Business Process Management (BPM) para establecer un proceso de adquisiciones y de planificación de la solicitud y recepción de materiales y Visual Management (VM) para realizar un plan de control y seguimiento al proceso de solicitud y recepción de materiales.

La primera herramienta a implementar es la herramienta Business Process Management (BPM), que según el artículo *Implementation of an executable business process management model for the ship hull production design process*, consta de 5 pasos básicamente: el diseño que trata sobre la identificación de las actividades que se realizan actualmente en el proceso de solicitud y recepción de materiales, además de diseñar cambios propuestos (en flujograma);

posteriormente se realiza el modelado del flujograma realizado anteriormente en lenguaje BPM; el siguiente paso es la ejecución del mismo en un software llamado BONITA, en el que permite administras las propuestas de mejora en el proceso de solicitud y recepción de materiales, de ahí se realiza un monitoreo en el que se analizan los resultados obtenidos en el software BONITA; y finalmente el último proceso, es la optimización en el que se analiza el proceso mejorado elegido y se buscan oportunidades de mejora en el nuevo proceso de procura.

En la Figura N° 36, se muestran las fases a seguir para la implementación de BPM en el proceso de solicitud y recepción de materiales.

Figura 36: Fases a seguir para la implementación de BPM - Proceso de Procura

Fuente: Adaptación del artículo Improving transparency in construction management: a visual planning and control model – Brady, Tzortzopoulos, Rooke, Formoso Tezel

En la Figura N° 37, se puede observar los pasos de implementación del sistema BPM incluyendo a los encargados de la realización en el proceso de procura. La programación se tercializará a otra empresa experta en el lenguaje BPM.

Figura 37: Pasos para la implementación del sistema BPM - Proceso de Procura

Fuente: Adaptación del artículo Improving transparency in construction management: a visual planning and control model – Brady, Tzortzopoulos, Rooke, Formoso Tezel

La segunda herramienta a implementar es Visual Management (VM), que según el artículo, *Improving transparency in construction management: a visual planning and control model*, se desarrolla en una fase que inicia al momento de la ejecución de la obra y culmina con el final del proyecto. Se realizan reuniones diarias con una duración entre 10 a 20 minutos que se centran en las comunicaciones entre el jefe de procura y de obra, con la finalidad de conocer el avance de obra y poder determinar los materiales que se requieren.

En la Figura N° 38, se muestran las fases para implementación de un plan de control y seguimiento al proceso de procura.

Figura 38: Fases a seguir para la implementación de VM - Proceso de Procura

Fuente: Adaptación del artículo Implementation of an executable business process management model for the ship hull production design process – Son & Kim

3.2 Implementación de propuestas de mejora

En esta sección se explicará la implementación de cada una de las propuestas de mejora indicando la causa o problema que va a atacar.

3.2.1 Implementación del BPM para la estandarización de los procesos.

La implementación del BPM servirá para la estandarización de los procesos de gestión de la calidad (atacando la causa 2: falta de establecer parámetros claros y de procesos de aseguramiento de control de calidad); gestión del cronograma (atacando la causa 4: falta de estandarización de los procesos en obra) y gestión de la procura (atacando la causa 5: falta de planificación y procesos preestablecidos de adquisiciones). El BPM consiste en un total de cinco fases las cuales serán desarrolladas a continuación:

- **Primera fase: Identificación del proceso actual y diseño de la propuesta**

En esta fase, se realiza la identificación de cada uno de los procesos antes mencionados con ayuda de los diagramas de flujo. Para comenzar, se realizan las hojas de proceso, tal como se puede observar en las tablas 21-23, donde se identifican las actividades actuales y propuestas y los responsables de cada actividad. A partir de ahí, se realiza un nuevo diagrama con el diseño de la propuesta.

La Figura 39 muestra el diagrama de flujo de la propuesta para el proceso de gestión del cronograma. Se observa que cada actor del proceso es representado por una columna, cada actividad es representada por un rectángulo y las decisiones son representadas por rombos.

La Figura 40 muestra el diagrama de flujo de la propuesta para el proceso de gestión de procura. Finalmente, la Figura 41 muestra el diagrama de flujo de la propuesta para el proceso de gestión de la calidad.

Para la realización de las hojas de proceso se procede a realizar un seguimiento de los procesos actuales de la empresa, de manera que se identifican los procesos y actividades habituales en esta. La hoja de proceso está compuesta por 4 partes: la primera parte, es el encabezamiento donde se coloca el proceso a realizar y el alcance del mismo; la segunda parte, es el diagrama de flujo del proceso; la tercera etapa, es una breve descripción de las actividades operativas y de control del proceso; y en la última etapa, se coloca el ejecutor de cada actividad.

Tabla 23: Hoja de proceso para el proceso de gestión del cronograma

HOJA DE PROCESO - GESTIÓN DEL CRONOGRAMA		
N° Op.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
1	Dossier de inicio	residencia
2	Planificación de recursos de obra	residencia
3	Distribución de tareas	producción
4	Look ahead planning	producción
5	Informe de rendimiento y correctivos	producción
6	Evaluación del avance	costos
7	Evaluación del avance	calidad
8	Evaluación del riesgo de la ruta crítica	residencia
9	Análisis del riesgo del atraso	residencia
10	Ajuste y control de procesos constructivos	producción
11	Propuesta de compresión o fast tracking	residencia
12	Evaluación de los sobrecostos	costos
13	Aprobación de sobrecostos	gerencia
14	Generación de estado de cuenta de emergencia	back office
15	Activación de proceso de contratación	logística
16	Programación del proceso fast tracking o compresión	producción
17	Seguimiento del proceso de corrección intensivo	producción
18	Informe del desempeño del cronograma	costos
19	Informe mensual de obra	back office
20	Documentos de cierre	calidad
21	Informe final de obra	residencia
22	Lecciones aprendidas	gerencia

Fuente: Elaboración Propia

Figura 39: Diagrama de flujo para el proceso de gestión del cronograma

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24: Hoja de proceso para el proceso de gestión de procura

HOJA DE PROCESO - GESTIÓN DE PROCURA		
N° Op.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
1	Seguimiento y detalle de calendario de despachos	producción
2	Requerimiento de propuestas económicas de otras partidas	producción
3	Contacto con proveedores menores y de acabados	logística
4	Nota de pedido	logística
5	Calendario de entregas y de pagos	logística
6	Negociación de grandes proveedores	logística
7	Actualización de inventarios	almacén
8	Cronograma de mantenimiento preventivo de equipos	almacén
9	Seguimiento de los pedidos a proveedores	administración
10	Reporte de seguimiento de pedidos a proveedores	administración
11	Ubicación de contratistas	logística
12	Orden de servicio	logística
13	Copia de orden de servicio - nota de pedido	administración
14	Requerimiento de documentos de pago	administración
15	Selección de otros contratistas - cuadro comparativo	producción
16	Borrador de contrato	producción
17	Check list de seguimiento	producción
18	Revisión de contrato	legal
19	Firma de Contrato	gerencia
20	Difusión de contrato firmado	legal
21	Solicitud de garantías	producción
22	Reporte de saldos	almacén
23	Cierre de contratos	producción
24	Autorización de devolución de garantías	producción
25	Registro de adelantos valorización adicionales deductivos	almacén
26	Liquidación	almacén
27	Dossier de pago	administración
28	Autorización de pago	gerencia
29	Orden de pago	back office
30	Cheque	back office

Fuente: Elaboración Propia

Figura 40: Diagrama de flujo para el proceso de gestión de procura

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25: Hoja de proceso para el proceso de gestión de calidad

HOJA DE PROCESO - GESTIÓN DE LA CALIDAD EN OBRA		
N° Op.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
1	Dossier de Inicio	calidad
2	Definición de entregables y puntos de control	calidad
3	Reporte de los puntos de control	producción
4	Chech List de contratos en proceso	calidad
5	Elaboración de documentos de seguimiento y control de obra	calidad
6	Establecimiento de los estándares	producción
7	Definición de entregables y puntos de control	residencia
8	Verificación	calidad
9	Revisión de procesos de ejecución	producción
10	Reporte de avance	costos
11	Aprobación de valorización	residencia
12	Dossier de pago	administración
13	Recomendación de mejora de procedimiento	calidad
14	Planilla de control	producción
15	Control de fallas y aciertos	calidad
16	Aprobación de entregable	producción
17	Protocolo aprobado	calidad
18	Acta de recepción	calidad
19	Registro de sobrecostos	costos
20	Preparación de liquidación	costos
21	Liquidación	costos
22	Aprobación de liquidación	residencia
23	Orden de pago	back office
24	Autorización de pago	gerencia

Fuente: Elaboración Propia

Figura 41: Diagrama de flujo para el proceso de gestión de calidad

Fuente: Elaboración Propia

- **Segunda fase: Modelado de la propuesta de mejora**

En esta fase se realiza el modelado de la propuesta de mejora empleando la metodología BPM. El software utilizado fue BONITA, que además de permitir modelar el proceso, permite realizar el seguimiento y control de cada una de las actividades dentro del mismo. A diferencia de los diagramas de flujo, el diagrama BPM incluye eventos. Un evento es un elemento que sucede dentro de un proceso, pudiendo originar el inicio o fin de este. Para el proceso de gestión del cronograma existe un único evento de inicio que se desencadena con la creación de un dossier (Residencia). Mientras que existen dos eventos de fin: el primero de ellos ocurre inmediatamente después de la elaboración de las lecciones aprendidas (Gerencia) y el otro sucede después de la elaboración del informe mensual en obra (Back Office). Los eventos de inicio son representados con un círculo color verde y los eventos de finalización, con un círculo color rojo. Las actividades son representadas con rectángulos y los “*gates*” o puertas de enlace son representados con rombos. Los tipos de enlace utilizados son: exclusiva (necesariamente debe tomar un camino u otro, son representados por una X) y aditivas (si se encuentra como unión de dos actividades, deberán ejecutarse ambos para desencadenar la siguiente actividad, mientras que si se encuentra al lado derecho significa que se disparan dos actividades en paralelo).

La Figura 42 muestra el modelado del proceso de gestión del cronograma. La Figura 43 muestra el modelado del proceso de gestión en procura; y finalmente, la Figura 44 muestra el modelado del proceso de gestión de la calidad.

Figura 42: Modelado del proceso de gestión del cronograma en BPM

Fuente: Elaboración Propia

Figura 43: Modelado del proceso de gestión de procura en BPM

Fuente: Elaboración Propia

Figura 44: Modelado del proceso de gestión de la calidad en BPM

Fuente: Elaboración Propia

- **Tercera fase: Ejecución de la propuesta**

Para realizar la ejecución de la propuesta, un desarrollador de procesos (programador), compilará (convertirá a lenguaje máquina los elementos visuales desarrollados en el modelo) el modelo, de manera que se convierta en un ejecutable (sistema ERP), mientras que el jefe de diseño se encargará de asignar a cada usuario una tarea o rol. Para ello, dentro de cada bloque (tarea), indicará el actor responsable de su ejecución. Para esta fase, se requerirá realizar la tercerización y contratar a una empresa con experiencia en programación y desarrollo de sistemas ERP, cuyo costo promedio asciende a S/. 9,000 soles incluidos IGV. Un sistema ERP, es un sistema que integra varias áreas de manera que se pueda dar un mayor control y seguimiento a cada una de las áreas e integración entre sí.

- **Cuarta fase: Monitoreo y control**

El monitoreo y control de las actividades dentro del proceso se da a través del sistema generado. Cada responsable se encarga de realizar la tarea encargada, mientras que el administrador puede observar y medir el avance general de cada actividad y del proceso en general. Para ello, a cada responsable se le otorga un usuario y contraseña para que pueda acceder al sistema y a través de él, registrar su avance en cada una de las tareas asignadas. El jefe de proyecto tendrá como usuario al administrador quien puede monitorear el avance de los demás usuarios.

- **Quinta fase: Mejora continua**

En esta fase se analiza si se puede realizar mejoras al nuevo proceso. En caso de que sea así, se deberá iniciar nuevamente desde la primera fase.

3.2.2 Implementación del visual management para el seguimiento y control de los procesos.

La implementación del Visual Management consta de tres fases. Cada una de ellas se desarrolla antes o durante el inicio de obra. A continuación, se describe cada una de las fases a implementar:

- **Primera fase: OPA (Overall Process Analysis)**

La primera fase se desarrollará un mes antes del inicio de obra. En esta fase se realiza el primer elemento visual denominado tablero, el cual consiste en un tablero de corcho oscuro sobre el cual irán colocados post-its de colores. Esta fase se desarrolla en talleres (un total de dos a cinco talleres), en los cuales se ofrece, además de realizar el análisis general del proceso de obra, las capacitaciones. En cada taller se elaborará un acta de reunión con los participantes donde debe constar el tema del taller, la fecha y hora de inicio, la firma de cada uno de los participantes, los puntos a tratar, los logros obtenidos y los puntos por mejorar, así como se muestra en la Figura N° 45.

Figura 45: Acta de reunión de los talleres

Taller N°			
Tema:	Capacitación		
Fecha:			
Hora Inicio:		Hora Fin:	
Lugar:			
Asistentes:			
Nombre		Firma	
Puntos a tratar			
Logros obtenidos			
Puntos de mejora			

Fuente: Elaboración Propia

Las capacitaciones ayudarán a mitigar el problema de calidad debido a que se les explicará de manera detallada los procesos que se deben realizar en obra y las especificaciones necesarias para evitar reprocesos en calidad.

Para las capacitaciones los participantes al taller deberán ser: jefe de calidad, jefe de planeamiento, jefe de obra, dueño del terreno, (representante del cliente) y trabajadores de obra.

09:00 a 09:30 a.m.	Bienvenida y presentación de los participantes
09:30 a 10:00 a.m.	Objetivos del taller
10:00 a 12:00 p.m.	Desarrollo del taller
12:00 a 01:00 p.m.	Dinámicas grupales
01:00 a 02:00 p.m.	Cierre del taller

- Bienvenida y presentación de los participantes

A cada participante se le entregará un fotocheck con su nombre, el cual deberá colocarlo en un lugar visible durante todo el taller. Cada participante tendrá la oportunidad de presentarse ante los demás (la presentación únicamente ocurre en el primer taller, en los sucesivos, solamente será la bienvenida) y podrán expresar sus expectativas, motivación y objetivos del taller. Esta fase del taller tiene como duración media hora.

- Objetivos del taller

El ponente de cada taller expondrá ante los participantes el objetivo y lo que se espera cumplir por parte de cada uno de los participantes. Explicará la metodología de cada taller y las evaluaciones a rendir (en caso se requieran). Esta fase tiene duración media hora.

- Desarrollo del taller

El desarrollo del taller incluye la exposición del tema a tratar que variará de acuerdo con el taller realizado. Esta fase tiene una duración de dos horas. Los temas a tratar en cada taller son los siguientes:

➤ Primer taller: **Especificaciones del cliente**

En este taller, el cliente junto con el jefe de calidad, expondrá las especificaciones necesarias y requeridas para la obra. Se explicará sobre los estándares de calidad que se desean lograr al finalizar el proyecto de obra.

➤ Segundo taller: **El terreno**

En este taller, el dueño del terreno, expondrá la situación actual del terreno sobre el cual se llevará a cabo la construcción, indicando el tipo de terreno y las dificultades que pudiese ocurrir al momento de la construcción.

➤ Tercer taller: **Estandarización de los procesos de obra**

En este taller, el jefe de obra, indicará los procesos estandarizados de obra que deben seguirse para la construcción. Un punto clave será mencionar el monitoreo continuo a las actividades de obra.

➤ Cuarto taller: **Roles**

En este taller, se le explicará a cada uno de los trabajadores acerca de sus funciones dentro del proyecto de obra y se les capacitará para su correcto desempeño. Se le indicará que al término de cada día (de preferencia) deberá llenar un reporte indicando las actividades realizadas y cuáles han sido las dificultades observadas y sus recomendaciones para poder subsanarlas.

- Dinámicas grupales

Las dinámicas grupales consisten en actividades de integración en donde los integrantes se relacionan y realizan pruebas en equipo. Consiste en pequeñas competencias que fomentan el trabajo en equipo. Esta fase tiene una duración de una hora.

- Cierre del taller

El cierre del taller consiste en la firma de un acta de reunión, en donde se incluyen a los participantes, los objetivos logrados y los puntos por mejorar, los mismos que deberán ser tratados al inicio o durante el siguiente taller.

- Sobre los post-it

Deberán ser cuadrados y de colores llamativos (neón de preferencia). Se requiere seis colores distintos (uno por cada grupo de actividad) además de uno color rosado que se utilizará como indicador de las restricciones y dificultades. Este último debe colocarse en forma de rombo.

- Sobre la escritura

Deberá ser en plumón grueso de color negro y con letra legible. Tomar en cuenta que todos los participantes deberán ser capaces de poder leer y entender lo que se indica en cada nota.

- **Segunda fase: PP (Process Planning)**

Esta segunda fase dará inicio quince días hábiles antes del inicio de la construcción y continúa durante la fase de ejecución de obra. En esta fase, se realizarán talleres quincenalmente (los participantes serán los mismos que en la fase OPA). En estos talleres se desarrolla la secuencia de las actividades de trabajo en obra y las soluciones para eliminar las restricciones previamente identificadas. Se revisa cada una de las actividades de obra respecto a la disponibilidad de materiales y recursos, y son discutidas por los participantes del taller. El facilitador del taller deberá asegurarse que las soluciones identificadas para eliminar restricciones se encuentren documentadas en los planes de acción.

- **Tercera fase: DP (Detailed Planning)**

Esta tercera fase se dará inicio al momento de la ejecución de obra. En esta fase, las reuniones serán diarias tomando entre 10 a 20 minutos donde se acuerda el trabajo diario a realizar y se coloca sobre el tablero. Además, se definen los indicadores que se medirán para dar un correcto seguimiento de avance de cada una de las actividades en obra.

- Respecto a las actividades y tareas a realizar

Al inicio de cada turno de trabajo se coloca en el tablero las actividades a realizar de acuerdo con el grupo de actividades que corresponda. Cuando una tarea es terminada, se deberá colocar un post-it de color negro sobre ella de manera que el jefe de calidad realice un control de la actividad terminada. En caso de que la actividad haya sido satisfactoria, se retira el post-it y se coloca la palabra completado; caso contrario, se identifica los problemas ocurridos, se realiza un plan de acción y el post-it negro permanece hasta que el plan de acción haya sido ejecutado de manera correcta.

En esta fase se involucra también al área de procura de manera que haya comunicación entre el avance de obra (materiales necesarios) e inventarios en almacén de manera que se pueda determinar el momento adecuado de realizar un pedido.

3.2.3 Indicadores para la evaluación funcional de la propuesta.

Para evaluar la funcionalidad de la propuesta se considerará los siguientes indicadores:

- **Porcentaje de demora sobre el tiempo de obra planificado**

Este indicador mide (en porcentaje) el tiempo de demora sobre el tiempo planificado de obra. Se observa en la Figura 46 el porcentaje de demora sobre el tiempo planificado de todos los proyectos elaborados en los últimos cuatro años. Se muestra además, el valor meta propuesto por la Gerencia de Proyectos y el valor de alerta, es decir, el máximo porcentaje admisible. Se observa que el indicador en el año 2015 se encuentra por debajo del valor de alerta pero sobrepasa el valor meta; a partir del año 2017 en adelante el valor del indicador sobrepasa el valor de alerta por lo que se evidencia un problema. Con la propuesta, este porcentaje se reduce a 8.82% que se encuentra por debajo del valor meta, lo que indica que la mejora es adecuada.

Figura 46: Ficha Indicador para el porcentaje de demora sobre tiempo planificado

3.3 BENCHMARKING

Los artículos mencionados a continuación, son casos de éxitos relacionados a la propuesta de mejora realizada.

Tabla 26: Casos de éxito

Título	Autor	Revista	Factor de Impacto	Año
Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time	Usama Hamed Issa	Alexandria Engineering Journal	SJR 2018 0.71	2013
The role of formal and informal mechanisms in implementing lean principles in construction projects	Lena Elisabeth Bygballe, Maria Endresen, Silje Fálun	Engineering, Construction and Architectural Management	SJR 2018 0.58	2018
Simulation of a Construction Project: Assessing Impact of Just-in-Time and Lean Principles	Flora Bamana, Nadia Lehoux, Caroline Cloutier.	Journal of Construction Engineering and Management	SJR 2018 1.04	2019
Implementation of an executable business process management model for the ship hull production design process	Myeong-Jo Son, Tae-wan Kim	Journal of Marine Science and Technology	SJR 2018 0.75	2014
Critical success factors for different stages of business process management adoption – a case study	Brina Buh, Andrej Kovacic, Mojca Indihar Stemberger	Economic Research – Ekonomska Istrazivanja	SJR 2018 0.43	2015
Improving transparency in construction management: a visual planning and control model	Denise Ann Brady, Patricia Tzortzopoulos, John Rooke, Carlos Torres Formoso, Algan Tezel	Engineering, Construction and Architectural Management	SJR 2018 0.58	2017

Fuente: Elaboración Propia

Los puntos a considerar de los artículos son los siguientes:

- Análisis de la situación actual de la empresa.
- Observación y recolección de data (cuantitativa y cualitativa) en obra.
- Elección de indicadores a medir la eficiencia de trabajo.
- Para la implementación de BPM se han realizado en 6 fases:
 - Descubrimiento (aclaración de cómo funcionan los procesos de negocios).
 - Diseño (construcción de modelos de definición de productos para procesos de negocios).
 - Ejecución (proporcionando servicios de promulgación).
 - Operación (interacción con los participantes mientras se monitorea el proceso de negocio).

- Optimización (mejora del modelo de definición de productos).
- Análisis
- Para la implementación de VM se han realizado en 3 fases:
 - Fase 1 (OPM), se realizan reuniones y talleres entre 2-3 meses antes del inicio de la obra con personas involucradas en el proyecto y el objetivo es generar el primer elemento visual, el mapa general del proceso.
 - Fase 2 (PP), se realizan un acuerdo de la secuencia de trabajo identificado y removiendo las restricciones para cada actividad. En esta fase se realizan talleres antes de la ejecución de obra y se realiza mensualmente.
 - Fase 3 (DP), se realizan reuniones diarias durante la ejecución de la obra (aprox. entre 15 a 20 minutos), identificando los inconvenientes ocurridos en el cronograma de trabajo y solucionando las dificultades detectadas.
- Análisis de los resultados obtenidos mediante la aplicación de las mejoras realizadas.

3.4 Consideraciones para la implementación de las mejoras

En esta sección se detallan las consideraciones para la implementación de las propuestas de mejora.

- La administración y gerencia deben mostrar total compromiso en la implementación de herramientas/metodologías de mejora. El compromiso de la administración y gerencia, es fundamental para que los empleados se impliquen en el objetivo de la empresa.
- La administración y gerencia deben considerar que las herramientas/metodologías a implementar tomarán tiempo (1 año) en ver las mejoras reflejadas, además que se requiere mantenimiento periódicamente de la base de datos de las obras y actividades que se desarrollan.
- La gerencia debe comprometer recursos financieros para las inversiones (tercerización del desarrollo del sistema Business Process Management (BPM) y materiales para la implementación del Visual Management (VM)).
- Todo el personal debe estar comprometido y alineado con los objetivos de la mejora, tomando con seriedad las capacitaciones.

- Tomar con seriedad la importancia de las reuniones diarias de coordinación de trabajo (Visual Management) por el seguimiento y control a los avances de la obra.
- La importancia de las herramientas/metodologías de Business Process Management (BPM) Y Visual Management (VM) deben ser comprendidas por todos los trabajadores.

3.5 Cronograma de implementación de las mejoras

Para la elaboración del cronograma de implementación de las mejoras, se ha considerado una obra cualquiera cuyo inicio es el 01 de abril del presente año, pues la implementación de la mejora del Visual Management toma como referencia el inicio de obra (El inicio de la fase 1 debe ser 1 mes antes del inicio de obra, por ejemplo). Se considera un mes de 30 días y 05 días a la semana en horario administrativo. Bajo estas premisas, se presenta el cronograma de implementación elaborado en MS Project. La implementación tomará un total de 51 días calendario.

Figura 47: Cronograma de implementación de las propuestas de mejora

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV: VALIDACIÓN DEL MODELO

En esta sección, se realizará la validación de las propuestas mediante la construcción de un modelo de simulación y se realizará la evaluación económica para determinar la viabilidad del proyecto de mejora. Para ello, primero se realizará la descripción del modelo realizado con el software Arena para luego proceder a explicar los resultados obtenidos. El modelo fue realizado utilizando el Software Arena 15.1 en su versión completa con los módulos de blocks y elements. El modelo consiste en una conceptualización de una obra cuya duración planificada fue de 208 días de acuerdo con el cronograma realizado en Ms Project.

4.1 Implementación

Se han realizado dos modelos en Arena. El primero de ellos para evaluar el porcentaje de demora sobre el tiempo planificado de obra y el segundo, para aplicar dicho porcentaje en una obra en específica cuya duración planificada fue de 208 días. En el primer modelo se obtuvo el porcentaje de demora sobre el planificado y fue contrastado con lo mostrado en la Tabla N°17 que indica un porcentaje promedio de retraso de 12.48%. En este modelo se han considerado las causas definidas en el capítulo 3 con sus respectivos porcentajes de ocurrencia. Para cada causa definida, se ha atacado el problema aplicando las mejoras descritas en el capítulo 3.

4.1.1 Desarrollo del primer modelo.

La Figura N° 48 muestra el modelo desarrollado en Arena para validar el porcentaje de retraso sobre el tiempo planificado.

Figura 48: Primer modelo en Arena

Fuente: Elaboración Propia

- **BLOCK CREATE**

Con este block se generan las entidades (obras) del año 2018. La Figura 49 muestra la configuración de este block. En Mark Attribute se ha colocado HINICIO que va a servir para medir el tiempo final de cada proyecto. En Batch Size se ha colocado la cantidad de obras realizadas en el 2018 que equivale a 12 y en Maximum Batches se colocó el valor de 1 indicando que solamente se va a generar 1 vez.

Figura 49: Definición del block CREATE

Fuente: Elaboración Propia

- **BLOCK COUNT**

Con este block se cuenta el total de entidades (obras) generadas.

- **BLOCK ASSIGN**

Con este block se asigna el atributo numProyecto a la entidad como se muestra en la Figura N° 49. El valor NC(TotalProyectos) indica el valor actual del contador TotalProyectos.

Figura 50: Asignación del atributo numproyecto

Fuente: Elaboración Propia

- **BLOCK DELAY**

Este block se emplea para simular el tiempo de duración planificada de cada proyecto. Este tiempo depende de la obra realizada como se observa en la Tabla N° 17. Para definir estos tiempos se ha hecho uso del element EXPRESSIONS que permite definir una expresión, en este caso, la duración planificada. La Figura N° 50 muestra el ingreso de cada uno de estos tiempos.

Figura 51: Ingreso de tiempo planificado de cada proyecto de obra

Expressions

Number:

Name: DIASPLANIFICADO

1-D Array Index: 12

2-D Array Index:

Data Type: Native

Linked File:

When a Linked File and Recordset are defined,
Expression Values are ignored.

Expression Values:

- 66
- 150
- 170
- 43
- 131
- 35
- 128

☐ I/O Point

OK Cancel Help

Fuente: Elaboración Propia

Figura 52: Ingreso de la duración del proyecto en el block DELAY

Fuente: Elaboración Propia

La Figura N° 51 muestra el ingreso del tiempo planificado en el block DELAY. El valor ingresado es de DIASPLANIFICADO(NUMPROYECTO), donde Días Planificado es el nombre de la expresión definida previamente y numproyecto, es el atributo que indica el número de proyecto de obra.

- **BLOCK TALLY**

Este block mide el tiempo transcurrido desde la creación del proyecto de obra (HINICIO) como se muestra en la Figura N° 52.

Figura 53: Determinación del tiempo transcurrido de obra (planificado)

The image shows a software dialog box titled "Tally Block". It contains the following fields and controls:

- Label:** An empty text input field.
- Mark Attribute:** A dropdown menu.
- Next Label:** An empty text input field.
- Tally ID:** A dropdown menu with "TPROMEDIOPLANIFICADO" selected.
- Value:** A dropdown menu with "TNOW-HINICIO" selected.
- Number of Observations:** A text input field containing the number "1".
- Comments:** A large empty text area.
- Buttons:** "OK", "Cancel", and "Help" buttons at the bottom right.

Fuente: Elaboración Propia

- **BLOCK ASSIGN**

Con este block se asigna el problema y la causa probable de la demora del proyecto ejecutado. Los porcentajes ingresados corresponden a los analizados en el capítulo 3. La Figura N° 53 muestra la asignación en probabilidad de los problemas a cada una de las obras ejecutadas: El valor de 1 representa a los problemas en acabados (calidad), 2 representa a problemas en imprevistos de obra, 3 representa problemas respecto a la compra y procura y 4 representa a otros problemas no identificados. La Figura N° 54 muestra la asignación de las causas en función a los problemas identificados. El valor de 1 representa capacitación, 2 representa estandarización de procesos de calidad, 3 representa retraso en obra, 4 representa estandarización de los procesos de obra, 5 representa estandarización de los procesos de procura, 6 representa ineficiencias en la gestión de procura y 7 representa otras causas.

Figura 54: Asignación de problemas a las obras

Fuente: Elaboración Propia

Figura 55: Asignación de las causas en función a los problemas

Fuente: Elaboración Propia

Para asignar los porcentajes de mejora se ha tomado en cuenta las causas de retraso de cada obra como se muestra en la Figura N° 55. La primera causa será atacada por la propuesta de BPM que se considera reduce en un 30% el tiempo de demora en obra. La segunda causa es atacada por BPM y Visual Management en conjunto. Según el artículo 4 la implementación del Visual Management permite reducir en un 33.33% el tiempo de demora de obra. La tercera causa es atacada por Visual Management, la cuarta causa es atacada por BPM, la quinta causa es atacada por Last Planner que según el artículo 1 logra reducir un porcentaje de 15.57% el tiempo de demora de obra; finalmente, la causa 6 es atacada por BPM y Last Planner en conjunto.

Figura 56: Asignación de porcentajes de mejora según la causa que se desea atacar

Fuente: Elaboración Propia

Con base al porcentaje de mejora, se define el tiempo adicional sobre el tiempo planificado que se calcula como $DEMORAS(NUMPROYECTO)*(1-PMEJORA)$. DEMORAS es una expresión que al igual que la expresión DIASPLANIFICADO depende del número de proyecto como se muestra en la Figura N° 56. En la Figura N° 57 se realiza el cálculo del tiempo adicional tomando en cuenta las demoras, el porcentaje de mejora y el número de proyecto.

Figura 57: Definición de días de demora por proyecto

Expressions

Number:

Name:

1-D Array Index:

2-D Array Index:

Data Type:

Linked File:

When a Linked File and Recordset are defined,
Expression Values are ignored.

Expression Values:

- 3
- 22
- 16
- 10
- 13
- 2
- 42

☐ I/O Point

OK Cancel Help

Fuente: Elaboración Propia

Figura 58: Definición del tiempo adicional al tiempo planificado

Fuente: Elaboración Propia

- **DELAY**

Este block se emplea para simular el paso del tiempo adicional o de demora del proyecto.

4.1.2 Resultados del modelo actual.

El modelo se corrió con un total de 30 réplicas para poder analizar los intervalos de confianza de cada uno de los indicadores de interés (Porcentaje de demora y Tiempo total de demora) de la situación actual. Dado que bajo este escenario no hay ningún dato probabilístico los resultados serán iguales en cada una de las réplicas. La Figura N° 59 muestra los resultados obtenidos con

la situación actual (sin considerar las mejoras) y coinciden con los determinados en la Tabla N° 17.

Figura 59: Resultados de la corrida del modelo actual

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
PORCENTAJE DEMORA	12.482	2.6983E-15	12.482	12.482	30
PROMEDIO DEMORA	22.500	.00000	22.500	22.500	30
TOTAL DEMORA	270.00	.00000	270.00	270.00	30

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3 Resultados del modelo con la mejora.

Con ayuda del Process Analyzer se ha elaborado una comparación entre el escenario actual (sin mejoras) y el escenario propuesto (implementación de las mejoras). La Figura N° 60 muestra la comparación de los indicadores en cada uno de los dos escenarios. En el escenario actual el tiempo total de demora es de 270 días mientras que con la mejora se reduce a 209 días reduciendo un 22.45% las demoras. La Tabla N° 25 muestra numéricamente la cantidad de días de demora con la mejora propuesta que equivale a 184.26 días. El modelo indica que la demora aplicando las mejoras se ubica entre los valores [178.7,198.1] días. Dado que el valor real se encuentra dentro de este intervalo entonces quiere decir que el modelo es válido.

Figura 60: Comparación de los Resultados con y sin mejora

	Scenario Properties				Controls			Responses			
	S	Name	Program File	Reps	MEJORA_BP M	MEJORA_LP	MEJORA_VM	COSTO_PRO YECTOS	PROMEDIO DEMORA	PORCENTAJE DEMORA	TOTAL DEMORA
1		SIN MEJORA	3 : MODELO	30	0.0000	0.0000	0.0000	358953.550	22.500	12.483	270.000
2		CON MEJORA	3 : MODELO	30	0.3000	0.1557	0.3330	282021.083	17.678	9.807	209.367

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27: Determinación de la cantidad de días de retraso aplicando las mejoras

MOTIVO	FRECUENCIA OCURRENCIA	CAUSA	FRECUENCIA	PESO	DEMORA ACTUAL	MEJORA BPM	MEJORA VSM	MEJORA LP	MEJORA GLOBAL	DEMORA MEJORADA
REPROCESOS	35.93%	CAPACITACIÓN	44.14%	15.86%	42.82	0.00%	33.33%	0.00%	33.33%	28.55
	35.93%	ESTANDARIZACIÓN	35.17%	12.64%	34.12	30.00%	0.00%	0.00%	30.00%	23.88
	35.93%	OTROS	20.69%	7.43%	20.07	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	20.07
IMPREVISTOS	25.19%	RETRASOS	39.62%	9.98%	26.95	0.00%	33.33%	15.75%	49.08%	13.72
	25.19%	ESTANDARIZACIÓN	36.79%	9.27%	25.02	30.00%	0.00%	0.00%	30.00%	17.52
	25.19%	OTROS	23.59%	5.94%	16.04	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	16.04
PROCURA	20.00%	ESTANDARIZACIÓN	41.00%	8.20%	22.14	30.00%	0.00%	0.00%	30.00%	15.50
	20.00%	INEFICIENCIAS	41.00%	8.20%	22.14	0.00%	33.33%	0.00%	33.33%	14.76
	20.00%	OTROS	18.00%	3.60%	9.72	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	9.72
OTROS	18.88%	OTROS	100.00%	18.88%	50.98	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	50.98
TOTAL					270					210.74
REDUCCION										21.95%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 61: Cronograma de obra en Ms Project

▲ CRONOGRAMA DE OBRA REAL - TESIS 1	208 días	lun 14/07/14	sáb 2/05/15
▲ Adjudicación Oficinas llave en Mano	208 días	lun 14/07/14	sáb 2/05/15
▲ Elaboración de diseño de oficinas	181.13 días	lun 14/07/14	vie 27/03/15
▷ Elaboración de Proyecto	53 días	lun 14/07/14	vie 26/09/14
▷ Concurso para implementación de oficinas	52 días	vie 26/09/14	mié 10/12/14
Obtención de permisos municipales	14 días	vie 26/09/14	vie 17/10/14
PAGO DEL ADELANTO DE OBRA - INICIO DE OBRA	0 días	mié 10/12/14	vie 27/03/15
Firma de Contratos	15 días	jue 30/10/14	jue 20/11/14
▲ CASCO	85 días	mié 10/12/14	mié 8/04/15
▷ TRABAJOS PRELIMINARES	5 días	mié 10/12/14	mié 17/12/14
▷ OBRAS PROVISIONALES	7 días	mié 10/12/14	vie 19/12/14
▷ SISTEMA DE DRYWALL EN TABIQUES	31 días	vie 19/12/14	sáb 31/01/15
▷ SISTEMA DE DRYWALL EN TECHOS	21 días	lun 5/01/15	mar 3/02/15
▷ INSTALACIONES ELECTRICAS	49 días	vie 19/12/14	jue 26/02/15
▷ INSTALACIONES SANITARIAS	18 días	vie 19/12/14	mié 14/01/15
▷ SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	29 días	vie 30/01/15	jue 12/03/15
▷ SISTEMA DE ALARMAS CONTRA INCENDIO	48 días	vie 30/01/15	mié 8/04/15
▷ SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO	19 días	mié 17/12/14	mar 13/01/15
▷ PINTURA	38 días	mar 3/02/15	vie 27/03/15
▲ ACABADOS	35 días	jue 29/01/15	jue 19/03/15
▷ LUMINARIAS	14 días	vie 27/02/15	jue 19/03/15
▷ CRISTAL TEMPLADO	24 días	jue 29/01/15	mié 4/03/15
▲ PISOS (NO REALIZADO POR EDDICO)	7 días	vie 27/02/15	mar 10/03/15
Instalacion de alfombras	7 días	vie 27/02/15	mar 10/03/15
Instalacion de pisos vinilicos	4 días	vie 27/02/15	jue 5/03/15
INSTALACION DE ROLLERS	5 días	jue 26/02/15	jue 5/03/15
▷ ZOCALOS	23 días	jue 26/02/15	mar 31/03/15
▷ PUERTAS CONTRAPLACADAS	34 días	jue 29/01/15	mié 18/03/15
▷ APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS DE BAÑO	33 días	jue 29/01/15	mar 17/03/15

Fuente: Elaboración Propia

4.2 Evaluación económica

La medición de éxito económico del proyecto se mide mediante el valor presente neto (VPN), así como, la tasa interna de retorno (TIR), los cuales se obtienen mediante la proyección del flujo de caja para los siguientes cinco años tomando los tres escenarios indicados anteriormente para estimar los posibles resultados tras la implementación del proyecto.

Debido a que el proyecto se realizará con fondos propios, la tasa de descuento a considerar será el (COK) costo de oportunidad de la empresa. De acuerdo con la Gerencia de Proyectos, esta tasa es del 12% anual.

Para la construcción del flujo de caja se han considerado como Ingresos, los ahorros en pérdidas por retrasos en la ejecución de obra tras la implementación del proyecto de mejora (BPM y Visual Management). Como Gastos se detallan: el pago de las capacitaciones, mantenimiento y licencias de software y la inversión en cada una de las propuestas. Se observa en la Tabla N°26 el total de gastos de penalidad en los últimos tres años expresado en dólares.

Tabla 28: Total gastos de penalidad en los últimos tres años

Año	2016	2017	2018
N° de proyectos	9	9	12
Valor venta	\$ 2,305,098.98	\$ 2,359,416.88	\$ 3,106,184.96
Valor unitario	\$ 256,122.11	\$ 262,157.43	\$ 258,848.75
Penalidades	\$ 214,735.25	\$ 238,430.33	\$ 358,953.55
Penalidades por proyecto	\$ 23,859.47	\$ 26,492.26	\$ 29,912.80

Fuentes: Elaboración Propia

Realizando una regresión lineal sobre el costo de penalidades, se muestra la Figura N° 50 y se observa que el coeficiente de correlación (R^2) es de 0.8694 siendo su valor cercano a la unidad. A partir de los datos, se estimará el valor de las penalidades para cada uno de los siguientes cinco años. Asimismo, la proyección con tendencia positiva proyecta un incremento sostenido de los gastos por penalidades que posiblemente asumirá la empresa.

Figura 62: Regresión lineal para el costo de penalidades

Fuentes: Elaboración Propia

Para efectos de la evaluación, se convertirá los montos a moneda nacional, por lo que se ha tomado en cuenta el tipo de cambio actual (TC igual a S/. 3.29) sin considerar la devaluación sol con respecto al dólar.

Tabla 29: Penalidades proyectadas en dólares y moneda local

Concepto	2020	2021	2022	2023	2024
Penalidades \$	487,033	559,142	631,252	703,361	775,470
Penalidades/Retrasos	1,699.00	1,872.00	2,044.00	2,216.00	2,388.00
Retrasos/Proyecto	23.62	23.62	23.62	23.62	23.62
Cantidad de Proyectos	12.00	12.00	13.00	13.00	13.00

Fuentes: Elaboración Propia

Para los costos de implementación se ha considerado el pago a una empresa consultora de procesos que será responsable en analizar los procesos actuales de la empresa y proponer un modelo de procesos. El costo estimado asciende a S/. 60,000 soles los cuales deberán ser desembolsados al inicio del proyecto (año 0). Para el hardware requerido (computadoras, equipos, etc.) se ha estimado un costo total que asciende a S/. 56,154.00 soles como se muestra detallado en la Tabla N° 28. (todos los costos han sido obtenidos de Mesajil Hnos.).

Tabla 30: Requerimiento de Hardware

Elemento	P. Unitario	Cantidad	SubTotal	Total
PC core i7	S/ 5,270.00	8	S/ 35,728.81	S/ 42,160.00
Monitores LED	S/ 1,717.00	8	S/ 11,640.68	S/ 13,736.00
Mouse óptico	S/ 32.30	8	S/ 218.98	S/ 258.40
Total Hardware				S/ 56,154.40

Fuentes: Elaboración Propia

Para el funcionamiento del sistema BPM, es necesario que se cuente con una computadora core i7 mínimo cuyas especificaciones son 8 GB de RAM (suficiente para el procesamiento de los datos almacenados en el gestor de base de datos) y un procesador de 3.60 GHz que garantizarán una velocidad óptima de trabajo y de flujo de información. Se aconseja una memoria de 32 GB de RAM para la PC que se utilizará como servidor para almacenar la base de datos.

Sistema

Procesador: Intel(R) Core(TM) i7-7700 CPU @ 3.60GHz 3.60 GHz
Memoria instalada (RAM): 32.0 GB
Tipo de sistema: Sistema operativo de 64 bits, procesador x64
Lápiz y entrada táctil: La entrada táctil o manuscrita no está disponible para esta pantalla

Respecto al software a emplear, se ha considerado utilizar Office 2016 Plus para la elaboración de reportes y cuadros de avance o seguimientos de cada tarea y/o actividad (incluye Project) cuyo costo asciende a S/. 2,312.00 soles (tomado de la página oficial de Office Plus). Para el sistema operativo, se ha considerado Windows 10 debido a su versatilidad y sencillez al momento de trabajar y Windows Server que se utilizará para almacenar la base de datos del sistema BPM. El Windows 10 tiene un costo de S/. 38.64 y el Windows Server tiene un costo de S/. 18.72. Además, se requiere la compra del SQL Server que se empleará como el gestor de la base de datos y tiene un costo de S/. 48,128¹. Se ha considerado además el uso de antivirus para la protección de datos e información. El antivirus seleccionado es el NOD 32 debido a su rapidez y excelente detección de programas malignos y virus. El costo es de S/. 1,112.00. También se ha considerado la compra del programa Arena versión Full cuyo costo asciende a S/. 67,520².

¹ El costo en dólares es de \$14,256.00. Se contempla un tipo de cambio igual a 3.376

² El costo en dólares es de \$20,000.00. Se contempla un tipo de cambio igual a 3.376

Tabla 31: Requerimientos de Software

Software	Unitario	Cantidad	SubTotal	Total
Office Plus 2016	289.00	8.00	1,959.32	2,312.00
Windows Server	18.72	1.00	15.86	18.72
Antivirus NOD 32	139.00	8.00	942.37	1,112.00
SQL 2018	48,128.26	1.00	40,786.66	48,128.26
Windows 10	5.52	7.00	32.75	38.64
Arena Professional	67,520.00	1.00	57,220.34	67,520.00

Fuentes: Elaboración Propia

Para el costo del taller (sin incluir costos de materiales) se ha estimado el costo por hora equivalente a S/. 200.00 soles. Los talleres se desarrollarán en cada una de las tres fases explicadas del Visual Management.

- **Fase 1:** consiste en 4 talleres de cinco horas cada uno, por lo que el costo estimado es de S/. 4,000 soles.
- **Fase 2:** estos talleres se desarrollarán quincenalmente (quince días antes del inicio de obra y culmina al momento de terminar la obra). Se ha considerado una duración promedio de obra de 208 días por lo que la cantidad de talleres es de 14 (incluye el taller previo al inicio de obra). Cada taller tiene una duración máxima de 20 minutos por lo que el costo de esta fase asciende a S/. 933.33 soles.
- **Fase 3:** estos talleres se desarrollan diariamente durante la ejecución de la obra, por lo que la cantidad de talleres se ha estimado en 208. Cada taller tendrá una duración máxima de 20 minutos por lo que el costo de esta fase asciende a S/. 13,866.67 soles. A modo de resumen, se muestra en la tabla los costos por cada fase: (El costo total se refiere al costo del taller por cada proyecto de obra).

Tabla 32: Costo de taller por fase de implementación de VM

Fases	Costo/hora	hora/taller	talleres	Costo total
OPA	200.00	5.00	4.00	4,000.00
PP	200.00	0.33	14.00	933.33
DP	200.00	0.33	208.00	13,866.67
Costo total				18,800.00

Fuentes: Elaboración Propia

Los costos de materiales para cada una de las fases del visual management, así como el total, se muestran a continuación:

Tabla 33: Costo por materiales por fase de implementación de VM

Fase	Cantidad	P. Unitario		Costo Total	
OPA					
Pizarra de corcho	1	S/	76.50	S/	76.50
Paquete post-it	2	S/	4.10	S/	8.20
PP					
Paquete post-it	2	S/	4.10	S/	8.20
DP					
Paquete post-it	5	S/	4.10	S/	20.50
Costo Total				S/	113.40

Fuentes: Elaboración Propia

A modo de resumen, se muestra en la siguiente tabla los costos asociados a cada fase del visual management:

Tabla 34: Tabla resumen de costos por fase de implementación de VM

Fase	Materiales	Taller	Total
OPA	84.70	4,000.00	4,084.70
PP	8.20	933.33	941.53
DP	20.50	13,866.67	13,887.17
Total	113.40	18,800.00	18,913.40

Fuentes: Elaboración Propia

Las inversiones del proyecto están conformadas por la compra de equipos de cómputo, consultoría, la compra y adquisición de software y el pago por tercerización de la implementación del BPM. A continuación, se muestra un resumen de las inversiones necesarias:

Tabla 35: Tabla resumen proyectada de inversiones a realizar por año

Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Equipos de cómputo (HW)	56.15					
Consultoría	60.00					
Software	67.52	51.61	51.61	51.61	51.61	51.61
Implementación BPM	9.00					
Inversión total	192.67	51.61	51.61	51.61	51.61	51.61

Fuentes: Elaboración Propia

Los gastos del proyecto están compuestos por la compra de materiales para los talleres (Visual Management) y el pago al facilitador o capacitador del taller. A continuación, se muestra el resumen de los gastos del proyecto (se ha considerado que la cantidad de obras a realizar en los próximos años se mantendrá igual a 12 proyectos de obra):

Tabla 36: Tabla resumen proyectada de los gastos a implementar por año en miles de soles

Año	2020	2021	2022	2023	2024
Pago a facilitador	225.60	225.60	244.40	244.40	244.40
Compra de materiales	1.36	1.36	1.47	1.47	1.47
Costo total de taller	226.96	226.96	245.87	245.87	245.87

Fuentes: Elaboración Propia

De acuerdo con los artículos revisados, aplicando Last Planner, las penalidades respecto al tiempo excedido se reducirían en 15.75%, aplicando Visual Management se logra reducir el tiempo del proyecto en un 33.3% (reducción de dos meses) y para el caso de BPM se ha considerado una reducción de 30%. El porcentaje de mejora global es de 21.95%

Los ingresos se han estimado como la disminución en penalidades. Para el escenario base (reducción del 21.95% de penalidades) se muestran los ahorros para los siguientes años:

Tabla 37: Ingresos proyectados en miles de soles para los siguientes años

Año	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos	360.88	414.32	467.75	521.18	574.61

Fuentes: Elaboración Propia

En base a la información mostrada, se realiza el flujo de caja del proyecto:

Tabla 38: Flujo de caja proyectado en los siguientes cinco años en miles de soles

Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos o ahorros		360.88	414.32	467.75	521.18	574.61
Gastos del proyecto		226.96	226.96	245.87	245.87	245.87
Inversiones del proyecto	192.67	51.61	51.61	51.61	51.61	51.61
Flujo de caja económico	192.67	82.31	135.74	170.26	223.69	277.13

Fuentes: Elaboración Propia

A continuación, se muestran los indicadores financieros tales como TIR (Tasa Interna de Retorno), VPN (Valor Presente Neto), PRI (Periodo de Recupero de Inversión) y Relación Beneficio Costo.

Tabla 39: Indicadores económicos

Indicador	Valor
TIR	66%
VPN	423.23
PRI (años)	2.04
Razón B/C	1.34

Fuentes: Elaboración Propia

4.3 Análisis de sensibilidad del proyecto.

Para realizar el análisis de sensibilidad del proyecto se ha establecido tres escenarios posibles:

- **Escenario conservador o probable:** Las mejoras aplicadas logran reducir un 21.95% las pérdidas proyectadas.
- **Escenario pesimista:** Las mejoras aplicadas solamente logran reducir un 18.66% las pérdidas proyectadas
- **Escenario optimista:** Las mejoras aplicadas logran reducir un 25.24% las pérdidas proyectadas.

Para cada uno de los escenarios se ha determinado los indicadores antes mencionados mostrados a continuación:

Tabla 40: Tabla resumen de indicadores en distintos escenarios

Resumen del escenario					
	Valores actuales:		Escenario Pesimista	Escenario Actual	Escenario Optimista
Celdas cambiantes:					
Incremento	0%	-15%		0%	15%
Celdas de resultado:					
TIR	66%	36%		66%	95%
VPN	423.23	174.79		423.23	671.68

Fuentes: Elaboración Propia

4.4 Conclusiones

En base al presente capítulo, se concluye lo siguiente:

- El modelo realizado en Arena es válido dado que el valor real del indicador del porcentaje de sobretiempo se encuentra dentro del intervalo de confianza simulado.
- La propuesta de mejora en función a las metodologías planteadas logra reducir un 21.95% el valor del sobretiempo (de 270 días a 210.74 días) de acuerdo a los resultados obtenidos del modelo.
- La propuesta de mejora es económicamente rentable debido a que el VPN es positivo y la TIR es mayor a la tasa de descuento o costo de oportunidad de la compañía en todos los escenarios propuestos, únicamente el escenario pesimista tendría un recupero de la inversión al quinto año. Concluyendo un Valor Presente Neto asciende a S/. 423,230.00 de soles a 5 años.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El proyecto de mejora logra reducir hasta un 8.82% el porcentaje de sobretiempo (porcentaje de demora sobre el tiempo planificado) reduciendo en un 30% el sobretiempo.
- No se requiere una inversión fuerte para la implementación del proyecto, ya que en su mayoría son equipos de cómputo y licencias. No es necesario solicitar financiamiento para este proyecto.
- El modelo realizado en Arena es válido, debido a que los resultados mostrados concuerdan con los resultados determinados previamente.
- El proyecto es rentable, debido a que la TIR es 51% y el VPN es de S/. 366.63 miles de soles.
- Se espera recuperar la inversión realizada al cabo de 2.82 años. Este valor se le conoce como el periodo de recupero.
- El proyecto es rentable, además, dado que la relación entre los beneficios (ahorros) y egresos descontados a un costo de oportunidad de 12% es mayor a 1 (Ratio igual a 1.12).
- Finalmente, si la empresa en cuestión implementa este proyecto, potenciales pérdidas económicas por falta de gestión de riesgo sería mitigadas. El retorno de este proyecto es alto y atractivo para la empresa.
- Para un futuro, se recomienda implementar la metodología BIM (Building Information Modeling), se trata de un sistema de integración de información, para que todos los participantes estén sincronizado y alineados, también permite identificar antes en el inicio de obra los posibles riesgos y conflictos y se puede tutelar a los participantes que tengan poca capacitación.
- Se recomienda que se implemente un software en línea para el monitoreo de los proyectos por parte de los stakeholder. Este Sistema debería permitir realizar modelos a escala y en tres dimensiones, así como mantener a todos informados de cambios, imprevistos, contraórdenes y demás, en el instante que sucede y desde cualquier ubicación.

- Se recomienda el uso del modelo de Herramientas para la gestión de proyectos recomendadas por el Project Management Institute PMI. Así como, certificación PMP a los Gerentes de Proyectos, lo cual se brindaría mayores herramientas acreditadas para el mayor control y manejo de proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI). (2018). *Producción Nacional Setiembre 2018*. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/principales_indicadores/11-informe-tecnico-no-11-produccion-nacional-setiembre-2018.pdf [Consulta: 05 de junio del 2019].
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI). (2018). *Perú: Indicadores de Empleo e Ingreso por departamento 2007 - 2017*. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1537/libro.pdf [Consulta: 05 de junio del 2019].
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANAMIENTO (MVCS). (2018). *PERÚ: Evolución Mensual de la Actividad del Sector Construcción (PBI de Construcción): 2014 – 2018*. Recuperado de http://ww3.vivienda.gob.pe/Destacados/estadistica/62_PBI-CONSTRUCCION.pdf [Consulta: 05 de junio del 2019].
- El País. (2019). *5 Factores que retrasan una obra*. Recuperado de <https://fincaraiz.elpais.com.co/noticias/5-factores-que-retrasan-una-obra-id687> [Consulta: 05 de junio del 2019].
- BINSWANGER. (2019). *BINSWANGER PERÚ*. Recuperado de <https://binswanger.com.pe/servicios/gerencia-de-proyecto/diseno-e-implementacion-de-oficinas/> [Consulta: 05 de junio del 2019].
- Schoknecht, A., Thaler, T., Fettke, P., Oberweis, A., & Laue, R. (2017). Similarity of Business Process Models—A State-of-the-Art Analysis. *ACM Computing Surveys*, 50(4), 1–33.doi:10.1145/3092694
- Van Rensburg, A. (2014). Supporting Business Process Design through a Business Fractal Approach. *South African Journal of Industrial Engineering*, 25(1), 50–61. <https://doi.org/10.7166/25-1-679>

- Wang, H. J., & Wu, H. (2011). Supporting process design for e-business via an integrated process repository. *Information Technology & Management*, 12(2), 97–109. <https://doi.org/10.1007/s10799-010-0076-z>
- Páez, G., Rohvein, C., Paravie, D., & Jaureguiberry, M. (2018). Revisión de modelos de madurez en la gestión de los procesos de negocios. *INGENIARE - Revista Chilena de Ingeniería*, 26(4), 685–698. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=134980003&lang=es> [Consulta: 05 de junio del 2018].
- Salvador-Oliván, J.-A., & Fernández-Ruiz, M.-J. (2012). Mapa De Procesos De Un Sistema Degestión De Accesibilidad en Un Servicio Web De La Administración Pública: El Ayuntamiento De Zaragoza. *El Profesional de La Información*, 21(3), 312–317. <https://doi.org/10.3145/epi.2012.may.13>
- Rhemann, M. K. (2017). A Futurist Revisit to the “Value Chain.” *Journal of Futures Studies*, 21(3), 25–33. [https://doi.org/10.6531/JFS.2017.21\(3\).A25](https://doi.org/10.6531/JFS.2017.21(3).A25)
- Piyathanavong, V., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Maldonado-Guzmán, G., & Mangla, S. K. (2019). The adoption of operational environmental sustainability approaches in the Thai manufacturing sector. *Journal of Cleaner Production*, 220, 507–528. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.093>
- Hong, P., Ga (Mark) Yang, M., & D. Dobrzykowski, D. (2014). Strategic customer service orientation, lean manufacturing practices and performance outcomes. *Journal of Service Management*, 25(5), 699–723. doi:10.1108/josm-12-2013-0355
- Pérez Fernández de Velasco, J. A. (n.d.). *Gestión por procesos: cómo utilizar ISO 9001: 2000 para mejorar la gestión de la organización*. ESIC. Recuperado de

<http://search.ebscohost.com.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/login.aspx?direct=true&db=cat02225a&AN=pucp.486027&lang=es&site=eds-live&scope=site>

- Morales Varela, A., Rojas Ramírez, J. A., Hernández Gómez, L. H., Morales González, Á., & Jiménez Reyes, M. Y. (2015). Modelo de un sistema de producción esbelto con redes de Petri para apoyar la toma de decisiones. *INGENIARE - Revista Chilena de Ingeniería*, 23(2), 182–195. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=102306173&lang=es> [Consulta: 05 de junio del 2018].
- Ruiz-de-Arbulo-Lopez, P., Fortuny-Santos, J., & Cuatrecasas-Arbós, L. (2013). Lean manufacturing: costing the value stream. *Industrial Management & Data Systems*, 113(5), 647–668.doi:10.1108/02635571311324124
- Hernández Lamprea, E. J., Camargo Carreño, Z. M., & Martínez Sánchez, P. M. T. (2015). Impact of 5S on productivity, quality, organizational climate and industrial safety in Caucho Metal Ltda. *INGENIARE - Revista Chilena de Ingeniería*, 23(1), 107–117. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=100785536&lang=es> [Consulta: 05 de junio del 2018].
- Randhawa, J. S., & Ahuja, I. S. (2017). Evaluating impact of 5S implementation on business performance. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 66(7), 948–978.doi:10.1108/ijppm-08-2016-0154
- Randhawa, J. S., & Ahuja, I. S. (2017). 5S – a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(3), 334–361.doi:10.1108/ijqrm-03-2015-0045
- Randhawa, J. S., & Ahuja, I. S. (2017). Examining the role of 5S practices as a facilitator of business excellence in manufacturing organizations. *Measuring Business Excellence*, 21(2), 191–206. doi:10.1108/mbe-09-2016-0047

- Gupta, S., & Jain, S. K. (2015). An application of 5S concept to organize the workplace at a scientific instruments manufacturing company. *International Journal of Lean Six Sigma*, 6(1), 73–88. doi:10.1108/ijlss-08-2013-0047
- Issa, U. H. (2013). Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time. *Alexandria Engineering Journal*, 52(4), 697–704. doi: 10.1016/j.aej.2013.07.003
- Bygballe, L. E., Endresen, M., & Fållun, S. (2018). The role of formal and informal mechanisms in implementing lean principles in construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*. doi: 10.1108/ecam-07-2017-0138
- Bamana, F., Lehoux, N., & Cloutier, C. (2019). Simulation of a Construction Project: Assessing Impact of Just in Time and Lean Principles. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(5), 05019005. doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0001654
- Denise Ann Brady, Patricia Tzortzopoulos, John Rooke, Carlos Torres Formoso, Algan Tezel, (2018). Improving transparency in construction management: a visual planning and control model. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(10), pp.1277-1297, <https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2017-0122>
- Son, M.-J., & Kim, T. (2013). Implementation of an executable business process management model for the ship hull production design process. *Journal of Marine Science and Technology*, 19(2), 170–184. doi:10.1007/s00773-013-0238-x
- Buh, B., Kovačič, A., & Indihar Štemberger, M. (2015). Critical success factors for different stages of business process management adoption – a case study. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 28(1), 243–258. doi:10.1080/1331677x.2015.1041776

ANEXOS

Anexo 1: Hojas de control del área de Gerencia de Proyectos del año 2018

Proyecto : Centro de Alta capacitación
Modalidad de proyecto : Implementación de Oficinas
Distrito: Magdalena del Mar -1
Área intervenida : 548 m2
Días de trabajo planificado : 66
Días de retraso : 3

Motivos de retraso	Días de retraso que genera
Reprocesos en acabados	3

Fuente: Elaboración Propia

Proyecto : Remodelación de Oficinas
 Modalidad de proyecto : Implementación de Oficinas
 Distrito: San Isidro - 1
 Área intervenida : 1200 m2
 Días de trabajo planificado : 150
 Días de retraso : 22

Motivos de retraso	Días de retraso que genera
Reprocesos en acabados	12
Demora en la respuesta en la atención de imprevistos o cambios	5
Retraso en la entrega de equipos y materiales	5

Fuente: Elaboración Propia

Proyecto : Nuevas Oficinas Administrativas
 Modalidad de proyecto : Implementación de Oficinas
 Distrito: San Isidro - 2
 Área intervenida : 1413 m2
 Días de trabajo planificado : 170
 Días de retraso : 16

Motivos de retraso	Días de retraso que genera
Demora en la respuesta en la atención de imprevistos o cambios	10
Retraso en la entrega de equipos y materiales	4
Conflicto en los horarios de trabajo y el administrador del edificio	2

Fuente: Elaboración Propia

Proyecto : Nuevas Oficinas Administrativas
 Modalidad de proyecto : Implementación de Oficinas
 Distrito: San Isidro - 3
 Área intervenida : 358 m2
 Días de trabajo planificado : 43
 Días de retraso : 10

Motivos de retraso	Días de retraso que genera
Retraso en la entrega de equipos y materiales	7
Falta de control en la compra y provisión de equipos	3

Fuente: Elaboración Propia

Proyecto : Nuevas Oficinas Administrativas
 Modalidad de proyecto : Implementación de Oficinas
 Distrito: Cercado de Lima - 1
 Área intervenida : 1090 m2
 Días de trabajo planificado : 131
 Días de retraso : 13

Motivos de retraso	Días de retraso que genera
Demora en la respuesta en la atención de imprevistos o cambios	7
Falta de control en la compra y provisión de equipos	4
Búsqueda de proveedores en obra por imprevistos	2

Fuente: Elaboración Propia

Proyecto : Nuevas Oficinas Administrativas
 Modalidad de proyecto : Implementación de Oficinas
 Distrito: San Isidro - 4
 Área intervenida : 312 m2
 Días de trabajo planificado : 35
 Días de retraso : 2

Motivos de retraso	Días de retraso que genera
Falta de control en la compra y provisión de equipos	2

Fuente: Elaboración Propia

Proyecto : Nuevas Oficinas Administrativas
 Modalidad de proyecto : Implementación de Oficinas
 Distrito: Cercado de Lima - 2
 Área intervenida : 1069 m2
 Días de trabajo planificado : 128
 Días de retraso : 42

Motivos de retraso	Días de retraso que genera
Reprocesos en acabados	35
Demora en la ejecución de partidas contraincendios	4
Descoordinación entre el diseño del mobiliario y el equipamiento	3

Fuente: Elaboración Propia

Proyecto : Nuevas Oficinas Administrativas - PECSA
 Modalidad de proyecto : Implementación de Oficinas
 Distrito: San Isidro - 5
 Área intervenida : 3231.1 m2
 Días de trabajo planificado : 388
 Días de retraso : 57

Motivos de retraso	Días de retraso que genera
Reprocesos en acabados	21
Demora en la respuesta en la atención de imprevistos o cambios	17
Retraso en la entrega de equipos y materiales	12
Falta de control en la compra y provisión de equipos	7

Fuente: Elaboración Propia

Proyecto : Remodelación de oficinas
 Modalidad de proyecto : Implementación de Oficinas
 Distrito: San Isidro - 6
 Área intervenida : 1250 m2
 Días de trabajo planificado : 150
 Días de retraso : 12

Motivos de retraso	Días de retraso que genera
Reprocesos en acabados	9
Búsqueda de proveedores en obra por imprevistos	3

Fuente: Elaboración Propia

Proyecto : Remodelación de oficinas
 Modalidad de proyecto : Servicio de Gerencia y Supervisión de Obras
 Distrito: Cercado de Lima - 3
 Área intervenida : 18673.3 m2
 Días de trabajo planificado : 654
 Días de retraso : 64

Motivos de retraso	Días de retraso que genera
Retraso en la entrega de equipos y materiales	21
Reprocesos en acabados	17
Demora en la respuesta en la atención de imprevistos o cambios	15
Descoordinación entre el diseño del mobiliario y el equipamiento	8
Conflicto en los horarios de trabajo y el administrador del edificio	3

Fuente: Elaboración Propia

Proyecto : Remodelación de oficinas
 Modalidad de proyecto : Servicio de Gerencia y Supervisión de Obras
 Distrito: Magdalena del Mar - 2
 Área intervenida : 4320 m2
 Días de trabajo planificado : 208
 Días de retraso : 26

Motivos de retraso	Días de retraso que genera
Demora en la respuesta en la atención de imprevistos o cambios	14
Descoordinación entre el diseño del mobiliario y el equipamiento	7
Retraso en la entrega de equipos y materiales	5

Fuente: Elaboración Propia

Proyecto : Nuevo Local RETAIL
 Modalidad de proyecto : Servicio de Gerencia y Supervisión de Obras
 Distrito: Cercado de Lima - 4
 Área intervenida : 785 m2
 Días de trabajo planificado : 40
 Días de retraso : 3

Motivos de retraso	Días de retraso que genera
Demora en la ejecución de partidas contraincendios	3

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2: Actividades que forman parte de elaboración del proyecto

3	4 Elaboración de Proyecto	53 días	lun 14/07/14	vie 26/09/14		
4	Elaboración de planos de arquitectura	30 días	lun 14/07/14	mié 27/08/14		6FC-22 días,5FC-7 días
5	Resolución de observaciones por parte del cliente	15 días	sáb 16/08/14	vie 5/09/14	4FC-7 días	13
6	Elaboración de planos de especialidad	45 días	jue 24/07/14	vie 26/09/14	4FC-22 días	8,13

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: Actividades que forman parte de concurso para la implementación de oficinas

7	4 Concurso para implementación de oficinas	52 días	vie 26/09/14	mié 10/12/14		
8	Envío de expediente a postores	1 día	vie 26/09/14	sáb 27/09/14	6	9
9	Plazo para elaboración de propuestas y respuesta a consultas	14 días	lun 29/09/14	sáb 18/10/14	8	10
10	Recepción de propuestas	1 día	lun 20/10/14	mar 21/10/14	9	11
11	Análisis y selección de ganador	7 días	mar 21/10/14	jue 30/10/14	10	12,14
12	Preparación de implementador para iniciar obra	14 días	jue 20/11/14	mié 10/12/14	11,14	15,18
13	Obtención de permisos municipales	14 días	vie 26/09/14	vie 17/10/14	6,5	14
15	PAGO DEL ADELANTO DE OBRA - INICIO DE OBRA	0 días	mié 10/12/14	vie 27/03/15	12,14	93
14	Firma de Contratos	15 días	jue 30/10/14	jue 20/11/14	13,11	15,12

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4: Actividades que forman parte de trabajos preliminares

17	4 TRABAJOS PRELIMINARES	5 días	mié 10/12/14	mié 17/12/14		
18	Habilitación de oficina técnica en obra	2 días	mié 10/12/14	vie 12/12/14	12	22CC+1 día,19CC,23CC
20	Redes eléctricas provisionales (iluminación de obra, tablero de maniobras y extensiones).	3 días	vie 12/12/14	mié 17/12/14	18	23
19	Equipamiento, elementos de seguridad, señalética (durante	3 días	mié 10/12/14	sáb 13/12/14	18CC	26

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5: Actividades que forman parte de obras provisionales

21	4 OBRAS PROVISIONALES	7 días	mié 10/12/14	vie 19/12/14		
24	Trazo de obra durante ejecución de ob	5 días	mié 10/12/14	mié 17/12/14	18CC	26CC+2 días,71
22	Protección de áreas comunes (pisos de hall y ascensores)	3 días	jue 11/12/14	mar 16/12/14	18CC+1 día	26
23	Protección de redes eléctricas y sanitarias existentes	2 días	mié 17/12/14	vie 19/12/14	18CC+1 día,20	26

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6: Actividades que forman parte de sistema de DryWall en tabiques

25	4 SISTEMA DE DRYWALL EN TABIQUES	31 días	vie 19/12/14	sáb 31/01/15		
26	Instalación de estructura metálica para tabiques de drywall	7 días	vie 19/12/14	mar 30/12/14	24CC+2 días,18CC+2 días,19,22,23	27FC-6 días,54CC+4 días,40FC-4
27	Instalación de refuerzo de madera para marcos de puertas, tv y pizarras	4 días	lun 22/12/14	vie 26/12/14	28FC-5 días	28FC-2 días
28	Instalación de primera cara de drywall en tabiques	8 días	mié 24/12/14	sáb 3/01/15	27FC-2 días	29FC-5 días,34,40,30
30	Instalación de segunda cara de drywall en tabiques	8 días	lun 5/01/15	jue 15/01/15	28	31FC-3 días,29
29	Masillado de primera cara de drywall en tabiques (encintado y masillado)	6 días	jue 15/01/15	vie 22/01/15	28FC-5 días,30	113FC+1 día,32
31	Instalación de esquineros metálicos en t	4 días	lun 12/01/15	vie 16/01/15	30FC-3 días	32FC-2 días
32	Masillado de segunda cara de drywall en tabiques (encintado y masillado)	6 días	vie 23/01/15	sáb 31/01/15	31FC-2 días,29	76FC+2 días,86FC-2 días

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 7: Actividades que forman parte del sistema de DryWall en techos

33	4 SISTEMA DE DRYWALL EN TECHOS	21 días	lun 5/01/15	mar 3/02/15		
34	Instalación de estructura metálica para techos de drywall	10 días	lun 5/01/15	sáb 17/01/15	28	35FC-4 días,42CC+2 días,43FC-3 días
35	Instalación de primera cara de drywall en techos	8 días	mar 13/01/15	vie 23/01/15	34FC-4 días,73	36
36	Masillado de drywall en techos	7 días	vie 23/01/15	mar 3/02/15	35	79

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8: Actividades que forman parte de las instalaciones eléctricas

37	4 INSTALACIONES ELECTRICAS	49 días	vie 19/12/14	jue 26/02/15		
38	Picado para canalizar por piso	4 días	vie 19/12/14	jue 26/12/14	18CC+3 días,26C	39,51CC
40	Entubado CONDUIT para tomas por Muros y Tabiques	10 días	lun 5/01/15	sáb 17/01/15	26FC-4 días,38	41CC
41	Entubado CONDUIT para interruptores por Muros y Tabiques	10 días	lun 5/01/15	sáb 17/01/15	26FC-4 días,40CC	42
42	Entubado CONDUIT para tomas por Techo	9 días	lun 19/01/15	vie 30/01/15	34CC+2 días,41	62,54
43	Entubado CONDUIT para salidas de iluminación por Techo	9 días	mié 14/01/15	mar 27/01/15	34FC-3 días	44FC-4 días,45
39	Entubado de PVC para tomas por Piso	7 días	mar 30/12/14	jue 8/01/15	38,26	44
45	Cableado de sistema de iluminación	8 días	mar 27/01/15	vie 6/02/15	43	46FC-2 días,48FC-2 dic
44	Cableado de sistema de tomacorrientes	8 días	mié 21/01/15	sáb 31/01/15	43FC-4 días,39	48
46	Instalación de tableros eléctricos	5 días	mié 4/02/15	mié 11/02/15	45FC-2 días	47
48	Instalación de placas y dados	4 días	mié 4/02/15	mar 10/02/15	45FC-2 días,44	49
47	Peinado de tableros eléctricos	8 días	mié 11/02/15	sáb 21/02/15	46	49
49	Pruebas del sistema	3 días	lun 23/02/15	jue 26/02/15	47,48	117

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 9: Actividades que forman parte de las instalaciones sanitarias

50	4 INSTALACIONES SANITARIAS	18 días	vie 19/12/14	mié 14/01/15		
51	Picado para canalizar por piso	7 días	vie 19/12/14	mar 30/12/14	18CC+2 días,38C	52
52	Tendido de tuberías de agua y desagüe para kitchenettes y filtros de agua	11 días	mar 30/12/14	mié 14/01/15	51	108

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 10: Actividades que forman parte del sistema de aire acondicionado

53	4 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	29 días	vie 30/01/15	jue 12/03/15		
54	Instalación de equipos fan coil de expansión directa	7 días	vie 30/01/15	mar 10/02/15	26CC+4 días,42	55FC-2 días
55	Instalación de puntos de drenaje para equipos de Aire Acondicionado	6 días	vie 6/02/15	sáb 14/02/15	54FC-2 días	56FC-2 días,57FC-3 días
56	Instalación de tubería de agua helada	5 días	jue 12/02/15	jue 19/02/15	55FC-2 días	
57	Instalación de extractores e inyectores de aire	6 días	mié 11/02/15	jue 19/02/15	55FC-3 días	58FC-3 días
58	Instalación de ducterías y mangas	8 días	lun 16/02/15	jue 26/02/15	57FC-3 días	59
59	Instalación de rejillas de difusores y retorno	10 días	jue 26/02/15	jue 12/03/15	58	60
60	Pruebas del sistema	6 días	mar 10/02/15	mié 18/02/15	59	117

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 11: Actividades que forman parte del sistema de alarma contra incendio

61	4 SISTEMA DE ALARMAS CONTRA INCENDIO	48 días	vie 30/01/15	mié 8/04/15		
62	Cableado de sistema de detección y alarma	7 días	vie 30/01/15	mar 10/02/15	42	63FC-1 día
63	Instalación de panel de alarma	5 días	vie 27/02/15	vie 6/03/15	62FC-1 día,77	64FC-1 día,65FC-1 día
64	Instalación de sirenas y estaciones manuales	6 días	jue 5/03/15	vie 13/03/15	63FC-1 día	66
65	Instalación de sensor de temperatura análogo	5 días	jue 5/03/15	jue 12/03/15	63FC-1 día	66FC-2 días,67FC-2 días
66	Instalación de sensores de humo	5 días	vie 13/03/15	vie 20/03/15	65FC-2 días,64	67
67	Instalación de sensores de movimiento	5 días	vie 20/03/15	vie 27/03/15	65FC-2 días,66	68
68	Instalación de señalización de evacuación	4 días	vie 27/03/15	jue 2/04/15	78,67	69
69	Instalación de lámparas de emergencia	4 días	jue 2/04/15	mié 8/04/15	81,68	117

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 12: Actividades que forman parte del sistema de agua contra incendio

70	4 SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO	19 días	mié 17/12/14	mar 13/01/15		
71	Instalación de tuberías de fierro galvanizado	13 días	mié 17/12/14	sáb 3/01/15	24	72FF
72	Armado de cuellos de ganso para rociadores	5 días	lun 29/12/14	sáb 3/01/15	71FF	73
73	Prueba hidrostática (no menos de 24 horas)	2 días	lun 5/01/15	mié 7/01/15	72	74,35
74	Instalación de embellecedores	4 días	mié 7/01/15	mar 13/01/15	73	117

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 13: Actividades que forman parte de pintura

75	4 PINTURA	38 días	mar 3/02/15	vie 27/03/15		
76	Primera mano de pintura en muros	8 días	mié 4/02/15	sáb 14/02/15	32FC+2 días	77FC-1 día,84FC-1 día
79	Primera mano de pintura en techos de drywall, cenefas y dinteles	10 días	mar 3/02/15	mar 17/02/15	36	80FC-2 días,77,96,115
77	Segunda mano de pintura en muros	8 días	mar 17/02/15	vie 27/02/15	76FC-1 día,79	96FC-1 día,109CC,108
80	Segunda mano de pintura en techos de drywall, cenefas y dinteles	10 días	vie 13/02/15	vie 27/02/15	79FC-2 días	91FC-3 días,92FC-2 días,89FC-1
81	Retoque de pintura en techos de drywall, cenefas y dinteles	7 días	mié 18/03/15	vie 27/03/15	84FC-1 día,80	69
78	Retoque de pintura en muros	7 días	vie 6/03/15	mar 17/03/15	96FC-1 día	68

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 14: Actividades de luminarias

83	4 LUMINARIAS	14 días	vie 27/02/15	jue 19/03/15		
84	Suministro e instalación de luminarias	14 días	vie 27/02/15	jue 19/03/15	76FC-1 día,80	81FC-1 día

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 15: Actividades que forman parte de cristal templado

85	4 CRISTAL TEMPLADO	24 días	jue 29/01/15	mié 4/03/15		
86	Toma de medidas en campo	2 días	jue 29/01/15	sáb 31/01/15	22FC-2 días	87FC+1 día,102CC,110
87	Fabricación de mampara de cristal templado de 10mm	20 días	mar 3/02/15	mar 3/03/15	86FC+1 día	88FC-4 días,97FC+1 día
88	Instalación de rieles y guías de aluminio para mamparas	5 días	mié 25/02/15	mié 4/03/15	87FC-4 días	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 16: Actividades que forman parte de zócalos

95	4 ZOCALOS	23 días	jue 26/02/15	mar 31/03/15	
96	Instalación de zócalo de aluminio	7 días	jue 26/02/15	sáb 7/03/15	77FC-1 día,79
97	Instalación de mamparas de cristal templado de 10mm	6 días	lun 9/03/15	mar 17/03/15	87FC+1 día,96
98	Fabricación de viniles para mamparas	7 días	lun 16/03/15	mié 25/03/15	97FC-1 día
99	Instalación de cerrajería en puertas batientes	4 días	vie 13/03/15	jue 19/03/15	97FC-2 días
100	Instalación de viniles para mamparas	3 días	jue 26/03/15	mar 31/03/15	98FC+1 día

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 17: Actividades que forman parte de puertas contra placadas

101	4 PUERTAS CONTRAPLACADAS	34 días	jue 29/01/15	mié 18/03/15	
102	Toma de medidas en campo para puertas contra placadas	1 día	jue 29/01/15	vie 30/01/15	86CC
103	Fabricación de puertas contra placadas	20 días	lun 2/02/15	sáb 28/02/15	102FC+1 día
104	Instalación de puertas contra placadas	4 días	mar 3/03/15	sáb 7/03/15	103FC+1 día,96C
105	Pintado de puertas contra placadas	5 días	mar 10/03/15	mar 17/03/15	104FC+1 día
106	Cerrajería para puertas contra placadas	2 días	lun 16/03/15	mié 18/03/15	105FC-1 día

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 18: Actividades que forman parte de aparatos sanitarios y accesorios de baño

4 APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS DE BAÑO	33 días	jue 29/01/15	mar 17/03/15	
Suministro e instalación de accesorios de baño	4 días	vie 6/03/15	jue 12/03/15	77CC,52,109
Suministro e instalación de aparatos sanitarios	5 días	vie 27/02/15	vie 6/03/15	77CC,80
Toma de medidas para espejos de baño	1 día	jue 29/01/15	vie 30/01/15	86CC
Suministro e instalación de espejos	3 días	jue 12/03/15	mar 17/03/15	110FC+15 días,1C

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 19: Actividades que forman parte de mobiliario

112	MOBILIARIO	37 días	lun 26/01/15	mié 18/03/15	
113	Toma de medidas en campo	1 día	lun 26/01/15	mar 27/01/15	29FC+1 día
114	Fabricación de mobiliario indicado	25 días	mar 27/01/15	mar 3/03/15	113
115	Instalación de mobiliario	10 días	mié 4/03/15	mié 18/03/15	114FC+1 día,79

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 21: Presupuesto de gasto de taller en miles de soles

Año	2020	2021	2022	2023	2024
Cantidad de obras	12	12	12	12	12
Gasto total de talleres	451.20	451.20	451.20	451.20	451.20

Anexo 22: Presupuesto de compra de materiales en miles de soles

Año	2020	2021	2022	2023	2024
Cantidad de obras	12	12	12	12	12
Gasto total de materiales	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36

Anexo 23: Flujos descontados a una TMAR = 12%

Periodo	Flujo	Descontado	Acumulado
0	192.67	192.67	192.67
1	17.97	16.04	176.63
2	95.27	75.95	100.68
3	172.58	122.84	22.16
4	249.89	158.81	180.97
5	327.19	185.66	366.63

Anexo 24: VPN de ingresos y egresos

Periodo	Ingresos	Egresos
0	0.00	192.67
1	522.14	504.17
2	599.44	504.17
3	676.75	504.17
4	754.06	504.17
5	831.36	504.17
VPN	2,376.72	2,010.10