UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Propuesta de mejora de los procesos de planificación, abastecimiento y
ejecución para reducir los sobrecostos operacionales en una empresa
constructora mediante la gestión por procesos

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTORES

Alvarado Barcenés, Luis Aarón (0000-0002-7273-9168)

Santos Villarroel, José Humberto (0000-0003-4372-7333)

ASESOR(A)

Quiroz Flores, Juan Carlos (0000-0003-1858-4123)

Lima, 28 de enero de 2020

DEDICATORIA

A nuestros padres, por su constante soporte, motivación y consejo. Por ser fuente latente de inspiración y por brindarnos la maravillosa oportunidad de aprender.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad diseñar, desarrollar y validar una propuesta de mejora basada en la gestión por procesos y las herramientas de planificación PERT-CPM y MRP en una empresa constructora. A través de la identificación de la situación actual de la misma, se determina un escenario desfavorable en base a la relación de sus utilidades proyectadas y obtenidas, sobre el cual se identificó el problema principal de deficiente gestión operativa y las causas raíz relacionadas a ineficientes procesos de planificación, abastecimiento y ejecución. Se busca la optimización sistemática y estructurada de los procesos mencionados a través del desarrollo de un proyecto de investigación aplicada, con el objetivo de reducir el problema identificado a través de la utilización de metodologías, técnicas y herramientas referentes a la ingeniería industrial.

La investigación se centró en el estudio de los procesos de Diarco, empresa constructora peruana dedicada a la construcción de obras civiles, los cuales se analizaron y rediseñaron a través de la gestión por procesos e incorporando las herramientas de planificación antes mencionadas, planteando una propuesta estructurada del nuevo sistema de trabajo diseñado que resultó viable en el sentido funcional, económico, ambiental, social y tecnológico, respaldado por el desarrollo de un piloto de estudio.

La propuesta de mejora concluyó en la disminución de materiales, horas hombre y penalidades por entregas tardías dentro de los proyectos de construcción realizados, concretándose en un proyecto viable económicamente con un VAN de S/. 324,101.34, un TIR de 79% y un índice B/C 3.81.

Palabras clave: propuesta de mejora; gestión por procesos; reducción de costos; sector construcción

Proposal to improve planning, sourcing and execution processes to reduce operational cost overruns in a construction company through business process management

ABSTRACT

The purpose of this work is to design, develop and validate a proposal for improvement based on process management and planning tools PERT-CPM and MRP in a construction company. Through the identification of its current situation, an unfavorable scenario is determined based on the ratio of its projected and obtained profits, on which the main problem it's the poor operational management and the root causes related to inefficient processes of planning, sourcing and execution. The systematic and structured optimization of the aforementioned processes is sought through the development of an applied research project, with the objective of reducing the problem identified through the use of methodologies, techniques and tools related to industrial engineering.

The research it's focused on the study of the processes of Diarco, a peruvian construction company dedicated to the construction of civil works, which were analyzed and redesigned through Business Process Management and incorporating the aforementioned planning tools, proposing a structured proposal of the new designed work system that proved to be viable in the functional, economic, environmental, social and technological sense, backed by the development of a study pilot.

The improvement proposal concluded in the reduction of materials, man hours and penalties for late deliveries within the construction projects carried out, concretizing in an economically viable project with a VAN of S /. 324,101.34, a TIR of 79% and a B/C index 3.81.

Keywords: improvement proposal; business process management; costs reduction; construction sector

TABLA DE CONTENIDOS

1. CAPÍTULO 1	1
1.1. Antecedentes	2
1.2. Marco Teórico	8
1.2.1. Procesos	8
1.2.2. Proceso de planificación	9
1.2.3. Proceso de abastecimiento	11
1.2.4. Proceso de ejecución	12
1.2.5. Herramientas para el análisis	14
1.2.6. Metodología para la propuesta	16
1.3. Marco normativo	19
1.3.1. Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)	19
1.3.2. Ley N° 29783 - Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo	20
1.3.3. Ley N° 29203 – Ley promotora de información empresarial del rubro	20
1.3.4. Ley General del Trabajo	21
1.4. Casos de éxito	23
1.4.1. Caso de éxito 1	23
1.4.2. Caso de éxito 2	31
1.4.3. Caso de éxito 3	38
1.4.4. Caso de éxito 4	47
1.4.5. Caso de éxito 5	53
1.5. Resumen de Capítulo	62
2. CAPÍTULO II	64
2.1. Descripción del entorno	65
2.2. Análisis de la empresa	68
2.2.1. Descripción de la empresa	68
2.2.2. Ubicación	69
2.2.3. Misión	71
2.2.4. Visión	71
2.2.5. Valores	71
2.2.6. Organización	72
2.2.7. Productos	73
2.2.8. Clientes	76
2.2.9. Ventas	77

2.2.10.	Competidores.....	78
2.2.11.	Proveedores.....	78
2.2.12.	Participación del mercado	80
2.3.	Mapa de procesos	82
2.4.	Procesos de la empresa	86
2.4.1.	Maquinaria y equipos	86
2.4.2.	Análisis ABC.....	87
2.4.3.	Diagrama de flujo.....	89
2.5.	Diagnóstico de situación actual	95
2.6.	Identificación del problema.....	104
2.7.	Impacto económico.....	117
2.8.	Análisis de las causas.....	120
2.8.1.	Análisis causa-efecto	120
2.8.2.	Árbol de problemas	142
2.8.3.	Árbol de objetivos.....	143
2.8.4.	Vinculación de causas con solución	144
2.9.	Hipótesis	146
2.10.	Resumen de Capítulo	147
3.	CAPÍTULO III.....	149
3.1.	Vinculación de la causa con la solución.....	150
3.2.	Diseño del proyecto de investigación	152
3.3.	Diseño de la propuesta	154
3.4.	Desarrollo de la propuesta.....	171
3.4.1.	Implementación de PERT-CPM	172
3.4.2.	Implementación del Material Resource Planning (MRP)	178
3.4.3.	Implementación de Business Process Management (BPM).....	183
3.4.4.	Indicadores semáforo	203
3.4.5.	Costo total de la implementación	205
3.4.6.	Resultados teóricos.....	207
3.5.	Consideraciones para la implementación.....	211
3.6.	Cronograma tentativo de implementación de las herramientas	212
4.	CAPÍTULO IV.....	213
4.1.	Validación funcional	215
4.1.1.	Desarrollo del piloto.....	215
4.2.	Evaluación económica.....	219
4.2.1.	Flujo de caja.....	219

4.2.2.	Evaluación beneficio/costo.....	220
4.3.	Impactos de la solución de ingeniería	220
4.3.1.	Grupos implicados.....	220
4.3.2.	Impacto ambiental.....	221
4.3.3.	Impacto social	224
4.3.4.	Impacto tecnológico.....	229
4.3.5.	Impacto en la ciudadanía.....	230
5.	CONCLUSIONES	231
6.	RECOMENDACIONES	234
7.	REFERENCIAS	236
8.	ANEXOS.....	242

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultados de la investigación	36
Tabla 2: Situación de la empresa previo a la propuesta	44
Tabla 3: Situación de la empresa luego de la mejora	44
Tabla 4: Facturación por Proyecto de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A. 2016-2017.....	77
Tabla 5: Materiales de construcción empleados en las operaciones de la empresa en el periodo 2016-2017.	87
Tabla 6: Registro de presupuestos y utilidades por Proyecto de la empresa.....	95
Tabla 7: Variación porcentual de utilidades por Proyecto de la empresa.	97
Tabla 8: Matriz AVA del proceso de planificación técnica actual.....	99
Tabla 9: Matriz AVA del proceso de planificación operativa actual.	101
Tabla 10: Matriz AVA del proceso de emisión de órdenes de compra actual.	102
Tabla 11: Carta de problemas de la empresa.....	105
Tabla 12: Costos de materiales (en soles) incurridos por categoría, por proyecto en el periodo 2016 – 2017.....	108
Tabla 13: Costos de mano de obra (en soles) incurridos por categoría, por proyecto en el periodo 2016 – 2017.....	109
Tabla 14: Costos por penalidades (en soles) incurridos por proyecto en el periodo 2016 – 2017.	109
Tabla 15: Sobrecostos operativos incurridos por proyecto en el periodo 2016 – 2017.....	110
Tabla 16: Sobrecostos logísticos incurridos por proyecto en el periodo 2016 – 2017.....	111
Tabla 17: Sobrecostos de atrasos por ineficiencia en control de supervisión incurridos por proyecto en el periodo 2016 – 2017.	112
Tabla 18: Listado de problemas y su relevancia asociada.....	113
Tabla 20: Porcentaje de exceso de los Costos Operativos por Proyecto de la empresa	115
Tabla 21: Sobrecostos Operativos en S/. por Proyecto de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A.	117
Tabla 22: Impacto de las causas preliminares sugeridas por el análisis de Ishikawa.....	122
Tabla 23: Ponderación de las causas preliminares sugeridas por el análisis de Ishikawa.....	123

Tabla 24: Análisis de Curvas "S" de un proyecto.	125
Tabla 25: Nivel de servicio de proveedores de cemento y aceros 2016-2017	133
Tabla 26: Horas-hombre destinadas a reprocesos en la construcción de vigas y columnas.....	136
Tabla 27: Días de demora en el Lead Time por Proyecto.	139
Tabla 28: Cuadro del estado actual de las causas raíces de la problemática deficiente gestión operativa de proyectos.....	141
Tabla 29: Tabla de actividades de mejora propuestas frente a las causas raíces descritas.....	144
Tabla 30: Matriz 5W-1H del diseño de la propuesta BPM.	161
Tabla 31: Matriz 5W-1H del diseño de la propuesta MRP	165
Tabla 32: Matriz 5W-1H del diseño de la propuesta PERT-CPM.	169
Tabla 33: Características generales del Proyecto donde se realizará la implementación.....	171
Tabla 34: Tabla de actividades, precedencias y duraciones PERT-CPM.	173
Tabla 35: Ruta crítica y duración óptima PERT-CPM del Proyecto.....	175
Tabla 36: Análisis de valor agregado de propuesta de planificación técnica.	194
Tabla 37: Análisis de valor agregado de propuesta de planificación operativa.	197
Tabla 38: Análisis de valor agregado de propuesta de emisión de órdenes de compra.	200
Tabla 39: Análisis de valor agregado de propuesta de planificación de compras.....	202
Tabla 40: Costos de implementación de propuesta BPM.....	205
Tabla 41: Costos de implementación de propuesta PERT-CPM y MRP..	206
Tabla 42: Resultados teóricos de la herramienta BPM.	207
Tabla 43: Cuantificación de resultados teóricos BPM.	208
Tabla 44: Resultados teóricos de la herramienta MRP.	208
Tabla 45: Cuantificación de resultados teóricos MRP.	209
Tabla 46: Resultados teóricos de la herramienta PERT-CPM..	210
Tabla 47: Cuantificación de resultados teóricos PERT-CPM.	210
Tabla 48: Resumen de validación del piloto	216
Tabla 49: Indicadores obtenidos tras desarrollo del piloto.....	217
Tabla 50: Resumen de los resultados económicos obtenidos.....	219

Tabla 51: Evaluación beneficio/costo del proyecto desarrollado en soles.	220
Tabla 52: Stakeholders principales del proyecto.....	221
Tabla 53: Criterio de evaluación para Matriz Leopold.	222
Tabla 54: Matriz Leopold.....	223
Tabla 55: Cuestionario de Impacto Social.	225
Tabla 56: Reconocimiento de impactos tecnológicos.	230

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: PBI del Perú por sectores productivos - 2017.....	2
Ilustración 2: Evolución del PBI Anual (en millones de S/.) del sector construcción 2008-2017	3
Ilustración 3: Evolución del PBI Mensual (en millones de S/.) del sector construcción enero 2017- febrero 2018.....	4
Ilustración 4: Información Estadística del PBI Nacional y el PBI de Construcción (2018).	5
Ilustración 5: Fases de la implementación BPM.....	26
Ilustración 6: Ciclo de vida BPM.....	32
Ilustración 7: Demoras y sobrecostos en el caso de estudio de la investigación.....	40
Ilustración 8: Diagrama de redes del Proyecto.....	41
Ilustración 9: Fórmulas estadísticas utilizadas en el caso de éxito PERT-CPM.	42
Ilustración 10: Metodología integrada para la selección y programación de proyectos.	49
Ilustración 11: Información básica para las actividades en un proyecto.	50
Ilustración 12: Información de números y letras utilizados en la red de proyectos.	50
Ilustración 13: Red del proyecto y ruta crítica para el proyecto.....	51
Ilustración 14: Actuador de válvula manual de la serie M.....	54
Ilustración 15: BOM de un actuador perteneciente a la serie M.	56
Ilustración 16: Tiempos de ciclo de los 4 productos semiacabados que componen los 11 productos terminados.	57
Ilustración 17: MRP del actuador M10 (producto terminado).....	58
Ilustración 18: Cubierta perforada MRP de M10 (producto semielaborado).....	59
Ilustración 19: MRP del actuador M10 (producto terminado).	60
Ilustración 20: MRP de la tapa perforada M10 (producto semiacabado).....	60
Ilustración 21: Mapa de ubicación de las oficinas de la empresa.....	69
Ilustración 22: Mapa de ubicación del almacén 1 de la empresa.	70
Ilustración 23: Mapa de ubicación del almacén 2 de la empresa.	70
Ilustración 24: Estructura Organizativa de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A.	72

Ilustración 25: Mapa de Procesos de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A.	82
Ilustración 26: Subprocesos operativos de la empresa.	84
Ilustración 27: Análisis ABC de los materiales requeridos para las operaciones de la empresa en el periodo 2016-2017.	88
Ilustración 28: Flujograma BPMN del proceso operativo general de la empresa.	90
Ilustración 29: Flujograma BPMN del Proceso de planificación técnica – elaboración y costeo del metrado.....	91
Ilustración 30: Flujograma BPMN del Proceso de planificación operativa – elaboración del cronograma de obra.....	92
Ilustración 31: Flujograma BPMN del Proceso de emisión de órdenes de compra.	93
Ilustración 32: Utilidades reales vs utilidades esperadas por Proyecto de la empresa.	96
Ilustración 33: Flujograma del proceso operativo general de la empresa.	98
Ilustración 34: Flujograma del proceso de planificación técnica actual – elaboración y costeo del metrado.....	99
Ilustración 35: Flujograma del proceso de planificación operativa actual – elaboración del cronograma de obra.....	100
Ilustración 36: Flujograma del proceso de emisión de órdenes de compra.....	102
Ilustración 37: Análisis de causa raíz de los problemas preliminares en la empresa.	106
Ilustración 38: Diagrama de Pareto de problemas en la empresa en el periodo 2016-2017.....	113
Ilustración 39: Tendencia de exceso por Costos Operativos por Proyecto de la empresa (%).	116
Ilustración 40: Gráfica circular de distribución de sobrecostos operativos.....	118
Ilustración 41: Tendencia de sobrecostos operativos por proyecto (S/.).	119
Ilustración 42: Diagrama de Ishikawa del problema “Deficiente gestión de operaciones de proyectos”.	121
Ilustración 43: Diagrama de Pareto de las causas raíz preliminares sugeridas por el análisis de Ishikawa.	123
Ilustración 44: Relación de variables de causa raíz 1.....	127
Ilustración 45: Gráfica de regresión lineal entre sobrecostos operativo y las variaciones de programación en la fase de construcción a lo largo del proyecto.....	127
Ilustración 46: Relación de variables de causa raíz 2.....	130
Ilustración 47: Gráfica de regresión lineal entre sobrecostos operativo y las variaciones de costo a lo largo del proyecto.....	130

Ilustración 48: Gráfica de regresión lineal entre sobrecostos operativo y el nivel de servicio de proveedores de cemento y aceros por Proyecto.	134
Ilustración 49: Gráfica de regresión lineal entre sobrecostos operativo y horas hombre destinadas a reproceso.	136
Ilustración 50: Gráfica de regresión lineal entre sobrecostos operativos y la demora en emisión de órdenes de compra.	140
Ilustración 51: Árbol de problemas de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A.	142
Ilustración 52: Árbol de objetivos de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A.	143
Ilustración 53: Cuadro de vinculación de causas raíces con la solución propuesta.	151
Ilustración 54: Diseño del proyecto de investigación.	153
Ilustración 55. Diseño general de la propuesta de mejora.....	155
Ilustración 56: Primer diseño específico de la propuesta de mejora.	156
Ilustración 57: Segundo diseño específico de la propuesta de mejora.	159
Ilustración 58: Diagrama de Gantt del BPM.....	162
Ilustración 59: Tercer diseño específico de la propuesta de mejora.....	163
Ilustración 60: Diagrama de Gantt del MRP.....	166
Ilustración 61: Cuarto diseño específico de la propuesta de mejora.	167
Ilustración 62: Diagrama de Gantt del PERT-CPM.....	170
Ilustración 63: Diagrama de redes PERT-CPM del Proyecto. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.	175
Ilustración 64: Cronograma de proyecto piloto con la implementación de la herramienta PERT-CPM.	177
Ilustración 65: Análisis ABC de los materiales asociados al Proyecto de implementación de la propuesta MRP.....	179
Ilustración 66: Imágenes referenciales de los materiales de categoría A asociados al Proyecto.	179
Ilustración 67: Programa de Abastecimiento de ítems MRP de categoría A.	181
Ilustración 68: Estructura organizacional actual de la empresa.	184
Ilustración 69: Estructura organizacional propuesta de la empresa.	185
Ilustración 70: Mapa de macroprocesos actual de la empresa.	186
Ilustración 71: Mapa de macroprocesos propuesto de la empresa.	186

Ilustración 72: Despliegue de subprocessos actual de la empresa.	187
Ilustración 73: Despliegue de subprocessos propuesto de la empresa.	188
Ilustración 74: Despliegue de subprocessos operativos anidados actuales de la empresa.	189
Ilustración 75: Despliegue de subprocessos operativos anidados propuesto de la empresa.	190
Ilustración 76: Flujograma BPMN del proceso de planificación técnica actual.	192
Ilustración 77: Flujograma BPMN del proceso de planificación técnica propuesto.	193
Ilustración 78: Flujograma BPMN del proceso de planificación operativa actual.	195
Ilustración 79: Flujograma BPMN del proceso de planificación operativa propuesto.	196
Ilustración 80: Flujograma BPMN del proceso de emisión de órdenes de compra actual.	198
Ilustración 81: Flujograma BPMN del proceso de emisión de órdenes de compra propuesto.	199
Ilustración 82: Flujograma BPMN del proceso de planificación de compras propuesto.	201
Ilustración 83: Indicadores semáforo de la propuesta de investigación.	203
Ilustración 84: Cronograma tentativo de la implementación de las herramientas propuestas.	212
Ilustración 85: Situación proyectada con la propuesta de mejora.	218
Ilustración 86: ¿Cómo asumió la implementación de la propuesta de mejora?	226
Ilustración 87: ¿Considera que la propuesta de mejora ayuda a reducir los sobrecostos en la empresa?	226
Ilustración 88: ¿Cuál es el principal beneficio de la propuesta de mejora implementada?	227
Ilustración 89: ¿Qué tan satisfecho se encuentra con la propuesta de mejora?	227
Ilustración 90: ¿Qué habilidades considera que desarrolló en la implementación de la propuesta de mejora?	228
Ilustración 91: ¿Considera mejor la nueva metodología de trabajo?	229

1. CAPÍTULO 1

En el siguiente capítulo, se desarrollará el marco teórico de la investigación, en donde se describirán los antecedentes del sector, el marco teórico de la propuesta, el marco normativo que rige la operatividad de la empresa en estudio y los casos de éxito de las herramientas aplicadas en estudios anteriores en el rubro de la construcción.

En primer lugar, en el apartado de antecedentes se describirá el entorno del sector construcción en el Perú, que abarcará el análisis de su situación actual en la economía del país, su desarrollo en la última década y las proyecciones previstas por importantes instituciones del rubro. De esta manera, se busca determinar la importancia del sector y la relevancia que posee el realizar un trabajo de investigación aplicada en el mismo.

En segundo lugar, en el apartado del marco teórico se describirán las teorías, metodologías y herramientas que serán utilizadas como soporte de la propuesta. Este apartado delimitará la investigación a nivel teórico, definiendo el marco de trabajo sobre el cual se realizará el despliegue de la investigación.

Luego, en el marco normativo se describirán las leyes, normas y resoluciones que regulan la operatividad de la empresa, cuyo carácter de cumplimiento es obligatorio para la misma. De esta manera se buscan identificar las restricciones de operación de la empresa, las cuales serán tomadas en cuenta en la propuesta de la investigación.

Finalmente, se describirán cinco casos de éxitos en el rubro de la construcción que representan investigaciones académicas indexadas, con factor de impacto y con una antigüedad menor a cinco años. En este apartado se busca identificar el aporte de las investigaciones descritas, reconociendo el estado actual de la propuesta planteada, así como la similitud de la problemática y cómo se han solucionado en diferentes escenarios. El capítulo culmina con un breve resumen, donde se describen el desarrollo y las principales conclusiones.

1.1. Antecedentes

En la actualidad, el sector construcción posee una participación del 5,79% del Producto Bruto Interno (PBI) en el Perú, representando uno de los principales motores de la economía del país al tener un importante efecto multiplicador en su actividad productiva (Andina, 2016).

Dentro de los sectores productivos más representativos para el PBI peruano en el 2017 se encuentran el sector minero, manufactura y construcción, entre otros (Banco Central de Reserva del Perú, 2018). Esto se representa adecuadamente en la siguiente Ilustración:

Ilustración 1: PBI del Perú por sectores productivos - 2017. Fuente: INEI, BCRP.

Elaboración: Propia

De la gráfica anterior se observa que el sector construcción posee una significativa participación en el PBI nacional, situándose detrás del sector de manufactura. Según la Cámara Peruana de la Construcción (2018), la actividad constructora registró un incremento de 6.62% en el mes de diciembre del 2017 respecto al mismo mes del año anterior. Este crecimiento anual es el segundo más alto alcanzado en los últimos cinco años y cercano al obtenido en diciembre de 2014, año en el cual el sector se encontraba

en un periodo de crecimiento continuo y presentó un punto de quiebre. Para describir de manera adecuada la evolución anual del PBI del sector, se presenta la siguiente Ilustración:

Ilustración 2: Evolución del PBI Anual (en millones de S/.) del sector construcción 2008-2017. Fuente: INEI, BCRP

En la gráfica anterior se describe la evolución del PBI anual del sector construcción desde el año 2008 a la actualidad, mostrando un crecimiento continuo durante el periodo 2008-2014, hasta que se presentó un decrecimiento durante los años 2015 y 2016.

Según la Cámara Peruana de la Construcción (2018), en junio de 2017 el sector retomó la senda del crecimiento, a pesar de que el PBI de la construcción registró un incremento menor que el del PBI global. En los meses posteriores, por el contrario, se revirtió sensiblemente este resultado comparativo. Asimismo, la entidad pronostica un incremento del PBI para el 2018 de 8%, retomando el crecimiento descrito en años anteriores. Esto sería posible gracias a un aumento de 6.2% en la venta de viviendas y

de 4.4% en la comercialización de materiales, una cifra que sería casi la mitad del 8% esperado en noviembre de 2017.

Para visualizar de manera adecuada la evolución del sector, se mostrará el desarrollo del PBI Mensual del sector en el periodo de enero 2017 a febrero 2018:

Ilustración 3: Evolución del PBI Mensual (en millones de S/.) del sector construcción enero 2017- febrero 2018. Fuente: INEI, BCRP

De la gráfica anterior se describe un crecimiento continuo del sector desde enero del 2017 hasta noviembre de este, mes en el cual se presentó un ligero decaimiento para posteriormente describir un notorio crecimiento. Asimismo, se describe que a inicios del presente año el desempeño del sector fue abruptamente menor, tomando un ligero crecimiento en el mes de febrero.

En 2018, el Ministerio de Construcción, Vivienda y Saneamiento establece que el Panorama Económico Nacional en el mes de febrero de 2018 presentó cifras estables de crecimiento. La Producción Nacional en el mes de febrero del Sector Construcción

registró un aumento de 7.92% debido al aumento registrado en el consumo interno de cemento en 4.32%, igualmente creció el avance físico de obras en 29.83%. El empleo en el Sector Construcción en marzo del 2018 presentó un crecimiento de 3.20%. Asimismo, afirma que el Despacho Nacional de Cemento en marzo del año 2018 presenta un crecimiento del 2.60%. A continuación, se presentará una ilustración con información estadística sobre el PBI de Construcción en el mes de abril del presente año:

Actualizado con información disponible hasta el 20 de abril de 2018	2017				2018			
	4to Trimestre			ACUMULADO 2017	1er Trimestre			ACUMULADO 2018
	Octubre	Noviembre	Diciembre		Enero	Febrero	Marzo	
PBI Nacional ^{(1) *}	2.99% ↑	1.78% ↑	1.32% ↑	2.50%	2.81% ↑	2.86% ↑	ND	2.83%
Índice de Precios al Consumidor en Lima Met. ⁽²⁾	-0.47% ↓	-0.20% ↓	0.16% ↑	1.36%	0.13% ↑	0.25% ↑	0.49% ↑	0.87%
Empleo: Nacional (PEA Ocupada) ⁽³⁾	1.90% ↑	0.40% ↑	0.60% ↑	1.50%	0.50% ↑	0.50% ↑	0.30% ↑	0.40%
Precio del barril de Petróleo ⁽⁴⁾	51.565 ↑	56.710 ↑	57.958 ↑	50.924 ^{5/}	63.557 ↑	62.150 ↑	62.860 ↑	62.856 ^{5/}
Tipo de Cambio Bancario (soles a dólares)	3.250 ↑	3.240 ↑	3.250 ↑	3.261 ^{5/}	3.215 ↑	3.249 ↑	3.252 ↑	3.239 ^{5/}
PBI de Construcción ⁽¹⁾	14.25% ↑	5.33% ↑	6.62% ↑	2.20%	7.84% ↑	7.92% ↑	ND	7.88%
IPMC: Precios de Materiales de Construcción ⁽²⁾	0.30% ↑	0.04% ↑	0.25% ↑	2.60%	0.11% ↑	1.42% ↑	0.17% ↑	1.71%
Empleo: Sector Construcción (PEA Ocupada) ⁽³⁾	0.70% ↑	-1.80% ↓	-5.60% ↓	-4.40%	-7.40% ↓	2.20% ↑	3.20% ↑	-0.80%
Despacho Nacional de Cemento - ASOCEM ⁽¹⁾	5.82% ↑	3.03% ↑	1.08% ↑	2.79%	3.90% ↑	-0.20% ↓	2.60% ↑	1.10%
Producción de Ladrillos ⁽¹⁾	19.40% ↑	24.50% ↑	25.40% ↑	3.70%	5.80% ↑	ND	ND	5.80%
Créditos hipotecarios privados para vivienda ^{(1) S/.}	4.30% ↑	29.00% ↑	-7.00% ↓	13.60%	2.50% ↑	3.40% ↑	9.50% ↑	16.00%

Fuente: INEI, BCRP, ASOCEM, PRODUCE, SBS, MVCS Subió ↑ Bajó ↓ Igual =

Elaboración: MVCS - OGEI - Oficina de Estudios Estadísticos y Económicos

Actualización: 20/04/2018

Estimado BCRP

Estimado por OGEI

ND No disponible

(1) Variación porcentual (%) respecto a igual mes del año anterior

(2) Variación % en comparación del mes anterior

(3) Se refiere al trimestre móvil que se publica en el mes indicado

(4) Petróleo West Texas Intermediate, US\$/bl. Precio promedio del mes

(5) Es promedio del año

***Nota: El dato oficial es publicado por el INEI con 1 mes y medio de retraso.**

Ilustración 4: Información Estadística del PBI Nacional y el PBI de Construcción (2018). Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

La gráfica anterior concluye que el crecimiento del sector construcción en el último trimestre del año fue favorable y estable, presentando variaciones porcentuales acumuladas positivas, exceptuando el apartado de empleo generado por el sector.

Gracias a las estadísticas descritas, el director de La Cámara Peruana de la Construcción (Capeco), Guido Valdivia, estimó que en el 2018 el sector construcción

registrará un incremento de 3%, además de acumular dos años de expansión continua, por el impulso en el avance que mostrará el rubro inmobiliario.

Sin embargo, el Banco Continental BBVA establece que la probabilidad de que ocurra una parálisis en el sector construcción este año se ha elevado y, según estima una nota de BBVA Research, le podría costar al Perú unos US\$ 1.750 millones. La razón principal es el deterioro en el crecimiento del Producto Bruto Interno (PBI) general del país para este año. En su escenario base, la entidad anticipaba un crecimiento de 3,5% para 2018. Sin embargo, si la construcción creciera 0%, entonces la economía nacional crecería 2,7% este año, dato que realza la importancia de este sector productivo.

BBVA Research señala que los canales mediante los cuales el contexto de mayor incertidumbre y de exacerbación de los problemas de información asimétrica, que pueden afectar la actividad constructora, son: la dificultad para que las empresas del sector accedan a financiamiento, las dificultades para identificar y contratar empresas constructoras a las que se le pueda encargar el desarrollo de un proyecto dado el riesgo reputacional de vincularse a una empresa involucrada en casos de corrupción y las mayores fricciones para la ejecución del gasto público en inversión.

De esta manera y descrita la información anterior, se concluye que el sector de construcción posee una significativa participación en el PBI nacional, y que presentó un crecimiento continuo desde el año 2008 hasta el 2014. Posterior a ese periodo se describió una fase de decaimiento dada en gran medida por los problemas políticos atravesados hasta la actualidad por el Perú, periodo del cual se está logrando salir, sustentado por las estadísticas positivas mostradas a partir del mes de Junio del 2017 y a las proyecciones favorables planteadas por distintas e importantes entidades del país como la Cámara Peruana de la Construcción, el Instituto Nacional de Estadística e Informática y el Banco Central de Reserva del Perú. Por estas razones es importante

impulsar el desarrollo del sector, siendo esta la principal motivación de la presente investigación.

1.2. Marco Teórico

A continuación, se describirán las teorías, metodologías y herramientas que serán utilizadas como soporte de la propuesta de investigación. Este apartado delimitará la investigación de manera teórica definiendo el marco de trabajo sobre el cual se desarrollará. En primer lugar, se definirá el proceso productivo y los reprocesos, los cuales presentan una relación directa con el trabajo. En segundo lugar, se definirán componentes claves en los procesos de planificación, abastecimiento y ejecución, los cuales se deben conocer de manera adecuada ya que se emplearán a lo largo de toda la investigación. Posterior a ello, se detallarán las herramientas que se usarán en el presente trabajo para evidenciar la problemática que aqueja la empresa. Por último, se describirá la metodología elegida para la propuesta de solución.

1.2.1. Procesos

1.2.1.1. Proceso productivo

Un proceso se define como un conjunto de actividades interrelacionadas entre sí que, partiendo de uno o diversos inputs o entradas las transforma, generando un output o resultado (Nowotarski P., Paślawski J., Matyja J., 2016).

Las actividades de una organización o empresa pueden concebirse como integrantes de un determinado proceso, siendo tradicionalmente más analizados los de carácter industrial (Casadesús, Heras y Merino, 2005, p.204).

1.2.1.2. Reproceso en construcción

Se realiza el reproceso, en construcción, a las estructuras que no cumplen con los requerimientos establecidos, este contribuye con un 5% de sobrecosto de los costos totales de construcción y el error de diseño es la fuente del mayor costo de reproceso.

Asimismo, se encontraron hallazgos similares de que el error de diseño causa hasta el 79% del costo de reproceso (Hossain, M. & Chua, D., 2013).

1.2.2. Proceso de planificación

El proceso de planificación establece el alcance total del esfuerzo, define y refina los objetivos, y desarrolla la secuencia de actividades para alcanzar los objetivos planteados (El-Sabek, L. & McCabe, B., 2017). Asimismo, desarrolla el plan para la dirección del proyecto y los documentos que se utilizarán. A medida que se recopilan más características o información sobre el proyecto, puede ser necesario una mayor planificación. Los cambios importantes suceden durante la elaboración del proyecto generando la necesidad de reconsiderar uno o más de los procesos de planificación. (Zaeri, F., Rotimi, J., Hosseini, M., & Cox, J., 2017).

1.2.2.1. Definición de actividades

El proceso sobre definición de actividades consiste en identificar las acciones en específico a realizar para elaborar los entregables del proyecto. El conjunto de actividades logrará completar un paquete de trabajo. (Khoueiry, Y., Srour, I., & Yassine, A., 2013).

1.2.2.2. Secuenciación actividades

Este proceso se basa en identificar y documentar las relaciones entre las actividades del proyecto, el cual es aprobado por un alto directivo de la organización (dependencia interna) o del cliente del proyecto (dependencia externa) (Zavadskas, E. K., Vilutienė, T., Turskis, Z., & Šaparauskas, J., 2014). La superposición de actividades secuenciales ocurre en la mayoría de los proyectos de construcción, de vía rápida y no rápida. (Srour, I., Abdul-Malak, M. & Ramadan M., 2013).

1.2.2.3. Cronograma de obra

Desarrollar el cronograma de obra es el proceso que reside en examinar el orden de las actividades, su tiempo de duración, los requerimientos de recursos y las restricciones del cronograma para elaborar el cronograma del proyecto. (Project Management Institute, 2013, p.51).

1.2.2.4. Elaboración de presupuestos

Determinar el presupuesto consiste en sumar los costos que se estiman gastar en actividades individuales o paquetes de trabajo (mano de obra, materiales, equipos) para establecer una línea base de costos autorizados. (Project Management Institute, 2013, p.52).

1.2.2.5. Gestión del alcance

Según el Instituto de Gestión de Proyectos (2013), la Gestión del Alcance del Proyecto describe los procesos requeridos para asegurar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y sólo el trabajo requerido, a fin de completar el proyecto exitosamente. Esta consiste en la iniciación, planificación del alcance, definición del alcance, verificación del alcance y control de cambios en el alcance (Forsythe, P., 2015).

1.2.2.6. Gestión del tiempo

La Gestión del Tiempo del Proyecto describe los procesos requeridos para asegurar el término a tiempo del proyecto (Olawale, Y., & Sun, M., 2015). Esta consiste en la definición de las actividades, la secuencia de las actividades, estimación de la duración de las actividades, desarrollo del programa y control del programa (Li, S., Wu, X., Zhou, Y., & Liu, X., 2017).

1.2.2.7. Gestión del costo

Según el Instituto de Gestión de Proyectos (2013), la Gestión del Costo del Proyecto describe los procesos requeridos para asegurar la ejecución total del proyecto dentro del presupuesto aprobado. Esta consiste en la planificación de los recursos, estimación de los costos, preparación de presupuestos de costos y control de costos (Ashuri B., & Tavakolan M., 2015).

1.2.3. Proceso de abastecimiento

1.2.3.1. Órdenes de compra

La orden de compra es el documento para solicitar ciertas mercaderías, donde el comprador detalla la cantidad a comprar, el tipo de producto y otros datos importantes para la operación comercial. Los costos de pedido dependen de la cantidad de pedidos de materiales y las cantidades (Irizarry, J. & Karan, E. & Jalaei, F., 2013).

1.2.3.2. Proveedores

El proveedor será la empresa o persona física que proporcione algún servicio o bien que necesitemos para el proyecto de construcción (Liu, Y., Zhong, D., Cui B., Zhong G. & Wei, Y., 2015).

1.2.3.3. Materiales

Los materiales, de los proveedores del sitio de construcción, deben cumplir con los requisitos establecidos que ayuden a culminar el proyecto determinado (Irizarry, J. & Karan, E. & Jalaei, F., 2013).

1.2.3.4. Gestión de pedidos

Para administrar el proceso de manera efectiva, debe comenzar con la menor cantidad de pedidos en el último momento posible (para reducir el costo de inventario). Luego se calculan los costos de orden e inventario para cada alternativa (es decir, diferente tiempo y cantidad de orden) hasta que el costo total aumenta (Irizarry, J. & Karan, E. & Jalaei, F., 2013).

1.2.3.5. Gestión de proveedores

El proceso de construcción requiere un mayor nivel de integración entre los socios dentro de un proyecto de construcción, ya que la mano de obra, los materiales y el equipo dentro de un proyecto deben permanecer coordinados. Esta coordinación se mantiene mediante frecuentes intercambios de información. Dentro de los proyectos de construcción, este intercambio tiene lugar en el contexto de los vínculos entre organizaciones independientes (Cus-Babic, N. & Rebolj, D. & Nekrep-Perc, M. & Podbreznik, P., 2013).

1.2.4. Proceso de ejecución

1.2.4.1. Partidas

Una partida en la construcción tradicional forma parte de la obra que se mide y valora de manera independiente, así también es la agrupación de partes de la obra que se valoran en base a la misma unidad de medida (Rosenbaum, S., Toledo, M., & González, V., 2014).

1.2.4.2. Estructuras

En la construcción de obras civiles, las estructuras constituyen los elementos contruidos para soportar cargas y esfuerzos de una edificación. Sus materiales y

dimensiones varían por el tamaño y la función que tenga que cumplir (Demirkesen, S. & Ozorhon, B, 2017).

1.2.4.3. Especificaciones técnicas

Será la documentación donde se definen normas, exigencias y procedimientos a ser empleados y aplicados en la construcción de obras. Por lo general, son los ingenieros y/o arquitectos quienes hacen uso de estos, con el objetivo de convertir los proyectos de los diseñadores en obras físicas (Dallasega, P., Rauch, E., & Dominik, T., 2015).

1.2.4.4. Supervisión de obra

Esta es realizada por los capataces y supervisores, dirigen a los operarios a través de sus habilidades y esfuerzos, realizan seguimiento y control de la obra encargada. Asimismo, transforman en realidad concreta y tangible los proyectos descritos en los planos y especificaciones siguiendo distintos métodos (Solminihac, H. & Thenoux, G. & Castro, J., 2011).

1.2.4.5. Control de calidad

El control de calidad separa el producto aceptable (de acuerdo con determinados estándares o características objetivas) del que no lo es mediante la inspección de la materia prima, del producto acabado o en fases intermedias de producción. Las características son establecidas por el cliente, caso de bienes de equipos, o por la empresa, como sucede con los productos de alta demanda (Fernández, José, 2012, p.25).

1.2.4.6. Gestión de la calidad

La Gestión de Calidad del Proyecto describe los procesos requeridos para asegurarse de que el proyecto satisfará las necesidades para las cuales fue ejecutado. Esta consiste

en la planificación de la calidad, aseguramiento de la calidad y control de calidad (Lindhard, S., & Wandahl, S., 2015).

1.2.5. Herramientas para el análisis

1.2.5.1. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto o también llamado diagrama de 80-20, se basa en la denominada ley de Pareto, que en la ingeniería industrial se podría enunciar de la siguiente forma: en la mayoría de ocasiones el 80% de los problemas presentes en una empresa se deben aproximadamente al 20% de las causas descritas. De esto se entiende, que, de una cantidad reducida de situaciones desfavorables para la empresa, se ocasiona la mayor parte de los problemas (Casadesús, Heras y Merino, 2005, p. 58).

1.2.5.2. Diagrama causa-efecto

También llamado Diagrama de Ishikawa por la forma de su esquema, el objetivo de esta herramienta es el de identificar todas las posibles causas de un determinado problema o defecto.

A partir del problema que se quiere analizar, este diagrama lo relaciona con sus posibles causas agrupadas según diferentes tipos. Sin lugar a duda, el brainstorming es necesario para realizar el análisis descrito anteriormente (Wong, K. C., Woo, K. Z., & Woo, K. H., 2016).

1.2.5.3. Diagrama de flujo

La finalidad del diagrama de flujo es describir cuál es el flujo del proceso a analizar, identificando cuáles son las entradas y salidas respectivas de cada una de sus actividades (Yu, H., Al-Hussein, M., Al-Jibouri, S., & Telyas, A., 2013).

Su principal utilidad es que todos los participantes del grupo de trabajo visualicen y comprendan de manera idéntica el proceso a estudiar (Ajayi, S., Oyedele, L., Akinade, O., Bilal, M., Alaka, H. & Owolabi, H., 2017).

1.2.5.4. Histograma

Un histograma se utiliza para describir gráficamente un conjunto de datos relacionados a un proceso determinado, que está sujeto a variabilidad. Con esto se persigue evaluar la distribución los datos recogidos del proceso, permitiendo intuir las características de la población de la que se obtuvo la data. A su vez, los histogramas también se utilizan para analizar la capacidad de los procesos, delimitando los límites de las especificaciones y permitiendo observar fácilmente la proporción de datos que exceden de estos requerimientos (Casadesús, Heras y Merino, 2005, p. 61).

1.2.5.5. Diagrama de flechas

Esta herramienta se utiliza para planificar la ejecución de una relación compleja de tareas interrelacionadas con un fin común. Su objetivo es analizar la relación de tareas para de esta forma planificar su ejecución sistemática. Este diagrama es ampliamente utilizado en la gestión de Proyectos, mediante la utilización de diagramas PERT (Programme Evaluation and Review Technique) y CPM (Critical Path Method) (Pooja, B., & Salunke, H., 2015).

1.2.5.6. Mapa de procesos

El mapa de procesos es la representación gráfica de la estructura de los procesos que conforman un sistema de gestión. Es la forma más representativa de presentar los procesos identificados y cómo se relacionan. Esta se divide en procesos estratégicos, operativos y de soporte.

Para establecer adecuadamente las interrelaciones entre los procesos es necesario reflexionar acerca de cuáles son sus entradas y de dónde provienen, cuáles son sus salidas y hacia dónde se dirigen, así como qué recursos se requieren y de dónde provienen (Haddad, C., Ayala, D., Uriona Maldonado, M., Forcellini, F. & Lezana, Á., 2016).

1.2.5.7. Benchmarking

El benchmarking se define como una técnica para buscar las mejores prácticas que se pueden encontrar dentro o fuera de una organización o empresa. Esta persigue siempre la mejora continua definiendo cómo se realizan las cosas en los mejores lugares, buscando aprender de otros. Asimismo, analiza la posición en la que se encuentra una empresa en un momento determinado (Gao, S. & Low, S., 2014).

1.2.6. Metodología para la propuesta

1.2.6.1. Gestión por Procesos

El enfoque basado en proceso es un principio básico para la obtención de resultados en una empresa u organización. Esta se recoge tanto de la serie de normas ISO 9000 (2000) como del modelo EFQM.

Tradicionalmente las organizaciones se han estructurado bajo una serie de departamentos funcionales que hacen difícil la tarea de orientarse al cliente. La Gestión por Procesos percibe a la organización como un sistema interrelacionado de manera horizontal, contribuyendo en conjunto al incremento de la satisfacción de las necesidades del cliente (Haddad, C., Ayala, D., Uriona Maldonado, M., Forcellini, F. & Lezana, Á., 2016).

1.2.6.2. Gestión de Proyectos

Según Project Management Institute (2013), la gestión por proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los objetivos y requisitos establecidos. Se obtiene mediante la aplicación e integración adecuada de 42 procesos de dirección de proyectos, que conforman los 5 grupos de procesos. Estos 5 grupos de procesos son:

- Iniciación
- Planificación
- Ejecución
- Seguimiento y Control
- Cierre

1.2.6.3. Lean Construction

Lean Construction es una filosofía relativamente nueva orientada a la gestión de la construcción, que establece los flujos de producción en vista de desarrollar sistemas de control con la finalidad de reducir las pérdidas a lo largo del proceso (Gao, S. & Low, S., 2014). Esta es una adaptación del Lean Manufacturing que se remonta al Toyota

Production System (TPS), pero con un enfoque en la reducción y eliminación de residuos. Según Issa Usama (2013), Lean Construction combina la práctica del Just In Time (JIT), el uso de la planificación pull, la reducción de la variabilidad en la productividad laboral, la eliminación de desperdicios, la mejora de la confiabilidad del flujo productivo y la simplificación de las operaciones, así como la implementación del benchmarking.

Esta filosofía se apoya de herramientas como el Material Requirements Planning (MRP) para la eliminación de desperdicios como tiempos de espera por insuficientes materiales, tiempos de espera por actividades anteriores inacabadas y acumulación de materiales en plazos no adecuados por un deficiente programa de compras; y el PERT-CPM que son dos métodos usados por la dirección para, con los medios disponibles, planificar el proyecto a fin de lograr su objetivo con éxito (Aziz, R., y Hafez S., 2013).

1.3. Marco normativo

Dentro del Marco normativo, se definen las siguientes Leyes y Reglamentos que regulan la operatividad de la empresa, siendo su cumplimiento de carácter obligatorio. A continuación, se detallará el Marco Normativo que regula el funcionamiento de la empresa constructora Diarco Energía y Construcción S.A.:

1.3.1. Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)

El reglamento Nacional de Edificaciones tiene por objeto normar los criterios y requisitos mínimos para el Diseño y ejecución de las habilitaciones urbanas y las edificaciones, permitiendo de esta manera una mejor ejecución de los planes urbanos. Es la norma técnica rectora en el territorio nacional que establece los derechos y responsabilidades de los actores que intervienen en el proceso edificatorio, con el fin de asegurar la calidad de la edificación (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017).

Asimismo, para garantizar la seguridad de las personas, su calidad de vida y la protección del medio ambiente, las estructuras urbanas y edificaciones deberán proyectarse y construirse satisfaciendo las siguientes condiciones básicas de operatividad:

- Seguridad
- Funcionalidad
- Habitabilidad
- Adecuación al entorno y protección al medio ambiente

1.3.2. Ley N° 29783 - Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo

Considera que los derechos a la vida y a la salud se encuentran consagrados en la Constitución Política del Perú y en diversos instrumentos de derechos humanos ratificados por el Perú. Además, a nivel regional, el Perú, como miembro de la Comunidad Andina de Naciones (CAN), cuenta con el Instrumento de Seguridad y Salud en el Trabajo, el cual establece la obligación de los Estados miembros de implementar una política de prevención de riesgos laborales y vigilar su cumplimiento; el deber de los empleadores de identificar, evaluar, prevenir y comunicar los riesgos en el trabajo a sus trabajadores; y el derecho de los trabajadores a estar informados de los riesgos de las actividades que prestan, entre otros (Municipalidad de Lima, 2016).

1.3.3. Ley N° 29203 – Ley promotora de información empresarial del rubro

Ley que crea la Central de Información de Promotores Inmobiliarios y/o Empresas Constructoras de Unidades Inmobiliarias

Se crea la Central de Información de Promotores Inmobiliarios y/o Empresas Constructoras de Unidades Inmobiliarias, cuyo objetivo es la recopilación, procesamiento y difusión de información sobre los antecedentes y evolución de los citados promotores inmobiliarios y/o empresas constructoras de unidades inmobiliarias. La citada norma señala que el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, está a cargo de la organización y funcionamiento de la Central que se crea, y que su reglamentación estará a cargo del Poder Ejecutivo. La implementación de la mencionada Central, brindará al público en general información sobre los promotores inmobiliarios y/o empresas constructoras, de acuerdo a lo antes señalando, la cual será de fácil accesibilidad, y a su vez relevante en la toma de decisiones al adquirir o realizar

una transacción comercial respecto a una unidad inmobiliaria (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017).

1.3.4. Ley General del Trabajo

Ley que determina las obligaciones y derechos del trabajo a excepción del agrícola, todos los relacionados en el área pública y privada del estado aplicándose también a las explotaciones de los mismos. Intervienen dos sujetos el patrono que trabaja por cuenta propia o ajena y el empleado u obrero que trabaja por cuenta ajena. El empleado se caracteriza por realizar trabajos intelectuales o de oficina, mientras que el obrero por realizar trabajos de índole manual, comprendidos dentro de este grupo los vigilantes o capataces. Por el contrato de trabajo, el trabajador se obliga a prestar personalmente servicios para un empleador, bajo la subordinación de éste, a cambio de una remuneración. Pueden ser objeto del contrato de trabajo toda clase de servicios, materiales o intelectuales, siempre que no sean contrarios al orden público y a las buenas costumbres (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2016).

Según el marco normativo descrito, se observa que la operatividad de la empresa se encuentra delimitada en base a criterios de carácter de diseño, salud, seguridad, información y de bienestar de los colaboradores. Primero, se detalló el Reglamento Nacional de Edificaciones, el cual norma los criterios y requisitos mínimos para el diseño y ejecución de distintas edificaciones. En segundo lugar, se definió la ley de seguridad y salud en el trabajo, la cual tiene como objetivo promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país. Para ello, cuenta con el deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales. Luego, se detalló la ley que crea la Central de Información de Promotores Inmobiliarios y/o Empresas Constructoras de Unidades Inmobiliarias cuya finalidad es tener a disposición de los consumidores y usuarios en

general, información sobre los promotores inmobiliarios y/o empresas constructoras de unidades inmobiliarias, referida a sus antecedentes, actividades y sanciones. Por último, se definió la ley general del trabajo la cual determina con carácter general los derechos y obligaciones emergentes del trabajo, que serán objeto de disposición especial.

1.4. Casos de éxito

A continuación, se describirán algunos casos de éxito recientes en la implementación de la metodología y herramientas de la Gestión por Procesos (BPM), Lean Construction y Gestión de Proyectos en el sector construcción, aplicados en diferentes Proyectos tomados como casos de estudio y en diversos escenarios de problemas de planificación, abastecimiento y ejecución, correspondientes a la gestión operativa de proyectos. Estos artículos fueron escogidos dada su similitud al problema de la investigación, al contexto y tamaño de las organizaciones en estudio y a las soluciones propuestas por los mismos. Cabe resaltar que los mismos fueron extraídos de diferentes bases de datos de investigación como EBSO, ProQuest y Mendeley, teniendo como máximo cinco años de antigüedad, factor de impacto y un cuartil representativo entre uno y tres según Scimago Journal & Country Rank. Estos se detallan a continuación:

1.4.1. Caso de éxito 1

Business process management – a construction case study (Bhargav, 2017)

➤ Situación Actual

Fundada hace unos 80 años, la llamada “Compañía A” es una compañía de construcción y propiedades que opera principalmente en el norte de Inglaterra. Además de la construcción, que es su negocio principal, la compañía tenía otras empresas subsidiarias que se ocupan del desarrollo y la gestión de propiedades comerciales y residenciales. Al momento del inicio del proyecto, la compañía empleaba a alrededor de 500 empleados, incluidas todas las oficinas y subsidiarias.

La Compañía A había estado sujeta a una expansión significativa durante los 10 años anteriores, ya que su facturación aumentó de manera robusta durante dicho

período. La compañía reconoció que necesitaba medir y mejorar sus procesos si fuera a trabajar y mejorar su posición competitiva. Por lo tanto, decidió iniciar un ejercicio de mejora de sus procesos de negocio.

La compañía A había estado utilizando una solución de planificación de recursos empresariales (ERP) para su contabilidad central y otras funciones de soporte durante muchos años. Sin embargo, los rápidos desarrollos en la tecnología de la información y la comunicación, combinados con su reciente estrategia de expansión, han requerido el reemplazo de esta solución heredada de "mainframe" o de gestión centralizada. La empresa A también reconoció que una cuestión más importante que la simple implementación de soluciones de TI era revisar cómo estas soluciones pueden aportar beneficios reales al negocio en sí.

➤ Metodología

Se siguió una investigación de acción y el enfoque de caso de estudio utilizando entrevistas semi-estructuradas y talleres grupales dentro de la organización del caso. En general, se analizaron seis departamentos, se realizaron 35 entrevistas con gerentes de nivel medio y alto, se estudiaron los documentos de los procesos de negocio existentes y se documentaron los procesos. Los datos se compilaron utilizando un software de modelado de procesos y una metodología de notación BPMN (Business Process Model and Notation). Además, se llevó a cabo un análisis longitudinal después de la finalización del ejercicio de modelado del proceso durante un período de ocho años.

La metodología usada define que la mejora del proceso es una tarea compleja que requiere una planificación e implementación cuidadosa. Es importante identificar el objetivo principal y los secundarios del proyecto de antemano para asegurarse de que el enfoque del proyecto esté en los procesos correctos. Para dicho fin, se estableció un comité directivo compuesto por un director a nivel de junta directiva, un gerente de TI y

un analista de negocios responsable de la coordinación y ejecución del proyecto de mejora. Se realizaron consultas individuales con los gerentes senior de los departamentos respectivos para identificar sus prioridades departamentales de mejora. Esto fue seguido de varias reuniones entre los gerentes principales para compartir un entendimiento común y para desarrollar un consenso sobre las áreas prioritarias que se deben mejorar.

Las lecciones aprendidas de iniciativas similares de modelado de procesos de negocios indicaron que el esfuerzo debería centrarse inicialmente en un pequeño número de áreas de alta prioridad, que agregarán el mayor valor a la empresa. Las áreas prioritarias identificadas incluyeron comunicaciones, estimación y licitación, adquisición de materiales y subcontratos y desarrollo de negocios. Luego, el comité directivo desarrolló y aprobó un plan que estableció los objetivos del proyecto y un cronograma para completar la iniciativa dentro de dos años.

➤ **Implementación**

Inicialmente, se diseñó nuevos procesos involucrados, se identificaron debilidades en el proceso actual; acuerdo conjunto entre las partes interesadas sobre la situación actual, incluidos los problemas; rediseño del nuevo proceso; y taller / reunión conjunta con las partes interesadas para desarrollar el nuevo proceso. El mapa de proceso se actualizó con los cambios y se presentó a los interesados clave para su aprobación final. Durante la fase de rediseño, el equipo de implementación de ERP también participó para garantizar que el módulo correspondiente pudiera validar el nuevo proceso.

- *Phase 1:* Planning a process redesign effort;
- *Phase 2:* Analysis of an existing process;
- *Phase 3:* Design of a new or improved process;
- *Phase 4:* Development of resources for an improved process; and
- *Phase 5:* Managing the implementation of the new process.

Ilustración 5: Fases de la implementación BPM. Fuente: Barghav (2016)

Para ayudar a mantener el esfuerzo de mejora del proceso y garantizar que los procesos permanezcan actualizados y bien administrados, se estableció un marco de mejora de procesos continuo hacia el final del proyecto. El marco se desarrolló utilizando los principios Lean y el conocimiento de los procesos de negocio. El requisito clave para el marco fue que debería ser fácil de entender y mantener, ya que será utilizado por los empleados que no necesariamente tienen experiencia en modelado de procesos. Por lo tanto, se creó una representación tabular de todos los procesos para identificar las ineficiencias presentes en el proceso, junto con una comparación del tiempo de adición de valor / no valor agregado.

Para poner en marcha el proceso de entrega, se llevó a cabo un taller de mejora de procesos para capacitar a los gerentes de departamentos y propietarios de procesos clave para familiarizarlos con los principales aspectos de identificación de residuos y valor y definir el marco principal de la iniciativa de mejora continua. Para garantizar que los departamentos y los propietarios de procesos individuales no optimicen sus propios procesos a expensas de la estrategia comercial de todo el departamento, los gerentes de nivel departamental y de alta gerencia fueron designados para el comité de mejora de procesos.

➤ Resultados

El estudio concluye con que el modelado y el análisis de procesos son dos de los aspectos más importantes para cualquier actividad de mejora de procesos. Los

siguientes fueron identificados como los factores de éxito clave para las actividades de modelado y mejora del proceso del caso de estudio:

- Identificación de métodos apropiados para modelado y análisis;
- Apoyo de la alta gerencia durante todo el proyecto;
- Conocimiento del proceso de construcción que posee el modelador de procesos;
- Identificación de cadenas de valor centrales y oportunidades de mejora dentro del negocio; y
- Las relaciones entre el equipo de mejora de procesos durante el proyecto.
- Un factor de éxito clave adicional que surgió fue la perseverancia que necesitaba el analista de procesos. Los proyectos de esta naturaleza requieren una gran cantidad de recopilación de datos por parte de los empleados de todos los niveles, que están ocupados en su trabajo y es posible que no brinden tiempo fácilmente.

Los principales aspectos positivos que surgieron del proyecto fueron los siguientes:

- Una comprensión clara de la situación actual y propuesta proporcionó la transparencia necesaria para el proceso. Esto fue esencial para abordar las preocupaciones de los empleados en un programa de cambio tan grande.
- El proyecto brindó a la alta gerencia de la Compañía A una visión directa del desempeño de sus procesos y áreas de mayor preocupación. Ayudó a desarrollar la estrategia de cambio para los próximos cinco a 10 años.
- Se impregna una cultura de cambio y mejora de procesos en toda la organización a medida que la iniciativa de gestión de procesos interactúa con los empleados en todos los niveles.

Las principales áreas de dificultad se identificaron de la siguiente manera:

- El cambio constante en las operaciones comerciales dificultó la captura del proceso, se convirtió en una tarea constante capturar esta información.
- Tal proyecto requiere una importante asignación de recursos (especialmente tiempo del empleado) dentro de la organización, lo que resultó ser una tarea difícil considerando la naturaleza ocupada del personal de la construcción.
- Los impactos resultantes de tales iniciativas no siempre son posibles de cuantificar de inmediato, en algunas áreas, tomó al menos cinco años antes de que los resultados del cambio se realizaran. En una industria donde se esperan resultados inmediatos, esto es difícil de manejar.

En general, se puede decir que el ejercicio inicial de gestión y mejora del proceso se consideró exitoso para identificar los principales problemas dentro del proceso organizacional y proponer una estrategia para superarlos. Sin embargo, el estudio longitudinal reveló una creciente frustración por parte del nuevo gerente de mejora de procesos, debido al constante cambio comercial y la falta de motivación en los gerentes departamentales para revisar y mejorar continuamente sus procesos. En la mayoría de los casos, la mejora inicial del proceso no alcanzó su estado objetivo final. Este resultado no puede tomarse a la ligera y debe arrojar algo de luz sobre los efectos a largo plazo de tales ejercicios de mejora del proceso y si alcanzan los resultados deseados.

De manera cuantitativa, a través del análisis de procesos se lograron identificar las actividades que agregan y que no agregan valor al negocio. Se obtuvo que existían procesos hasta con un 76% de tiempo sin valor añadido. Asimismo, se identificó que en el proceso de abastecimiento de materiales, de un total de 347 órdenes de compra sólo

18 o el 5% eran trabajadas sin problemas, el 95% presentaba problemas como diferencias de cantidad en el pedido, precio no acorde, falta de documentos de solicitud de pedido, número de orden no acorde a las facturas, entre otros.

En un piloto de implementación inicial, el tiempo del proceso de envío de requerimientos técnicos a obra se disminuyó en un 80%. Asimismo, en el proceso de evaluación de subcontratistas, se disminuyó hasta un 95% el tiempo del proceso a través de establecer un sistema de evaluación ordenado.

Finalmente, se concluye que la empresa pasó de un nivel de madurez organizacional donde sólo algunos macroprocesos estaban modelados y eran ejecutados de manera consistente y la mayoría de micro-procesos presentaba descontrol (a pesar de tener ciertos proyectos de mejora llevados de manera básica) a un nivel donde se aplica la gestión de procesos de negocio, la información de la empresa se encuentra identificada y ordenada y se pueden obtener indicadores a partir de su análisis. Asimismo, la data generada por la empresa es almacenada con un fin de mejora continua.

➤ **Vinculación con la tesis**

Este artículo es de mucho valor para el presente trabajo de investigación por diversos motivos que se describirán a continuación, y se vinculan con la propuesta planteada básicamente en tres puntos importantes.

En primer lugar, utiliza la herramienta base de la propuesta de mejora, que es la del BPM (Business Process Management), utilizando el mismo software de modelado de procesos Bizagi y el mismo lenguaje de modelación BPMN (Business Process Model and Notation). Asimismo, el artículo utiliza como metodología complementaria a los principios de Lean, adaptándose de manera muy similar a la propuesta trabajada en este proyecto de investigación aplicada. Todo esto bajo en contexto de una empresa

perteneciente al mismo sector y con actividades muy similares. Esto permite tener un modelo guía de trabajo de las metodologías utilizadas y de las herramientas provenientes de las mismas, permitiendo identificar los factores positivos, negativos, limitaciones y recomendaciones definidas por el autor.

En segundo lugar, el artículo identifica como uno de sus problemas principales el abastecimiento de materiales, haciendo énfasis en las actividades desde la emisión de solicitudes de materiales desde obra hasta la recepción de los materiales enviados por parte de los proveedores. Esto se vincula con la investigación dado que se alinea de manera similar a una de las causas raíces identificadas en el diagnóstico de la investigación.

Finalmente, el artículo proporcionó información teórica bastante resumida y adaptaba al sector de la construcción, ayudándonos a identificar los precedentes de las metodologías usadas y referencias que podrían dar soporte a nuestra propuesta de investigación. Un punto interesante a recalcar es que nos proporcionó una escala de medición de la madurez de la empresa en base a la gestión de procesos de negocio, ayudándonos a contextualizar e identificar el punto de partida de nuestro caso de estudio y a medir el nivel de nuestra implementación.

1.4.2. Caso de éxito 2

Process improvement for professionalizing non-profit organizations: BPM approach (Resende et al, 2016)

➤ Situación Actual

La Caja Santandereana de Subsidio Familiar (CAJASAN) es una organización sin fines de lucro que pertenece al sector privado, se encuentra ubicada en Bucaramanga, Colombia, y fue establecida en 1957 con el objetivo de contribuir al bienestar de la sociedad y al desarrollo empresarial en la región. CAJASAN posee 12 departamentos que desarrollan servicios en subsidios, salud, educación, cultura, recreación y deportes, turismo y servicios hoteleros, mercadotecnia, vivienda y cooperación y responsabilidad social. Uno de los departamentos más importantes, cuyas actividades llegan a más de 400,000 personas al año, es el Departamento de Responsabilidad Social (DPS), que incluye programas para mejorar la calidad de vida de los pobres.

La oficina de DPS promueve programas y proyectos que generan nuevas oportunidades de desarrollo. Entre las estrategias de responsabilidad social utilizadas por el departamento, encontramos:

- Programas especiales que mejoran la calidad de vida en poblaciones desfavorecidas.
- Nuevas oportunidades y espacios que benefician a niños de cero a cinco años y adolescentes de 5 a 16 años en el Día de la escuela complementaria
- Articulación e implementación de un sistema integral de políticas activas y pasivas que contrarrestan los efectos del desempleo que enfrentan los trabajadores dependientes e independientes.

Actualmente, el Departamento tiene una fuerza de trabajo especializada que contribuye al profesionalismo ocupacional. Sin embargo, otros aspectos como las dificultades de gestión, las soluciones de problemas a corto plazo, la ineficiencia y la falta de comunicación entre otros departamentos afectan la eficacia de los servicios prestados por el Departamento, lo que provoca la insatisfacción de las partes interesadas. Los procesos actuales del DPS son descritos por un proveedor - entradas - proceso - salida - tipología de cliente (SIPOC). El proveedor identifica a los participantes clave, que son responsables de proporcionar las entradas para cada actividad.

➤ Metodología

Este estudio muestra un caso de estudio que utiliza ciclo de vida de BPM para esquematizar los pasos y actividades requeridas para formular BPM. Para cada paso a desarrollar se analizan un conjunto de herramientas y técnicas que sirvan como respaldo de cada fase del ciclo de vida de BPM. A continuación, se describe como se desarrolló el ciclo de vida de BPM para el caso del Departamento de RS en CAJASAN.

Ilustración 6: Ciclo de vida BPM. Fuente: Resende (2016)

- Fase 1: Identificación del proceso

Esta etapa tiene dos fases principales: asignación y evaluación. Primero, se realiza una entrevista con el gerente del departamento y se recopila documentos relacionados con las actividades de los colaboradores para enumerar los procesos. Luego, se prioriza y crea la arquitectura del proceso del Departamento de DPS. La arquitectura debe representar los procesos del departamento y sus interrelaciones.

- Fase 2: Descubrimiento del proceso

En esta fase se documenta el proceso actual. Inicialmente, se recolecta datos del análisis de documentos y entrevistas con el gerente del departamento. El resultado es uno o varios modelos de proceso tal como están, que muestran el estado actual de los procesos utilizando técnicas de modelado. Por lo tanto, utilizamos el modelo de proceso comercial y la notación (BPMN) con el apoyo del software Bizagi para generar el modelo tal como está.

- Fase 3: Análisis del proceso

Para analizar el proceso, identifican y documentan los problemas relacionados con el proceso actual, sus ideas y debilidades. Estos problemas priorizan la preocupación sobre los impactos y los esfuerzos necesarios para resolverlos. Se analizan mediante análisis cualitativo o cuantitativo. Se aplica el análisis cualitativo para señalar las debilidades, mientras que en el análisis cuantitativo emplea el diagrama de por qué para identificar la causa raíz.

- Fase 4: Rediseño del proceso

El proceso de rediseño comprende los cambios en los procesos que se identificaron en la etapa anterior con el objetivo de mejorarlos. El resultado de este paso es el modelo de proceso futuro, también modelado en BPMN y con el soporte del software Bizagi. El proceso de rediseño trata con dos metodologías diferentes: el

rediseño del proceso heurístico y el diseño basado en productos. El primero apunta a la mejora de los procesos existentes y el segundo propone un cambio radical de procesos. Como en el caso actual se busca mejorar los procesos existentes se utilizará la primera metodología.

Para ello, se siguen tres etapas sugeridas para el desarrollo de la etapa de rediseño: iniciar (para configurar el rediseño del proceso), diseñar (para arreglar una lista de heurísticas de rediseño) y evaluar (para evaluar el resultado del rediseño). Usando el enfoque de heurística de operaciones de procesos de negocios, se la heurística de eliminación de actividades, que comprende la eliminación de actividades innecesarias, y la composición de actividades para combinar actividades pequeñas en una actividad compuesta. Dentro de la heurística del comportamiento del proceso de negocio, se usa la secuenciación para mover las actividades a lugares que son más apropiados. Desde la heurística organizacional, dividimos las responsabilidades para evitar responsabilidades compartidas.

- Fase 5: Implementación del proceso

Los procesos que se proponen tienen que ser implementados con la aprobación del jefe del departamento y de todo el equipo. La integración del equipo es fundamental para implementar los cambios propuestos en la etapa de rediseño. Además, se propone la automatización de procesos mediante el uso de sistemas de información, estos ayudan en la medición de procesos y en su implementación. Sin embargo, la empresa decidió no trabajar con los sistemas de información porque la empresa se encuentra en una etapa temprana de implementación de procesos.

- Fase 6: Monitoreo y control del proceso

En la fase de evaluación, se trabajó mediante los indicadores corporativos de rendimiento clave relacionados con la orientación del proceso: desempeño

financiero, calidad del producto / servicio, satisfacción del cliente y desempeño operacional.

➤ **Implementación**

Los procesos que se proponen fueron implementados con la aprobación del jefe del departamento y de todo el equipo. La integración del equipo es fundamental para implementar los cambios propuestos en la etapa de rediseño. La aplicación de BPM como una herramienta de gestión estratégica no solo aumentó el nivel de madurez de los procesos del departamento de RSC, sino que también permitió su integración y una mejor comunicación entre las unidades y las partes interesadas. Además, la mejora en la comunicación permitió la corrección de errores al aumentar el flujo de información y reducir los conflictos entre unidades.

Además, se propone la automatización de procesos mediante el uso de sistemas de información, estos ayudan en la medición de procesos y en su implementación. Sin embargo, la empresa decidió no trabajar con los sistemas de información ya que, la empresa se encuentra en una etapa temprana de implementación de procesos.

➤ **Resultados**

Respecto al profesionalismo estructural, las principales contribuciones identificadas, desde la implementación de BPM, fueron el aumento en la madurez de cómo se gestionan los procesos de negocio, la estandarización de las actividades del departamento y la formalización de la estructura de toma de decisiones de las unidades. La profesionalización del departamento de RSC trajo una mayor visibilidad del Departamento, aumentando el número de socios y alianzas interesados en contribuir a los proyectos. Además, el uso de BPM permitió una mayor interacción entre las unidades del departamento, lo que también optimizó la gestión de los socios y mejoró el proceso de selección de los interesados. Por otro lado, estas mejoras contribuyeron a dos

mejoras adicionales: el departamento logró el 108% de su objetivo general y redujo el número de proyectos de retrabajo, lo que permitió la creación de nuevas oportunidades para otros proyectos. Podemos mencionar como mejoras relacionadas con la profesionalización laboral un aumento en la confianza organizacional entre los niveles organizacionales del departamento, lo que redujo los conflictos internos y distinguió el rol de cada unidad. También aumentó la satisfacción de los empleados, ayudando a mejorar el servicio al cliente y, por lo tanto, su satisfacción.

Drivers	Benefits
Financial	Increased profits in 3 of the 4 business processes
Product/service quality	Organizational understanding of quality
Customer satisfaction	Increased customer satisfaction: from 81 to 96%
	Increased internal staff satisfaction
Operational performance	Improved the flow of information
	Decreased competition between internal units
	Improved the communication between units
	108% achievement of the department overall goal
	175% increase in the number of partners willing to develop solutions tailored to the final customer

Tabla 1: Resultados de la investigación. Fuente: Resende (2016)

➤ Vinculación con la tesis

A continuación, se describirán los aspectos más importantes del artículo que se relacionan directamente con el trabajo de investigación a realizar.

Inicialmente, el artículo describe la metodología BPM (Business Process Management), muestra los pasos de aplicación y describe lo que se debe realizar en cada uno, presentando de manera clara para su posterior ejecución. Asimismo, en el caso de estudio se apoyan en el software Bizagi para la elaboración de los diagramas de flujo, donde se muestran los procesos y su desarrollo en la empresa. El uso del software es fundamental, ya que facilita el análisis entre procesos generales y posteriormente, muestra el detalle de cada uno con sus respectivas funciones. En otras palabras, primero

se desarrolla el proceso de la empresa, con procesos anidados, y luego se desarrolla cada proceso a detalle, con actividades, documentos de entrada y salida.

En segundo lugar, se desarrollan diagramas SIPOC, los cuales muestran cómo funcionan los procesos de la empresa. El artículo aporta que los SIPOC son importantes en el desarrollo de las actividades, sin embargo, no muestran la relación entre procesos y esto perjudica el desempeño de las tareas diarias y el objetivo principal de la organización. Esto se vincula con nuestro trabajo de investigación dado que en la empresa actualmente no presenta comunicación entre áreas, los procesos no presentan una metodología y muchas veces se presentan reprocesos en la elaboración de solicitudes.

Por último, el artículo mostró información teórica clave para la implementación de BPM en la empresa. Esta información es importante y fundamental para comprender por qué se aplica esta metodología en empresas con este tipo de problemas. En la información clave se señala que no existe una definición universal de BPM, esta evolucionó desde conceptos clásicos de gestión, pasando de un sistema orientado y una correcta gestión práctica a una disciplina que se ocupa de cuestiones organizativas y tecnológicas. Asimismo, menciona que el objetivo principal de BPM es eliminar actividades que no agregan valor al negocio y mejorar el flujo de procesos dentro de las funciones de la organización.

1.4.3. Caso de éxito 3

An approach to realizing process control for underground mining operations of mobile machines (Song et al, 2015)

➤ Situación Actual

Las diversas operaciones subterráneas normalmente se realizan en serie en cada cara de trabajo. El retraso de una sola operación dará lugar a un efecto dominó, por lo tanto, retrasará el tiempo de inicio para el siguiente proceso y el tiempo de finalización de todo el proyecto. El proceso presenta control automático, este se encuentra con el objetivo preestablecido mediante el ajuste de variables relacionadas del proceso basadas en reglas y modelos. El control se ha aplicado de forma rutinaria en toda la realización del proyecto. Sin embargo, los ingenieros no han implementado el control de procesos en una escala para proyectos subterráneos.

El artículo presenta el proyecto minero de Kittilä, ubicada en Laponia, Finlandia y es propiedad de Agnico Eagle Mine Limited. Su producción comenzó el 1 de mayo de 2009. La mina produce alrededor de 3.000 toneladas de mineral por día. El mineral excavado es transportado por camión a la superficie y depositado en la pila de mineral. La pila alimentará la trituradora que está al lado de la planta de procesamiento. En Kittilä, se utilizan dos tipos de flota de equipos, es decir, la flota de desarrollo (excavación) y la flota de producción. La flota de desarrollo se utiliza para construir túneles y aberturas en el subsuelo, como la rampa de acceso y las derivas. La flota de producción se usa para extraer el mineral del cuerpo mineralizado.

Las operaciones mineras subterráneas se ejecutan de acuerdo con el plan semanal. Hay planes semanales para el desarrollo y la producción de minas, respectivamente. La preparación del plan semanal comienza desde el horizonte más largo del plan de la mina, que es el plan Life-Of-Mine (LOM) que puede variar de 10 a 50 años. Del plan

LOM, se deriva el plan de 18 meses. Después de eso, se crea un plan mensual de acuerdo con el plan de 18 meses, y finalmente se crea el plan semanal basado en el plan mensual. El plan semanal se implementa en la mina comunicándolo entre el capataz y su equipo. Estos capataces usualmente usan su propia experiencia y juicio personal para implementar el plan y manejar eventos inesperados durante la implementación. Ha habido un optimizador de programación de equipos de minería móvil subterránea descrito y desarrollado por Song. Puede ayudar al capataz a realizar un cronograma optimizado de equipos de minería y reprogramar rápidamente eventos inesperados. Sin embargo, el capataz aún necesita la información del trabajo en progreso, por las operaciones críticas, las probabilidades de tiempo de finalización. Con este conocimiento, el capataz puede tener más confianza durante el turno, obtener una expectativa más precisa para manejar la tripulación y las operaciones, y tener una mejor visión general del cambio. Además, el capataz debe asignar de manera óptima las tareas de eliminación de mugre a las máquinas de extracción, con el fin de alcanzar el objetivo de desarrollo o preproducción preestablecido. Esto también le permitirá al capataz aprovechar mejor los sistemas de posicionamiento y despacho subterráneos, si los hay.

La empresa plantea duplicar la producción y lograr una reducción del 44% en el costo unitario mediante el desarrollo de un nuevo enfoque para administrar tareas de turno y alcanzar los objetivos de producción mientras se mejora la utilización del equipo. La superación de la barrera de comunicación subterránea permite gestionar las actividades, así como detectar retrasos o interrupciones durante los turnos.

Ilustración 7: Demoras y sobrecostos en el caso de estudio de la investigación. Fuente: Song et al (2015)

Por otro lado, en la imagen se evalúa demoras de tiempo y sobrecostos en un proceso específico. Además, se conoce que, en las empresas modernas de proyectos, el trabajo del cronograma de turnos requiere mucho tiempo y puede ocupar un porcentaje considerable del tiempo de trabajo diario.

Para reducir el impacto de las experiencias personales en la toma de decisiones y mejorar la eficiencia del proceso de trabajo, se requiere desarrollar un enfoque para el control del proceso en procesos subterráneos. El enfoque debe tener en cuenta la incertidumbre relacionada con procesos bajo tierra y superficiales, donde se describe el enfoque que se incluye en función del PERT / CPM.

➤ Metodología

La Técnica de Revisión y Evaluación de Programas (PERT) y el Método de Ruta Crítica (CPM) son las técnicas de planificación más prevalentes en la gestión de proyectos. El PERT es una técnica de programación similar a la red, desarrollada para el sistema de control de procesos para el desarrollo del Proyecto de misiles Polaris, el cual incluyó 23 redes PERT que abarcan aprox. 3000 actividades. CPM es una técnica de programación computarizada para mejorar la planificación, programación e informes de

los programas de ingeniería de DuPont (incluidos el mantenimiento de la planta y los proyectos de construcción). Usualmente, ambas técnicas se utilizan conjuntamente mediante los siguientes pasos:

- 1) Identificar las actividades específicas que se programarán;
- 2) Determine la secuencia específica de las actividades anteriores;
- 3) Construya el diagrama de red;
- 4) Estime el tiempo requerido para cada actividad;
- 5) Determine la ruta crítica;
- 6) Actualice el diagrama de red y la ruta crítica junto con el progreso de las actividades

Ilustración 8: Diagrama de redes del Proyecto. Fuente: Song et al (2015)

La figura muestra un ejemplo de la gestión de la construcción de un área de campamento para una mina de campo verde utilizando el PERT / CPM. Las actividades y sus duraciones están etiquetadas en ambos lados de las líneas de flecha. La ruta con la duración de tiempo más larga desde el inicio hasta el final se conoce como la ruta crítica, además se sabe que ningún proceso puede completarse antes que el tiempo acumulado en la ruta crítica.

El algoritmo del PERT tiene dos procesos de cálculo, es decir, cálculo hacia adelante y cálculo hacia atrás. El cálculo directo obtiene la hora de inicio más temprana y la hora de finalización más temprana de cada actividad, mientras que el cálculo hacia

atrás obtiene la última hora de inicio y la última hora de finalización de cada actividad. Si una actividad tiene la misma hora de inicio más temprana y la última hora de inicio, y la misma hora de finalización más temprana y la última hora de finalización, esta actividad se encuentra en la ruta crítica. La estimación de la duración de cada actividad es el factor clave en el PERT / CPM. Es raro tener tal certeza en la práctica. El PERT / CPM no tendría ningún valor práctico si no pudiera proporcionar un método convincente para estimar la duración de cada actividad. El PERT define variables estocásticas en duraciones de actividad que se suponen independientes entre sí, para ello se usan las siguientes ecuaciones que otorgan la duración probabilística y la varianza de cada actividad, respectivamente.

$$t_m = \frac{t_{min} + 4t_{ml} + t_{max}}{6}$$

$$v^2 = \left(\frac{t_{max} - t_{min}}{6} \right)^2$$

Ilustración 9: Fórmulas estadísticas utilizadas en el caso de éxito PERT-CPM. Fuente: Song et al (2015)

➤ Implementación

Se utilizaron los datos de varios turnos de un plan semanal de desarrollo minero, y los datos de las máquinas se obtuvieron de los manuales de los fabricantes o fueron estimados por operadores calificados. Los datos del plan semanal mostraron principalmente los títulos que deberían excavar durante la semana, y los datos de las máquinas son principalmente los parámetros de trabajo de las máquinas.

Los turnos (2 días, 48 horas) se incluyeron en el plan semanal durante el período del 4 al 10 de septiembre de 2013. En estos turnos, tres caras de trabajo, Working Face 4 (WF4), Working Face 3 (WF3) y Working face 5 (WF5) fueron excavados en secuencia, por un conjunto de equipos de minería. La excavación en cada cara de trabajo incluyó las operaciones en serie de escalado, limpieza, mantenimiento de equipos, atornillado, perforación, carga y supresión de polvo. La primera tabla nos muestra la información de operación usando el método convencional, incluyendo el tiempo de trabajo de cada máquina minera en cada cara de trabajo, la diferencia de tiempo entre el Tiempo de inicio más temprano (TIT) y el Tiempo final más reciente (TFR) y la probabilidad de completar dentro del diferencia horaria. El tiempo de trabajo se derivó de la carga de trabajo para cada máquina en cada cara de trabajo dividida por la tasa de trabajo más frecuente. TIT y TFR se obtuvieron de acuerdo con el Método de ruta crítica. La probabilidad de completar entre TIT y TFR se obtuvo con las fórmulas mencionadas anteriormente. La ruta crítica también se indica en la siguiente tabla. Se observa que la probabilidad del tiempo de finalización varía en cada operación, y todo el proceso se completará en 30,5 horas. con una confianza de solo 5.5%.

	Scaler	Cleaner	Shotcreter	Bolter	Driller	Charger	Dustsprayer
WF4	In critical path	In critical path	In critical path	In critical path	In critical path		
Working time (hour)	3.83	2	1.91	5.63	6	2.90	1.40
Time difference (hour) between EST and LET	3.83	2	1.91	5.63	6	6.10	6.14
Probability of completing between EST and LET	15%	50%	30%	50%	50%	100%	100%
WF3					In critical path		
Working time (hour)	3.83	2	1.91	5.63	6	2.90	1.40
Time difference (hour) between EST and LET	6	4.17	4.09	6	6	3	1.55
Probability of completing between EST and LET	100%	100%	100%	78%	50%	88%	97%
WF5					In critical path	In critical path	In critical path
Working time (hour)	1.91	1	0.96	2.81	3	1.45	0.70
Time difference (hour) between EST and LET	12.94	11.94	10.98	6.38	3	1.45	0.70
Probability of completing between EST and LET	100%	100%	100%	100%	50%	78%	50%

Tabla 2: Situación de la empresa previo a la propuesta. Fuente: Song et al (2015)

Por otro lado, la siguiente tabla muestra la misma información de operación que en la tabla anterior, pero con la propuesta de mejora desarrollada.

	Scaler	Cleaner	Shotcreter	Bolter	Driller	Charger	Dustsprayer
WF4	In critical path	In critical path	In critical path	In critical path			
Working time (hour)	5.02	2.13	2.11	13.08	6.48	3.03	1.51
Time difference (hour) between EST and LET	5.02	2.13	2.11	13.00	13.15	13.30	13.37
Probability of completing between EST and LET	90%	90%	90%	90%	100%	100%	100%
WF3				In critical path			
Working time (hour)	5.02	2.13	2.11	13.08	6.48	3.03	1.51
Time difference (hour) between EST and LET	13.08	10.19	10.17	13.08	6.54	3.30	1.79
Probability of completing between EST and LET	100%	100%	100%	90%	93%	99%	100%
WF5				In critical path	In critical path	In critical path	In critical path
Working time (hour)	2.51	1.07	1.06	6.54	3.24	1.52	0.75
Time difference (hour) between EST and LET	23.27	21.82	21.14	6.54	3.24	1.52	0.75
Probability of completing between EST and LET	100%	100%	100%	90%	90%	90%	90%

Tabla 3: Situación de la empresa luego de la mejora. Fuente: Song et al (2015)

➤ Resultados

Al utilizar este método, se mejora la planificación de actividades y la probabilidad de cada actividad se obtiene de manera más eficiente y objetiva. Este método también se apoya en el procedimiento para determinar la ruta crítica que utiliza el CPM. Los

resultados, es decir, el tiempo de trabajo y la probabilidad, obtenidos del método son más precisos y más prácticos. Como se puede observar en la tabla anterior, el método sugerido primero establece una probabilidad deseada de 90%. Luego, calcula el tiempo de trabajo relacionado. Toda la operación crítica tiene una confianza del 90% y la operación no crítica tiene una confianza superior al 90%. Se observa que la ruta crítica cambia, y todo el proceso se puede completar en 47,5 horas, que está cerca del tiempo real de 48 horas, con una confianza del 49%. Si la confianza se establece en 99% para cada operación, se puede encontrar que todo el proceso se puede completar en 78 horas con una confianza del 93%.

➤ **Vinculación con la tesis**

El artículo se enfoca en ayudar a los administradores a alcanzar el objetivo de producción para proyectos subterráneos. En la revisión de la literatura se estudia las herramientas PERT / CPM y las adapta a proyectos subterráneos. Nos muestra que esta herramienta nos permite estimar de manera eficiente y precisa la probabilidad de actividad y la ruta crítica. El artículo nos presenta fórmulas y gráficas para conocer el tiempo promedio de cada actividad y su varianza mediante la estadística de la empresa, donde cumple un rol fundamental conocer el tiempo de las actividades en proyectos anteriores. En el desarrollo del caso se menciona que la data debe ser propia de cada empresa, puesto que cada operador tiene una manera particular de realizar sus procesos, se debe evitar estimar duraciones para aumentar la confiabilidad de los datos trabajados.

Por otro lado, el artículo muestra los pasos a seguir para poder determinar la ruta crítica. Muestra el detalle de cada paso y que se debe realizar en cada uno para finalmente obtener la gráfica de aplicación, que muestra las actividades críticas y el tiempo de duración total del proyecto a realizar. Asimismo, nos muestra el diagrama de flujo que se utiliza en el software de apoyo para calcular la ruta crítica, este diagrama

ayuda a entender lo que se realiza en el software con herramientas de ingenieros mostrando el desarrollo del algoritmo y permitiendo aplicarlo de manera manual.

1.4.4. Caso de éxito 4

Resource-constrained project scheduling - a case study (Hongze, 2013)

➤ Situación Actual

La compañía tiene negocios en las siguientes áreas: fuentes de suministro de gas, petróleo, construcción, generación de energía flexible y de baja emisión. La compañía tiene experiencia única en cuatro sectores clave: gas natural licuado, servicios de eficiencia energética, producción de energía independiente y servicios de construcción. Recientemente, la compañía compró una nueva plataforma petrolera. Para operar y mantener la plataforma correctamente, la compañía necesita un sistema para programar todos los proyectos en la plataforma sujetos a restricciones de recursos y algunos otros requisitos especiales tales como restricciones de seguridad, restricciones de área, etc. El núcleo de este sistema de gestión de proyectos incluye dos partes: la primera parte es la gestión de la cartera de proyectos para decidir qué proyecto se definirá en la ejecución actual; la segunda parte es la programación del proyecto para todos los proyectos seleccionados para decidir cuándo ejecutar qué actividades. El objetivo es minimizar el costo total sujeto a las siguientes restricciones:

- ✓ Restricciones de disponibilidad de recursos: el recurso puede ser un recurso humano (como electricistas, pintores, etc.) o recurso material. Cada actividad consume predefinidos cantidad de diferentes tipos de recursos. Las actividades se pueden ejecutar si todo lo que se necesita recursos están disponibles.
- ✓ Limitaciones de precedencia de la actividad: algunas actividades no pueden comenzar antes que otra actividad esté terminada. En algunos casos, hay una especificación exacta para la secuencia y el intervalo de

ejecución de dos actividades. Por ejemplo, la actividad B puede comenzar 5 horas después la actividad A está terminada.

- ✓ Restricción de seguridad: dos tipos específicos de actividades no pueden realizarse al mismo tiempo. Por ejemplo, por razones de seguridad, el trabajo de soldadura y el trabajo de pintura no se pueden ejecutar al mismo tiempo.
- ✓ Limitaciones de área: una plataforma se divide en varias áreas. En un área, no debe haber demasiadas actividades ejecutadas al mismo tiempo. El cliente especificó un número para cada área como la cantidad máxima de actividades que se pueden ejecutar al mismo tiempo en el área.
- ✓ Calendario del proyecto: en función de las condiciones climáticas o de algunos otros factores, algunas actividades no se pueden ejecutar en algunos momentos determinados.

➤ Metodología

La metodología integrada de programación de proyectos comprende dos partes: la administración de la cartera de proyectos y la programación detallada del proyecto. En el modelo de gestión de la cartera de proyectos, todos los proyectos se evalúan y, a continuación, algunos de ellos se seleccionan en función de los recursos disponibles y la prioridad empresarial. Estos proyectos seleccionados se ingresan en la parte detallada de programación de proyectos, en la que PERT y CPM se utilizan para determinar la ruta crítica para cada proyecto, y se usa MILP para proporcionar el cronograma detallado de todas las actividades en estos proyectos.

Ilustración 10: Metodología integrada para la selección y programación de proyectos. Fuente: Honeze, M. (2013).

La metodología se desarrolla en función de la prioridad de las actividades en un proyecto, se puede formar una red para representar la relación entre las actividades. La ruta crítica es la ruta más larga desde la actividad inicial hasta la actividad final del proyecto, y determina el tiempo total requerido para llevar a cabo el proyecto. Todas las actividades en la ruta crítica deben iniciarse y finalizarse exactamente de acuerdo con el cronograma; de lo contrario, el tiempo de finalización para todo el proyecto se verá afectado.

Con la ayuda de las herramientas PERT y CPM, se puede determinar la ruta crítica para un proyecto, la hora de inicio y la hora de finalización para todas las actividades en la ruta crítica, y la hora de inicio más temprana y la hora de inicio más reciente para todas las demás actividades.

A continuación, se muestra las actividades en un proyecto, el tiempo requerido para cada actividad y la dependencia entre las actividades.

<i>Activity</i>	<i>Immediate predecessor</i>	<i>Activity time</i>
A	–	5
B	–	6
C	A	4
D	A	3
E	A	1
F	E	4
G	D, F	14
H	B, C	12
I	G, H	2
		Total: 51

Ilustración 11: Información básica para las actividades en un proyecto. Fuente: Honeze, M. (2013).

A continuación, se muestra la estructura que se desarrollará en la implementación de la red del proyecto, detallando la información que se debe conocer y donde colocar cada dato conocido.

Ilustración 12: Información de números y letras utilizados en la red de proyectos. Fuente: Honeze, M. (2013)

➤ Implementación

Con la información obtenida en los pasos previos, ya se puede desarrollar la red del proyecto. En esta red de proyectos, si una actividad tiene la misma hora de inicio y la última hora de inicio, esta actividad pertenece a la ruta crítica. La siguiente figura muestra la ruta crítica y la hora de inicio para cada actividad en ella, y la hora de inicio más temprana y la última hora de inicio para todas las demás actividades en este proyecto de ejemplo. A continuación, se muestra el cronograma aproximado elaborado por PERT y CPM.

Ilustración 13: Red del proyecto y ruta crítica para el proyecto. Fuente: Honeze, M. (2013)

➤ Resultados

El objetivo principal de este sistema de programación de proyectos es maximizar la utilización de los recursos para minimizar el costo operativo. Al mismo tiempo, debido a las características especiales de la plataforma petrolera, también existen otros requisitos, como restricciones de seguridad, calendario de actividades, etc.

Para programar los proyectos en la plataforma petrolera, en este documento, se desarrolla una metodología integrada combinando PERT y CPM. En esta metodología integrada, en primer lugar, se construye un modelo para la gestión de la cartera de proyectos, es decir, para decidir qué proyectos se ejecutarán según su prioridad, etc. Luego, PERT y CPM se combinan para programar estos proyectos seleccionados en dos pasos. En el primer paso, PERT y CPM se utilizan para determinar la ruta crítica de los proyectos. De esta manera, se crea un cronograma inicial. En el segundo paso, se usa para crear el cronograma detallado para los proyectos seleccionados. Los resultados de optimización muestran que la utilización de los recursos se ha mejorado significativamente y que se cumplen todas las restricciones, arrojando ahorros de 15% en costos operativos y permitiendo mejorar el uso de recursos en 7%. Además, se deja de presentar tiempos muertos o suplantación de actividades en los operarios.

La metodología integrada de programación de proyectos desarrollada en este estudio también se puede aplicar en otras áreas que tienen una situación similar. El modelo detallado puede necesitar modificaciones menores, pero el enfoque desarrollado aquí

puede generalizarse. El modelo también puede mostrar el estado de utilización de recursos e indicar cuándo y cuántos recursos aún faltan. Esto puede ayudar a los planificadores de proyectos a determinar el recurso necesario para llevar a cabo los proyectos. Además, este modelo de optimización también puede incorporar la preferencia de los planificadores de proyecto en el proceso óptimo de búsqueda de resultados. Esta característica hace que el cronograma del proyecto sea más realista en la práctica.

➤ **Vinculación con la tesis**

Este artículo aporta, en un principio, con información detallada y específica sobre las herramientas utilizadas (PERT y CPM). Muestra desde cuando son usadas, el éxito que ha tenido en sus anteriores implementaciones y frente a que casos se han implementado.

Luego, nos muestra consideraciones que se debe tener en cuenta para implementar PERT y CPM como disponibilidad de recursos, limitaciones de precedencia de actividades, restricciones de seguridad, limitaciones de área y el calendario del proyecto. Lo más importante de este artículo es la metodología que sigue para la implementación de las herramientas, mostrando gráficas que detallan donde colocar cada dato conocido y como realizar el diagrama de red. Asimismo, nos brinda información sobre la ruta crítica, la cual es el objetivo principal al aplicar estas herramientas, ya que muestra el tiempo máximo de duración del proyecto.

Por último, nos muestra resultados de la implementación de las herramientas, las cuales muestran ahorros en los costos operativos, el cual es uno de los problemas que se busca resolver en esta tesis. Asimismo, muestra resultados sobre la utilización de recursos, el cual incrementa posterior a la implementación.

1.4.5. Caso de éxito 5

Improving production planning through finite capacity MRP (Rossi et al, 2016)

➤ Situación Actual

El modelo propuesto se ha aplicado a una empresa de la vida real (en lo sucesivo denominada CML) que fabrica actuadores de válvula manual, diseñados para proporcionar la fuerza de torsión necesaria para operar válvulas, a fin de modular el flujo de fluido. CML es la filial italiana de un grupo multinacional, líder en el mercado de actuadores de válvulas, y está especializada en actuadores de válvulas manuales, ampliamente empleados en la industria del petróleo y el gas, en la distribución y tratamiento del agua y en el procesamiento químico. El proceso de planificación de CML es complejo, debido a la gran cantidad de productos terminados, cada uno de ellos con al menos cuatro niveles en su lista de materiales, y a la importancia de las limitaciones de capacidad, ya que CML fabrica y ensambla muchos componentes en el hogar.

Los datos sobre una familia (llamada Serie M) compuestos de once actuadores (productos terminados) se recopilaron a través de varias visitas de la empresa, entrevistando a gerentes de planta y planificadores de producción, analizando documentos de la empresa y extrayendo información del sistema Enterprise Resource Planning (ERP). La siguiente figura proporciona un ejemplo de un actuador de válvula manual perteneciente a la Serie M.

Ilustración 14: Actuador de válvula manual de la serie M. Fuente: Rossi, T., Pozzi, R., Pero, M. & Cigolini, R. (2016)

➤ Metodología

El procedimiento propuesto aquí se basa en una combinación del MRP de capacidad infinita tradicional. El entorno de fabricación se compone de una serie de recursos de producción capacitados centrados en una familia de productos. Todos los recursos que pertenecen a una familia de productos determinada pueden fabricar todos los productos terminados (que pertenecen a la familia correspondiente) y todos los productos semiacabados de los que están compuestos. Tanto los productos terminados como los semielaborados se definen como (Pf, i) (donde i es el índice del artículo perteneciente a la familia f) y se fabrican de acuerdo con un tamaño de lote dado $(lotf, i)$. Cada elemento se caracteriza por un tiempo de ciclo dado en cada recurso de la familia correspondiente.

En resumen, dentro de la nueva metodología propuesta aquí, se sigue el procedimiento MRP tradicional permite calcular los requisitos netos (incluidos los residuos) para todos los intervalos de tiempo (t) del horizonte para todos los productos

terminados y el número de lotes que se deben solicitar para cada componente comprado en cada intervalo de tiempo.

El modelo MRP requiere algunos datos de entrada que se resumen a continuación:

- (1) La BoM de cada producto terminado, junto con la indicación de si cada componente se fabrica internamente (es decir, es un producto semiacabado) o se subcontrata (es decir, se compra a un proveedor externo) y el coeficiente de uso, que fija el elemento (Pf, i) al elemento padre correspondiente (Pf, j) incluyendo los desechos (si los hay).
- (2) Los requisitos brutos de cada producto terminado (Pf, i) en cada intervalo de tiempo (t) del horizonte.
- (3) La demanda proveniente del exterior del sistema de producción (por ejemplo, en caso de que el producto semiacabado se venda como repuesto) de cada producto semielaborado (Pf, i) en cada intervalo de tiempo (t) del horizonte.
- (4) La disponibilidad inicial (es decir, al comienzo del horizonte de planificación) de cada producto terminado, cada producto semielaborado y cada componente comprado dado por su nivel de inventario inicial reducido por inventario comprometido y existencias de seguridad.
- (5) El porcentaje de desperdicio de cada producto terminado y semiterminado (Pf, i) .
- (6) El conjunto de recursos que puede procesar cada producto terminado y semiterminado.
- (7) El tiempo de ciclo empleado por cada producto terminado y semiacabado en el recurso donde se fabrica.
- (8) La capacidad de producción (medida en horas) para cada recurso y cada intervalo de tiempo (t) del horizonte.

➤ Implementación

Como ya se mencionó líneas arriba, se trabajará sobre la serie M. Para ello, se necesita conocer que todos los actuadores de la Serie M tienen una cubierta, una caja de engranajes, un cuadrante y un eje de gusano (consúltese en la ilustración 5). Los productos acabados que pertenecen a la serie M se diferencian entre sí por el par de salida máximo, el par de entrada, las vueltas para cerrar y el tamaño de la brida de montaje.

Por otro lado, los componentes de cada producto terminado son de diferente tamaño y número (entre 17 y 27), ya que para algunos actuadores tienen un piñón de entrada adicional y una rueda de espuela para proporcionar un par más alto.

La figura siguiente muestra la lista de materiales de un producto terminado típico perteneciente a la Serie M.

Ilustración 15: BOM de un actuador perteneciente a la serie M. Fuente: Rossi, T., Pozzi, R., Pero, M. y Cigolini, R. (2016)

Otro dato que necesitamos conocer son los tiempos de ciclo de los cuatro productos semielaborados diferentes (cuadrante girado, cuadrante abombado, caja de engranajes perforados y cubierta perforada), para todos los productos terminados (M10, M12, M14, M15, M16, M20, M30, M40, Actuadores M55, M60 y M70, donde M identifica la serie y el número del tamaño del actuador) como se puede apreciar a continuación:

Finished product	Turned (lathed) quadrant	Broached quadrant	Drilled gear case	Drilled cover
P _{M,10_MVA}	10	2	5	1
P _{M,12_MVA}	10	2	5	1
P _{M,14_MVA}	10	2	5	1
P _{M,15_MVA}	10	2	5	1
P _{M,16_MVA}	10	2	5	1
P _{M,20_MVA}	10	4	13	2
P _{M,30_MVA}	30	70	13	2
P _{M,40_MVA}	35	90	14	2
P _{M,55_MVA}	40	90	15	2
P _{M,60_MVA}	—	90	7	3
P _{M,70_MVA}	—	90	7	3

Ilustración 16: Tiempos de ciclo de los 4 productos semiacabados que componen los 11 productos terminados. Fuente: Rossi, T., Pozzi, R., Pero, M. y Cigolini, R. (2016)

La cubierta, la caja de engranajes y el cuadrante están fabricados con espacios en blanco (comprados a proveedores externos). Todos los demás componentes se compran a proveedores externos. Luego, el ensamblaje se realiza internamente a través de celdas de ensamblaje: cada celda de la planta está dedicada a una familia específica (serie) de actuadores; por lo tanto, una celda específica está dedicada a la serie M. Los taladros, tornos, brocas y celdas de ensamblaje están disponibles diariamente con un turno de 8 horas.

El horizonte de planificación comprende 25 segmentos, que corresponden a 5 semanas, 5 días hábiles cada uno. Los requisitos brutos, es decir, la demanda, de los productos terminados que alimentan el procedimiento MRP son los mismos para cada producto e igual a 100 piezas en la semana 1, 200 unidades en la semana 2, 150 unidades en la semana 3, 200 unidades en la semana 4 y 150 piezas durante la semana 5.

Los requisitos brutos se suponen iguales para cada uno de los 11 productos terminados, mientras que no existen requisitos brutos para los componentes, ya que no enfrentan la demanda externa. Inventarios, inventarios comprometidos, existencias de seguridad, residuos y tamaños de lotes son, en consecuencia, 300 piezas, 50 piezas, 50 piezas, 0% y 100 piezas para los actuadores, mientras que para las cubiertas perforadas (los productos semielaborados para los que se presenta la siguiente sección las tablas MRP) son, en consecuencia, 300 piezas, 0 piezas, 50 piezas, 0% y 50 piezas. De

acuerdo con (9), los costos ficticios se establecen 10,000, 1000, 100, 10 y 1 para la semana 1, semana 2, semana 3, semana 4 y semana 5, respectivamente.

➤ Resultados

La aplicación del nuevo enfoque MRP de capacidad limitada a la familia de actuadores de la serie M produce 55 tablas MRP. Las 11 tablas de MRP están relacionadas con los actuadores: cada tabla está relacionada con un actuador (producto terminado) que pertenece a la familia considerada. 44 tablas más MRP están relacionadas con los componentes: cada tabla está relacionada con cada uno de los cuatro productos semielaborados vinculados a cada producto terminado. En aras de la simplicidad, aquí se presentan solo 2 tablas MRP: una para un producto terminado, concretamente el actuador M10.

Row		Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5
A	Gross requirements ($GReq_{M,10_MVA,i}$)	100	200	150	200	150
B	Availability ($A_{M,10_MVA,i}$)	200	100	0	0	0
C	Net requirements ($NReq_{M,10_MVA,i}$)	0	100	150	200	150
D	Net requirements and wastes ($NReqW_{M,10_MVA,i}$)	0	100	150	200	150
E	Net requirements and wastes as number of lots ($NReqWLot_{M,10_MVA,i}$)	0	1	1,5	2	1,5
F	Cumulative net requirements and wastes as number of lots ($CumNReqWLot_{M,10_MVA,i}$)	0	1	2,5	4,5	6
G	Number of ordered lots ($X_{M,10_MVA,i}$)	$X_{M,10_MVA,1}$	$X_{M,10_MVA,2}$	$X_{M,10_MVA,3}$	$X_{M,10_MVA,4}$	$X_{M,10_MVA,5}$
H	Cumulative number of ordered lots ($CumOrder_{M,10_MVA,i}$)	$\sum_{t=1}^1 X_{M,10_MVA,t}$	$\sum_{t=1}^2 X_{M,10_MVA,t}$	$\sum_{t=1}^3 X_{M,10_MVA,t}$	$\sum_{t=1}^4 X_{M,10_MVA,t}$	$\sum_{t=1}^5 X_{M,10_MVA,t}$

Ilustración 17: MRP del actuador M10 (producto terminado) Fuente: Rossi, T., Pozzi, R., Pero, M. & Cigolini, R. (2016)

La tabla anterior indica claramente que las filas A a F están llenas de cifras, mientras que la fila G (cantidad de lotes ordenados) y H (cantidad acumulada de lotes ordenados) se dejan paramétricas.

Se elabora otra tabla para un producto semiacabado, a saber, la cubierta perforada M10 y de manera similar, todas las filas de la nueva tabla, que representa la tabla MRP de un producto semiacabado, también se configuran paramétricamente. Esto se debe a

que la fila A vincula (según el procedimiento MRP tradicional) los requisitos brutos del producto semiacabado (la cubierta perforada M10) con el número de lotes ordenados del elemento principal correspondiente (el actuador M10, que es un producto terminado).

Row		Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5
A	Gross requirements ($GReq_{M10,C,t}$)	$X_{M10,MVA,1} \cdot 100 \cdot 1$	$X_{M10,MVA,2} \cdot 100 \cdot 1$	$X_{M10,MVA,3} \cdot 100 \cdot 1$	$X_{M10,MVA,4} \cdot 100 \cdot 1$	$X_{M10,MVA,5} \cdot 100 \cdot 1$
B	Availability ($A_{M10,C,t}$)	200	$\max(0, A_{M10,1} - GReq_{M10,C,1})$	$\max(0, A_{M10,2} - GReq_{M10,C,2})$	$\max(0, A_{M10,3} - GReq_{M10,C,3})$	$\max(0, A_{M10,4} - GReq_{M10,C,4})$
C	Net requirements ($NReq_{M10,C,t}$)	$\max(0, GReq_{M10,C,1} - 200)$	$\max(0, GReq_{M10,C,2} - A_{M10,C,1})$	$\max(0, GReq_{M10,C,3} - A_{M10,C,2})$	$\max(0, GReq_{M10,C,4} - A_{M10,C,3})$	$\max(0, GReq_{M10,C,5} - A_{M10,C,4})$
D	Net requirements and wastes ($NReqW_{M10,C,t}$)	$NReq_{M10,C,1}$	$NReq_{M10,C,2}$	$NReq_{M10,C,3}$	$NReq_{M10,C,4}$	$NReq_{M10,C,5}$
E	Net requirements and wastes as number of lots ($NReqWLot_{M10,C,t}$)	$NReqW_{M10,C,1}/50$	$NReqW_{M10,C,2}/50$	$NReqW_{M10,C,3}/50$	$NReqW_{M10,C,4}/50$	$NReqW_{M10,C,5}/50$
F	Cumulative net requirements and wastes as number of lots ($CumNReqWLot_{M10,C,t}$)	$\sum_{i=1}^{t-1} NReqWLot_{M10,C,i}$	$\sum_{i=1}^{t-1} NReqWLot_{M10,C,i}$	$\sum_{i=1}^{t-1} NReqWLot_{M10,C,i}$	$\sum_{i=1}^{t-1} NReqWLot_{M10,C,i}$	$\sum_{i=1}^{t-1} NReqWLot_{M10,C,i}$
G	Number of ordered lots ($X_{M10,C,t}$)	$X_{M10,C,1}$	$X_{M10,C,2}$	$X_{M10,C,3}$	$X_{M10,C,4}$	$X_{M10,C,5}$
H	Cumulative number of ordered lots ($CumOrders_{M10,C,t}$)	$\sum_{i=1}^{t-1} X_{M10,C,i}$	$\sum_{i=1}^{t-1} X_{M10,C,i}$	$\sum_{i=1}^{t-1} X_{M10,C,i}$	$\sum_{i=1}^{t-1} X_{M10,C,i}$	$\sum_{i=1}^{t-1} X_{M10,C,i}$

Ilustración 18: Cubierta perforada MRP de M10 (producto semielaborado). Fuente: Rossi, T., Pozzi, R., Pero, M. & Cigolini, R. (2016)

Para cada conjunto de máquinas, la utilización de la capacidad se calcula sumando, cubeta por cubeta del horizonte, el tiempo de producción requerido (calculado en función del tiempo de ciclo, tamaño de lote y lote ordenado) por productos terminados y semielaborados en el período considerado. La capacidad disponible de cada recurso de producción para cada segmento (período t) representa 48,000 minutos.

A continuación, se muestran las tablas de MRP resumidas, respectivamente, del actuador M10 (producto terminado) y la tapa perforada M10 (producto semielaborado). Las figuras que llenan las filas F y H muestran, respectivamente, que se cumplen los requisitos del actuador M10 y de la tapa perforada M10: para cada semana, los requisitos netos acumulativos y los desechos como cantidad de lotes son menores o iguales al número acumulado de pedidos un montón. En cuanto a la restricción de capacidad, durante la semana 1, el brocado es el único recurso funcional, cuya capacidad es absorbida por los cuadrantes de los actuadores M30, M40, M55 y M70 que requieren 7.000, 9.000, 9.000 y 9.000 minutos (unidades de tiempo) respectivamente. 34,000 minutos en total, por lo tanto, bastante lejos de la capacidad de brocha (48,000 minutos).

Row (see Table 1)		Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5
A	Gross requirements ($GReq_{M,10_MVA,i}$)	100	200	150	200	150
B	Availability ($A_{M,10_MVA,i}$)	200	100	0	0	0
C	Net requirements ($NReq_{M,10_MVA,i}$)	0	100	150	200	150
D	Net requirements and wastes ($NReqW_{M,10_MVA,i}$)	0	100	150	200	150
E	Net requirements and wastes as number of lots ($NReqWLot_{M,10_MVA,i}$)	0	1	1.5	2	1.5
F	Cumulative net requirements and wastes as number of lots ($CumNReqWLot_{M,10_MVA,i}$)	0	1	2.5	4.5	6
G	Number of ordered lots ($X_{M,10_MVA,i}$)	0	1	2	2	1
H	Cumulative number of ordered lots ($CumOrder_{M,10_MVA,i}$)	0	1	3	5	6

Ilustración 19: MRP del actuador M10 (producto terminado). Fuente: Rossi, T., Pozzi, R., Pero, M. y Cigolini, R. (2016)

Row (see Table 1)		Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5
A	Gross requirements ($GReq_{M,10_MVA,i}$)	0	100	200	200	100
B	Availability ($A_{M,10_MVA,i}$)	250	250	150	0	0
C	Net requirements ($NReq_{M,10_MVA,i}$)	0	0	50	200	100
D	Net requirements and wastes ($NReqW_{M,10_MVA,i}$)	0	0	50	200	100
E	Net requirements and wastes as number of lots ($NReqWLot_{M,10_MVA,i}$)	0	0	1	4	2
F	Cumulative net requirements and wastes as number of lots ($CumNReqWLot_{M,10_MVA,i}$)	0	0	1	5	7
G	Number of ordered lots ($X_{M,10_MVA,i}$)	0	0	1	4	2
H	Cumulative number of ordered lots ($CumOrder_{M,10_MVA,i}$)	0	0	1	5	7

Ilustración 20: MRP de la tapa perforada M10 (producto semiacabado). Fuente: Rossi, T., Pozzi, R., Pero, M. y Cigolini, R. (2016)

➤ Vinculación con la tesis

En primer lugar, este artículo muestra un procedimiento MRP orientado a la capacidad, basado en una combinación del procedimiento tradicional MRP de capacidad infinita y un enfoque basado en MILP, para ayudar a los profesionales a planificar sus sistemas de producción, superando el requisito de tiempos de entrega predeterminados a priori el procedimiento MRP. Dentro del nuevo modelo, el procedimiento MRP tradicional permite calcular tanto los requisitos netos de todos los productos terminados y semiterminados como los pedidos de artículos comprados, para todos los cubos de tiempo del horizonte, mientras que el modelo MILP permite calcular los pedidos de todos los productos terminados y semielaborados en cada intervalo de tiempo del horizonte de planificación.

En segundo lugar, el artículo muestra información teórica contundente sobre Material Resource Planning (MRP), además comenta que, a pesar del número de enfoques propuestos por investigadores y profesionales, el desempeño en el campo de

los procedimientos MRP que consideran restricciones de capacidad es satisfactorio, este puede tener mejoras o puede adaptarse al tipo de empresa. Normalmente, este enfoque se complementa con algoritmos, simulación o programación lineal para evaluar el impacto que genera. Esto es muy importante para la etapa de implementación en la empresa en estudio, para conocer los impactos teóricos que mostrará y posteriormente, compararlo con los resultados de la implementación.

1.5. Resumen de Capítulo

En el capítulo anterior, se presentaron los antecedentes del sector, el marco teórico de la propuesta, el marco normativo que rige la operatividad de la empresa en estudio y los casos de éxito presentados como estado del arte de la propuesta.

Dentro del apartado de antecedentes del sector, se concluye que el sector construcción en el Perú representa una parte importante de la economía nacional al poseer cerca el 6% del PBI Nacional en el año 2017 y presentar importantes proyecciones de crecimiento para los años posteriores. Esto sustenta la importancia del sector en el país y define la relevancia de impulsar las empresas del rubro, en vista de impulsar el crecimiento económico del país.

En el apartado de marco teórico, se estableció que la propuesta de investigación se basará en la Gestión por Procesos, la Gestión de Proyectos con enfoque PMBOK y la metodología derivada de Lean Manufacturing denominada Lean Construction. Asimismo, se determina que la propuesta se enfocará en los procesos operativos de la empresa constructora, siendo estos la planificación, el abastecimiento y la ejecución de proyectos de la empresa. De forma adicional se delimitaron las herramientas planteadas para realizar el análisis de la empresa en estudio, siendo estas elementales en el desarrollo de la Ingeniería Industrial y pilares del trabajo de investigación.

En el apartado de marco normativo, se describió la Ley 29783, la Ley 29203 y la Ley General del Trabajo de manera principal, correspondientes a la Seguridad y Salud en el Trabajo, la promoción de empresas constructoras y las obligaciones y derechos del trabajador.

Finalmente, en el apartado de casos de éxito se describieron cinco casos de éxito de investigaciones parcial o totalmente similares a la propuesta, definiendo de manera clara el estado actual de las técnicas, filosofías y metodologías a utilizar.

Es así como en el capítulo posterior se realizará el diagnóstico de la empresa en estudio, iniciando con el análisis de la investigación propuesta.

2. CAPÍTULO II

El capítulo previo permitió identificar los datos generales del sector de la construcción en el Perú, el marco teórico que delimita la investigación, el marco normativo que rige la operatividad de la empresa en estudio y algunos casos de éxito para conocer el estado actual de la propuesta. Esto fue importante y necesario para presentar de forma introductoria el desarrollo de la investigación, determinando qué se aplicará, dónde se aplicará, en qué momento y cómo será aplicada.

A continuación, se desarrollará diagnóstico de la situación actual de la empresa en estudio, en donde se describirá su entorno, información específica y los procesos actuales que trabaja. Asimismo, se llevará a cabo la identificación de problemas, determinando a su vez su respectivo impacto económico. Finalmente se analizarán sus causas y se planteará la hipótesis de la investigación.

Este capítulo se centrará en identificar el problema principal que aqueja la empresa constructora en estudio, así como sus causas y efectos, sobre las cuales se trabajará el capítulo posterior. Una vez evidenciado el problema y la relevancia de su impacto, se procede a identificar y analizar las causas raíces del problema, cuantificándolas con herramientas de la ingeniería industrial como soporte. La identificación de dichas causas raíces son el objetivo principal de este capítulo y la base de la investigación.

El capítulo culmina con un breve resumen, en donde se describen el desarrollo y las principales conclusiones del capítulo.

2.1. Descripción del entorno

A continuación, se definirá el entorno específico del sector en estudio a través de fuentes activas en el seguimiento del rubro constructor en el Perú. Se definirán datos específicos de la empresa, información y proyecciones referentes a su especialidad operativa, segmento del mercado al que se dirige y la competitividad de las empresas del sector. Además, se describirá el panorama en el que se encuentra y datos cuantitativos de su situación actual.

Para describir el entorno específico de la empresa en estudio, es necesario definir que se trata de una empresa pyme constructora que trabaja a lo largo de todo el litoral peruano, y está especializada en la construcción de edificios y viviendas, destinados a uso doméstico, comercial e industrial.

En primer lugar y referido a las pymes constructoras en el país, el director ejecutivo de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) señaló que las pymes constructoras realizaron alrededor de 250,000 nuevas viviendas en el Perú desde el año 2008 a la actualidad (Andina, 2018). Este refirió a su vez que este impacto ha pasado desapercibido en el contexto actual del país dado que aún quedan por construir 1, 500,000 de viviendas nuevas para resolver la problemática de falta de vivienda en el país. Se plantea que se tiene la meta de construir 80,000 viviendas por año y proyectarse a un total de 120,000 viviendas anuales dentro de unos años, evidenciando así la importancia del desarrollo de las empresas pymes constructoras especializadas en vivienda en el país. Esto, a su vez, hace competitivo el mercado y fuerza a las empresas con estas características a potenciar su desempeño.

Adicionalmente, Andina (2018) afirma que el 85% de la demanda de vivienda en el país proviene de personas de una categoría socioeconómica media, siendo las que

perciben ingresos cercanos a los 2,000 nuevos soles. Este dato es importante, dado que define que parte significativa de los proyectos de construcción de viviendas de la empresa son solicitadas por personas naturales. De acuerdo al estudio “*Latín América Regional Prime Office Report, Year-End 2013*” , realizado por Jones Lang LaSalle (JLL) la Ciudad de México (México), Panamá (Panamá), Bogotá y Lima (Perú), son las ciudades de América Latina consideradas en auge para la inversión inmobiliaria (Prom Perú, 2015).

El Diario El Comercio afirmó en el 2017 que el sector construcción ha empezado a mostrar señales de recuperación tras un periodo de depresión, justificándose en los despachos nacionales de cemento dados de Junio a Octubre del año pasado, los cuales presentaron un significativo crecimiento de 5.8%. Afirma que en el 2018 el sector construcción será el rubro más dinámico en la economía del país, con proyecciones de crecimiento de un 8% por inversión pública y, según el Banco Central de Reserva (BCR), de 15% para el 2019. Adicionalmente afirma que, en la inversión privada, que forma parte importante también de los proyectos de la empresa en estudio, presentará una brecha estimada de US\$ 68.815 millones para el periodo 2016-2020, escenario que favorecerá a las empresas del sector.

Según el Banco Mundial (2015), el Perú presenta una economía con un crecimiento ágil. Entre 2002 y 2013, la tasa de crecimiento promedio fue de 6,1% en un entorno donde la inflación era de 2,6% en promedio. Este fue acompañado del crecimiento del sector de construcción y también de las operaciones de la empresa. Se definió que existía un contexto externo favorable, políticas macroeconómicas prudentes y reformas estructurales en distintos ámbitos se combinaron para dar lugar a este escenario de alto crecimiento y baja inflación, lo cual promovió el éxito en las empresas.

Por otro lado y refiriéndose a las tecnologías del sector, según *Country Manager América Latina* de Autodesk, la tecnología revoluciona cualquier industria y el sector construcción no es la excepción. En el mercado peruano, grandes constructoras y estudios de arquitectos están implementando, en el proceso de desarrollo de un proyecto de infraestructura, el estándar *Building Information Modeling* (BIM) (Diario Gestión, 2014). Este software está relacionado con el proceso de diseño y construcción, permite que la tecnología junto a los procesos muestre resultados bastante favorables. En contraste, la empresa en estudio no usa este sistema para realizar sus actividades, sin embargo, usan programas más convencionales como Microsoft Project, Microsoft Excel, el software de presupuestos S10 y el asistente de trazos de AutoCAD.

Además, el tema medio ambiental es la nueva tendencia mundial adoptada por las organizaciones (Capeco, 2015). El sector de construcción no es ajeno a ello y en este caso la empresa Diarco se encuentra alineándose a la certificación LEED, que evalúa seis categorías: lugares sostenibles, eficiencia en el consumo de agua, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad ambiental interior, e innovación y proceso de diseño.

Es así como se concluye que la empresa en estudio se desenvuelve en un mercado en que las pymes constructoras especializadas en la construcción de viviendas y edificaciones presentan condiciones favorables de desarrollo por el lado de la inversión pública y privada. Adicionalmente, se esclarece que la empresa presenta cierto rezago en el uso de tecnologías frente a otras empresas del rubro, y se recalca la importancia del tema medioambiental en el entorno de la empresa.

2.2. Análisis de la empresa

2.2.1. Descripción de la empresa

A continuación, se detallará la información de la empresa en estudio, así como el relatorio de su desarrollo desde su constitución hasta la actualidad:

- Razón social: Diarco Energía y Construcción S.A.
- Gerente General: Jorge Luis Alvarado Villanueva
- Actividad económica principal: Construcción de Obras civiles
- Registro Único de Contribuyente: 20513040041
- Ficha electrónica ORLC: 11870707
- Registro de Contratista Minera: 03406111
- Página web: <http://www.diarco.com.pe/>

La empresa Diarco Energía y Construcción S.A. es una empresa peruana que inicia sus operaciones el 09 de septiembre del 2006. En sus inicios, la empresa operaba en zonas industriales de Lima realizando la construcción de edificaciones dentro y fuera de planta tales como edificios administrativos y la cimentación de diversas estructuras para líneas de combustible, torres de peletizado y subestaciones eléctricas. Estas se caracterizaban por poseer una mediana envergadura y por abarcar las cimentaciones, estructuras de concreto y la habilitación de servicios básicos como corriente eléctrica, agua y desagüe, así como acabados básicos. Además, se realizaban operaciones menores de montaje electromecánico y fabricaciones metálicas para montaje. A partir del año 2011 y dado el acercamiento a compañías mineras, las operaciones de la empresa crecieron en número y envergadura. Se le sumaron proyectos de construcción de edificios para almacenes, casas y departamentos de playa, subestaciones e ingeniería de detalle. Este fue un periodo de crecimiento importante para la empresa en donde se

adquirió variedad de maquinaria y equipos, así como tecnologías para el manejo de información. Actualmente la empresa cuenta con gran experiencia en la construcción de edificaciones destinadas a diversos usos, sean domésticos o industriales.

2.2.2. Ubicación

Actualmente, la empresa cuenta con tres espacios destinados a funciones administrativas y operativas, entra las cuales se encuentra una oficina administrativa y dos almacenes de materiales y equipos. A continuación, se detallará la ubicación de dichos espacios:

- Ubicación de Oficina: Calle las Azucenas Mz. U lote 4, 3er piso – Urbanización Villa Rica, Chaclacayo, Lima, Perú. Referencia: frente a la fábrica industrial de pinturas (planta de insumos) Qroma S.A.

Ilustración 21: Mapa de ubicación de las oficinas de la empresa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.

- Ubicación de Almacén 1: Calle 6 Mz. B3 lote 07 – Urbanización Sol de Huampaní III Etapa, Lurigancho, Lima, Perú.

Ilustración 22: Mapa de ubicación del almacén 1 de la empresa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.

- Ubicación de Almacén 2: Av. Huampaní Mz. B1 lote 14 – Asociación Valle El Sol, Lurigancho, Lima, Perú.

Ilustración 23: Mapa de ubicación del almacén 2 de la empresa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.

2.2.3. Misión

A continuación, se detallará la actual Misión de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A.:

“Ser una fuente de trabajo, desarrollo y bienestar para sus trabajadores, ejecutando proyectos de acuerdo a normas internacionales de seguridad y salud, calidad y cuidado del medio ambiente, siendo las personas el fin supremo”.

2.2.4. Visión

A continuación, se detallará la actual Visión de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A.:

“Ser una empresa líder en el Perú, preparada para afrontar la globalización, teniendo la construcción como base de negocios”.

2.2.5. Valores

A continuación, se detallará los valores de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A.:

- Satisfacción de sus clientes
- Bienestar y respeto de los colaboradores
- Operar con calidad y cuidado del medio ambiente
- Compromiso de la mano de ética laboral, la integridad y la honestidad
- Enfoque en el desarrollo del negocio

2.2.6. Organización

La estructura organizativa de la empresa Diarco Energía y Construcción actual se detalla de la siguiente forma:

Ilustración 24: Estructura Organizativa de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.

Elaboración: Propia

2.2.7. Productos

Dentro de los productos de la empresa se encuentran las diferentes obras civiles realizadas por Proyectos a pedido de diferentes clientes. A continuación, se describirán algunos de los Proyectos realizados por Diarco Energía y Construcción S.A. para definir el detalle de sus trabajos:

PROYECTO N° 1

CLIENTE: MAGDELK S.A

- Fecha: Mayo a Diciembre 2016
- Estado: Ejecutada y entregada a conformidad
- Referencias:

Ing. Elita Maguiña

Teléfono: 945 631 630

Administradora

DESCRIPCIÓN: CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO DE 4 NIVELES Y SOPORTE DE TECHO PARABÓLICO

- Mano de obra y suministro de concreto premezclado para la Construcción de edificio de concreto armado (Área techada 1600m²) ubicado en Urb. Industrial Pro, Lima, Perú.
- Construcción de estructuras de concreto armado para sostener techo parabólico de 760m² de área, compuesto por 12 zapatas y 12 columnas de concreto armado además de vigas de concreto armado en toda la longitud del almacén. Cerramiento con muros de ladrillo KK en toda la longitud.
- Empalme de estructura nueva con estructura antigua utilizando dowels fijados con epoxicos como Sikadur 31 y Sikadur 32 como puente de adherencia.

PROYECTO N° 2

CLIENTE: MANTENIMIENTO, CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS
GENERALES S.A.C. – MANTTO S.A.C

- Fecha: Febrero 2015– agosto 2016.
- Estado: Culminado
- Referencias:

Ing. Alexandra Venero

Teléfono: 206 9090

Gerente de Logística

DESCRIPCIÓN: CONDOMINIO CABO MERLIN, ZORRITOS, TUMBES

- Construcción de 04 casas tipo V2 (Área techada 3000m²)
- Construcción de 01 cisterna de concreto armado de 500m³
- Construcción de 01 sub-estación eléctrica en concreto armado
- Revestimiento de 05 casas de playa de tipo V1 y V2
- Instalaciones sanitarias en 52 casas de playa de tipo V1, V2 y V5
- Movimiento de tierras manual y compresora de aire y martillos neumáticos
- Encofrado de madera tipo caravista con paneles fenólicos
- Acero de refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$
- Instalación de Concreto armado $f'_c=210\text{ kg/cm}^2$
- Muros de ladrillo
- Revestimientos
- Instalaciones eléctricas
- Instalaciones sanitarias

PROYECTO N° 3

CLIENTE: CALIDDA

- Fecha: Noviembre 2016.
- Estado: Ejecutada y entregada a conformidad

DESCRIPCIÓN: CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DE FRONTIS TERMINAL PARTP, UNALM (Universidad Agraria La Molina)

- Movimiento de tierras manual y compresora de aire y martillos neumáticos
- Encofrado de madera tipo caravista con paneles fenólicos
- Acero de refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$
- Instalación de Concreto armado $f'_c=210\text{ kg/cm}^2$
- Muros de ladrillo
- Revestimientos
- Instalaciones eléctricas
- Instalaciones sanitarias

Cabe recalcar que estos proyectos fueron extraídos de la base de datos de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A. para una adecuada descripción de sus proyectos.

2.2.8. Clientes

Los principales clientes de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A. se mencionan a continuación:

- ENGIE S.A.
- COMPAÑÍA MINERA ATACOCHA S.A.A.
- COMPAÑÍA MINERA MILPO S.A.A.
- CONSTRUCCIONES ELECTROMECAÑICAS "DELCROSA S.A."
- MANTTO S.A.
- HAUG S.A.
- MINERA PAMPA DE COBRE S.A.
- REPSOL SOLGAS
- AVICOLA SAN FERNANDO S.A.
- ALSTOM POWER DEL PERU S.A.
- CALIDDA
- MAGDELK S.A.
- SERVICIOS MÓVILES S.A.C.
- TRANSALTISA S.A.

De los clientes descritos, la empresa se encuentra trabajando actualmente (2018) con Magdelk S.A. y Transaltisa S.A., los cuales representan candidatos idóneos para implementar y evaluar las propuestas planteadas en el presente trabajo de investigación.

2.2.9. Ventas

A continuación se describirán las ventas de Diarco Energía y Construcción S.A. a través del registro de la facturación realizada por Proyecto en la empresa. Esto se puede observar en la siguiente Tabla:

Periodo 2016 - 2017			
N° de Proyecto	Año	Facturación por Proyecto	
1	2016	S/.	216.108,00
2		S/.	146.995,00
3		S/.	236.944,00
4		S/.	274.479,00
5		S/.	235.390,00
6		S/.	241.936,00
7		S/.	752.288,48
8	2017	S/.	489.963,28
9		S/.	201.979,20
10		S/.	211.266,10
11		S/.	355.094,14
12		S/.	190.784,95
13		S/.	253.954,13
14		S/.	431.954,73
15		S/.	298.742,93
16		S/.	614.329,45
Total		S/.	5.152.209,39

Tabla 4: Facturación por Proyecto de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A. 2016-2017. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

De la gráfica anterior, se concluye que las ventas del periodo 2016-2017 de la empresa fueron de S/. 5,152,209.39, dada a través de un entorno ETO (Engineering To Order).

2.2.10. Competidores

Dentro de los principales competidores de Diarco Energía y Construcción, se encuentran las siguientes empresas:

- CINGETEC S.A.C.
- FAMOSE S.A.C.
- CEMPROTECH S.A.C.

2.2.11. Proveedores

Actualmente, la empresa cuenta con diversos proveedores para distintos tipos de materiales. A continuación, se mencionarán los mismos y se realizará una breve descripción de su especialidad, siendo esta de utilidad para análisis posteriores:

- CONCREMAX S.A.

Fundada en 1995 bajo la razón social de Firth Industries Perú, es un proveedor de concreto pre-mezclado desde sus plantas ubicadas estratégicamente para operar de modo eficiente en el uso de recursos y calidad de servicio hacia Diarco Energía y Construcción S.A.

- MAXIMIX S.A.C.

Concretos Maximix se ha especializado en brindar servicios agregados, concreto pre-mezclado, bombeo, control de calidad donde se requiere un nivel de compromiso profesional exigente, generalmente lo logra estudiando el potencial de materiales de la zona de trabajo y analizando varias alternativas respecto al suministro concreto premezclado.

- COMERCIAL DEL ACERO S.A.C.

Es una compañía que lidera el servicio de comercialización de una amplia gama de productos siderúrgicos nacionales, y además, se consolida como la principal importadora de acero para la industria en general, metal-mecánica y civil, como: perfiles de acero, barras corrugadas, alambre, tubería, canales, vigas, planchas, soldadura y otros derivados del acero.

- TRADISA S.A.

Fierros Tradisa es un proveedor de planchas, bobinas, perfiles, ejes, barras, alambrón, vigas, tubos de acero, soldadura, balletas, rieles, perfiles estructurales, cemento y accesorios. Este proveedor mantiene y valora el ambiente de confianza con la empresa, siendo el desarrollo de relaciones estratégicas su principal ventaja competitiva.

- GLOBALTEC S.A.C.

Globaltec es una empresa proveedora de materiales eléctricos con asesoramiento técnico, entrega oportuna, precios competitivos y por último y muy importante para la empresa, servicio post-venta.

- SODIMAC

La Sociedad Distribuidora de Materiales de Construcción es un proveedor de materiales de construcción y acabados en su extensión Sodimac Constructor, dirigida al maestro de obra. Posee un buen cumplimiento y entregas oportunas y de calidad.

2.2.12. Participación del mercado

Para delimitar la participación del mercado de la empresa en estudio, es necesario contextualizar algunos datos estadísticos del Producto Bruto Interno (PBI) del Perú, país en donde se desarrolla la misma.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), las pequeñas y medianas empresas (PYMES) en el Perú constituyen el 42% de la generación del Producto Bruto Interno (PBI) total del país, porcentaje del cual el 3.1% es atribuido al sector constructivo, segmento al cual pertenece la empresa en mención.

De igual manera, el Banco Central de Reserva del Perú [BCRP] (2018), afirma que el Producto Bruto Interno total en el Perú fue de S/. 514,726.47 millones en el año 2017, constituido por las actividades productivas de las micro, pequeñas, medianas y grandes empresas del rubro.

Teniendo en cuenta estos datos, se realizan los siguientes cálculos:

1. Participación de las empresas PYMES en el PBI del Perú (2017)

$$\begin{aligned} &= 514,726.47 \text{ millones de soles} \times 42\% \\ &= 216,185.18 \text{ millones de soles} \end{aligned}$$

Luego,

2. Participación de las empresas PYMES **constructoras** en el PBI del Perú (2017)

$$\begin{aligned} &= 216,185.18 \text{ millones de soles} \times 3.1\% \\ &= 6,701.74 \text{ millones de soles} \end{aligned}$$

Se concluye que la participación de la empresa PYMES constructoras en el PBI del Perú en el año 2017 fue de S/. 6,701.74 millones.

Habiendo definido esto, se recalca que las ventas de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A. ascendieron a S/. 3,048,068.91 para el año 2017. Así es como se obtiene lo siguiente:

3. Participación porcentual en el mercado de la empresa

Diarco Energía y Construcción S.A. (2017)

$$= \frac{3,05}{6,701.74} \text{ millones de soles} \times 100\% = \mathbf{0.05\%}$$

De esta manera se concluye que la participación porcentual de la empresa en estudio Diarco Energía y Construcción S.A. en el mercado de pequeñas y medianas empresas constructoras en el Perú es de 0.05% en el año 2017, representando S/. 3,048,068.91 del total de S/. 6,701.74 millones de la producción total del segmento descrito.

2.3. Mapa de procesos

A continuación, se presentará el mapa de procesos actual de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A.:

Ilustración 25: Mapa de Procesos de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

En la Ilustración anterior, se puede observar que la empresa en estudio cuenta con un proceso estratégico, seis procesos de apoyo y cinco procesos operativos, contemplando dentro de estos macro procesos desde la licitación hasta la entrega de un proyecto. Cabe recalcar que en la presente investigación se trabajarán los macro procesos de planificación, abastecimiento y ejecución, sin dejar de ser importante mencionar y describir el contexto de la cadena productiva de manera general, como se hizo en la gráfica mostrada.

En conclusión, esta herramienta de mapeo aportó la descripción de los procesos productivos de la empresa, como un primer paso para el entendimiento de las operaciones de la misma.

A continuación, se presentará el desglose de los macro procesos operativos de la empresa descritos en la Ilustración anterior, a través de la siguiente gráfica:

PROCESOS OPERATIVOS

Ilustración 26: Subprocesos operativos de la empresa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

En la Ilustración anterior, se pueden observar los subprocesos operativos de la empresa en estudio, siendo un total de quince subprocesos, los cuales se trabajarán a detalle a través de Flujogramas bajo la nomenclatura del *Business Process Model and Notation* (BPMN).

A manera de conclusión, esta gráfica aportó con la descripción de los subprocesos operativos de los procesos antes mencionados, ayudando a disgregar poco a poco las operaciones de la empresa para su entendimiento a cabalidad. Esto contribuye a hacer un diagnóstico acertado, así como a establecer propuestas de mejora específicas y acordes a la situación actual de la empresa.

2.4. Procesos de la empresa

2.4.1. Maquinaria y equipos

A continuación, se detallará la maquinaria, equipo y herramientas propiedad de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A. al año 2018:

- 01 Minicargador John Deere 320D
- 03 Camionetas Pick Up 4x4 Nissan Frontier 2.5/3.0
- 01 Camión Nissan 10 toneladas
- 06 Rotomartillo Makita/Bosch/DeWalt
- 01 Vibroapisonador Stone 7hp
- 03 Demoledor Makita 17/25/30kg
- 18 Amoladora 4.5/7/9” Bosch/Kress/DeWalt
- 03 Teodolito Topcon
- 03 Nivel Óptico Leica
- 03 Sierra circular Bosch
- 05 Tronzadora DeWalt y Bosch
- 03 Máquina de soldar 350^a
- 03 Calentador de soldadura
- Gatas de 30/50 Toneladas
- Tortugas de 100 Toneladas
- 2 km de extensiones de cable vulcanizado con tomas industriales marca Maneke
- Tecles de cadena, tecles Ratchet, amperímetros, reveladores de tensión, pinzas amperimétricas, pértigas, entre otros.

2.4.2. Análisis ABC

A continuación, se presentará un análisis ABC de materiales, el cual nos permitirá clasificarlos en función de los egresos económicos que representan a la empresa. Para ello, se procederá a conocer el costo general de dichos materiales en el periodo 2016 – 2017. Asimismo, se conocerá el % de costo individual y acumulado por producto. Esto se muestra a través de la siguiente Tabla:

Item	Producto	Unid.	Valor (S/.)	% Valoración	% Acumulado	Nivel
A	Acero de refuerzo de 5/8"	varilla	460680.90	12.42%	12.42%	A
B	Acero de refuerzo de 3/8"	varilla	443989.50	11.97%	24.39%	A
C	Cemento (42.5 kg)	bls	410977.80	11.08%	35.47%	A
D	Ladrillo	und	339761.40	9.16%	44.63%	A
E	Acero de refuerzo de 1/2"	varilla	318619.10	8.59%	53.22%	A
F	Arena fina	m3	310087.90	8.36%	61.58%	A
G	Piedra chancada de 1/2"	m3	270770.60	7.30%	68.88%	A
H	Arena gruesa	m3	264464.9	7.13%	76.01%	A
I	Piedra mediana de 4"	m3	245548.10	6.62%	82.63%	B
J	Hormigón	m3	231453.20	6.24%	88.87%	B
K	Acero de refuerzo de 1/4"	varilla	148367.40	4.00%	92.87%	B
L	Piedra grande de 8"	m3	124628.60	3.36%	96.23%	C
M	Alambre negro # 16	kg	51928.60	1.40%	97.63%	C
	Clavos con cabeza de 3"	kg	32640.80	0.88%	98.51%	C
	Yeso en bolsas de 25 kg	bls	19287.80	0.52%	99.03%	C
	Alambre negro # 8	kg	14465.80	0.39%	99.42%	C
	Yee Sanitaria PVC 2"	bls	4117.20	0.11%	99.53%	C
	Codos PVC 2"	bls	3412.50	0.09%	99.62%	C
	Niple PVC 2"	bls	2744.80	0.07%	99.69%	C
	Válvulas PVC 2"	bls	2411.00	0.07%	99.76%	C
N	Unión Sanitaria PVC 2"	bls	2336.80	0.06%	99.82%	C
	Tubo PVC Sanitario 2"	bls	1928.80	0.05%	99.87%	C
	Codo PVC Sanit. CxC 2"	bls	1224.00	0.03%	99.90%	C
	Codo PVC Sanit. CxE 2"	bls	1038.60	0.03%	99.93%	C
	Unión PVC 2"	bls	853.10	0.02%	99.95%	C
	Rejillas 3"	bls	445.10	0.02%	99.97%	C
	Tubo PVC Sanitario 4"	bls	333.80	0.01%	99.98%	C
	Tubo PVC Sanitario 3"	bls	333.80	0.01%	99.99%	C
	Codo PVC Sanit. CxC 3"	bls	333.80	0.01%	100.00%	C
Total			3,709,185.7	100.00%		

Tabla 5: Materiales de construcción empleados en las operaciones de la empresa en el periodo 2016-2017. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Ilustración 27: Análisis ABC de los materiales requeridos para las operaciones de la empresa en el periodo 2016-2017. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.
Elaboración: Propia

Del análisis ABC realizado, se puede concluir que la categoría A corresponde a los materiales más significativos en la empresa, representando el 76.01% del total de materiales. Entre ellos destacan el acero de refuerzo de 5/8", acero de refuerzo de 3/8", cemento, ladrillo, acero de refuerzo de 1/2", arena fina, piedra chancada de 1/2" y arena gruesa, sobre los recaerán diversos análisis posteriormente, dada su relevancia en las operaciones de la empresa. Asimismo, en los materiales de la categoría B podemos encontrar la piedra mediana de 4", hormigón y acero de refuerzo de 1/4". Por último, entre los materiales de la categoría C se pueden encontrar la piedra grande de 8", alambre negro #16 y los clavos con cabeza de 3". Estos últimos poseen una baja o casi nula representatividad en la empresa.

2.4.3. Diagrama de flujo

En este apartado se muestra el diagrama de flujo o flujograma BPMN de los procesos operativos de la empresa, partiendo del análisis mostrado en el punto 2.3. Se muestran los flujogramas de los procesos de planificación técnica (elaboración y costeo del metrado), planificación operativa (elaboración del cronograma de obra) y emisión de órdenes de compra, desde la obra hasta el proveedor, los cuales serán los procesos fundamentales a desarrollar en la propuesta de mejora. El objetivo principal de mostrar los diagramas de flujo es representar gráficamente las etapas de los procesos y las interacciones que presentan, de este modo, se facilita la comprensión de su funcionamiento. Asimismo, se busca analizar el proceso actual para proponer mejoras y mantener un adecuado control.

Además, se define que los diagramas de flujo son acompañados de su respectivo análisis de valor agregado a través del desarrollo de su matriz AVA, la cual muestra la importancia de cada actividad relacionada al proceso que lo engloba, clasificándose como VA (actividad que agrega valor al cliente), NNVA (valor agregado al proceso) y NVA (no agrega valor). A continuación, se mostrarán los diagramas de flujo de los procesos ya mencionados. Cabe recalcar que las matrices AVA se mostrarán posteriormente con el fin de evitar redundancias, y en donde se comparará la situación actual con la propuesta de mejora, mostrando el porcentaje de mejora respecto a las actividades sin valor y al tiempo por cada proceso. A continuación, se presenta el flujograma BPMN de procesos operativos, en donde se indican los procesos a explosionar:

Ilustración 28: Flujograma BPMN del proceso operativo general de la empresa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Ilustración 29: Flujograma BPMN del Proceso de planificación técnica – elaboración y costeo del metrado. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Ilustración 30: Flujograma BPMN del Proceso de planificación operativa – elaboración del cronograma de obra. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Ilustración 31: Flujograma BPMN del Proceso de emisión de órdenes de compra. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Los diagramas de flujo mostrados permitieron identificar las tareas y actividades involucradas en los procesos definidos, permitiendo así denotar inconsistencias en el flujo de trabajo, reprocesos, documentos generados y las precedencias que poseen. Asimismo, esta herramienta nos permitió identificar los dueños de los procesos en mención, los responsables de cada actividad y los clientes y proveedores internos de los mismos. Por otro lado, se mostró la secuencia lógica desde el inicio hasta el fin de cada proceso y actividad. Posterior al análisis de estos flujogramas, se establecerán las propuestas rediseñadas de los mismos a partir del capítulo III con el objetivo de mejorar el estado actual del flujo de las operaciones de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A.

2.5. Diagnóstico de situación actual

Para el diagnóstico de la situación actual de la empresa, se procederán a analizar los proyectos realizados por Diarco Energía y Construcción S.A. a lo largo del periodo 2016-2017, agrupándolos por años y especificando por cuánto fueron presupuestados en contraste de cuánto costaron en la práctica. Asimismo, se especificarán las utilidades esperadas y las utilidades reales obtenidas con la ejecución de cada Proyecto, permitiendo analizar de manera detallada cuál fue el desempeño de la empresa en el periodo descrito. Para visualizar esto de manera adecuada, se presentará el registro de los trabajos, a través de la siguiente Tabla:

Proyecto	Año	Ppto. Planificado	Ppto. Real	Utilidad Esperada	Utilidad Real
1	2016	S/. 216.108,00	S/. 228.426,16	S/. 32.416,20	S/. 20.098,04
2		S/. 146.995,00	S/. 154.785,74	S/. 22.049,25	S/. 14.258,52
3		S/. 236.944,00	S/. 246.658,70	S/. 35.541,60	S/. 25.826,90
4		S/. 274.479,00	S/. 290.947,74	S/. 41.171,85	S/. 24.703,11
5		S/. 235.390,00	S/. 249.042,62	S/. 35.308,50	S/. 21.655,88
6		S/. 241.936,00	S/. 256.694,10	S/. 36.290,40	S/. 21.532,30
7		S/. 752.288,48	S/. 812.546,79	S/. 142.934,81	S/. 82.676,50
8	2017	S/. 489.963,28	S/. 514.951,41	S/. 58.795,59	S/. 33.807,47
9		S/. 201.979,20	S/. 211.997,36	S/. 32.316,67	S/. 22.298,50
10		S/. 211.266,10	S/. 224.132,21	S/. 40.140,56	S/. 27.274,45
11		S/. 355.094,14	S/. 375.796,13	S/. 71.018,83	S/. 50.316,84
12		S/. 190.784,95	S/. 206.181,30	S/. 47.696,24	S/. 32.299,89
13		S/. 253.954,13	S/. 271.197,62	S/. 50.790,83	S/. 33.547,34
14		S/. 431.954,73	S/. 444.913,37	S/. 77.751,85	S/. 64.793,21
15		S/. 298.742,93	S/. 320.999,28	S/. 59.748,59	S/. 37.492,24
16		S/. 614.329,45	S/. 645.414,52	S/. 104.436,01	S/. 73.350,94
Total		S/. 5.152.209,39	S/. 5.454.685,03	S/. 888.407,77	S/. 585.932,13
Porcentaje de Utilidad Real respecto a la Utilidad Esperada					65,95%

Tabla 6: Registro de presupuestos y utilidades por Proyecto de la empresa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

En la gráfica anterior se muestran los registros en S/. de los presupuestos y las utilidades de la empresa en los proyectos realizados y entregados exitosamente a lo largo del periodo 2016-2017. Se observa que en la totalidad de Proyectos se incumple

significativamente con lo proyectado, sea en el presupuesto o en las utilidades. Estos incumplimientos afectan internamente a la empresa y repercuten directamente en la rentabilidad de la misma.

A través del registro mostrado, se concluye que el desempeño en las utilidades de la empresa fue de 66% durante el periodo en estudio, lo cual denota un escenario de ineficiencia. Si bien es cierto, en algunos proyectos el presupuesto real se asemeja mucho al planificado, pero en otros la variación es de gran magnitud. Para describir adecuadamente este escenario, se elaboró la siguiente Ilustración:

Ilustración 32: Utilidades reales vs utilidades esperadas por Proyecto de la empresa.
Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

En la gráfica anterior se muestra que a pesar de que las utilidades reales de la empresa son cada vez mayores, estas siguen presentando claras diferencias frente a las utilidades esperadas, es decir, las ganancias de la empresa son buenas, pero podrían mejorarse. Para cuantificar de manera concreta cuán mayor podrían ser las ganancias de la empresa de manera porcentual, se realizó la siguiente Tabla:

Proyecto	Utilidad Esperada	Utilidad Real
1	15%	8.80%
2	15%	9.21%
3	15%	10.47%
4	15%	8.49%
5	15%	8.70%
6	15%	8.39%
7	19%	10.17%
8	12%	6.57%
9	16%	10.52%
10	19%	12.17%
11	20%	13.39%
12	25%	15.67%
13	20%	12.37%
14	18%	14.56%
15	20%	11.68%
16	17%	11.36%
Promedio	17%	10.78%
Diferencia	6.22%	

Tabla 7: Variación porcentual de utilidades por Proyecto de la empresa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

En la gráfica anterior se muestran los porcentajes de utilidad esperados por cada uno de los Proyectos en la empresa en contraste con los porcentajes de utilidad reales obtenidos a lo largo del periodo 2016-2017. Se muestra que el porcentaje promedio de utilidad esperado de la empresa fue de 17%, pero el obtenido fue de 10.78%. Esto quiere decir que, si la empresa fuera 100% eficiente, tendría aproximadamente un **6.22%** más de utilidad en la ejecución de sus proyectos.

De esta manera, se concluye que la empresa se encuentra en un escenario en el cual sus ganancias son cada vez mayores, pero sus sobrecostos también. Esto se ve reflejado en sus diferenciales de utilidades por proyecto ejecutado. Cabe recalcar que estos sobrecostos pueden provenir de diferentes fuentes. Es por esta razón que en el siguiente apartado se procederá a identificar cuál es el problema que origina los diferenciales mencionados.

Asimismo, se procederá a detallar los procesos actuales de la empresa, los cuales presentan relación directa con las ineficiencias detalladas. Cabe resaltar que la empresa en su situación inicial no posee una metodología definida en sus procesos, dado que a medida que la empresa iba creciendo y tomando proyectos más grandes tuvo que improvisar actividades y/o establecer procesos por experiencia de los encargados que no necesariamente tenían una base teórica sólida. Para detallar esto de manera adecuada, se mostrará el diagrama de flujo de los procesos operativos actuales de la empresa.

Ilustración 33: Flujograma del proceso operativo general de la empresa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

En la ilustración anterior se muestra el flujo general de procesos operativos seguidos por la empresa, concluyendo que estos constan de 15 procesos que pueden seguir detallándose uno a uno. En el siguiente paso se detallarán aquellos sobre los cuales se trabajó.

Luego de conocer el flujo de los procesos operativos, se procederá a desglosar los subprocesos (donde se desarrollarán las mejoras). Para esto, inicialmente se mostrará el proceso de planificación técnica utilizado en la situación actual de la empresa:

Ilustración 34: Flujograma del proceso de planificación técnica actual – elaboración y costo del metrado. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Luego de definidos los subprocesos mencionados, se procede a analizar la importancia de cada actividad de este mediante un análisis de valor agregado, mediante el cual se identifican las deficiencias de los procesos a mejorar y en donde la clasificación VA destaca las actividades con valor agregado al cliente, la NNVA destaca las actividades de valor agregado al proceso y la NVA, para las actividades que no agregan valor ni al proceso ni al cliente. A continuación, el análisis mencionado:

Proceso de planificación técnica actual					
Nº	Actividades	Tiempo (hr)	VA	NNVA	NVA
1	Recepcionar informe	0,083		1	
2	Estudiar informe	2,000			1
3	Definir partidas	2,000		1	
4	Calcular requerimientos	5,000		1	
5	Elaborar reporte	1,000		1	
6	Enviar reporte	0,083		1	
7	Recepcionar reporte	0,033		1	
8	Evaluar reporte	2,000		1	
9	Costear metrado	4,000		1	
10	Elaborar informe	1,000	1		
11	Enviar informe	0,083		1	
Total		17,282	1	9	1
Porcentaje			9%	82%	9%

Tabla 8: Matriz AVA del proceso de planificación técnica actual. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

De este análisis se concluye que el proceso de planificación técnica actual presenta un tiempo estimado de 17.28 horas y 11 actividades que lo conforman, de las cuales un 9% corresponde a actividades que no agregan valor ni al proceso ni al cliente, siendo esta evidencia de que el proceso presenta deficiencias y/o es inadecuado.

Del mismo modo, se continuará con el despliegue del segundo proceso trabajado en tesis, el cual corresponde al proceso de planificación operativa utilizado en un inicio por la empresa:

Ilustración 35: Flujograma del proceso de planificación operativa actual – elaboración del cronograma de obra. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

De igual forma, se procederá a analizar la importancia de cada actividad en el proceso definido como ineficiente y/o inadecuado de planificación operativa mediante el análisis de valor agregado definido anteriormente:

Proceso de planificación operativa actual					
N°	Actividades	Tiempo (hr)	VA	NNVA	NVA
1	Definir actividades y recursos	6,000		1	
2	Elaborar diagrama	2,500		1	
3	Enviar diagrama	0,083		1	
4	Recepcionar diagrama	0,033			1
5	Evaluar diagrama	2,500		1	
6	Elaborar cronograma	2,000		1	
7	Enviar cronograma	0,083		1	
8	Recepcionar cronograma	0,033			1
9	Evaluar cronograma	3,000		1	
10	Elaborar informe	1,000	1		
11	Enviar informe	0,083		1	
Total		17,315	1	8	2
Porcentaje			9%	73%	18%

Tabla 9: Matriz AVA del proceso de planificación operativa actual. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

De esta manera se determina que el proceso de planificación operativa inicial presenta un tiempo de 17.31 horas y un total de 11 actividades asociadas, de las cuales un 18% no generan valor ni al proceso ni al cliente, siendo estas evidencias de la ineficiencia del proceso.

Adicionalmente y a manera de complemento, según la revisión de la literatura y en coordinación con las jefaturas actuales se complementa la conclusión obtenida de que existen actividades que si bien son importantes se podrían optimizar y/o ejecutar de mejor manera.

Por último, se mostrará el despliegue del proceso de emisión de órdenes de compra ejecutado en la situación actual de la empresa:

Ilustración 36: Flujograma del proceso de emisión de órdenes de compra. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Del mismo modo se realiza el análisis de cada actividad del proceso de emisión de órdenes de compra mediante el análisis de valor agregado definido anteriormente:

Proceso de emisión de órdenes de compra actual					
N°	Actividades	Tiempo (hr)	VA	NNVA	NVA
1	Revisar stock de materiales en obra	2,000		1	
2	Solicitar requerimientos	1,000		1	
3	Recepcionar solicitud	0,033		1	
4	Enviar solicitud	0,083		1	
5	Notificar solicitud pre-aprobada	0,083			1
6	Recepcionar solicitud pre-aprobada	0,033			1
7	Evaluar solicitud pre-aprobada	4,000			1
8	Evaluar solicitud aprobada	5,000		1	
9	Emitir orden de compra	0,500		1	
Total		12,732	0	6	3
Porcentaje			0%	67%	33%

Tabla 10: Matriz AVA del proceso de emisión de órdenes de compra actual. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Se concluye que el proceso de emisión de órdenes de compra actual presenta un tiempo de 12.73 horas y 9 actividades asociadas, de las cuales un 33% no generan valor ni al proceso ni al cliente, siendo esta evidencia de la ineficiencia del proceso descrito.

Asimismo, según los resultados arrojados de la matriz de análisis de valor agregado, existen 3 actividades que no agregan valor.

2.6. Identificación del problema

Una vez definida la situación actual de la empresa e identificado el escenario desfavorable en que se encuentra, se procede a identificar el problema principal que lo origina. Para esto, se utilizó una metodología de identificación y priorización de problemas realizado a partir de una matriz de priorización y relacionamiento de posibles problemas, los cuales se validarán posteriormente de forma cuantitativa. Se realizó un enlistado, relacionamiento y ponderación de problemas utilizando una carta de problemas, un árbol de nodos y la matriz mencionada como herramientas base. Primero se procedió a realizar la carta de problemas, y luego se procedió a ponderar los problemas y a determinar su relevancia numérica asociada a la situación de la empresa.

En primer lugar, se realizó una reunión con el personal de staff, en donde se elaboró un listado de los problemas que padece la empresa, definiendo previamente el concepto de problema en el contexto de la ingeniería industrial como una condición que impacta negativamente en la empresa. A continuación, se muestra la lista de problemas descritos través de esta parte basada en la experiencia y el juicio de parte del personal de Diarco Energía y Construcción S.A.:

A	Inadecuada gestión operativa
B	Deficiente atención logística
C	Deficiente control de contratos
D	Personal de supervisión no óptimo
E	Deficiente proceso de planificación
F	Falta de infraestructura en almacenes
G	Falta de maquinaria y equipo
H	Falta de personal de staff calificado
I	Inadecuada gestión de costos
J	Demora en pedidos
K	Falta de capacitación de personal
L	Deficiente elaboración del presupuesto
M	Deficiente elaboración del cronograma
N	Demora en pedido de compras
O	Fallo de proveedores
P	Falta de una base de datos para planificar

Tabla 11: Carta de problemas de la empresa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Posterior a esto, se procedió al relacionamiento de los problemas a través del siguiente paso de la metodología: la interrelación del listado a través de un árbol de nodos. Esto se realiza para poder establecer una jerarquía gráfica de los problemas, eliminando redundancias y, de esta manera, empezar con la jerarquización y ponderación de los problemas. El despliegue de este paso se puede encontrar en el **Anexo 1**.

Asimismo, luego de relacionar los problemas se procedió a realizar la matriz de priorización de problemas, en donde se ponderó de 0 a 3, siendo 0 los problemas que no guardan relación y 3 los problemas que poseen alta relación. La matriz mencionada la podemos encontrar en el **Anexo 2**.

De la matriz analizada, se concluye que existen nueve relaciones causales activas y siete pasivas entre los problemas, de los cuales el problema más relevante de forma preliminar resulta ser el de “inadecuada gestión operativa”, el cual engloba la mayoría de las relaciones activas restantes. Este análisis metodológico nos permite establecer de

forma inicial el problema más significativo que aqueja la empresa, que será validado por el análisis de data histórica realizado a continuación.

Luego de haber identificado los problemas con mayor jerarquía, se mostrará el análisis de las causas raíces asociadas a los problemas preliminares identificados (de los cuales nos da indicio el árbol de nodos mostrado en el **Anexo 1**) mediante la elaboración de un árbol de problemas, dentro de los cuales encontramos lo siguiente:

Ilustración 37: Análisis de causa raíz de los problemas preliminares en la empresa.

Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

En la ilustración anterior se muestra el análisis de causas de los problemas preliminares identificados. Una vez identificadas dichas causas asociadas a los posibles

problemas más relevantes, se procederá a ordenar y presentar la información recabada de manera tal que se evidencie la representatividad de cada una de ellas sobre la situación actual de la empresa. A continuación, se detallará la información obtenida respecto a la evidencia cuantitativa de cada problema y de sus causas determinadas:

a. Inadecuada gestión operativa

Dentro de la gestión operativa de empresa se involucra de manera directa el proceso de planificación, definido en el mapa de procesos presentado en el punto **2.3**. Para este punto se recabó información relacionada específicamente a los sub-procesos de planificación operativa y planificación técnica, resumiendo el contenido de sus dos principales entregables: 1) el presupuesto de materiales y 2) el presupuesto de mano de obra por proyecto, los cuales se asocian a la causa raíz identificada como “falta de precisión en la planificación técnica y operativa” en la Ilustración anterior.

Para detallar los datos obtenidos en este punto de una manera adecuada, se detallarán los costos de materiales planificados y ejecutados obtenidos por categoría, por proyecto, bajo los conceptos de aceros, cemento, ladrillos, arena y otros, así como la diferencia entre los montos obtenidos por categoría y el total de dichas diferencias en soles a través de la siguiente tabla:

	COSTOS POR CATEGORÍA DE MATERIAL									
PROYECTO	ACEROS		CEMENTO		LADRILLOS		ARENA		OTROS	
	Planeado	Ejecutado	Planeado	Ejecutado	Planeado	Ejecutado	Planeado	Ejecutado	Planeado	Ejecutado
P 1	48,526	50,625	36,361	38,446	24,454	27,088	29,694	31,908	7,918	8,976
P 2	37,097	38,367	20,854	21,241	18,230	18,371	16,011	16,567	6,296	6,048
P 3	49,706	51,316	35,141	36,351	27,363	27,836	25,949	26,399	25,332	22,126
P 4	63,851	69,072	39,745	40,261	35,041	39,255	39,991	42,064	2,528	3,555
P 5	51,321	53,100	37,968	40,891	25,743	27,339	33,844	36,132	13,543	15,621
P 6	58,881	66,242	33,196	37,916	30,232	34,721	27,149	31,562	10,219	6,652
P 7	183,583	191,586	113,164	127,800	100,093	118,513	95,141	107,447	12,053	19,374
P 8	123,065	133,207	79,442	85,048	60,086	67,136	63,909	60,923	6,673	8,951
P 9	47,692	51,981	27,619	29,848	20,686	22,477	28,143	29,032	11,186	12,410
P 10	48,044	48,124	30,524	31,495	26,564	27,814	25,801	25,950	16,953	13,943
P 11	88,000	90,029	55,956	57,428	41,697	41,196	59,484	57,413	3,429	5,680
P 12	41,904	49,467	26,527	29,517	20,154	22,780	31,054	31,114	10,095	6,295
P 13	55,288	60,793	37,611	42,751	32,958	36,907	34,924	41,305	6,828	7,405
P 14	107,123	105,715	73,512	74,210	56,699	55,658	60,344	61,885	4,690	2,848
P 15	59,260	61,595	39,729	42,830	29,606	33,303	32,864	33,789	35,712	35,528
P 16	151,163	160,163	96,898	106,909	70,110	74,714	77,992	85,967	15,437	17,519
TOTAL	1,214,503	1,281,382	784,248	842,941	619,715	675,109	682,294	719,457	188,894	192,933
DIF.	66,880		58,693		55,393		37,163		4,039	
TOTAL DIF.	222,168									

Tabla 12: Costos de materiales (en soles) incurridos por categoría, por proyecto en el periodo 2016 – 2017. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

De la tabla anterior se obtiene que existe un total de 222,168 soles en sobre costos por compras de materiales excedentes y/o no planificados de distintas categorías incurridos a lo largo de los 16 proyectos ejecutados por la empresa en el periodo 2016-2017.

En segundo lugar y de la misma forma, se detallarán los costos de mano de obra planificados y ejecutados obtenidos por categoría, por proyecto, bajo los conceptos de mano de obra operaria, oficial, aprendiz (peón), de staff y otros, así como la diferencia entre los montos totales por categoría y el total de dichas diferencias en soles a través de la siguiente tabla:

	COSTOS POR CATEGORÍA DE MANO DE OBRA									
PROYECTO	OPERARIO		OFICIAL		APRENDIZ		STAFF		OTROS	
	Planeado	Ejecutado	Planeado	Ejecutado	Planeado	Ejecutado	Planeado	Ejecutado	Planeado	Ejecutado
P 1	31,142	32,851	13,709	14,424	9,401	10,045	6,958	7,375	7,945	6,117
P 2	24,124	26,703	8,091	8,833	5,822	7,146	4,202	4,491	6,269	7,002
P 3	32,797	36,813	16,140	17,455	9,528	11,359	7,324	8,353	7,664	7,417
P 4	42,974	45,887	16,931	19,104	10,607	10,365	9,536	8,742	13,274	11,915
P 5	31,214	32,027	13,338	15,349	6,981	8,124	7,896	6,332	13,541	12,880
P 6	34,566	33,685	13,224	14,406	10,038	11,118	5,924	6,240	18,506	14,127
P 7	99,430	99,658	59,182	61,230	30,523	32,494	26,087	25,958	33,033	26,732
P 8	68,587	68,981	26,083	26,002	21,496	20,559	14,533	16,613	26,089	27,480
P 9	31,129	30,294	12,458	10,169	7,928	8,236	5,890	6,220	9,248	10,800
P 10	26,409	32,280	13,240	13,662	6,572	8,571	4,844	6,224	12,315	14,948
P 11	50,413	59,766	22,485	28,122	12,094	14,753	8,834	11,520	12,702	9,852
P 12	29,131	30,410	11,230	13,041	6,547	7,381	4,356	4,832	9,788	10,315
P 13	34,896	33,717	19,053	18,649	10,181	9,809	7,496	6,839	14,718	12,345
P 14	60,511	63,086	27,568	32,455	16,264	16,634	11,893	10,769	13,351	19,429
P 15	45,079	47,653	22,597	21,251	10,250	11,308	8,374	9,690	15,273	22,447
P 16	84,851	84,355	43,283	42,497	23,504	24,558	21,643	18,134	29,448	30,535
TOTAL	727,254	758,167	338,612	356,649	197,736	212,459	155,790	158,332	243,164	244,341
DIF.	30,913		18,037		14,722		2,542		1,177	
TOTAL DIF.	67,392									

Tabla 13: Costos de mano de obra (en soles) incurridos por categoría, por proyecto en el periodo 2016 – 2017. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

De la tabla anterior se obtiene que existe un total de 67,392 soles en sobrecostos por mano de obra extra y/o no planificada incurridos a lo largo de los 16 proyectos ejecutados por la empresa en el periodo 2016-2017.

Luego, se detallarán los costos obtenidos por el concepto de penalidades (pagos registrados por incumplimientos en fechas de entrega) por proyecto en soles, los cuales no se planificaron incurrir en un principio, pero que finalmente se asumieron por la empresa al ser este parte de sus contratos y consecuencia de su operatividad:

PROYECTO	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	P 11	P 12	P 13	P 14	P 15	P 16	TOTAL
PAGOS REGISTRADOS POR INCUMPLIMIENTOS	571	15	1,233	727	1,245	26	1,755	51	530	1,121	38	1,031	678	2,225	1,605	65	12,916

Tabla 14: Costos por penalidades (en soles) incurridos por proyecto en el periodo 2016 – 2017. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

De la tabla anterior se obtiene que existe un total de 12,916 soles en sobrecostos por penalidades incurridos a lo largo de los 16 proyectos ejecutados por la empresa en el periodo 2016-2017.

Finalmente se procederá a resumir toda la información obtenida, en donde se mostrarán los costos totales presupuestados y ejecutados en materiales, mano de obra y penalidades en soles de manera totalizada en los proyectos realizados por la empresa a lo largo del periodo en estudio, así como su diferencia tipo de sobrecosto. En la siguiente tabla se detallarán los costos de los presupuestos mencionados versus los costos ejecutados por proyecto en el periodo de estudio, determinando los sobrecostos (en soles) incurridos a través de su diferencia (costo presupuestado – costo ejecutado de cada categoría):

PROYECTO	COSTO PRESUPUESTADO			COSTO EJECUTADO			SOBRECOSTO		
	MATERIALES	MANO DE OBRA	PENALIDADES	MATERIALES	MANO DE OBRA	PENALIDADES	MATERIALES	MANO DE OBRA	PENALIDADES
Proyecto 1	146,953	69,155	-	157,043	70,812	571	10,090	1,658	571
Proyecto 2	98,487	48,508	-	100,595	54,175	15	2,109	5,667	15
Proyecto 3	163,491	73,453	-	164,028	81,397	1,233	537	7,945	1,233
Proyecto 4	181,156	93,323	-	194,208	96,013	727	13,051	2,690	727
Proyecto 5	162,419	72,971	-	173,085	74,713	1,245	10,666	1,742	1,245
Proyecto 6	159,678	82,258	-	177,093	79,575	26	17,415	-2,683	26
Proyecto 7	504,033	248,255	-	564,720	246,072	1,755	60,687	-2,183	1,755
Proyecto 8	333,175	156,788	-	355,265	159,635	51	22,090	2,847	51
Proyecto 9	135,326	66,653	-	145,748	65,719	530	10,422	-934	530
Proyecto 10	147,886	63,380	-	147,326	75,685	1,121	-560	12,306	1,121
Proyecto 11	248,566	106,528	-	251,746	124,013	38	3,180	17,484	38
Proyecto 12	129,734	61,051	-	139,172	65,978	1,031	9,439	4,927	1,031
Proyecto 13	167,610	86,344	-	189,160	81,359	678	21,551	-4,985	678
Proyecto 14	302,368	129,586	-	300,317	142,372	2,225	-2,052	12,786	2,225
Proyecto 15	197,170	101,573	-	207,045	112,350	1,605	9,874	10,777	1,605
Proyecto 16	411,601	202,729	-	445,271	200,079	65	33,671	-2,650	65
TOTAL	3,489,654	1,662,556	-	3,711,822	1,729,947	12,916	222,168	67,392	12,916
PORCENTAJE							73%	22%	4%

Tabla 15: Sobrecostos operativos incurridos por proyecto en el periodo 2016 – 2017.

Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

En el cuadro anterior se determinaron los sobrecostos incurridos por proyecto en materiales, mano de obra y penalidades por el problema en mención. Los sobrecostos en materiales corresponden a los conceptos de compra de materiales excedentes y/o no planificados, los sobrecostos de mano de obra a las horas extra incurridas en personal operativo y/o de staff y los sobrecostos por penalidades a los montos pagados por la empresa producto de la demora en la entrega de ciertos hitos de sus proyectos. Se concluye que el problema de inadecuada gestión operativa se encuentra asociado a 302,476 soles en sobrecostos.

b. Deficiente atención logística

Dentro de la atención logística en la empresa se utiliza como variable de medición las paradas no planificadas generadas en obra por falta de disponibilidad de materiales de construcción producto de los atrasos del proveedor, la cual se asocia a la causa raíz identificada como “demora de proveedores en la entrega de pedidos”. A continuación, se muestra el detalle de paradas no planificadas mencionadas (en horas-hombre) por proyecto en el periodo 2016 - 2017 y su valorización respectiva:

PROYECTO	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	P 11	P 12	P 13	P 14	P 15	P 16	TOTAL
PARADAS NO PLANIF. (H-H)	35	17	52	38	59	37	101	39	24	23	51	55	41	65	56	129	822
COSTO EN SOLES	948	460	1,408	1,029	1,598	1,002	2,733	1,056	650	623	1,381	1,490	1,110	1,760	1,517	3,494	22,260

Tabla 16: Sobrecostos logísticos incurridos por proyecto en el periodo 2016 – 2017.

Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

En el cuadro anterior se determinaron los sobrecostos incurridos por proyecto en paradas no planificadas en obra asociados al problema en mención. Cabe recalcar que las horas-hombre registradas corresponden al concepto de horas-hombre operativo, oficial y/o peón y su valorización respectiva corresponde al producto de la cantidad de horas por categoría de trabajador y a su tasa salarial respectiva vigente en el periodo de estudio. Se concluye que el problema de deficiente atención logística se encuentra asociado a 22,260 soles en sobrecostos.

c. Personal de supervisión no óptimo

Dentro de las deficiencias del personal de supervisión en la empresa se utiliza como variable de medición los días de atraso originados por el incumplimiento del cronograma de obra, cuya responsabilidad de ejecución operativa (cimentación,

enladrillado, encofrado, gasfitería, entre otros) corresponde a la supervisión del proyecto, la cual se asocia a la causa raíz identificada como “falta de seguimiento y control del cronograma de obra”. A continuación, se muestra el detalle de los días de atraso mencionados por proyecto en el periodo en estudio y su valorización respectiva:

PROYECTO	ATRASOS TOTALES EN DÍAS	VALORIZACIÓN EN SOLES
Proyecto 1	6	445
Proyecto 2	3	222
Proyecto 3	7	519
Proyecto 4	8	593
Proyecto 5	10	741
Proyecto 6	2	148
Proyecto 7	7	519
Proyecto 8	6	445
Proyecto 9	5	371
Proyecto 10	3	222
Proyecto 11	6	445
Proyecto 12	6	445
Proyecto 13	5	371
Proyecto 14	3	222
Proyecto 15	9	667
Proyecto 16	11	815
TOTAL	97	7,188

Tabla 17: Sobrecostos de atrasos por ineficiencia en control de supervisión incurridos por proyecto en el periodo 2016 – 2017. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.

Elaboración: Propia

En el cuadro anterior se determinaron los sobrecostos incurridos por los días de atraso en días en la ejecución operativa por proyectos generados por el problema en mención. Cabe recalcar que los días de atraso registrados corresponden a las etapas iniciales de los proyectos, en donde el personal de supervisión es el directo responsable del cumplimiento del cronograma de obra definido por planificación. Asimismo, la valorización se determina en base al costo de mano de obra adicional a incurrirse por atrasos (operarios, oficiales y peones). Se concluye que el problema de personal de supervisión no óptimo se encuentra asociado a 7,188 soles en sobrecostos.

Luego, se procederá a enlistar y ordenar de forma descendente la información obtenida para dar pie al análisis de Pareto mencionado en un inicio. Esto se muestra en la siguiente tabla:

Problemas	Sobrecostos		%	% Acum.
	2016-2017			
Inadecuada gestión operativa	S/.	302,475.6	90.3%	90.3%
Deficiente atención logística	S/.	22,260.2	6.6%	96.9%
Personal de supervisión no óptimo	S/.	7,188.4	2.1%	99.1%
Otros	S/.	3,181.4	0.9%	100.0%
Total	S/.	335,105.7	100.0%	-

Tabla 18: Listado de problemas y su relevancia asociada. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Con los datos obtenidos de los sobrecostos asociados y debidamente cuantificados por problema, se procedió a realizar el diagrama de Pareto respectivo:

Ilustración 38: Diagrama de Pareto de problemas en la empresa en el periodo 2016-2017. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

En el diagrama anterior, se determina que la inadecuada gestión operativa representa el 90.3% del total de problemas identificados, denotando su relevancia. Esto nos demuestra que los otros problemas también generan sobre costos, sin embargo, la inadecuada gestión operativa tiene mayor representatividad en la reducción de la situación negativa actual. El análisis anterior respalda de manera cuantitativa que el problema más relevante en la empresa es la inadecuada gestión operativa.

Es así como se resumió que, durante los años 2016 y 2017, la empresa constructora Diarco Energía y Construcción percibió excesos sobre sus costos operativos, situación que se describe en la siguiente Tabla:

Proyecto	Año	Presupuesto planificado	Porcentaje de exceso por Costos Operativos
1	2016	S/.216.108,00	5,70%
2		S/.146.995,00	5,30%
3		S/.236.944,00	4,10%
4		S/.274.479,00	6,00%
5		S/.235.390,00	5,80%
6		S/.241.936,00	6,10%
7		S/.752.288,48	8,01%
8	2017	S/.489.963,28	5,10%
9		S/.201.979,20	4,96%
10		S/.211.266,10	6,09%
11		S/.355.094,14	5,83%
12		S/.190.784,95	8,07%
13		S/.253.954,13	6,79%
14		S/.431.954,73	3,00%
15		S/.298.742,93	7,45%
16		S/.614.329,45	5,06%
Promedio		S/.322.013,09	5,87%
Rango de variación			3.00% - 8.07%

Tabla 19: Porcentaje de exceso de los Costos Operativos por Proyecto de la empresa.

Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

En la tabla anterior se describe que existe un porcentaje promedio de excesos en los costos operativos de la empresa de 5.87%.

A continuación, se describirá la tendencia de desarrollo de los sobrecostos operativos descritos, para así conocer su evolución a través de los proyectos realizados por la empresa. Esto se muestra a través de la siguiente Ilustración:

Ilustración 39: Tendencia de exceso por Costos Operativos por Proyecto de la empresa (%). Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

En la gráfica anterior, se describe una tendencia de sobrecostos operativos positiva. Esto realza la importancia de la problemática descrita, dado que se puede afirmar que los sobrecostos incrementarán con los proyectos futuros a realizar por la empresa.

En conclusión, se define que los sobrecostos operativos incurridos por la “deficiente gestión operativa” en la empresa representan la gran mayoría de las pérdidas de la misma (5.87% del 6.22% identificado en el punto **2.5**), identificando así su mayor problema. Adicionalmente, se concluye que estos serán cada vez más representativos por lo descrito anteriormente, incrementando así la relevancia de la problemática.

2.7. Impacto económico

Una vez definido el problema principal que aqueja la empresa en estudio, se procede a describir el impacto económico del problema de “deficiente gestión operativa”. Para esto se presentará la siguiente Tabla, en donde se describen monetariamente los sobrecostos operativos incurridos por Proyecto en el periodo 2016-2017:

Proyecto	Año	Sobrecostos Operativos	Sobrecostos Anuales
1		S/. 12.318,16	
2		S/. 7.790,74	
3		S/. 9.714,70	
4	2016	S/. 16.468,74	S/. 134.961,36
5		S/. 13.652,62	
6		S/. 14.758,10	
7		S/. 60.258,31	
8		S/. 24.988,13	
9		S/. 10.018,17	
10		S/. 12.866,11	
11		S/. 20.701,99	
12	2017	S/. 15.396,35	S/. 167.514,28
13		S/. 17.243,49	
14		S/. 12.958,64	
15		S/. 22.256,35	
16		S/. 31.085,07	
Sobrecostos Operativos totales del periodo			S/. 302.475,64
Facturación total del periodo			S/. 5.152.209,39
Porcentaje de pérdida respecto a la facturación			5,87%

Tabla 20: Sobrecostos Operativos en S/. por Proyecto de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

De la gráfica anterior, se concluye que los sobrecostos operativos de la empresa representan S/. 302,475.64 de la facturación en el periodo analizado, monto que impacta directamente en la rentabilidad de la empresa, reduciéndola. La relevancia de este impacto es de 5.87% de la facturación del periodo en estudio. Para detallar esto de mejor manera, se presenta la siguiente gráfica (ver origen de datos en el punto 2.6, inciso a):

Ilustración 40: Gráfica circular de distribución de sobrecostos operativos. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

En la gráfica anterior se realiza el despliegue de los sobrecostos operativos de la empresa en el periodo 2016-2017, identificando un total de pérdidas de S/. 302,475.64. Esto refleja que la inadecuada gestión operativa es, efectivamente, un problema importante dentro de la empresa. Cabe resaltar que estos sobrecostos impactan directamente en la utilidad de la empresa, al representar un exceso en el presupuesto.

De igual manera, se muestra la tendencia de los sobrecostos operativos descritos, en la siguiente Ilustración:

Ilustración 41: Tendencia de sobrecostos operativos por proyecto (S/.). Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

La gráfica describe que la tendencia de los sobrecostos es positiva a lo largo del tiempo, lo que significa que, si el problema descrito no es resuelto convenientemente, su impacto económico será cada vez mayor con cada Proyecto realizado en el futuro.

Se concluye que la deficiente gestión operativa de la empresa se evidencia con S/. 302,475.64 de sobrecostos operativos (que crecería en el tiempo según su tendencia), y tiene una relevancia de 5.87% de la facturación del periodo. En el siguiente apartado se identificarán las causas y sub causas del problema identificado, cuantificándolos de manera adecuada y estableciendo así un punto de partida para la aplicación de la propuesta de la investigación.

2.8. Análisis de las causas

2.8.1. Análisis causa-efecto

Una vez definido y justificado el problema el problema de “deficiente gestión de operaciones” en los proyectos de la empresa constructora Diarco Energía y Construcción S.A., se procederán a identificar las causas raíz o *root-causes* que ocasionan dicha condición negativa. Para esto, se realizó como primer paso el siguiente diagrama de Ishikawa:

Ilustración 42: Diagrama de Ishikawa del problema “Deficiente gestión de operaciones de proyectos”. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Una vez identificadas las causas raíz preliminares del problema a través de la herramienta descrita, se procedió a realizar la ponderación de los factores causantes del problema de acuerdo a su impacto, de manera preliminar. Cabe recalcar que, de acuerdo a los resultados del análisis de Pareto a realizar, se cuantificarán y justificarán de manera adecuada las causas raíz identificadas. A continuación, se muestran las tablas e ilustraciones realizadas para realizar el análisis de Pareto, con las causas raíz preliminares sugeridas por el análisis de Ishikawa:

Causas preliminares	Costos incurridos
Planificación inexacta	S/.127.039,77
Inadecuado procedimiento para la solicitud de materiales	S/.33.272,32
Inadecuado procedimiento para evaluación y selección de proveedores	S/.45.371,35
Inadecuado procedimiento para documentar y realizar el control de calidad	S/.42.346,59
Desorden de almacenes	S/.9.074,27
Inadecuado trabajo de operarios	S/.27.222,81
Falta de liquidez	S/.6.049,51
Plan de mantenimiento inadecuado	S/.12.099,03
Total	S/.302.475,65

Tabla 21: Impacto de las causas preliminares sugeridas por el análisis de Ishikawa.
Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

A continuación, se procederá a ponderar y ordenar de forma descendente el impacto de las causas preliminares descritas en la Tabla anterior, con la finalidad de realizar el análisis de Pareto respectivo:

Letra	Causas preliminares	Costos incurridos	%	% Acumulado
A	Planificación inexacta	S/.127.039,77	42%	42%
B	Inadecuado procedimiento para evaluación y selección de proveedores	S/.45.371,35	15%	57%
C	Inadecuado procedimiento para documentar y realizar control	S/.42.346,59	14%	71%
D	Inadecuado procedimiento para la solicitud de materiales	S/.33.272,32	11%	82%
E	Inadecuado trabajo de operarios	S/.27.222,81	9%	91%
F	Plan de mantenimiento inadecuado	S/.12.099,03	4%	95%
G	Desorden de almacenes	S/.9.074,27	3%	98%
H	Falta de liquidez	S/.6.049,51	2%	100%
Total		S/.302.475,65	100%	

Tabla 22: Ponderación de las causas preliminares sugeridas por el análisis de Ishikawa.

Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Asimismo, con los resultados obtenidos acerca de la relevancia económica de las causas raíz preliminares, se procede a realizar el diagrama de Pareto:

Ilustración 43: Diagrama de Pareto de las causas raíz preliminares sugeridas por el análisis de Ishikawa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Del diagrama de Pareto realizado se concluye que las causas raíz que originan el 82% de los sobrecostos operativos de la empresa dada su deficiente gestión operativa corresponden a una planificación inexacta, un inadecuado procedimiento para

evaluación y selección de proveedores, un inadecuado procedimiento para documentar y realizar el control en obra y un inadecuado procedimiento para la solicitud de materiales.

Como se mencionó previamente, el diagrama de Pareto fue realizado con el impacto económico de las causas preliminares sugeridas por el análisis de Ishikawa. Una vez identificadas las causas raíz con mayor representatividad, se proceden a cuantificar de manera adecuada, evidenciando y justificando las causas descritas sobre las cuales se trabajará la investigación.

En primer lugar, se procederá a justificar la causa raíz descrita como “planificación inexacta” dentro de la empresa. Para ello, se realizó el análisis de las curvas S generadas de los proyectos realizados en el periodo de estudio 2016-2017 (Ver **Anexo 3, Anexo 4, Anexo 5, Anexo 6, Anexo 7 y Anexo 8**). Estos anexos muestran el valor planificado, costo real y valor ganado de algunos proyectos realizados por la empresa, así como su respectiva curva S asociada al mismo. En el cuadro se deben resaltar básicamente las dos últimas columnas, de donde se concluye en qué momentos del proyecto analizado el mismo se encontró adelantado/atrasado o en sobrecosto/presupuesto, siendo la curva S la representación gráfica de estas condiciones, mostrando el desempeño del proyecto a través del tiempo a nivel de costo y avance en ejecución. Este análisis se desarrolló con el objetivo de ponderar la inadecuada gestión de tiempo y la inadecuada gestión de costos descrita a través de esta, teniendo en consideración que ambos representan una inexacta planificación.

A continuación, se presentará el resumen de la data sobre el índice de rendimiento del costo (CPI), el cuál representará la inadecuada gestión de costos y el índice de rendimiento de programación (SPI), que representará la inadecuada gestión de

tiempos. Como parte previa, se presentará la tabla con los indicadores resultantes de los proyectos realizados en el periodo en evaluación (2016-2017):

Proyecto	Valor Planificado (PV)	Costo Real (AC)	Valor Ganado (EV)	Variación de Costo (CV)	Variación de Programación (SV)	Índice de rendimiento de costo (CPI)	Índice de rendimiento de Progr. (SPI)
1	216,108.0	228,426.2	195,454.1	- 32,972.1	- 20,653.9	85.6%	90.4%
2	146,995.0	154,785.7	130,353.4	- 24,432.3	- 16,641.6	84.2%	88.7%
3	236,944.4	246,658.7	211,591.3	- 35,067.4	- 25,353.0	85.8%	89.3%
4	274,479.0	290,947.7	244,361.9	- 46,585.8	- 30,117.1	84.0%	89.0%
5	235,390.8	249,042.6	206,908.5	- 42,134.1	- 28,482.3	83.1%	87.9%
6	241,936.6	256,694.1	213,146.1	- 43,548.0	- 28,790.5	83.0%	88.1%
7	752,288.5	812,546.8	672,915.1	-139,631.7	- 79,373.4	82.8%	89.4%
8	489,963.3	514,951.4	427,248.0	- 87,703.4	- 62,715.3	83.0%	87.2%
9	201,979.2	211,997.4	174,510.0	- 37,487.3	- 27,469.2	82.3%	86.4%
10	211,266.1	224,132.2	181,477.6	- 42,654.6	- 29,788.5	81.0%	85.9%
11	355,094.1	375,796.1	306,446.2	- 69,349.9	- 48,647.9	81.5%	86.3%
12	190,785.0	206,181.3	168,561.7	- 37,619.6	- 22,223.2	81.8%	88.4%
13	253,954.1	271,197.6	227,558.7	- 43,638.9	- 26,395.4	83.9%	89.6%
14	431,954.7	444,913.4	371,913.0	- 73,000.3	- 60,041.7	83.6%	86.1%
15	298,742.9	320,999.3	265,881.2	- 55,118.1	- 32,861.7	82.8%	89.0%
16	614,329.5	645,414.5	536,309.6	-109,104.9	- 78,019.8	83.1%	87.3%
Promedio	322,013.2	340,917.8	283,414.8	-57,503.0	- 38,598.4	83.1%	88.0%

Tabla 23: Análisis de Curvas "S" de un proyecto. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Como se puede apreciar en la Tabla anterior, el promedio del índice de rendimiento de costo (CPI) en base a los 16 proyectos estudiados es de 83%, reflejando evidentemente un 17% de una inadecuada gestión de costos. Asimismo, se puede observar que el índice de rendimiento de programación (SPI) en promedio es de 88%, el cual muestra una inadecuada gestión de tiempo en un 12%.

Para analizar la relación problema-causa raíz, se procederá a realizar el análisis de regresión lineal entre los sobrecostos operativos y las variables a mostrar a continuación.

En primer lugar, se realizó el análisis de regresión lineal para los días de atraso en la etapa III de construcción por Proyecto en la empresa, tomando como fuente los registros de variaciones de programación a lo largo de los proyectos realizados (Ver **Anexo 9**). A continuación, se muestra el análisis del p-valor de la prueba estadística, las variables X e Y del análisis y la gráfica de regresión lineal respectiva, realizada en el software estadístico Minitab 17:

En primer lugar, se realiza el análisis del p-valor de la prueba estadística, donde se tomaron en consideración los siguientes datos:

- *Nivel de significación $\alpha=0.05$*
- *H_0 : El resultado obtenido a través de la prueba realizada no es significativo estadísticamente*
- *H_1 : El resultado obtenido a través de la prueba es significativo estadísticamente*

Realizada la prueba, el valor obtenido fue de $p=0.001$

Con este valor menor al alfa de 0.05, se concluye que la hipótesis nula de la prueba es rechazada, con lo cual definimos que el resultado es estadísticamente significativo.

Luego, se procede a presentar las variables X e Y del análisis de regresión, así como el valor R de correlación de Pearson y la gráfica respectiva:

Variable X: Variaciones de programación (atrasos) en la fase de construcción por Proyecto (días)

Variable Y: Sobrecostos operativos por Proyecto (S/.)

Proyecto	Días de atraso en la etapa de construcción (Variable X)	Sobrecostos operativos (Variable Y)
1	7	S/. 12,318.16
2	6	S/. 7,790.74
3	6	S/. 9,714.70
4	8	S/. 16,468.74
5	10	S/. 13,652.62
6	12	S/. 14,758.10
7	23	S/. 60,258.31
8	13	S/. 24,988.13
9	7	S/. 10,018.17
10	12	S/. 12,866.11
11	15	S/. 20,701.99
12	13	S/. 15,396.35
13	12	S/. 17,243.49
14	9	S/. 12,958.64
15	13	S/. 22,256.35
16	17	S/. 31,085.07
Suma	183	S/. 302,475.64

Ilustración 44: Relación de variables de causa raíz 1. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Ilustración 45: Gráfica de regresión lineal entre sobrecostos operativo y las variaciones de programación en la fase de construcción a lo largo del proyecto. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Como el valor de correlación de Pearson asociado es de 0.899, se concluye que la correlación de las variables es muy fuerte. Esto quiere decir que el 89.9% de los sobrecostos operativos por proyecto (S/.) es explicado por las variaciones de programación (atrasos) en la fase de construcción de los proyectos realizados por la empresa. La gráfica muestra que una proporción significativa de los sobrecostos por proyecto es explicada por las variaciones de programación o los “atrasos” a lo largo del proyecto, que rigen el índice de rendimiento de programación (SPI) para la medición de gestión del tiempo. Esto concluye la alta relación de la causa con el problema descrito.

En segundo lugar, se realizó el análisis de regresión lineal para el índice de rendimiento de costo (CPI) en la etapa III de construcción por Proyecto en la empresa a través de los registros de variaciones de costo a lo largo de los proyectos realizados (Ver **Anexo 10**). A continuación, se muestra el análisis del p-valor de la prueba estadística, las variables X e Y del análisis y la gráfica de regresión lineal respectiva, realizada en el software estadístico Minitab 17:

En primer lugar, se realiza el análisis del p-valor de la prueba estadística, donde se tomaron en consideración los siguientes datos:

- *Nivel de significación $\alpha=0.05$*
- *H_0 : El resultado obtenido a través de la prueba realizada no es significativo estadísticamente*
- *H_1 : El resultado obtenido a través de la prueba es significativo estadísticamente*

Realizada la prueba, el valor obtenido fue de $p=0.001$

Con este valor menor al alfa de 0.05, se concluye que la hipótesis nula de la prueba es rechazada, con lo cual definimos que el resultado es estadísticamente significativo.

Luego, se procede a presentar las variables X e Y del análisis de regresión, así como el valor R de correlación de Pearson y la gráfica respectiva:

Variable X: Índice de rendimiento de costos en la fase de construcción por Proyecto (%)

Variable Y: Sobrecostos operativos por Proyecto (S/.)

Proyecto	Rendimiento de costo en la etapa de construcción (Variable X)	Sobrecostos operativos (Variable Y)
1	75.3%	S/. 12,318.16
2	79.2%	S/. 7,790.74
3	75.0%	S/. 9,714.70
4	70.3%	S/. 16,468.74
5	75.2%	S/. 13,652.62
6	75.0%	S/. 14,758.10
7	51.7%	S/. 60,258.31
8	67.0%	S/. 24,988.13
9	75.1%	S/. 10,018.17
10	75.0%	S/. 12,866.11
11	65.0%	S/. 20,701.99
12	72.0%	S/. 15,396.35
13	60.3%	S/. 17,243.49
14	75.0%	S/. 12,958.64
15	66.2%	S/. 22,256.35
16	62.9%	S/. 31,085.07
Promedio	70.0%	S/. 18,904.73

Ilustración 46: Relación de variables de causa raíz 2. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Ilustración 47: Gráfica de regresión lineal entre sobrecostos operativo y las variaciones de costo a lo largo del proyecto. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Como el valor de correlación de Pearson asociado es de -0.879, se concluye que la correlación de las variables es inversamente proporcional y presenta una relación muy fuerte. Esto quiere decir que el 87.9% de los sobrecostos operativos por proyecto es explicado por el índice de rendimiento de costos en la etapa de construcción (etapa III) por proyecto.

En la gráfica se describe que una gran proporción de los sobrecostos operativos por proyecto de la empresa son explicados por las variaciones de costo respecto al presupuesto planificado a lo largo del proyecto, que rigen el índice de rendimiento de costo (CPI) para la medición de la gestión del costo. Esto concluye la alta relación de la causa con el problema descrito.

Del análisis de esta primera causa raíz se concluye que, dentro de las cuatro etapas asociadas a los Proyectos realizados por la empresa, de (I) movimiento de tierras, (II) cimentación, (III) construcción y (IV) acabados, la que presenta mayor relación con el problema descrito y sus efectos asociados es la etapa III, correspondiente a la fase que comprende actividades como construcción de vigas y columnas, enladrillado y construcción de techos. Mencionado esto, se procede a realizar el análisis de las causas raíz restantes.

En segundo lugar, se procederá a justificar la causa raíz descrita como “inadecuado procedimiento para la evaluación y selección de proveedores” a través del cálculo del nivel de servicio de los proveedores de cemento y aceros en el periodo en estudio, por ser los materiales más representativos en la empresa determinados por el análisis ABC realizado anteriormente. Para realizar este análisis se utilizaron los registros de órdenes de compra de la empresa (Ver **Anexo 11**), donde se detalla el día y mes en que se solicitó la orden de compra, así como el proveedor y cantidad solicitada; en el mismo documento se muestra la cantidad recibida, las cantidades rechazadas y la cantidad que ingresó finalmente a la obra. Todos estos datos son fundamentales para calcular el nivel de servicio de los proveedores, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Nivel de servicio del proveedor } X = \frac{\text{Número de pedidos perfectos realizados (oportunos en cantidad y fecha)}}{\text{Número de pedidos totales realizados}} \times 100\%$$

Siguiendo con el análisis, se realizó el análisis de regresión lineal para el nivel de servicio de proveedores de cemento y aceros en la empresa a través de los registros mencionados. A continuación, se muestra el análisis del p-valor de la prueba estadística, las variables X e Y del análisis y la gráfica de regresión lineal respectiva, realizada en el software estadístico Minitab 17:

En primer lugar, se realiza el análisis del p-valor de la prueba estadística, donde se tomaron en consideración los siguientes datos:

- *Nivel de significación $\alpha=0.05$*
- *H_0 : El resultado obtenido a través de la prueba realizada no es significativo estadísticamente*
- *H_1 : El resultado obtenido a través de la prueba es significativo estadísticamente*

Realizada la prueba, el valor obtenido fue de $p= 0.000$

Con este valor menor al alfa de 0.05, se concluye que la hipótesis nula de la prueba es rechazada, con lo cual definimos que el resultado es estadísticamente significativo.

Luego, se procede a presentar las variables X e Y del análisis de regresión, así como el valor R de correlación de Pearson y la gráfica respectiva:

Variable X: Nivel de servicio promedio de proveedores de cemento y acero por Proyecto (%)

Variable Y: Sobrecostos operativos por Proyecto (S/.)

Proyecto	Nivel de servicio de proveedores de cemento y acero* (Variable X)	Sobrecostos operativos (Variable Y)
1	88%	S/. 12,318.16
2	91%	S/. 7,790.74
3	89%	S/. 9,714.70
4	90%	S/. 16,468.74
5	88%	S/. 13,652.62
6	80%	S/. 14,758.10
7	71%	S/. 60,258.31
8	82%	S/. 24,988.13
9	89%	S/. 10,018.17
10	83%	S/. 12,866.11
11	83%	S/. 20,701.99
12	91%	S/. 15,396.35
13	87%	S/. 17,243.49
14	90%	S/. 12,958.64
15	83%	S/. 22,256.35
16	79%	S/. 31,085.07
Promedio	85%	S/. 18,904.73

Tabla 24: Nivel de servicio de proveedores de cemento y aceros 2016-2017. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

De la tabla anterior se define que el nivel de servicio promedio de los proveedores de cemento y aceros en el periodo descrito es de 85%. Esto quiere decir que existe un 15% de incumplimiento por parte de proveedores sea por una cantidad de

entrega inadecuada o por incumplimientos de las fechas de entrega pactadas.

Mencionado esto, se muestra la gráfica de regresión lineal asociada:

Ilustración 48: Gráfica de regresión lineal entre sobrecostos operativo y el nivel de servicio de proveedores de cemento y aceros por Proyecto. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Como el valor de correlación de Pearson asociado es de -0.856, se concluye que la correlación de las variables es inversamente proporcional y presenta una relación muy fuerte. Esto quiere decir que el 85.6% de los sobrecostos operativos por proyecto es explicado por el nivel de servicio promedio de los proveedores de cemento y aceros por proyecto, los cuales representan materiales estratégicos dentro de las operaciones de Diarco Energía y Construcción S.A.

En tercer lugar, se procederá a justificar la causa descrita como “inadecuado procedimiento para realizar el control en obra” a través del cálculo de horas-hombre destinadas al reproceso de construcción de vigas y columnas, que responde a la actividad consistida en volver a armar las estructuras metálicas construidas para las vigas y columnas respectivas, así como su colocación y vaciado con concreto.

Se procede a establecer la relación de dependencia entre la causa raíz descrita y el problema de sobrecostos descritos. Para realizar esto, se realizó un análisis de regresión lineal, tomando como referencia el registro de sobrecostos por proyecto y las horas hombres de reproceso involucradas en los mismos (**Anexo 12**).

A continuación, se muestra el análisis del p-valor de la prueba estadística, las variables X e Y del análisis y la gráfica de regresión lineal respectiva, realizada en el software estadístico Minitab 17:

En primer lugar, se realiza el análisis del p-valor de la prueba estadística, donde se tomaron en consideración los siguientes datos:

- *Nivel de significación $\alpha=0.05$*
- *H_0 : El resultado obtenido a través de la prueba realizada no es significativo estadísticamente*
- *H_1 : El resultado obtenido a través de la prueba es significativo estadísticamente*

Realizada la prueba, el valor obtenido fue de $p= 0.001$

Con este valor menor al alfa de 0.05, se concluye que la hipótesis nula de la prueba es rechazada, con lo cual definimos que el resultado es estadísticamente significativo.

Luego, se procede a presentar las variables X e Y del análisis de regresión, así como el valor R de correlación de Pearson y la gráfica respectiva:

Variable X: Reprocesos en la construcción de vigas y columnas (horas hombre)

Variable Y: Sobrecostos operativos por Proyecto (S/.)

Nº Proyecto	H-h de reproceso en construcción de vigas y columnas (Variable X)	Sobrecostos operativo (Variable Y)
1	76.34	S/. 12,318.16
2	18.27	S/. 7,790.74
3	76.36	S/. 9,714.70
4	43.64	S/. 16,468.74
5	55.36	S/. 13,652.62
6	76.36	S/. 14,758.10
7	354.55	S/. 60,258.31
8	145.45	S/. 24,988.13
9	66.27	S/. 10,018.17
10	100.00	S/. 12,866.11
11	126.82	S/. 20,701.99
12	85.00	S/. 15,396.35
13	109.09	S/. 17,243.49
14	200.00	S/. 12,958.64
15	350.00	S/. 22,256.35
16	316.14	S/. 31,085.07
Total	2199.65	S/. 302,475.64

Tabla 25: Horas-hombre destinadas a reprocesos en la construcción de vigas y columnas. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Ilustración 49: Gráfica de regresión lineal entre sobrecostos operativo y horas hombre destinadas a reproceso. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Como el valor de correlación de Pearson asociado es de 0.766, se concluye que la correlación de las variables es fuerte. Esto quiere decir que el 76.6% de los sobrecostos operativos por proyecto es explicado por las horas hombre destinadas al reproceso de vigas y columnas.

De acuerdo con la gráfica descrita anteriormente, se concluye que los sobrecostos operativos por proyecto son explicados en gran medida por las horas hombre destinadas al reproceso en la construcción de vigas y columnas, correspondientes a la etapa II (etapa de cimentación) en el desarrollo de los Proyectos de la empresa.

Finalmente, se procede a justificar la causa descrita como “inadecuado procedimiento para la solicitud de materiales” a través del análisis de los días de demora en el Lead time de pedido de materiales por proyecto. Cabe recalcar que estos días de demora abarcan el lapso de tiempo entre la emisión de la solicitud de materiales desde obra hasta que compras emite la orden de compra al proveedor, y este es alertado para aprovisionar los materiales al lugar de las operaciones. Es así como se procede a realizar en análisis de regresión lineal para relacionar el problema con la causa raíz descrita.

A continuación, se muestra el análisis del p-valor de la prueba estadística, las variables X e Y del análisis y la gráfica de regresión lineal respectiva, realizada en el software estadístico Minitab 17:

En primer lugar, se realiza el análisis del p-valor de la prueba estadística,

H₀: El resultado obtenido a través de la prueba realizada no es significativo estadísticamente

H₁: El resultado obtenido a través de la prueba es significativo estadísticamente,

Valor $p = 0.005$

Con este valor menor al alfa de 0.05, se concluye que la hipótesis nula de la prueba es rechazada, con lo cual definimos que el resultado es estadísticamente significativo.

Luego, se procede a presentar las variables X e Y del análisis de regresión, así como el valor R de correlación de Pearson y la gráfica respectiva:

Variable X: Demoras en el Lead Time de pedido de cemento y acero en la fase de construcción por Proyecto (días)

Variable Y: Sobrecostos operativos por Proyecto (S/.)

Proyecto	Días de demora en Lead Time de pedido de cemento y aceros* (Variable X)	Sobrecostos operativos (Variable Y)
1	3	S/. 12,318.16
2	4	S/. 7,790.74
3	4	S/. 9,714.70
4	6	S/. 16,468.74
5	3	S/. 13,652.62
6	4	S/. 14,758.10
7	13	S/. 60,258.31
8	8	S/. 24,988.13
9	6	S/. 10,018.17
10	5	S/. 12,866.11
11	7	S/. 20,701.99
12	6	S/. 15,396.35
13	6	S/. 17,243.49
14	5	S/. 12,958.64
15	7	S/. 22,256.35
16	8	S/. 31,085.07
Suma	95	S/. 302,475.64

Tabla 26: Días de demora en el Lead Time por Proyecto. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Ilustración 50: Gráfica de regresión lineal entre sobrecostos operativos y la demora en emisión de órdenes de compra. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.
Elaboración: Propia

Como el valor de correlación de Pearson asociado es de 0.914, se concluye que la correlación de las variables es muy fuerte. Esto quiere decir que el 91.4% de los sobrecostos operativos por proyecto es explicado por los días de demora en el Lead Time de pedido de cemento y aceros previsto.

En conclusión, del análisis de causa-raíz realizado a las cuatro causas raíz identificadas se obtuvo que presentan una correlación mayor al 75% con el problema descrito, siendo un indicador positivo de que las causas identificadas son acertadas. Cabe recalcar que previo al análisis realizado, se verificó que los datos sean representativos estadísticamente, a través del p-valor resultado del análisis de Pearson. De estos datos cuantitativos hallados se define que, al solucionar las causas raíz descritas, se solucionará el problema principal de la investigación de “inadecuada gestión operativa” de la empresa en gran medida.

A manera de conclusión, se realiza un cuadro-resumen de las causas raíces descritas y su estado actual, respecto al problema identificado:

Causa raíz	Evidencia	Estado actual
Planificación inexacta	Días de atraso en la etapa III de construcción	183 días de atraso en el periodo en análisis
Planificación inexacta	Rendimiento de costo en la etapa III de construcción	30% de ineficiencia en el rendimiento de costos
Inadecuado procedimiento para la evaluación y selección de proveedores	Nivel de servicio promedio de proveedores de cemento y aceros (materiales estratégicos)	85% de nivel de servicio promedio
Inadecuado procedimiento para realizar en control en obra	Horas-hombre destinadas a reproceso de construcción de vigas y columnas	2199.65 H-h o 39% de tiempo en reproceso de construcción de vigas y columnas
Inadecuado procedimiento para la emisión de órdenes de compra	Días de demora en el Lead Time de pedido planificado de cemento y aceros	95 días en el periodo o 45% de demora en el Lead Time de pedido previsto

Tabla 27: Cuadro del estado actual de las causas raíces de la problemática deficiente gestión operativa de proyectos. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.
Elaboración: Propia

De esta manera, se cuantifican las causas raíz del problema descrito y se establece su relación causa-efecto a través de los análisis de regresión lineal descritos. Asimismo, el cuadro resumen mostrado establece un punto de partida para la implementación de la propuesta del trabajo de investigación y es mencionado de forma esquemática en el siguiente apartado.

2.8.2. Árbol de problemas

A continuación, se describirá el Árbol de problemas de la investigación:

Ilustración 51: Árbol de problemas de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A.

Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

2.8.3. Árbol de objetivos

A continuación, se describirá el Árbol de objetivos de la investigación:

Ilustración 52: Árbol de objetivos de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A.

Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

2.8.4. Vinculación de causas con solución

Una vez determinadas las causas raíces del problema que aqueja la empresa y su estado actual, se procede a realizar la vinculación de las mismas con la solución planteada en la propuesta. Para esto, se realiza la siguiente tabla:

Problema	Causa raíz	Efecto	Actividades de mejora
Deficiente gestión de operaciones en los proyectos	Planificación inexacta	Aumento de días no planificados	Implementación de un sistema de planificación con enfoque PMBOK (ruta crítica).
		Aumento en pedido de materiales	Gestión de costos de materiales a través de aplicación de MRP (Material Resource Planning).
			Actualización del procedimiento de planificación técnica o metrado
	Inadecuado procedimiento para evaluación y selección de proveedores	Aumento de días no planificados	Actualización del procedimiento de evaluación y selección de proveedores
	Inadecuado procedimiento para realizar el control en obra	Aumento de horas de reproceso no planificadas	Implementación del proceso de control en obra.
	Inadecuado procedimiento para la emisión de órdenes de compra	Aumento de horas extra no planificadas	Actualización del procedimiento de emisión de solicitudes de materiales desde obra hacia compras.
		Aumento de días no planificados	Actualización del procedimiento de emisión de órdenes de compra desde compras hacia el proveedor.

Tabla 28: Tabla de actividades de mejora propuestas frente a las causas raíces descritas.
Elaboración: Propia

En la tabla anterior, se definen las actividades de mejora vinculadas a las causas raíces identificadas. La propuesta de la investigación establece como metodologías de soporte al modelo de gestión operativo planteado a la Gestión por Procesos, Gestión de Proyectos y Lean Construction. Es así como se alinean las actividades de mejora con las metodologías descritas para la investigación:

- El sistema de planificación con enfoque PMBOK se alinea a la Gestión de Proyectos a través de la herramienta de establecimiento de rutas críticas y

estimación de tiempos de PERT – CPM. Según Demirkesen S. y Ozorhon B. (2017) en el artículo “Impact of integration management on construction project management performance”, la guía del PMBOK enumera 10 áreas de conocimiento, teniendo como primera a la gestión de integración de proyecto. Este proceso implica la combinación, unificación y procesos de coordinación de los proyectos. A su vez, tiene como área importante el área de gestión del tiempo de proyectos, en donde define herramientas como el PERT-CPM para interrelacionar las actividades del proyecto de manera que se eliminen las posibles holguras existentes. Esto vincula la actividad de mejora planteada respecto a la causa raíz descrita con la propuesta.

- La aplicación del MRP para la estimación de materiales en cantidad y costo se alinean al principio de gestión de costos de la Gestión de Proyectos, así como también a los pilares del Lean Construction, que se basan en una planificación a través del sistema pull vs el push tradicional.
- La implementación del proceso de evaluación y selección de proveedores persigue la reducción de tiempos de espera por el incumplimiento de proveedores persiguiendo los principios básicos de reducción de desperdicios del Lean Construction, y es realizado a través de las herramientas de la Gestión por Procesos para estandarizar y controlar procedimientos. Según Li, Wu, Zhou y Liu (2016) en el artículo “A study on the evaluation of implementation level of lean construction in two Chinese firms”, el Lean Construction tiene como objetivo maximizar el uso de materiales y mano de obra de construcción, evitando cualquier actividad que represente un desperdicio y no genere valor agregado a los objetivos planteados. Esto vincula la actividad de mejora planteada respecto a la causa raíz descrita con la propuesta.

- La actualización de procedimientos en busca de la estandarización de los mismos persigue el principio de la Gestión por Procesos, alineándola de forma directa a hacer que los procesos sean eficientes. Según Dave B. (2017) en el artículo “Business Process Management – a construction study”, dentro de los principios de la Gestión por Procesos es importante analizar la cadena de valor de la empresa para así poder analizar la interdependencia de los procesos entre las diferentes unidades organizativas, para así poder establecer procedimientos estandarizados, con dueños únicos y que sean eficientes. Esto alinea la alternativa de solución respecto a su causa raíz respectiva con la propuesta descrita.

Es así como las actividades de mejora se vinculan a las metodologías descritas. Estas presentan una relación con la propuesta y de esta manera se concluye el apartado, buscando establecer un sustento detallado y plan de acción correspondiente en el capítulo posterior de la investigación.

2.9. Hipótesis

Finalmente, se procede a definir la hipótesis de la investigación:

“Mediante el diseño e implementación de una propuesta de mejora basada en la gestión por procesos, se podrá reducir los sobrecostos operacionales en los proyectos de la empresa Diarco Energía y Construcción S.A.”

2.10. Resumen de Capítulo

En el capítulo anterior, se describió el entorno de la empresa de acuerdo a sus datos específicos, su información general, sus procesos, su diagnóstico de situación actual, la identificación de sus problemas, su impacto económico asociado, el análisis de causas del problema principal definido y la hipótesis de investigación.

En primer lugar, se describió el entorno de la empresa constructora en su respectivo contexto, siendo esta una empresa pyme especializada en la construcción de viviendas y edificaciones. Se concluyó que la empresa presenta proyecciones positivas para años posteriores. Sin embargo, la competitividad del sector será alta y el uso de tecnologías y el cuidado del medio ambiente en su operación representará un factor importante. Adicionalmente se planteó que el mercado objetivo de la empresa, referido a la inversión pública y privada, presentará un desarrollo favorable.

En segundo lugar, se definieron los datos cualitativos y cuantitativos de la empresa, realizando el análisis de su situación actual e identificando que el principal problema que aqueja la empresa es el de “deficiente gestión operativa de proyectos”, teniendo una relevancia de aproximadamente 6% de la facturación del periodo en estudio.

Asimismo, se identificaron las causas raíces de la problemática descrita, cuantificándose y sustentándose de manera adecuada. Las causas raíces identificadas fueron (1) planificación inexacta, (2) inadecuado procedimiento para la solicitud de materiales, (3) inadecuado procedimiento para evaluación y selección de proveedores y (4) inadecuado procedimiento para documentar y realizar el control en obra. Posteriormente se procedió a realizar la vinculación de las acciones de mejora planteadas con las metodologías descritas en la propuesta, para finalmente así plantear la hipótesis de la investigación.

Este capítulo da pie al análisis detallado de la propuesta a plantear, así como el establecimiento de su plan de ejecución e implementación en la empresa en estudio. Esto se desplegará de manera adecuada en el capítulo posterior.

3. CAPÍTULO III

En el capítulo anterior, se realizó el diagnóstico de la empresa en estudio, identificando aspectos como situación actual, problema principal y causas raíces relacionadas, planteando de manera preliminar las metodologías y herramientas que darían solución a estas.

En el presente capítulo, se realizará el diseño y desarrollo detallado de las herramientas descritas, las cuales se trabajarán sobre las causas raíces del problema principal de la empresa. Las herramientas se relacionan con las metodologías de la Gestión de Proyectos, Lean Construction y Gestión por Procesos, siendo estas (1) PERT (Program Evaluation and Review Technique), (2) CPM (Critical Path Method), (3) MRP (Material Requirements Planning) y (4) las relacionadas al BPM (Business Process Management). Asimismo, se determina que estas herramientas se trabajarán sobre las causas raíces identificadas de (1) planificación inexacta, (2) inadecuado procedimiento para la solicitud de materiales, (3) inadecuado procedimiento para la evaluación y selección de proveedores y (4) inadecuado procedimiento para realizar el control en obra.

En el desarrollo del capítulo, se describirá la vinculación de las causas descritas con la solución propuesta, el diseño del proyecto de investigación, el diseño de la propuesta de investigación, el desarrollo general y específico de las herramientas, las consideraciones de implementación a tomar en cuenta y el cronograma tentativo del proyecto. Es importante resaltar que las metodologías y herramientas propuestas se desarrollarán tomando como base la literatura obtenida de investigaciones académicas similares al contexto de la investigación, tomando así casos de estudio de repositorios académicos como EBSCO y PROQUEST, siendo estos de fuentes indexadas, con una antigüedad no mayor a cinco años y con cuartiles de categoría uno o dos.

3.1. Vinculación de la causa con la solución

En este apartado se relacionarán las metodologías y herramientas asociadas a cada causa raíz del problema identificado en el capítulo anterior, asociando de manera esquemática el diagnóstico y la propuesta de la investigación.

En primer lugar, se relaciona el problema identificado de “deficiente gestión de operaciones de proyectos” a sus respectivas causas bases, las cuales son (1) deficiente proceso de abastecimiento, (2) deficiente proceso de abastecimiento y (3) ejecución ineficiente. Asimismo, se relaciona el problema con su respectiva evidencia de sobrecostos operativos de S/. 302,475.64 y su impacto asociado de 5.87% de la facturación total del periodo 2016-2017.

En segundo lugar, se relacionan las causas bases definidas con sus respectivas causas raíces. La causa base de deficiente proceso de planificación se encuentra asociada a la causa raíz de (1) planificación inexacta. La causa base de deficiente proceso de abastecimiento se encuentra asociada a las causas raíces de (2) inadecuado procedimiento para la solicitud de materiales y (3) inadecuado procedimiento para documentar y realizar el control de calidad, también llamadas causas raíces internas y externas, respectivamente. La causa base de ejecución ineficiente se asocia a la causa raíz de (4) inadecuado procedimiento para documentar y realizar control en obra.

Finalmente, las causas raíces descritas se asocian a las herramientas propuestas para su mejora. La causa raíz de planificación inexacta se encuentra asociada a las herramientas de (1) PERT - Program Evaluation and Review Technique, (2) CPM – Critical Path Method y (3) MRP – Material Requirements Planning. Las causas raíces de procedimientos inadecuados se encuentran asociadas a las herramientas de (4) BPMN Workflows y (5) diagramas SIPOC. Adicionalmente, las herramientas descritas se asocian a sus metodologías base. A continuación, se muestra el esquema:

Ilustración 53: Cuadro de vinculación de causas raíces con la solución propuesta. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

3.2. Diseño del proyecto de investigación

En este apartado se describirá el proyecto de investigación de manera esquemática, mostrando su estructura y su desarrollo por etapas. Este diseño se divide en cuatro etapas base, definidas por los cuatro capítulos del proyecto. La primera etapa se asocia a la etapa de diagnóstico, la segunda a la etapa de diseño, la tercera a la etapa de implementación y, finalmente, la cuarta a la etapa de análisis y reporte de resultados.

En primer lugar, la etapa de diagnóstico abarca desde el inicio del proyecto, el análisis de la situación actual de la empresa en estudio, la identificación y cuantificación del problema y finaliza con la identificación y cuantificación de las causas raíces.

En segundo lugar, la etapa de diseño abarca desde la preparación del plan de acción, el despliegue de las metodologías de Gestión de Proyectos, Lean Construction y Business Process Management (BPM) y finaliza con la explosión de las herramientas PERT-CPM, BPMN Workflows y diagramas SIPOC y sus extensiones asociadas a las mismas.

Luego, la etapa de implementación abarca desde el desarrollo general de la propuesta de investigación, el desarrollo específico de las herramientas descritas a través de metodologías de planificación, estimación de requerimientos y procedimientos de trabajo, y la ejecución de dichas propuestas.

Finalmente, la etapa de análisis y reporte de resultados abarca desde la evaluación de la eficiencia de la implementación, la documentación de las mejoras, el reporte de las mismas y el cierre del proyecto. A continuación, se mostrará el diseño descrito:

Ilustración 54: Diseño del proyecto de investigación. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

3.3. Diseño de la propuesta

En este apartado se explicará el diseño general y específico de la propuesta adoptado para el desarrollo de la investigación, tomando como referencia el diseño del proyecto de investigación desarrollado en el inciso anterior.

En primer lugar, se presentará el diseño general de la propuesta, en el cual se muestran las metodologías y herramientas utilizadas para cada proceso (planificación, abastecimiento y ejecución) y las métricas utilizadas para su desarrollo. Asimismo, se muestra la tecnología empleada para el despliegue de la propuesta, en la cual destaca el uso de softwares de planificación, recursos tecnológicos tangibles y el almacenamiento de data en un sistema on-line.

Es importante definir que este despliegue se desarrollará bajo el marco de la gestión del cambio, para el cual se aplican las tres etapas: creación del clima para el cambio, comprometer y habilitar a toda la organización, e implantar y mantener la transformación. Cabe resaltar que las tres etapas de la gestión del cambio se realizan en los ocho pasos de Kotter, los cuales son: (1) creación del sentido de urgencia, (2) formación de coalición potente, (3) desarrollo de visión clara, (4) comunicación de visión, (5) eliminación de obstáculos, (6) aseguramiento de triunfos a corto plazo, (7) construcción sobre el mismo camino y (8) establecer el cambio en la cultura organizacional. Estos fueron utilizados de manera intrínseca a lo largo de todo el proyecto.

A continuación, se muestra el diseño general de la propuesta:

Gestión del cambio

Ilustración 55. Diseño general de la propuesta de mejora. Elaboración propia.

En segundo lugar y una vez definido el diseño general de la propuesta, se proceden a definir los diseños específicos de las herramientas a implementar, utilizando literatura académica de fuentes indexadas, con cuartiles de categoría uno o dos y con una antigüedad no mayor a cinco años como base. Cabe recalcar que estos diseños serán adaptados a la investigación posteriormente, en la parte de implementación.

En primer lugar, se definirán los modelos utilizados para el BPM:

**Caso de éxito 1 (BPM): Business Process Management – a construction case study
(Bhargav Dave, 2017)**

Ilustración 56: Primer diseño específico de la propuesta de mejora. Fuente: Dave, B. (2017). Elaboración: Propia

A través de este primer caso de éxito se define el primer modelo para el diseño y mejora de procesos de la metodología BPM a través del software Bizagi Process Modeler, el cual será utilizado como guía en la implementación de la propuesta de investigación. Este diseño consta de los siguientes pasos:

- Paso 1: En la planificación del rediseño del proceso, se realiza el plan de acción para la mejora de procesos, el cual se divide en dos grandes etapas: el “AS IS” y el “TO BE”. Se empieza a discernir cualitativamente (a través de entrevistas longitudinales y juicio de expertos) cuál es el área y luego cuál es el proceso sobre el cual se trabajará.
- Paso 2: En el análisis del proceso existente, se realiza el diagnóstico actual de la empresa analizando sus procesos desde lo más general a lo más específico a través del modelado de los procesos existentes “AS IS”, bajo el lenguaje de modelado y diagramado BPMN (Business Process Markup Notation), para el cual se utilizó el software Bizagi. Se busca analizar el flujo general de la organización, hasta llegar a explosionar el proceso identificado en el paso 1.
- Paso 3: En el diseño del proceso mejorado se utiliza el software Bizagi. En este paso se realiza el análisis de valor agregado del proceso antiguo y del nuevo, buscando percibir optimizaciones en cuanto a tiempo de procesos a través del agrupamiento o eliminación de actividades que no generan valor ni al cliente ni al proceso.
- Paso 4: En el desarrollo de recursos para el proceso mejorado, se identifican las tecnologías, capacitaciones, dispositivos, softwares, entre otros para poder llevar a la realidad el nuevo proceso.

- Paso 5: En la gestión de la implementación del nuevo proceso, se busca establecer indicadores para realizar el seguimiento y control del nuevo flujo de trabajo. Este paso va orientado hacia la identificación de nuevas oportunidades de acción y a la mejora continua.

A continuación, se mostrará el segundo modelo propuesto para la herramienta BPM:

Caso de éxito 2 (BPM): Process improvement for professionalizing non-profit organizations: Business Process Management approach (Resende, C. et al, 2016)

Ilustración 57: Segundo diseño específico de la propuesta de mejora. Fuente: Resende, C. et al (2016). Elaboración: Propia

A través del segundo caso de éxito, se define otro modelo para la implementación del BPM, con un enfoque orientado a la eficiencia de procesos y al aumento de la satisfacción del cliente a través del enfoque en las actividades VA, que añaden valor al

mismo. Para este diseño también se emplea el uso del software Bizagi Process Modeler, aunque a un nivel más profundo en comparación al primer caso de éxito. Este diseño consta de los siguientes pasos:

- Paso 1: En la identificación del proceso, se identifican los procesos en los que existen oportunidades de mejora significativas, a través del análisis de los reportes de fallos y quejas por cada sub-área en la organización. Aquí se plantea el “AS IS” de la empresa y se analiza de punta a punta (de manera global).
- Paso 2: En el descubrimiento del proceso, se realiza el despliegue de los procesos a optimizar, obteniendo información detallada del mismo. Esto permite conocer a fondo el proceso. Esta parte se complementa con diversas entrevistas con los dueños de procesos.
- Paso 3: En el análisis del proceso, se busca obtener conclusiones del despliegue realizado, a través de la revisión junto al personal de staff de la empresa. Es aquí donde se empiezan a trazar las posibles mejoras en los procesos actuales.
- Paso 4: En el rediseño de proceso, se realiza el despliegue de los BPMN Workflows, Diagramas SIPOC y sus extensiones (fichas de procedimientos, indicadores, entradas, salidas, recursos), análisis de Valor Agregado, entre otros. Se busca hacer el contraste del AS IS con el TO BE para evaluar la factibilidad de la implementación.
- Paso 5: En la implementación del proceso, se procede con la puesta en marcha de lo propuesto en el TO BE, a través de capacitaciones y la puesta en marcha del nuevo proceso.
- Paso 6: Se realiza el seguimiento del proceso a través de indicadores.

Una vez analizados ambos modelos propuestos por la literatura, se define que el modelo a adaptar en la investigación estará basado en las dos propuestas de los autores. A continuación, se mostrará la Matriz 5W-1H para el diseño de la herramienta BPM para su implementación:

PLAN DE ACCIÓN		Implementación del BPM (Business Process Management) en procesos operativos					
OBJETIVO		Mejorar el desempeño y optimización de procesos críticos en el desarrollo de proyectos					
Empresa: Diarco Energía y Construcción S.A.C.		Responsable: Jefe de operaciones		Fecha: 29/06/2018			
QUÉ	QUIÉN	POR QUÉ	DÓNDE	CUÁNDO		CÓMO	
				Fecha Inicio	Fecha Fin	Pasos	Actividades
Identificación del proceso	Departamento de operaciones	Conocer el proceso que presenta mayor demora.	Área de gerencia administrativa	23/06/2018	27/06/2018	1	Recopilar documentos Identificar proceso crítico Conocer la arquitectura del proceso
Análisis del proceso	Departamento de operaciones	Conocer a detalle el proceso para proponer mejoras.	Área de gerencia administrativa	27/06/2018	02/07/2018	2	Identificar y documentar problemas Conocer el impacto Realizar análisis cuantitativo y cualitativo Usar software Bizagi Estructurar cambios en el
Rediseño del proceso	Departamento de operaciones	Conocer la propuesta de mejora final.	Área de gerencia administrativa	03/07/2018	05/07/2018	3	proceso Eliminar actividades innecesarias Agrupar actividades Diseñar nuevo proceso Aprobación del jefe del departamento
Implementación del proceso	Departamento de operaciones	Mejorar el deficiente proceso actual.	Obra y área de compras	05/07/2018	11/07/2018	4	Integración del equipo Capacitación a los colaboradores Medir indicadores actuales
Establecer indicadores	Departamento de operaciones	Medir de forma objetiva el proceso implementado.	Área de gerencia administrativa	11/07/2018	12/07/2018	5	Establecer indicadores nuevos Supervisar que el proceso cumpla con los indicadores
Controlar y monitorear la implementación	Departamento de operaciones	Cumplir con los parámetros establecidos.	Área de gerencia administrativa	12/07/2018	18/07/2018	6	Conocer la opinión de los trabajadores Conocer la mejora económica

Tabla 29: Matriz 5W-1H del diseño de la propuesta BPM. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Asimismo, se muestra el diagrama de Gantt a seguir para la implementación de la metodología BPM:

Ilustración 58: Diagrama de Gantt del BPM. Elaboración propia.

De esta forma se concluye la presentación del diseño de la propuesta específica para el BPM (Business Process Management), determinando que su desarrollo se realizará en seis pasos fundamentales, tendrá una duración de diecinueve días, se apoyará en el software Bizagi Process Modeler y culminará con el control de los indicadores generados a través de la misma.

A continuación, se procederá con el diseño de la propuesta de investigación, mostrando el segundo diseño específico:

**Caso de éxito 3 (MRP): Improving production planning through finite-capacity
MRP – Material Requirements Planning (Rossi, T. et al, 2016)**

Ilustración 59: Tercer diseño específico de la propuesta de mejora. Fuente: Rossi, T. et al (2016). Elaboración: Propia

A través del tercer caso de éxito se define el diseño específico para la propuesta de mejora de la herramienta MRP (Material Requirements Planning). El diseño propuesto

por la investigación sigue los siguientes pasos:

- Paso 1: En primer lugar, se realiza la proyección de las necesidades de la empresa a través de pronósticos de demanda. Cabe recalcar que este paso no se detalla a fondo, simplemente se trabaja la demanda como una entrada directa al MRP.
- Paso 2: Se identifican los lotes de pedido de la empresa. Estos son también una entrada al MRP, siendo parte de la información de sus proveedores.
- Paso 3: Se elabora el PMS (Plan Maestro de Producción) con la información recabada en los pasos anteriores.
- Paso 4: Se elabora el archivo maestro de inventario (PT's y MP'S). Aquí básicamente se cuantifican y registran los inventarios iniciales de la empresa, a tomar en consideración para el MRP.
- Paso 5: Se elabora la lista de los materiales necesarios para la producción. Esto se esquematiza a través del BOM (Bow of Materials).
- Paso 6: Se elabora el MRP a través de un cuadro de doble entrada, en el cual se detallaban aspectos como requerimientos brutos, requerimientos netos, y órdenes de compra versus semanas.
- Paso 7: Se elabora el resumen de las órdenes de trabajo y órdenes de compra, en donde se detallan únicamente los pedidos netos de trabajo.
- Paso 8: Se empiezan a realizar las órdenes a través de las áreas de producción y de compras, controlando el cumplimiento del resumen del programa de abastecimiento.

A continuación, se mostrará la matriz 5W-1H para el diseño de la propuesta MRP (Material Requirements Planning):

PLAN DE ACCIÓN		Plan de implementación del MRP (Material Requirements Planning)					
OBJETIVO		Determinar la cantidad y fecha de los componentes a necesitar en el Proyecto					
Empresa: Diarco Energía y Construcción S.A.C.		Responsable: Jefe de compras			Fecha: 29/06/2018		
QUÉ	QUIÉN	POR QUÉ	DÓNDE	CUÁNDO		CÓMO	
				Fecha Inicio	Fecha Fin	Pasos	Actividades
Elaborar la lista de materiales a usar	Administración de obra	Conocer todos los materiales a usar a lo largo del proyecto	Departamento de operaciones	11/06/2018	13/06/2018	1	Listar todos los materiales a requerir Establecer la fechas para los materiales
Realizar análisis ABC	Administración de obra	Para implementar la metodología a los materiales más representativas	Departamento de operaciones	13/06/2018	14/06/2018	2	Conocer las cantidades y precios de los materiales Identificar los materiales tipo A Conocer los materiales tipo A
Elaborar gozinto con materiales primarios	Jefatura de compras	Esquematar los requerimientos de materiales	Departamento administrativo	14/06/2018	15/06/2018	3	Establecer las cantidades de materiales por estructura Conocer el LT de los materiales
Desarrollar MRP	Jefatura de compras	Optimizar los tiempos de entrega de cada pedido y no se presenten tiempos muertos	Departamento administrativo	15/06/2018	19/06/2018	4	Programar las cantidades exactas para las fechas programadas
Elaborar el programa de abastecimiento	Jefatura de compras	Resumir lo desarrollado en el MRP y se mejore el flujo de información	Departamento administrativo	19/06/2018	21/06/2018	5	Definir fechas para ordenes de compra y pedido Mostrar fechas y cantidades para el abastecimiento
Capacitación a los trabajadores	Jefatura de compras	Promover el conocimiento de la nueva metodología y su correcto uso	Departamento administrativo	21/06/2018	22/06/2018	6	Charlas Presentaciones Seguimiento del nuevo proceso
Establecer indicadores de medición y control	Jefatura de compras	Realizar seguimiento a la propuesta de mejora	Departamento administrativo	21/06/2018	23/06/2018	7	Evaluar indicadores actuales Establecer indicadores esperados

Tabla 30: Matriz 5W-1H del diseño de la propuesta MRP. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Asimismo, se muestra el diagrama de Gantt a seguir para la implementación de la herramienta Material Requirements Planning (MRP).

Ilustración 60: Diagrama de Gantt del MRP. Elaboración propia.

De esta forma se concluye el diseño de la herramienta MRP, determinando que se realizará a través de siete pasos, con una duración de doce días y culminará con el seguimiento de los indicadores planteados a través de la misma.

Finalmente, se definirá el diseño de la propuesta PERT-CPM a través del esquema planteado de manera similar por los casos de éxito descritos. El diseño propuesto consta de los siguientes pasos, los cuales se detallarán a continuación:

Caso de éxito 4 y 5 (PERT-CPM): Resource-constrained Project scheduling: a case study (Hongze Ma, 2013) y An approach to realizing process control for underground mining operations of mobile machines (Shong Z., 2015)

Ilustración 61: Cuarto diseño específico de la propuesta de mejora. Fuente: Shong, Z. et al (2015). Elaboración: Propia

- Paso 1: En primer lugar, se identificaron las actividades relacionadas a los Proyectos descritos en las investigaciones respectivas. Para esto fue importante definir el alcance de los mismos. En esta parte se sugiere dividir el Proyecto por etapas o fases, y de ser posible, por partidas.

- Paso 2: Luego, se define la duración de dichas actividades asociadas, a través de fórmulas estadísticas y el juicio y experiencia de los expertos de la empresa. Primero se definen duraciones pesimistas, medias y optimistas a través del juicio de expertos, y luego se obtienen duraciones promedio a través del uso de fórmulas estadísticas.
- Paso 3: Una vez determinada la duración de las actividades, se interrelacionan en busca de una secuencia lógica de precedencia. Aquí se deben interrelacionar todas y cada una de las actividades, identificando un inicio y un fin de las actividades. Aquí es donde se materializa la “red de precedencias”, a través de nodos característicos con cuatro divisiones.
- Paso 4: Una vez realizada la red de precedencias, se identifica la ruta crítica, y a través de esta la duración óptima propuesta por la herramienta. Es importante realizar el contraste de la duración estimada del Proyecto sin PERT-CPM y la calculada a través de la metodología.
- Paso 5: Finalmente, se realiza la programación final. Cabe recalcar que esta herramienta puede estar ligada a la programación lineal a través de algoritmos matemáticos. Esto se puede realizar a través del software Lingo.

A continuación, se mostrará la matriz 5W-1H para el diseño de la propuesta PERT-CPM:

PLAN DE ACCIÓN		Plan de implementación de PERT- CPM (Project Evaluation and Review Techniques and Critical Path Method)					
OBJETIVO		Determinar la duración del proyecto, donde cada actividad presenta un tiempo estimado.					
Empresa: Diarco Energía y Construcción S.A.C.		Responsable: Planner de obra		Fecha:		29/06/2018	
QUÉ	QUIÉN	POR QUÉ	DÓNDE	CUÁNDO		CÓMO	
				Fecha Inicio	Fecha Fin	Pasos	Actividades
Definir actividades	Planner de obra	Agilizar las partidas del proyecto.	Oficina técnica	04/06/2018	04/06/2018	1	Realizar el diagrama de tareas Conocer el tiempo estimado del proyecto
Definir recursos del proyecto	Ingeniero residente	Conocer los materiales que se utilizarán en el proyecto.	Oficina en obra	05/06/2018	06/06/2018	2	Definición de responsables Definición de disponibilidad Definir cantidades necesarias Conocer los materiales del proyecto
Estimar las duraciones de las tareas	Planner de obra	Conocer el tiempo de actividades con holguras.	Oficina técnica	05/06/2018	05/06/2018	3	Definir la maquinaria a usar Conocer tiempos necesarios para las actividades Estudiar holguras Eliminar suposiciones
Definir relaciones entre actividades	Planner de obra	Conocer las actividades críticas	Oficina técnica	06/06/2018	07/06/2018	4	Establecer precedencias Conocer diagrama de red Indicar el tipo de relación
Elaborar programación final	Planner de obra	Tener un panorama general del proyecto	Oficina técnica	07/06/2018	09/06/2018	5	Elaborar con el software Project Establecer indicadores actuales
Establecer indicadores	Planner de obra	Controlar las mejoras implementadas	Oficina técnica	09/08/2018	11/08/2018	6	Establecer indicadores esperados Comparar avance

Tabla 31: Matriz 5W-1H del diseño de la propuesta PERT-CPM. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Asimismo, se muestra el diagrama de Gantt a seguir para la implementación de la herramienta PERT-CPM.

Ilustración 62: Diagrama de Gantt del PERT-CPM. Elaboración propia.

De esta manera se concluye con el diseño de la propuesta PERT-CPM, determinando que se realizará a través de seis pasos, tendrá una duración de aproximadamente 35 días entre ejecución y seguimiento y culminará con el establecimiento de indicadores, para poder así recopilar la información del Proyecto sobre el cual se trabajó.

3.4. Desarrollo de la propuesta

En este apartado se realizará el despliegue detallado de las herramientas PERT-CPM, MRP y BPM propuestas en la investigación, planteando así los resultados teóricos que se contrastarán con los resultados obtenidos hasta la actualidad por la empresa, en su desarrollo a lo largo del periodo utilizado para el diagnóstico (2016-2017).

Al tratarse de una empresa constructora que trabaja por proyectos, es importante definir de manera preliminar el contexto en donde se realizará la implementación, para lo cual se describirán las características generales de la obra sobre la cual se efectuarán las propuestas de mejora. A continuación, se mostrará la siguiente tabla:

Descripción del Proyecto		
Área del terreno	200 m2	
Área a construir	120m2	
Características generales	Edificación de vivienda	
	01 pisos	
	03 habitaciones	
Costos estimados	S/. 150,000.00 MAT	
	S/. 40,000.00 MO	S/. 200,000.00
	S/. 10,000.00 EQ	
Alcance por etapas y tiempo estimado	Movimiento de tierras	
	Cimentación	80 días
	Construcción	
	Acabados	

Tabla 32: Características generales del Proyecto donde se realizará la implementación.
Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

De esta manera se concluye que el proyecto constará de cuatro etapas básicas entre movimiento de tierras, cimentación, construcción y acabados, cuenta con un tiempo estimado de 80 días de duración y con un costo estimado de S/. 200,000.00. Cabe recalcar que esta información fue proporcionada por la empresa Diarco Energía y Construcción S.A. y toma como base de estimación proyectos de similares condiciones realizados durante el periodo 2016-2017.

3.4.1. Implementación de PERT-CPM

Para la implementación de la herramienta PERT-CPM, se tomará como base el diseño propuesto por la literatura en el apartado anterior. Esta herramienta va orientada hacia la causa raíz de “planificación inexacta” y hacia el efecto de “aumento de días no planificados” identificados en el capítulo de diagnóstico y relacionados de manera esquemática en el árbol de problemas.

En primer lugar, se identificaron las actividades relacionadas al proyecto, que son las asociadas a las etapas de movimiento de tierras, cimentación, construcción y acabado. Luego se enlistaron e identificaron las precedencias de cada actividad, así como el inicio y fin de las actividades. Después, se determinaron los tiempos optimistas, probables y pesimistas, con ayuda del juicio de expertos en la empresa y tomando como base la experiencia de proyectos con características similares realizados anteriormente. Como cuarto paso se calcularon los tiempos promedios y las varianzas asociadas a cada actividad, a través de las siguientes fórmulas estadísticas:

$$Tp = \frac{o + 4m + p}{6}$$
$$\delta^2 = \left(\frac{p - o}{6}\right)^2$$

Donde

Tp_i : Tiempo promedio de la actividad i

o_i : Tiempo optimista determinado para la actividad i

m_i : Tiempo medio determinado para la actividad i

p_i : Tiempo pesimista determinado para la actividad i

σ_i : Desviación estándar de la actividad i

A continuación, se mostrará el cuadro resumen de los pasos descritos anteriormente:

ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN	PRECEDENCIA	DURACIÓN (DÍAS)				
			OPTIMISTA	PROBABLE	PESIMISTA	PROMEDIO	VARIANZA
A	Limpieza de terreno y trazo	-	1	2	3	2.000	0.111
B	Excavación de zanjas	A	1	2	3	2.000	0.111
C	Cimentación	B	2	2.5	5.5	2.917	0.340
D	Cadena de desplante	C	1.5	2.5	6	2.917	0.563
E	Armado de columnas	C	1	2	5	2.333	0.444
F	Construcción de muros	D,E	8	12	16	12.000	1.778
G	Encofrado de columnas	F	1	2	3	2.000	0.111
H	Vaciado de columnas	G	2	2	8	3.000	1.000
I	Armado de vigas	H	2	3.5	8	4.000	1.000
J	Techado	I	5	9	13	9.000	1.778
K	Tarrajeo de muros	H	1.5	6.5	9	6.083	1.563
L	Tarrajeo de cielo raso	J	4	4	10	5.000	1.000
M	Instalaciones sanitarias	K,L	2	2	8	3.000	1.000
N	Instalaciones eléctricas	K,L	5	7	9	7.000	0.444
O	Acabado de superficie	M,N	2	5	8	5.000	1.000
P	Pintura interior	O	4	4	10	5.000	1.000
Q	Pintura exterior	O	2	6	10	6.000	1.778
Total			45	74	135	80 días	15

Tabla 33: Tabla de actividades, precedencias y duraciones PERT-CPM. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Una vez definida la tabla de relación de actividades, precedencias y duraciones asociadas a la herramienta PERT-CPM, se determina que existe un total de diecisiete actividades y veintidós precedencias asociadas al Proyecto. Asimismo, se determina que la duración optimista, media y pesimista del Proyecto es de 45, 74 y 135 días, siendo el tiempo calculado a través de las fórmulas estadísticas descritas de 80 días de duración, con una varianza de 15 días.

Como paso final en la implementación de la herramienta, se realizará el diagrama de redes del Proyecto, a través de la cual se determinará la ruta crítica de actividades y la duración óptima del mismo sugerido por la herramienta PERT-CPM. El diagrama de redes asocia de manera esquemática lo descrito en la tabla anterior, y permite identificar las holguras de las actividades y las diferentes rutas de actividades que se pueden seguir en el Proyecto. A continuación, se mostrará el diagrama en mención:

Ilustración 63: Diagrama de redes PERT-CPM del Proyecto. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Ruta crítica	A-B-C-D-F-G-H-I-J-L-N-O-Q
Duración óptima	63 días

Tabla 34: Ruta crítica y duración óptima PERT-CPM del Proyecto. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

A través del diagrama de redes PERT-CPM mostrado, se define la ruta crítica mostrada en la tabla anterior y la duración óptima del Proyecto, que es de 63 días. Dentro de las actividades que definen la ruta crítica encontramos: A (Limpieza de terreno y trazo), B (Excavación de zanjas), C (Cimentación), D (Cadena de desplante), F (Construcción de muros), G (Encofrado de columnas), H (Vaciado de columnas), I (Armado de vigas), J (Techado), L (Tarrajeo de cielo raso), N (Instalaciones eléctricas), O (Acabado de superficie) y Q (Pintura exterior). Este resultado obtenido a través de la herramienta en mención sugiere que, si las actividades asociadas a la ruta crítica son realizadas y controladas de manera adecuada, el tiempo óptimo calculado sería factible.

Es importante tener en consideración que las actividades E (armado de columnas), K (tarrajeo de muros), M (instalaciones sanitarias) y P (pintura interior) también son importantes en el desarrollo del Proyecto, pero poseen una holgura entre su inicio y fin planificado de una, ocho, tres y cinco días respectivamente. Estas actividades se deben tener en consideración dado que presentan oportunidades de mejora adicionales a lo planteado por la herramienta, pudiéndose aminorar los costos asociados a estas actividades tomando en consideración sus holguras, dado que se identifica que se pueden realizar en un mayor lapso de tiempo implicando menos mano de obra y, por ende, menores costos. Cabe recalcar que estos factores económicos serán detallados más adelante, en el apartado de resultados teóricos.

Finalmente, se define que para la aplicación de esta herramienta nos apoyamos en el software Microsoft Project, sobre el cual plasmamos el diagrama de redes PERT-CPM, anterior:

Ilustración 64: Cronograma de proyecto piloto con la implementación de la herramienta PERT-CPM. Elaboración: propia

3.4.2. Implementación del Material Resource Planning (MRP)

Para la implementación de la herramienta MRP, se tomará como base el diseño propuesto por la literatura en el apartado anterior. Esta herramienta va orientada hacia la causa raíz de “planificación inexacta” y hacia el efecto de “aumento en el pedido de materiales” identificados en el capítulo de diagnóstico y relacionados de manera esquemática en el árbol de problemas.

En primer lugar, se identifican los materiales asociados al Proyecto en el que se realizará la implementación. Luego, se enlistan y se relacionan con sus respectivas unidades de medida, cantidad requerida, precio unitario, precio total, porcentajes relativos y porcentajes acumulados. Después, se procede a realizar el análisis ABC de materiales de manera estratégica, para así poder identificar los materiales más relevantes en el Proyecto en el que se realizará la implementación. Esto se realiza dado que en el sector de la construcción la cantidad de ítems (materiales) involucrados en las diferentes obras es vasta, de la cual gran parte tiene poca relevancia económica. A continuación, se mostrará el resumen de los pasos descritos a través del cuadro de análisis detallado del ABC:

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Precio total (S/.)	% Relativo	% Acumulado	Categoría
Acero de refuerzo de 1/2"	Varillas	1086	28.03	30440.58	20.30%	20.30%	A
Acero de refuerzo de 5/8"	Varillas	657	42	27594	18.40%	38.70%	A
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	Bolsas	942	17.5	16485	10.99%	49.69%	A
Ladrillo de arcilla King Kong 18 huecos	Unidades	22320	0.62	13838.4	9.23%	58.92%	A
Acero de refuerzo de 3/8"	Varillas	753	15.73	11844.69	7.90%	66.82%	A
Arena fina	m3	143	44.9	6420.7	4.28%	71.10%	A
Piedra chancada de 1/2"	m3	109	60.9	6638.1	4.43%	75.53%	A
Otros	-	-		36695.13	24.47%	100.00%	B/C
Total				149956.6	100%		

Ilustración 65: Análisis ABC de los materiales asociados al Proyecto de implementación de la propuesta MRP. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Ilustración 66: Imágenes referenciales de los materiales de categoría A asociados al Proyecto. Fuente: Google Images

A través del análisis ABC realizado se identificaron los materiales más relevantes económicamente asociados al Proyecto en el que se realizará la implementación, que son los distintos tipos de acero, el cemento, ladrillos y agregados del concreto como arena fina y piedra chancada. Una vez definidos estos ítems de categoría A que representan el 75,53% del costo total de materiales, se procede a realizar el MRP (Ver **Anexo 13**) de manera detallada, asociando a los materiales identificados con su demanda bruta, recepción pendiente, disponibilidad, requerimientos netos, recepciones planificados y las cantidades de emisión de orden de compra. Asimismo, se relacionan los materiales con su lead time de aprovisionamiento asociados a los proveedores, su stock inicial y stock de seguridad.

Finalmente, se realiza el resumen del despliegue del MRP a través del “Programa de Abastecimiento de Ítems MRP de categoría A”. En este programa se detallan las fechas de pedido, actividades, acciones, ítems, cantidades de pedido, unidades de medida y fechas de entrega programadas. Cabe recalcar que dentro de la nomenclatura usada en el programa se define que:

Pi: Pedido a realizar i días antes del comienzo del Proyecto

Ci: Fecha de entrega planificada i días después del inicio del Proyecto

Definido esto, se procede a mostrar el Programa de Abastecimiento en mención:

Fecha de pedido	Actividad	Acción	Ítem	Cantidad	Unidad de de Medida	Fecha de entrega
P2	Comprar	Orden de compra (O/C)	Acero de refuerzo de 1/2"	420	var	C1
P2	Comprar	Orden de compra (O/C)	Acero de refuerzo de 5/8"	290	var	C1
P2	Comprar	Orden de compra (O/C)	Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	450	bol	C1
P1	Comprar	Orden de compra (O/C)	Acero de refuerzo de 3/8"	350	var	C1
P1	Comprar	Orden de compra (O/C)	Arena fina	90	m3	C1
P0	Comprar	Orden de compra (O/C)	Ladrillo de arcilla king kong 18 huecos	4000	und	C1
P1	Comprar	Orden de compra (O/C)	Piedra chancada 1/2"	50	m3	C1
C3	Comprar	Orden de compra (O/C)	Acero de refuerzo de 5/8"	225	var	C6
C3	Comprar	Orden de compra (O/C)	Ladrillo de arcilla king kong 18 huecos	3000	und	C6
C4	Comprar	Orden de compra (O/C)	Acero de refuerzo de 1/2"	420	var	C7
C4	Comprar	Orden de compra (O/C)	Acero de refuerzo de 3/8"	253	var	C6
C4	Comprar	Orden de compra (O/C)	Piedra chancada 1/2"	20	m3	C5
C6	Comprar	Orden de compra (O/C)	Ladrillo de arcilla king kong 18 huecos	2000	und	C9
C8	Comprar	Orden de compra (O/C)	Arena fina	13	m3	C10
C9	Comprar	Orden de compra (O/C)	Ladrillo de arcilla king kong 18 huecos	2000	und	C12
C10	Comprar	Orden de compra (O/C)	Acero de refuerzo de 5/8"	142	var	C13
C10	Comprar	Orden de compra (O/C)	Piedra chancada 1/2"	20	m3	C11
C11	Comprar	Orden de compra (O/C)	Acero de refuerzo de 1/2"	123	var	C14
C11	Comprar	Orden de compra (O/C)	Acero de refuerzo de 3/8"	150	var	C13
C13	Comprar	Orden de compra (O/C)	Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	242	bol	C16
C13	Comprar	Orden de compra (O/C)	Ladrillo de arcilla king kong 18 huecos	8000	und	C16
C15	Comprar	Orden de compra (O/C)	Acero de refuerzo de 1/2"	123	var	C18
C18	Comprar	Orden de compra (O/C)	Ladrillo de arcilla king kong 18 huecos	1320	und	C21
C19	Comprar	Orden de compra (O/C)	Arena fina	40	m3	C21
C20	Comprar	Orden de compra (O/C)	Piedra chancada 1/2"	19	m3	C21

Ilustración 67: Programa de Abastecimiento de ítems MRP de categoría A. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

A través del Programa de Abastecimiento de Ítems MRP de categoría A, se define que existen un total de veinticinco órdenes de compra de los distintos materiales identificados en un horizonte de veinticinco días, tomando inicio hasta cuatro días previos al inicio del Proyecto. Cabe recalcar que los requerimientos semana a semana planteados en el MRP fueron trabajados con información de la empresa, estando ligados a la secuencia de actividades descritas en la herramienta PERT-CPM, definiendo así que estas trabajan de manera sinérgica y se complementa una con otra.

Se concluye que las órdenes de compra de los materiales más representativos para la empresa en el contexto de implementación definido se dan en los primeros veintiún días de iniciado el Proyecto, de las cuales algunas se deben realizar cuatro días previos al inicio del mismo. Este programa de abastecimiento toma como periodos de espera el lead times de aprovisionamiento prometidos por los proveedores actuales de la empresa, y asume que el lead times de pedido del proceso interno de compras estarán dentro de lo planificado. Cabe recalcar que sin este supuesto el programa de abastecimiento podría sufrir contratiempos e incluso desfasarse ampliamente de la planificación propuesta, es por esto que esta herramienta de MRP se complementa sinérgicamente con la propuesta BPM, mostrada en el siguiente apartado.

Finalmente, se determina el uso de una macro con lenguaje *Visual Basic For Applications* (VBA) apoyada en el software Microsoft Excel, la cual solicita los requerimientos iniciales en cada semana del proyecto para poder programar de forma automática los abastecimientos. La aplicación de esta herramienta será fundamental si la empresa decide aplicar la propuesta de mejora en todos sus proyectos en adelante, de manera que automatiza las entradas (Ver **Anexo 14**, **Anexo 15**, **Anexo 16** y **Anexo 17**).

3.4.3. Implementación de Business Process Management (BPM)

Para la implementación de la herramienta BPM, se tomará como base el diseño propuesto por la literatura en el apartado anterior. Esta herramienta va orientada hacia las causas raíz de “inadecuado procedimiento para la solicitud de materiales” e “inadecuado procedimiento para documentar y realizar el control en obra” y hacia el efecto de “aumento en el pedido de materiales” y “aumento de horas no planificadas” identificados en el capítulo de diagnóstico y relacionados de manera esquemática en el árbol de problemas.

Para esta implementación es necesario definir de manera previa al despliegue que la metodología sugiere trabajar desde el análisis general de la organización hasta lo más específico, y de igual manera para el trabajo de las propuestas. Asimismo, es necesario definir que esta implementación se divide en la definición del estado “AS IS” de la empresa y del “TO BE”, que vendría a ser el desarrollo de la propuesta propiamente dicha.

Definido esto, el primer paso de la implementación describe el funcionamiento general de la empresa a través del contraste de la estructura organizacional actual versus la estructura propuesta. A continuación, se mostrará el contraste descrito:

Ilustración 68: Estructura organizacional actual de la empresa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

A través de la estructura actual de la empresa, se procede a definir una estructura propuesta, basada en buenas prácticas organizacionales y en la adaptabilidad a la empresa:

Ilustración 69: Estructura organizacional propuesta de la empresa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Una vez definida la estructura organizacional actual y propuesta para la empresa, se realiza el despliegue de sus macroprocesos a través del Mapa de Procesos:

Ilustración 70: Mapa de macroprocesos actual de la empresa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Una vez definido el Mapa de Procesos actual, se establece un mapa propuesto:

Ilustración 71: Mapa de macroprocesos propuesto de la empresa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Continuando con el despliegue del BPM, se realiza la explosión de los macroprocesos a través del árbol de subprocesos actual de la empresa, el cual se muestra a continuación:

PROCESOS OPERATIVOS

Ilustración 72: Despliegue de subprocesos actual de la empresa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Una vez desplegado el árbol de subprocesos actual en la empresa, se establece el árbol propuesto:

PROCESOS OPERATIVOS

Ilustración 73: Despliegue de subprocesos propuesto de la empresa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Con el árbol de subprocesos propuesto, se busca que la empresa tenga un mejor flujo de procesos y pueda realizar sus actividades de manera más ágil, reduciendo al mínimo las actividades que no generan valor al proceso. Esta propuesta toma como base buenas prácticas de trabajo, adaptadas al contexto de la empresa y desplegadas con mayor detalle a través del desarrollo de la investigación.

Esta implementación se apoyará en el software Bizagi Process Modeler, por lo cual se trasladará el árbol de subprocesos a un flujograma descrito bajo la notación BPMN con procesos anidados. El objetivo principal de elaborar el diagrama de flujo es para mejorar la documentación y representar de manera diagramática la secuencia de operaciones que se realizan en la empresa actualmente y la propuesta de mejora por parte de los autores. Cabe recalcar, que inicialmente se muestra un diagrama de flujo anidado para posterior mostrar el flujograma de cada proceso a detalle, se busca presentar de manera clara y directa las actividades de la empresa. El flujograma se

muestra

a

continuación:

Ilustración 74: Despliegue de subprocessos operativos anidados actuales de la empresa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Ilustración 75: Despliegue de subprocesos operativos anidados propuesto de la empresa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.
Elaboración: Propia

Del despliegue de subprocessos operativos propuestos, se define que se rediseñarán y detallarán los procesos de (1) planificación técnica (2) planificación operativa (3) emisión de órdenes de compra y (4) planificación de compras. A cada flujograma BPMN asociado a los procesos mencionados, se le asociarán los diferentes anexos:

- Fichas de procedimientos
- Diagramas SIPOC (Supplier-Input-Process-Output-Control)
- Fichas de indicadores
- Matrices AVA (Análisis de Valor Agregado)

En primer lugar, se realizará el despliegue del proceso de (1) planificación técnica:

Ilustración 76: Flujograma BPMN del proceso de planificación técnica actual. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Ilustración 77: Flujograma BPMN del proceso de planificación técnica propuesto. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Una vez realizado el contraste entre el proceso de planificación técnica actual y el propuesto, se procede a realizar el despliegue del flujograma propuesto a través de su respectiva ficha de procedimiento (Ver **Anexo 18**), diagrama SIPOC asociado (Ver **Anexo 19**) y fichas de indicadores asociadas (Ver **Anexo 20**, **Anexo 21**, **Anexo 22**).

Además, como se mencionó en el capítulo II, se procede a analizar la importancia de las actividades del proceso, asignando la clasificación VA, para las actividades con valor agregado al cliente; NNVA, para el valor agregado al proceso y NVA, para las que no agregan valor. Finalmente, se procede a realizar el análisis de valor agregado a través de la matriz AVA asociada (Ver **Anexo 23**, **Anexo 24**), del cual se obtiene lo siguiente:

	Tiempo del proceso (hr)	VA	NNVA	NVA
Actual	17.282	9%	82%	9%
Proyectado	12.282	11%	89%	0%
Optimización	5.000	2%	7%	9%
Porcentaje	29%	22%	9%	100%

Tabla 35: Análisis de valor agregado de propuesta de planificación técnica. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Se concluye que el proceso de planificación técnica actual en la empresa presenta un tiempo en horas de 17.282, y con el proceso propuesto se busca reducir un 29% a un total de 12.282 horas, incrementando en 22% el valor añadido al cliente (VA) y en 9% el valor añadido al proceso (NNVA). Asimismo, se busca reducir en 100% las actividades que no añaden valor.

De la misma manera, se continuará con el despliegue del proceso de (2) planificación operativa:

Ilustración 78: Flujograma BPMN del proceso de planificación operativa actual. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Ilustración 79: Flujograma BPMN del proceso de planificación operativa propuesto. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Una vez realizado el contraste entre el proceso de planificación operativa actual y el propuesto, se procede a realizar el despliegue del flujograma propuesto a través de su respectiva ficha de procedimiento (Ver **Anexo 25**), diagrama SIPOC asociado (Ver **Anexo 26**) y fichas de indicadores asociadas (Ver **Anexo 27**, **Anexo 28**).

Finalmente, se procede a realizar el análisis de valor agregado a través de la matriz AVA asociada (Ver **Anexo 29**, **Anexo 30**), del cual se obtiene lo siguiente:

	Tiempo del proceso (hr)	VA	NNVA	NVA
Actual	17,315	9%	73%	18%
Proyectado	10,482	11%	89%	0%
Optimización	6,833	2%	16%	-18%
Porcentaje	39%	22%	22%	0%

Tabla 36: Análisis de valor agregado de propuesta de planificación operativa. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Se concluye que el proceso de planificación operativa actual en la empresa presenta un tiempo en horas de 17.315, y con el proceso propuesto se busca reducir un 39% a un total de 10.482 horas, incrementando en 22% el valor añadido al cliente (VA) y aumentando en 22% el valor añadido al proceso (NNVA).

De la misma manera, se continuará con el despliegue del proceso de (3) emisión de órdenes de compra:

Ilustración 80: Flujograma BPMN del proceso de emisión de órdenes de compra actual. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.
Elaboración: Propia

Ilustración 81: Flujograma BPMN del proceso de emisión de órdenes de compra propuesto. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.
Elaboración: Propia

Una vez realizado el contraste entre el proceso de emisión de órdenes de compra actual y el propuesto, se procede a realizar el despliegue del flujograma propuesto a través de su respectiva ficha de procedimiento (Ver **Anexo 31**), diagrama SIPOC asociado (Ver **Anexo 32**) y fichas de indicadores asociadas (Ver **Anexo 33**, **Anexo 34**).

Finalmente, se procede a realizar el análisis de valor agregado a través de la matriz AVA asociada (Ver **Anexo 35**, **Anexo 36**), del cual se obtiene lo siguiente:

	Tiempo del proceso (hr)	VA	NNVA	NVA
Actual	12.732	0%	67%	33%
Proyectado	3.583	0%	100%	0%
Optimización	9.149	0%	33%	33%
Porcentaje	72%	-	50%	100%

Tabla 37: Análisis de valor agregado de propuesta de emisión de órdenes de compra.
Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Se concluye que el proceso de planificación técnica actual en la empresa presenta un tiempo en horas de 12.732, y con el proceso propuesto se busca reducir un 72% a un total de 3.583 horas, incrementando en 50% el valor añadido al proceso (NNVA). Asimismo, se busca reducir en 100% las actividades que no añaden valor. Cabe recalcar que este proceso de emisión de órdenes de compra es crucial para la implementación, dado que es un proceso repetitivo, incrementando el impacto de la optimización planteada.

Finalmente, se continuará con el despliegue del proceso propuesto de (4) planificación de compras:

Ilustración 82: Flujograma BPMN del proceso de planificación de compras propuesto. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

Una vez definido el proceso propuesto, se procede a realizar el despliegue del flujograma a través de su respectiva ficha de procedimiento (Ver **Anexo 37**), diagrama SIPOC asociado (Ver **Anexo 38**) y fichas de indicadores asociadas (Ver **Anexo 39**, **Anexo 40**).

Finalmente, se procede a realizar el análisis de valor agregado a través de la matriz AVA asociada (Ver **Anexo 41**), del cual se obtiene lo siguiente:

	Tiempo del proceso (hr)	VA	NNVA	NVA
Actual	6.732	0%	100%	0%

Tabla 38: Análisis de valor agregado de propuesta de planificación de compras. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A. Elaboración: Propia

De esta manera se define que el proceso propuesto tendrá una duración de 6.732 horas, con un 100% de actividades que añaden valor al proceso.

Concluyendo con la implementación de la propuesta BPM, se define que el impacto de esta herramienta se da principalmente por el ahorro de horas-hombre a lo largo de su flujo de trabajo a través de la eliminación de actividades que no añaden valor ni al proceso ni al cliente o de la agrupación de actividades redundantes o identificadas como inadecuadas.

Más adelante se mostrará el resumen de los resultados teóricos esperados con la implementación de la herramienta en los cuatro procesos descritos, así como su impacto económico asociado. De esta manera se concluye con el desarrollo de las herramientas a implementar y se procede a definir los indicadores asociados a la propuesta de investigación en el siguiente apartado.

3.4.4. Indicadores semáforo

A continuación, se mostrarán los indicadores asociados a la propuesta de investigación, describiendo la situación actual y la proyección de los mismos:

Indicador	Und.	Nivel			Valor actual	Valor proyectado
		Rojo	Amarillo	Verde		
Eficiencia en la elaboración del metrado	%	<70%	70 - 85%	>85%	70%	90%
Eficiencia en el costeo de partidas	%	<60%	60 - 90%	>90%	55%	90%
Eficiencia en el presupuesto de materiales	%	<70%	70 - 85%	>85%	65%	90%
Eficiencia en la elaboración de diagrama de Gantt	%	<75%	75 - 90%	>90%	70%	95%
Eficiencia en la programación de actividades.	%	<70%	70 - 87%	>87%	85%	95%
Eficiencia en la solicitud de materiales	%	<70%	75 - 85%	>85%	68%	90%
Lead time de emisión de O/C	%	<65%	65 - 85%	>85%	75%	90%
Lead Time de aprovisionamiento	%	<85%	85 - 95%	>95%	80%	95%
Eficiencia en la elaboración del MRP (Material Resource Planning)	%	<70%	70 - 85%	>85%	65%	90%
Índice de rendimiento de costo	%	<75%	70 - 85%	>85%	83%	95%
Índice de rendimiento de programación	%	<75%	75 - 90%	>90%	88%	95%

Ilustración 83: Indicadores semáforo de la propuesta de investigación. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.

De esta tabla se concluye que los valores de los indicadores actuales de la empresa se encuentran en un nivel bajo, y se busca optimizarlos hasta un nivel positivo

(indicadores en verde) dentro de los rangos descritos. Cabe recalcar que estas son proyecciones, y podrían sufrir variaciones dependiendo del desempeño del proceso de implementación. De la lista de indicadores mostrada, los más representativos son el índice de rendimiento de costo y el índice de rendimiento de programación, estos evaluarán todo el desempeño de los trabajadores en cada proyecto. En primer lugar, el índice de rendimiento de costo mide la eficacia financiera de un proyecto al dividir el costo presupuestado por el costo real. En segundo lugar, se encuentra el índice de rendimiento de programación el cual mide la eficiencia de la planificación. Actualmente, estos indicadores se encuentran descuidados, lo que generan los excesivos sobrecostos operativos, por ello, mediante la propuesta de mejora se busca optimizarlos.

3.4.5. Costo total de la implementación

En este apartado se describirán los costos implicados en la implementación de las herramientas BPM, PERT-CPM y MRP. A continuación, se detallarán los mismos:

- Costo de implementación BPM

Costos de implementación BPM				
Recurso	Unidad	Costo/unidad	Cantidad	Costo total
Apple iPad Wi-Fi 32 GB Gris Espacial (MR7F2CL/A)	und	S/. 1,799.00	5	S/. 8,995.00
Dell Notebook 15.6" Intel Core i7 8 GB 1 TB	und	S/. 3,399.00	3	S/. 10,197.00
Membresía de aumento de velocidad de red en oficinas	mes	S/. 130.00	6	S/. 780.00
Capacitación de supervisor de obra	hr	S/. 35.00	45	S/. 1,575.00
Capacitación de administrador de obra	hr	S/. 35.00	45	S/. 1,575.00
Capacitación de capataz de obra	hr	S/. 25.00	45	S/. 1,125.00
Capacitación de jefe de compras	hr	S/. 35.00	45	S/. 1,575.00
Costo de oportunidad de capacitaciones	hr	S/. 65.00	180	S/. 11,700.00
Útiles diversos de oficina adicionales (papel, papelógrafos, otros)	mes	S/. 50.00	6	S/. 300.00
Juego de protectores de iPads/laptops, mouses, pads, cubrepantallas	und	S/. 230.00	6	S/. 1,380.00
Costo total de la implementación				S/. 39,202.00

Tabla 39: Costos de implementación de propuesta BPM. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.

- Costo de implementación PERT-CPM/MRP

Costos de implementación MRP/PERT-CPM				
Recurso	Unidad	Costo/unidad	Cantidad	Costo total
Apple iPad Wi-Fi 32 GB Gris Espacial (MR7F2CL/A)	und	S/. 1,799.00	3	S/. 5,397.00
Dell Notebook 15.6" Intel Core i7 8 GB 1 TB	und	S/. 3,399.00	2	S/. 6,798.00
Capacitación de planner de obra	hr	S/. 25.00	60	S/. 1,500.00
Capacitación de técnico de materiales	hr	S/. 22.50	60	S/. 1,350.00
Costo de oportunidad capacitaciones	hr	S/. 65.00	120	S/. 7,800.00
Útiles diversos de oficina adicionales (papel, papelógrafos, otros)	mes	S/. 50.00	6	S/. 300.00
Juego de protectores de iPads/laptops, mouses, pads, cubrepantallas	und	S/. 230.00	3	S/. 690.00
Costo total de la implementación				S/. 23,835.00

Tabla 40: Costos de implementación de propuesta PERT-CPM y MRP. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.

Se concluye que los costos totales asociados a la implementación de las propuestas en la investigación ascienden a un monto de **S/. 63,037.00**, y constan específicamente de capacitaciones propuestas para el personal de staff de la rama operativa de la empresa constructora Diarco Energía y Construcción S.A., equipos electrónicos, útiles de oficina y membresías de banda ancha. Asimismo, en la evaluación de costos se contemplaron los cambios en la estructura organizacional propuesta, pero no fueron considerados directamente dentro del piloto realizado como medio de validación porque los tesisistas asumimos los nuevos roles requeridos. También, se evaluó dentro del “costo de oportunidad de capacitaciones” el curso brindado para los nuevos puestos. Cabe resaltar que los montos asociados a las diferentes propuestas pueden variar con el desarrollo de la implementación, pero se determina que dichas variaciones serían mínimas en comparación al monto total.

3.4.6. Resultados teóricos

En este apartado se describirán los resultados teóricos esperados con la implementación de las propuestas en variables como reducción de horas, días o materiales, así como su costo asociado a las mejoras esperadas y su costo de oportunidad perdida. A continuación, el detalle por herramienta:

- Resultados teóricos BPM

Los resultados teóricos del BPM se obtienen a través del resumen del Análisis de Valor Agregado (AVA) realizado a cada proceso optimizado a través de los BPMN Workflows propuestos y su despliegue. Estas propuestas impactan en la reducción de horas de trabajo por proceso y al costo de oportunidad de dichas horas, detallándose a continuación:

Proceso	Cantidad	Actual (h-h)	Proyectado (h-h)
1. Planificación técnica	1	17.282	12.282
2. Planificación operativa	1	17.315	10.482
3. Emisión de órdenes de compra	25	318.3	89.575
4. Planificación de compras	1	-	6.732
Total		352.897	119.071
Reducción		233.826	66%

Tabla 41: Resultados teóricos de la herramienta BPM. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.

De la reducción de 233.826 horas esperada a través de la propuesta BPMN, se espera reducir los costos del Proyecto tomado como caso de estudio en comparación de otros realizados con características similares en las siguientes cantidades:

Ahorros teóricos implementación BPM				
Recurso	Unidad	Ahorro/unidad	Cantidad	Ahorro total
Horas laborales efectivas	hr	S/. 9.30	170	S/. 1,581.00
Productividad ganada por costo de oportunidad*	hr	S/. 128.57	300	S/. 38,571.00
Ahorro total de la implementación				S/. 40,152.00

Tabla 42: Cuantificación de resultados teóricos BPM. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.

De la tabla anterior, cabe recalcar que el ahorro por unidad de S/. 178.57 fue calculado tomando como referencia los S/. 200,000.00 de costo total del proyecto piloto dividido entre las 1120 horas efectivas planificadas para el mismo, los cuales representarían el rendimiento de cada hora efectiva trabajada, y que se pierden al tener horas laborales improductivas.

Se concluye así que la implementación de la herramienta BPM tendría un impacto favorable para la empresa de S/. 45,846.26 en ahorros por horas-hombre y por ahorros en el costo de oportunidad perdida en el Proyecto.

▪ Resultados teóricos MRP

Los resultados teóricos de la herramienta MRP se obtienen a través del contraste del costo de materiales de categoría A obtenido a través de la misma versus los costos incurridos en materiales de la misma categoría de Proyectos similares realizados anteriormente por la empresa. A continuación, se muestra la tabla de contraste:

	Actual	Proyectado	Reducción
Costo de materiales de categoría A estimado	S/. 135,137.70	S/. 113,261.47	16%

Tabla 43: Resultados teóricos de la herramienta MRP. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.

Con la herramienta MRP, se espera una reducción de 16% en costos de materiales en el Proyecto en el que se realizará la implementación, en contraste con los Proyectos realizados en los que la planificación de compras se daba de manera inexacta y sin el acompañamiento de una metodología. A continuación, se detallará el ahorro en soles proyectado con la implementación de la herramienta en el piloto a desarrollar:

Resultados teóricos implementación MRP				
Recurso	Unidad	Ahorro/unidad	Cantidad	Ahorro total
Aceros de distintos espesores	varillas	S/. 23.25	462	S/. 10,741.50
Bolsas de cemento	bolsas	S/. 17.07	250	S/. 4,267.50
Ladrillos	und	S/. 0.62	6325	S/. 3,921.50
Aditivos varios	-	-	-	S/. 1,920.30
Productividad ganada por costo de oportunidad*	días	S/. 2,328.57	18	S/. 41,914.26
Ahorro total de la implementación				S/. 62,765.06

Tabla 44: Cuantificación de resultados teóricos MRP. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.

Se concluye que con la implementación de la herramienta MRP se conseguirá un ahorro total de S/. 22,762.30 en materiales de categoría A, los cuales vendrían a ser representados por aceros, cemento, ladrillos y agregados como arena fina y piedra chancada de ½”.

▪ Resultados teóricos PERT-CPM

Los resultados teóricos de la herramienta PERT-CPM se obtienen a través del contraste de los días calculados a través de la misma y los días que requiere la empresa actualmente para culminar un Proyecto con las características del que se utilizará para la implementación. A continuación, se presenta el contraste mencionado:

	Actual	Proyectado	Reducción
Duración estimada	80 días	63 días	21.25%

Tabla 45: Resultados teóricos de la herramienta PERT-CPM. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.

En la tabla anterior se define que con la herramienta PERT-CPM es factible realizar el Proyecto con un ahorro de días de 21.25% utilizando los mismos recursos de mano de obra y materiales asignados, solamente variando la secuencia de trabajo a través de la ruta crítica de ejecución. Este ahorro de días se cuantifica en base al costo diario de mano de obra asignado al Proyecto, el cual se detallará a continuación:

Ahorros teóricos implementación PERT-CPM				
Recurso	Unidad	Ahorro/unidad	Cantidad	Ahorro total
Días laborales efectivos	días	S/. 86.00	18	S/. 1,548.00
Productividad ganada por costo de oportunidad*	días	S/. 1,228.57	18	S/. 22,114.26
Ahorro total de la implementación				S/. 23,662.26

Tabla 46: Cuantificación de resultados teóricos PERT-CPM. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.

Se concluye que la herramienta PERT-CPM representará un ahorro de S/. 26,665.69 en mano de obra y ahorro de costo de oportunidad perdida. Cabe recalcar que el costo unitario de la productividad ganada por costo de oportunidad se calculó en base al costo total de S/ 200,000.00 estimados para el proyecto piloto dividido entre los días efectivos previstos para el mismo.

De manera general, se concluye que con las herramientas BPM, MRP y PERT-CPM en conjunto se producirá un ahorro de costos que asciende al monto de **S/. 126,579.32** para el proyecto piloto de implementación.

3.5. Consideraciones para la implementación

Dentro de las consideraciones para la implementación de la propuesta de la investigación, se tienen los siguientes puntos:

- Los resultados teóricos de la implementación de las propuestas se comparan en base a Proyectos realizados de características similares (con datos reales, no proyectados o esperados) en cuanto a alcance, costo y tiempo. Esto para poder establecer lineamientos específicos y eliminar el impacto de factores externos como proyecciones muy ideales por parte del área comercial, y poder así darles mayor confiabilidad a los resultados esperados por la implementación.
- Los resultados teóricos pueden variar dependiendo de los imprevistos generados a lo largo del Proyecto en el que se implementarán las propuestas y al control en la ejecución de las herramientas. Estas pueden ser variaciones de alcance, cierres imprevistos del Proyecto, entre otros.
- Los resultados teóricos de la planificación PERT-CPM y MRP son más susceptibles a sufrir variaciones si surgen adicionales de construcción a lo largo del Proyecto.
- En contraste, si existen variaciones en el Proyecto, el desarrollo planteado en el BPM sólo se replicará, al tratarse de actividades que pueden ser repetitivas (emisión de órdenes de compra, elaboración de Gantt, costeo de materiales).
- El principio 80-20 de Pareto debe ser utilizado en caso de cualquier adicional de construcción o variación del alcance, dado que variables como materiales, actividades y partidas de construcción cuentan con diversos ítems individuales. Esto se realiza a manera de estrategia y para identificar de manera ágil los lineamientos más representativos en el Proyecto.

3.6. Cronograma tentativo de implementación de las herramientas

Ilustración 84: Cronograma tentativo de la implementación de las herramientas propuestas. Fuente: Diarco Energía y Construcción S.A.
Elaboración: Propia

4. CAPÍTULO IV

En el capítulo anterior, se realizó el diseño y desarrollo de la propuesta de mejora abarcando desde los aspectos más generales del proyecto hasta los más específicos, en donde se definió un plan de trabajo detallado referente a lo que se tiene pensado hacer, por qué hacerlo, cómo hacerlo, cuándo hacerlo y con qué finalidad. Asimismo, se definieron los resultados teóricos o esperados del desarrollo del proyecto, los costos estimados, los ahorros tentativos y las consideraciones prácticas a tomar en cuenta en la implementación. Todas las variables mencionadas se asociarán y se harán referencia en el presente capítulo, correspondiente a la validación integral y medición de impactos de la propuesta.

En este capítulo, se determinará y justificará el medio de validación de la propuesta desarrollada en el capítulo anterior, correspondiente al desarrollo de un piloto de estudio que abarque y asocie todas las variables desarrolladas anteriormente. Asimismo, se realizará la validación funcional de la propuesta, comparando los indicadores iniciales del proyecto con los obtenidos tras la culminación del mismo. En este apartado se realizará la comparación de los resultados teóricos versus los resultados reales, midiendo así la eficiencia de la propuesta de mejora y del proceso de validación.

Luego, se procede a hacer la validación económica del proyecto, desarrollando el flujo de caja y los indicadores VAN, TIR y B/C en un periodo proyectado de ocho cuatrimestres. En este punto se mide la viabilidad económica de la propuesta, detallando y estructurando los costos y ahorros estimados teóricamente y los reales, obtenidos a través del piloto de validación. En este apartado se concluye que el proyecto es viable económicamente a través del tiempo.

Finalmente, se desarrollan los impactos de la solución de ingeniería sobre los grupos implicados en el proyecto, basándose en impactos ambientales, económicos, sociales-culturales y tecnológicos. Esto se realizó a través del despliegue de la matriz Leopold para cada herramienta utilizada, los indicadores financieros utilizados, las encuestas realizadas a nivel interno en la empresa y el análisis de la tecnología involucrada en el proyecto. En este apartado se concluye que el proyecto no impacta de manera significativa en el medio ambiente, que el impacto económico es positivo a todo nivel, que se genera un cambio en la cultura organizacional de la empresa y que promueve el uso de tecnología en el desarrollo del negocio.

4.1. Validación funcional

En este apartado se mostrará cómo impacta la propuesta de mejora en el proyecto piloto desarrollado y cómo impactaría en proyectos futuros. Asimismo, se muestra cómo cambia el gap presentado entre las utilidades esperadas y reales, en relación a la situación diagnosticada al inicio de la investigación.

4.1.1. Desarrollo del piloto

Para obtener resultados que presenten alta confiabilidad, se requiere un adecuado estudio de investigación que destaque por su diseño experimental y alta precisión. Por ello, se requiere realizar el análisis de viabilidad de la propuesta antes de realizar una implementación por completo. En este caso, el estudio piloto es el primer objetivo de la investigación y, por lo general, es una aplicación de menor tamaño que apoya en la planificación y modificación del estudio principal (In, 2017).

El estudio piloto a realizar será de manera interna y altamente controlada, en el cual se incluye el diseño de investigación del estudio principal. Por ello, en este punto se desarrolló la etapa de diseño del estudio principal y el procedimiento detallado a realizar. Es importante mencionar que este proceso de validación se realiza para poder medir y evaluar qué tan eficiente resultó la implementación del piloto planteado en la propuesta de mejora. Este de suma importancia para poder verificar si los esfuerzos realizados en el diseño de la solución tuvieron resultados positivos para la organización tomada como caso de estudio.

El proceso de validación debe realizarse de manera ordenada y sistemática, motivo por el cual se elaboraron y utilizaron hojas de registro para realizar el seguimiento y medir el avance de la propuesta aplicada en el piloto descrito anteriormente. Estos registros fueron llenados progresivamente a lo largo del piloto,

teniendo como resultado datos importantes para realizar la comparación de los resultados teóricos y los resultados reales obtenidos.

Los registros realizados describen el desarrollo de las herramientas BPM (Ver **Anexo 42**), PERT-CPM (Ver **Anexo 43**) y MRP (Ver **Anexo 44**) en el piloto tomado como medio de validación. A continuación, se presenta el resumen del resultado de los mismos:

Herramientas	Resultados alcanzados
BPM	95%
PERT-CPM	95%
MRP	94%

Tabla 47: Resumen de validación del piloto. Elaboración: propia

En el cuadro anterior, se define el desempeño del desarrollo planificado de las herramientas, obteniendo resultados óptimos en el seguimiento de los mismos. Para realizar una comparación más específica, se procederán a evaluar los indicadores reales obtenidos versus los indicadores planteados en el diseño de la propuesta (Ver 3.4.4). A continuación, se mostrará el cuadro resumen:

Nº	Indicador	Valor actual	Valor proyectado	Valor obtenido
1	Eficiencia en la elaboración del metrado	70%	90%	86%
2	Eficiencia en el costeo de partidas	55%	90%	90%
3	Eficiencia en el presupuesto de materiales	65%	90%	87%
4	Eficiencia en la elaboración de diagrama de Gantt	70%	95%	93%
5	Eficiencia en la programación de actividades	85%	95%	89%
6	Eficiencia en la solicitud de materiales	68%	90%	87%
7	Lead time de emisión de O/C	75%	90%	86%
8	Lead time de aprovisionamiento	80%	95%	94%
9	Eficiencia en la elaboración del MRP (Material Resource Planning)	65%	90%	87%
10	Índice de rendimiento de costo	83%	95%	92%
11	Índice de rendimiento de programación	88%	95%	93%

Tabla 48: Indicadores obtenidos tras desarrollo del piloto. Elaboración: propia

En la tabla anterior, se describe el valor de los indicadores obtenidos tras el desarrollo de las herramientas a través del piloto en estudio. Se concluye que la validación funcional fue satisfactoria y los resultados obtenidos se acercaron a los resultados proyectados.

Cabe recalcar que los resultados típicos de un estudio piloto se pueden describir como uno de los siguientes (In, 2017): 1) terminación del estudio (no se puede continuar con el estudio principal); 2) puede continuar con el estudio principal después de modificar el diseño del estudio; 3) no es necesario modificar el diseño del estudio, pero

requiere una supervisión exhaustiva a lo largo de los procedimientos del estudio; o 4) puede continuar sin modificar el diseño del estudio.

Tras la validación funcional del piloto, se asocia el desarrollo del mismo al concepto número cuatro descrito por In (2017), dado que se validó que el diseño del estudio es funcional y se aproxima a los objetivos teóricos planteados. Cabe recalcar que, a pesar de esto, el estudio puede perseguir modificaciones en búsqueda de la mejora continua y la optimización de sus resultados.

Finalmente, haciendo referencia a la situación actual de la empresa presentada en el capítulo II, se proyecta que con la propuesta de mejora se logre disminuir la diferencia entre las utilidades esperadas y las utilidades reales (Ver **Anexo 45**) de los proyectos realizados por la empresa, teniendo como aval el piloto de validación realizado. A continuación, se muestra la situación proyectada con la propuesta de mejora:

Ilustración 85: Situación proyectada con la propuesta de mejora. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la gráfica anterior, a través de la propuesta de mejora propuesta se espera mejorar la situación actual de la empresa, proyectando aumentos en

sus utilidades como consecuencia de la optimización de sus indicadores actuales. El apartado concluye en la viabilidad funcional de la propuesta, los cuales se respaldan en los resultados obtenidos en el piloto utilizado como medio de validación.

4.2. Evaluación económica

4.2.1. Flujo de caja

En este apartado se desarrolló el flujo de caja proyectado de la propuesta de mejora descrita (Ver **Anexo 46**) en un periodo de ocho trimestres, donde se incluyeron los resultados del piloto desarrollado como medio de validación. Cabe recalcar que para obtener estos resultados se simularon los ahorros en los costos de la empresa durante los trimestres del 2016 y 2017, obteniendo incremento de utilidades e inversión en el trimestre inicial. Asimismo, se calculó el costo de oportunidad (COK) que representa el proyecto con datos reales, tomando como referencia el sector de la empresa, los pasivos y patrimonios de la misma (Ver **Anexo 47**). A continuación, se obtuvieron los siguientes indicadores financieros:

Indicadores económicos	Valores obtenidos
VAN	S/.314,971.69
TIR	79%
B/C	3.58

Tabla 49: Resumen de los resultados económicos obtenidos. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, el proyecto presenta indicadores financieros que avalan su viabilidad económica, representando una ganancia sobre la inversión de S/. 314,971.69 en el periodo proyectado, una tasa de rentabilidad de 79% y un valor por sol invertido de 3.58 veces.

4.2.2. Evaluación beneficio/costo

En este apartado se realiza la evaluación del beneficio/costo de la propuesta de mejora, a través de la comparación del estado de resultados de la empresa en estudio entre los años 2017 y 2018. Estos periodos corresponden al periodo sin la propuesta de mejora y al actual, en el cual se evidencian los resultados del piloto de validación.

	2017	2018
Ventas	S/. 3,007,348.30	S/. 3,846,029.43
Costo de ventas	S/. 1,890,099.86	S/. 2,315,104.24
Utilidad bruta	S/. 1,117,248.44	S/. 1,530,925.19
Gastos operativos	S/. 465,145.21	S/. 553,580.56
Utilidad operativa	S/. 652,103.23	S/. 977,344.62

Tabla 50: Evaluación beneficio/costo del proyecto desarrollado en soles. Elaboración: propia

En la tabla anterior se reflejan los resultados anuales de la propuesta de mejora a través del análisis del periodo 2018, los cuales se comparan con los resultados del 2017 y concluyen en una diferencia en utilidades operativas de S/. 325,241.39. Esta diferencia representa un aumento porcentual de 33.28%, lo cual evidencia la viabilidad económica del proyecto.

4.3. Impactos de la solución de ingeniería

4.3.1. Grupos implicados

Dentro de los impactos de la solución de ingeniería propuesta en la investigación, es importante definir los stakeholders principales asociados al proyecto, los cuales pueden verse afectados de manera positiva o negativa con el desarrollo del mismo. Estos se detallan a continuación:

Grupo implicado	Integrantes	Descripción
Personal	Gerente general	El personal involucrado con la propuesta está implicado directamente al proyecto dado que, mediante la implementación del piloto, se cambia su forma usual de trabajo a una metodología estructurada y definida. Si bien es cierto, en un inicio la propuesta sólo será replicada en un número limitado de operaciones, pero a la larga puede implementarse tomando como base la presente investigación
	Supervisor de obra	
	Jefe de compras	
	Planner de obra	
Proveedores	Proveedor de acero	Los proveedores de materiales son afectados dado que ahora sus pedidos se realizarán de manera sistemática. Si bien es cierto, en un principio pueden percibir menores pedidos de materiales, pero a la larga pueden resultar beneficiados.
	Proveedor de cemento	
	Proveedor de ladrillos	
Clientes	Cliente final asociado al piloto N° 1	Los clientes resultan beneficiados con el desarrollo del proyecto, dado que los resultados del mismo pueden darse en un menor tiempo, a un menor costo y con menores esfuerzos (operativos y administrativos).
	Cliente final asociado al piloto N° 2	
Entorno	Municipalidad de Lima	El entorno percibe la propuesta de mejora traducida en menores tiempos de desarrollo y en una rentabilidad mayor de la empresa, lo que puede llevar a un mayor movimiento financiero.
	Entidades financieras asociadas	

Tabla 51: Stakeholders principales del proyecto. Elaboración: propia

4.3.2. Impacto ambiental

En este apartado, se evaluará el impacto ambiental del proyecto de investigación aplicada a través de la matriz de Leopold; mediante este análisis, se busca conocer el impacto que genera la propuesta de mejora en el entorno ya que, en la actualidad es fundamental para las personas a nivel mundial y permite que la empresa que cumpla con los estándares presente mejor competitividad.

Para evaluar la matriz Leopold, el impacto puede ser positivo (+) o negativo (-), a continuación, se presentan los criterios de evaluación:

Magnitud	Valor
Muy baja magnitud	+/-1
Baja magnitud	+/-2
Mediana magnitud	+/-3
Alta magnitud	+/-4
Muy alta magnitud	+/-5

Tabla 52: Criterio de evaluación para Matriz Leopold. Elaboración: Propia

A continuación, se detallará el análisis de la matriz Leopold, la cual se evaluó por herramienta aplicada en el proyecto de investigación.

Matriz Lepold				Business Process Management					Material Requirement Planning					PERT-CPM				Total
				Planificar rediseño del proceso	Análizar proceso existente	Diseño de proceso nuevo o mejorado	Desarrollo de recursos para el proceso	Gestión de implementación del proceso	Definir requerimientos para ejecución	Elaborar BOM	Elaboración del PMP	Elaboración de MRP	Emisión de órdenes de compra	Definir actividades	Definir duración de actividades	Definir relación entre actividades	Elaborar programación final	
Factores ambientales	Físico	Aire	Calidad	4 5	1 3		1 1	2 2	-1 2				-1 1		2 3		2 2	10 19
			Temperatura	-1 2		-1 2			-1 2	-1 2	-1 2	-1 2		-2 2	4 4	3 3		-8 21
			Generación del ruido												5 5	2 2		7 7
			Gases															
		Agua	Calidad															
			Derrame de combustibles															
			Aguas subterráneas															
			Pérdida del oxígeno															
			Temperatura	-1 2		-1 2	-1 2			-1 2	-1 2	-1 2			1 2	1 2	-1 2	-5 18
		Suelo	Residuos	-2 4	2 3	-1 3		1 1	3 3	1 1	-2 3	-2 3	-2 3	2 2		2 2	-1 2	1 30
			Erosión hídrica															
	Socioeconómico	Población	Nivel de ingresos			3 3				2 2	2 3	3 3			2 2		2 2	14 15
			Nivel de Productividad	1 1	2 3	2 2	2 2	1 1		1 1	2 2	3 3	4 5	1 2	2 2		2 2	23 26
			Desarrollo Profesional	2 3	2 2	3 3		2 2		2 3		2 2		1 1			2 2	16 18
		Economía	Empleo			1 2	2 2							1 2			2 3	6 9
			Rentabilidad			3 4		2 3		3 3	3 3	3 3	1 2		3 4	2 2	3 3	23 27
			Total	4 15	7 11	10 19	4 7	8 9	2 5	8 12	4 13	8 16	2 11	5 7	10 13	5 6	11 18	87 190

Tabla 53: Matriz Leopold. Elaboración: Propia.

De acuerdo a la matriz Leopold, las propuestas de mejora desarrolladas en el capítulo III presentan un impacto ambiental positivo frente al medio ambiente, el resultado obtenido fue de 97 puntos positivos respecto de los 190 puntos totales, lo que representa más del 50%.

4.3.3. Impacto social

A continuación, se evaluará el impacto social cultural del proyecto de investigación mediante una investigación que posee tres fases. El objetivo principal de este análisis es conocer los aspectos positivos y negativos que genera la propuesta de mejora implementada sobre el entorno de trabajo. A continuación, se describirán las fases de trabajo:

- Fase 1 – Encuestas a colaboradores

En esta fase se seleccionaron a los trabajadores involucrados en el proyecto piloto para realizarles una encuesta, con el objetivo de conocer su apreciación a nivel laboral y social sobre la propuesta de mejora.

- Fase 2 – Creación de encuesta

En esta etapa se definen las preguntas a formular en la entrevista con los colaboradores. Se elabora un cuestionario con preguntas específicas para conocer la apreciación de los trabajadores.

Cuestionario Interno	
Responsable: Luis Aarón Alvardao Barcenes	
1	¿Cómo asumió la implementación de la propuesta de mejora?
2	¿Considera que la propuesta de mejora ayuda a reducir los sobrecostos en la empresa?
3	¿Cuál es el principal beneficio de la propuesta de mejora implementada?
4	¿Qué tan satisfecho se encuentra con la propuesta de mejora?
5	¿Qué habilidades considera que desarrolló en la implementación de la propuesta de mejora?
6	¿Considera mejor la nueva metodología de trabajo?

Tabla 54: Cuestionario de Impacto Social. Elaboración: propia

- Fase 3 – Análisis de Resultados

Por último, se procede a mostrar los resultados de las entrevistas realizadas a los colaboradores de la empresa. Asimismo, se emplean gráficas e indicadores para conocer el nivel de aceptación y satisfacción de los trabajadores.

Ilustración 86: ¿Cómo asumió la implementación de la propuesta de mejora?
Elaboración: propia.

En la figura anterior, se percibe que el 33% de los colaboradores de la empresa tomaron con mucha responsabilidad la propuesta de mejora, lo cual nos permite conocer de manera cualitativa que los métodos implementados se siguieron correctamente. Por otro lado, el 24% de los trabajadores siguió con disciplina la correcta implementación. Mientras un 19% lo tomó con compromiso, otro 19% le puso bastante dedicación. Por último, un 5% de los trabajadores lo tomó como un reto la aplicación. Cabe recalcar que la mayoría de los trabajadores encuestados forman parte del staff administrativo.

Ilustración 87: ¿Considera que la propuesta de mejora ayuda a reducir los sobrecostos en la empresa? Elaboración: propia.

Como se aprecia en la gráfica anterior, la decisión es unánime y los trabajadores consideran que la propuesta de mejora implementada en la empresa ayuda a reducir los

excesivos sobrecostos. Cabe recalcar que en algunos procesos se agilizó el flujo de información eliminando algunas evaluaciones; por otro lado, algunos procesos requerían de mayor control y los trabajadores conocían estos déficits.

Ilustración 88: ¿Cuál es el principal beneficio de la propuesta de mejora implementada?
Elaboración: propia.

La ilustración anterior nos muestra que los procesos de la empresa son más eficientes, lo que nos asegura que se cumple con el objetivo planteado utilizando menor cantidad de recursos, en este caso tiempo y dinero. Asimismo, los trabajadores observan que se ha mejorado el control de actividades en la empresa, se ha reducido el tiempo total de trabajo y se muestra un mejor flujo de la información, en otras palabras, la empresa se encuentra mejor organizada.

Ilustración 89: ¿Qué tan satisfecho se encuentra con la propuesta de mejora?
Elaboración: propia.

La ilustración anterior nos muestra que el 80% de los trabajadores se encuentra muy satisfecho durante la implementación de la propuesta y después de haber realizado la prueba piloto. Asimismo, apreciamos que el otro 20% se encuentra satisfecho con la nueva metodología de trabajo. Cabe recalcar que algunos trabajadores eliminaron actividades de evaluación y otros añadieron algunas; además, los principales beneficios de la implementación son mejor flujo de información y mayor control.

Ilustración 90: ¿Qué habilidades considera que desarrolló en la implementación de la propuesta de mejora? Elaboración: propia.

Del gráfico anterior se concluye que la habilidad que más desarrollaron los trabajadores es la comunicación. En seguida, se describe cada una de las habilidades desarrolladas:

- ✓ Comunicación (33%): Los colaboradores destacan esta habilidad sobre todas, ya que debían informar cada etapa a distintas áreas. Asimismo, participaban con mayor eficiencia y destreza ante las interrogantes de los jefes superiores.
- ✓ Trabajo en equipo (24%): Los operarios eran conscientes que se debía realizar cada actividad de la mejor manera, de modo que se cumpla el objetivo general. Asimismo, cada uno sentía que su labor era importante.

- ✓ Responsabilidad (24%): Los colaboradores consideran que la responsabilidad es una de las habilidades que más desarrollaron, puesto que debían cumplir con las obligaciones y debían tener cuidado al tomar alguna decisión no prevista.
- ✓ Iniciativa (14%): Esta habilidad es considerada porque sus ideas fueron consideradas para implementar notables mejoras; además, tuvieron que adaptarse a las nuevas acciones que iban a ejecutar.
- ✓ Autonomía (5%): Los colaboradores estaban tan comprometidos que se establecían metas personales y debían cumplirlas para sentirse mejor con ellos.

Ilustración 91: ¿Considera mejor la nueva metodología de trabajo? Elaboración: propia.

Por último, esta gráfica nos muestra que la mayoría de trabajadores considera que la nueva metodología de trabajo es mejor. Asimismo, se muestra un pequeño porcentaje que considera que no es así. Cabe recalcar, que este pequeño porcentaje de trabajadores puede opinar de esta manera porque estaban acostumbrados a la metodología anterior o porque ahora deberán llenar registros.

4.3.4. Impacto tecnológico

En este apartado se conocerá el impacto tecnológico que genera el proyecto de investigación mediante el análisis del staff de la empresa. El objetivo principal de este

análisis es conocer que tan fundamentales son los productos de la modernidad en la aplicación de la propuesta de mejora.

Uso de equipos	
Computadora	Máquina electrónica procesadora de datos
IPad	Tabletas para seguimiento de proyecto
Uso de sistema back-up	Servicio de alojamiento de archivos
Software online	Soporte lógico de sistema informático

Tabla 55: Reconocimiento de impactos tecnológicos. Elaboración: propia

Las nuevas tecnologías son de gran ayuda para nuestra realidad, ya que contribuyen positivamente de manera económica, en el aspecto medio ambiental y generan mejor orden y almacenamiento de información. Cabe resaltar que a partir de ahora se guardará todas las órdenes de compra y demás movimientos de cada proyecto en una nube electrónica; además, el servicio de la nube es gratuito y la información de cada proyecto pesa poco frente al almacenamiento total.

4.3.5. Impacto en la ciudadanía

Respecto al impacto en la ciudadanía, se busca conocer lo que puede aportar la implementación de la mejora respecto a la sociedad. En ese aspecto, se puede conocer que la propuesta de mejora ayuda a disminuir la cantidad de días de duración de la obra, por consiguiente, los vecinos se ven afectados positivamente ya que, escucharán los ruidos de construcción en menor cantidad de días. Asimismo, se busca mostrar la metodología aplicada a la empresa en estudio, de modo que otras empresas del mismo rubro o sector puedan analizar si deben aplicar la misma para reducir sus sobre costos, generando mayor rentabilidad.

5. CONCLUSIONES

- El sector de construcción presenta 5.79% de participación en el Producto Bruto Interno (PBI) del Perú, colocándose como uno de los motores principales en la economía. Asimismo, se proyecta un incremento del PBI para el siguiente año de 8%, retomando el crecimiento descrito en años anteriores, y con ello un aumento del 3% en el sector de construcción.
- Durante los proyectos realizados en el 2016 y 2017 se incumplió con el presupuesto inicial, lo que afectó directamente a las utilidades de la empresa. A lo largo del estudio, se demuestra que el porcentaje de utilidad real respecto a la utilidad esperada es de aproximadamente 66%, mostrando ineficiencia en sus operaciones. Inicialmente, se proyecta un porcentaje promedio de utilidad esperada de 17% y se obtiene 10.78%.
- Se concluye que la situación desfavorable que padecía la empresa se basaba en gaps entre las utilidades esperadas y las reales de los proyectos que desarrollaban. Se concluye que este escenario dio pie a la investigación, identificando así una deficiente gestión de operaciones asociadas a causas raíces de falta de metodologías de planificación de ejecución y abastecimiento y procedimientos de desarrollo informales y faltos de estructura.
- Se concluye que los sobrecostos operativos generados por la deficiente gestión operativa representan la mayoría de las pérdidas, mostrándose como el mayor problema. Asimismo, el estudio muestra que los sobrecostos presentan una tendencia positiva por lo que se afirma que los sobrecostos incrementarán con los proyectos futuros a realizar por la empresa.
- Los días de atraso en la etapa de construcción están asociados a los sobrecostos operativos, ya que poseen una correlación de Pearson de 0.899 y un p-valor de

0.001. Parte de los sobrecostos por proyecto es explicada por las variaciones de programación o los “atrasos” a lo largo del proyecto, que se evalúan en el índice de rendimiento de programación (SPI) para la medición de gestión del tiempo.

- El valor de correlación de Pearson de 0.879 y el p-valor de 0.001 muestran que de los sobrecostos operativos por proyecto se deben a la ineficiencia mostrada en el índice de rendimiento de costos (CPI) en la etapa de construcción, estas se reflejan por las variaciones de costos respecto al presupuesto planificado a lo largo del proyecto.
- Se concluye que los sobrecostos operativos por proyecto son explicados en gran medida por las horas hombre destinadas al reproceso en la construcción de vigas y columnas, correspondientes a la etapa II (etapa de cimentación) en el desarrollo de los proyectos de la empresa, ya que presentan un valor de correlación de Pearson de 0.766 y un p-valor de 0.001.
- Respecto a la evaluación económica, el proyecto de mejora se asocia a un indicador VAN de S/. 324,101.34, TIR 79% y B/C de 3.81, respaldando la viabilidad económica de la propuesta y resultando atractiva para los profesionales e investigadores que busquen replicar o mejorar la investigación desarrollada.
- Dentro de los impactos generados por la propuesta, se concluye que el proyecto no impacta de manera significativa a nivel ambiental y posee un impacto tecnológico y social medio, a través del uso de TI y del cambio en la cultura organizacional en la empresa.
- Respecto al desarrollo de la propuesta, se concluye que el desarrollo de la misma debe seguir la siguiente ruta: (1) desarrollo del PERT-CPM (2) desarrollo del MRP y finalmente (3) desarrollo del BPM. Esto debido a que primero debe

realizarse el despliegue de las herramientas que posteriormente serán incluidas en los procesos críticos del rediseño de los procesos de negocio de la empresa.

- Finalmente, se concluye que la integración del BPM con las herramientas MRP y PERT-CPM pueden generar resultados óptimos en comparación a su despliegue de manera independiente. Esto se da básicamente porque se complementan criterios de desarrollo para poder fortalecer los puntos débiles de las mismas, unificando de manera sinérgica el rediseño general de los procesos de negocio de la empresa brindado por el BPM y la implementación de metodologías de planificación de la ejecución y del abastecimiento del PERT-CPM y MRP en los puntos críticos del proceso de la empresa.
- Se concluye que la propuesta de mejora es viable a nivel funcional a través de los resultados obtenidos en el piloto utilizado como medio de validación, el cual alcanzó o se acercó a los resultados esperados en un inicio. Se espera que los resultados obtenidos sean replicados en los futuros proyectos realizados por la empresa.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir los procedimientos e indicadores establecidos en caso la empresa desee seguir con la propuesta de mejora. Asimismo, se debe mantener un seguimiento adecuado para que se cumplan los procesos establecidos, puesto que en la implementación algunos trabajadores estaban acostumbrados a trabajar con el método anterior.
- Para un adecuado control de los proyectos es necesario el seguimiento constante por parte de los supervisores de proyectos, y la comunicación constante con los encargados de los operarios quienes son responsable del avance y uso correcto de recursos.
- Se debería tener información documentada y ordenada en caso la empresa quiera tener mayor conocimiento sobre sus procesos. Esto facilita la obtención de información para implementar futuras mejoras. Asimismo, se recomienda establecer indicadores en todos los procesos de la empresa con el objetivo de conocer cómo se encuentran y poder realizar seguimiento continuo.
- Se recomienda realizar mantenimiento periódico a las nuevas tecnologías adoptadas por la empresa para no presentar problemas con el manejo de información y tampoco se presenten pérdidas. Asimismo, se recomienda guardar la información en el servicio de alojamiento de información por si se malogra o pierde algún equipo.
- Se recomienda realizar informes semanales para conocer sobre el seguimiento a los proyectos. Este informe debe contener información relevante del MRP y PERT-CPM, se debe resaltar en caso se presenten atrasos o problemas ya sean por factores internos o factores externos.

- Para efectos del piloto se desarrolló el despliegue de las herramientas de manera manual, pero se recomienda que para una posible implementación se automatice el despliegue de éstas mediante softwares más desarrollados, teniendo que ingresar datos puntuales y mostrando finalmente la programación a seguir.

7. REFERENCIAS

Ajayi, S., Oyedele, L., Akinade, O., Bilal, M., Alaka, H., & Owolabi, H. (2017). Optimising material procurement for construction waste minimization: An exploration of success factors. *Sustainable Materials and Technologies*, Vol. 11, Issue 2, pp. 38–46.

Andina. (2016). Capeco: PBI de sector construcción se recuperará este año y crecerá 2%. Recuperado el 28 de abril del 2018 de <http://andina.pe/agencia/noticia.aspx?id=598456>

Andina. (2018). Capeco: Pymes construyeron más de 250,000 viviendas desde el 2008. Recuperado el 6 de Mayo del 2018 de <http://andina.pe/agencia/noticia-capeco-pymes-construyeron-250000-viviendas-desde-2008-693251.aspx>

Aziz, R., y Hafez S. (2013). “Applying lean thinking in construction and performance improvement”. *Alexandria Engineering Journal*. Vol. 52, Issue 4, pp. 679-695.

Banco Bilbao Vizcaya Argentaria [BBVA]. (2018). La influencia del sector construcción en la economía peruana. Recuperado el 27 de Abril del 2018 de <https://www.bbva.com/es/influencia-sector-construccion-economia-peruana/>

Banco Central de Reserva del Perú [BCRP]. (2018). PBI por sectores: producto bruto interno y demanda interna. Recuperado el 27 de mayo del 2018 de <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/pbi-por-sectores>

Banco Mundial. (2015). Perú: Análisis general. Recuperado: 5 de mayo del 2018 de <http://www.bancomundial.org/es/country/peru/overview>

Bhargav, D. (2017). Business process management – a construction case study. *Construction Innovation*, Vol. 17 Issue 1, pp.50-67. DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/CI-10-2015-0055>

Cámara Peruana de la Construcción. (2018). Sector construcción crecerá 3% en el 2018 y tendrá dos años de expansión. Recuperado el 27 de Abril del 2018 de <https://www.capeco.org/noticias/sector-construccion-crecera-3-en-el-2018-y-tendra-dos-anos-de-expansion-segun-ca/>

Cassadesús, M., Heras, I., & Merino, J. (2005). Calidad práctica: una guía para no perderse en el mundo de la calidad (Ed. rev.). Madrid, España: Pearson Educación.

Dallasega, P., Rauch, E., & Dominik, T., (2015). "Increasing productivity in ETO construction projects through a lean methodology for demand predictability". IEOM 2015 - 5th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Proceeding, Vol. 1, Issue 1, pp 115-129.

Demirkesen, S. & Ozorhon, B, (2017). "Impact of integration management on construction project management performance". International Journal of Project Management, Vol. 35, Issue 8, pp.1639-1654.

Diario El Comercio (2017). "Sector construcción: oportunidades y retos". Recuperado: 5 de mayo del 2018 de <https://elcomercio.pe/economia/opinion/sector-construccion-oportunidades-retos-salomon-noticia-481446>

Diario El Peruano. (2016). Modifican el Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, aprobado por Decreto Supremo N° 005-2012-TR. Recuperado: 28 de abril del 2018 de <http://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/modifican-el-reglamento-de-la-ley-n-29783-ley-de-seguridad-decreto-supremo-n-016-2016-tr-1466666-6/>

Diario Gestión (2014). Construcción puede potenciar su crecimiento con el estándar BIM. Recuperado: 5 de mayo del 2018 de <https://gestion.pe/tecnologia/construccion-potenciar-crecimiento-estandar-bim-64650>

El-Sabek, L. & McCabe, B. (2017). "Coordination Challenges of Production Planning & Control in International Mega-Projects: A Case Study". International Journal of Construction Education and Research, Vol. 14, Issue 2, pp. 118-40.

Fernández, J. (2012). Gestión por procesos (5ª ed.). Madrid, España: ESIC EDITORIAL.

Forsythe, P., (2015). "Monitoring Customer Perceived Service Quality and Satisfaction during the Construction Process". Construction Economics and Building, Vol. 15, Issue 1, pp. 19-42.

Gao, S. & Low, S. (2014). The Toyota Way model: An alternative framework for lean construction. *Total Quality Management and Business Excellence*, Vol. 25, Issue 5, pp. 664–682.

Hossain, M., Chua, D., (2013). Overlapping design and construction activities and an optimization approach to minimize rework. *International Journal of Project Management*, Vol. 32, Issue 6, pp. 983-994.

In, J. (2017). Introduction of a pilot study. *Korean Journal of Anesthesiology*. DOI: <http://doi.org/10.4097/kjae.2017.70.6.601>

Instituto de Gestión de Proyectos. (2013). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) Edición 2000. Recuperado el 24 de Abril del 2018 de http://www.unpa.edu.ar/sites/default/files/descargas/Administracion_y_Apoyo/Materiales/2016/T205/GESTION%20GENERAL/PROCESO%20DE%20DESARROLLO/PMBOK-FULL-CAST.PDF

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2000). Determinantes del empleo adecuado en las micro y pequeñas empresas en el Perú 1995-1998. Extraído el 27 de mayo del 2018 de <http://proyectos.inei.gob.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0165/indice.htm>

Irizarry, J., Karan, E., Jalaei, F., (2013). Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management. *Automation in Construction*, Vol. 31, Issue 1, pp. 241-254.

Khoueiry, Y., Srour, I., & Yassine, A. (2013). An optimization-based model for maximizing the benefits of fast-track construction activities. *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 64, Issue 8, pp. 1137–1146.

Li, S., Wu, X., Zhou, Y., & Liu, X. (2017). A study on the evaluation of implementation level of lean construction in two Chinese firms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 71, Issue 2, pp. 846-851.

Lindhard, S., & Wandahl, S. (2015). Exploration of correct LPS practices in scheduling of large, complex, and constrained construction projects. *International Journal of Project Organisation and Management*, Vol. 7, Issue 1, pp. 45-56.

Liu, Y., Zhong, D., Cui B., Zhong G. & Wei, Y., (2015). “Study on real-time construction quality monitoring of storehouse surfaces for RCC dams”. *Automation in Construction*, Vol. 49, Issue 2, pp. 100-112.

Ma, H. (2013). “Resource-constrained project scheduling: a case study”. *International Journal of Productivity and Quality Management*, Vol. 10, Issue 2, pp. 148-163.

Ministerio de Trabajo y Promoción de Empleo (2016). Compendio de Normas sobre la Legislación Laboral. Recuperado el 26 de mayo del 2018 de http://www.administracion.usmp.edu.pe/bolsa-trabajo/wp-content/uploads/sites/31/2016/10/Compendio_Normas_Laborales_2016.pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Panorama económico nacional y el sector construcción. Recuperado el 27 de Abril del 2018 de <http://www3.vivienda.gob.pe/Destacados/estadistica.aspx>

Municipalidad de Lima (2016). Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el trabajo. Recuperado el 26 de mayo del 2018 de http://www.munlima.gob.pe/images/descargas/Seguridad-Salud-en-el-Trabajo/Decreto%20Supremo%20005_2012_TR%20_%20Reglamento%20de%20la%20Ley%2029783%20_%20Ley%20de%20Seguridad%20y%20Salud%20en%20el%20Trabajo.pdf

Nowotarski P., Paślawski J., Matyja J. (2016). “Improving Construction Processes Using Lean Management Methodologies – Cost Case Study”. *Procedia Engineering*, Vol. 161, Issue 1, pp. 1037-1044.

Olawale, Y., & Sun, M. (2015). Construction project control in the UK: Current practice, existing problems and recommendations for future improvement. *International Journal of Project Management*, Vol. 33, Issue 3, pp. 623–637.

Pooja, B., & Salunke, H. (2015). Value Stream Mapping: Case study on residential construction sector. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, Vol. 4, Issue 7, pp. 353–360.

Project Management Institute. (2013). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) (5ª ed.). Atlanta, Estados Unidos: PMI Book Service Center.

Prom Perú (2015). Informe especializado: El sector construcción en los países de Latinoamérica. Recuperado el 6 de mayo del 2018 de <http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/sectoresproductivos/El%20sector%20construccion%20en%20los%20pa%C3%ADses%20de%20Latinoamerica%202015.pdf>

Resende, C. et al. (2016). Process improvement for professionalizing non-profit organizations: BPM approach. *Business Process Management Journal*, Vol. 22, Issue 3, pp. 634–658.

Rosenbaum, S., Toledo, M., & González, V. (2014). Improving Environmental and Production Performance in Construction Projects Using Value-Stream Mapping: Case Study. *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 140, Issue 2.

Rossi, T. et al. (2016). “Improving production planning through finite-capacity MRP”. *International Journal of Production Research*. Vol. 55, Issue 1, pp. 377-391. DOI: 10.1080/00207543.2016.1177235

Solminihaç, H., Thenoux, G., Castro, J., (2011). *Procesos y técnicas de construcción* (5ª ed.). Chile, Santiago: Universidad Católica de Chile.

Song, Z. et al. (2015). An approach to realizing process control for underground mining operations of mobile machines. *PLoS ONE*, Vol. 10, Issue 6, pp. 1-17. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129572>

Srour, I., Abdul-Malak, M. & Ramadan M., (2013). “A methodology for scheduling overlapped design activities based on dependency information”. *Automation in Construction*, Vol. 29, Issue 1, pp. 1-12.

Usama, I. (2013). “Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time”. *Alexandria Engineering Journal*, Vol. 52, Issue 4, pp. 697-704.

Wong, K. C., Woo, K. Z., & Woo, K. H. (2016). Ishikawa diagram. In *Quality Improvement in Behavioral Health*. pp. 119–132. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26209-3_9

Yu, H., Al-Hussein, M., Al-Jibouri, S., & Telyas, A. (2013). Lean Transformation in a Modular Building Company: A Case for Implementation. *Journal of Management in Engineering*, Vol. 29, Issue 1, pp. 103–111.

Zaeri, F., Rotimi, J., Hosseini, M., & Cox, J. (2017). Implementation of the LPS using an excel spreadsheet: a case study from the New Zealand construction industry. *Construction Innovation*, Vol. 17, Issue 3, pp. 553-571.

Zavadskas, E. K., Vilutienė, T., Turskis, Z., & Šaparauskas, J. (2014). Multi-criteria analysis of Projects' performance in construction. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 14(1), pp. 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.acme.2013.07.006>

Zhang, L., & Chen, X. (2016). Role of Lean Tools in Supporting Knowledge Creation and Performance in Lean Construction. In *Procedia Engineering*, Vol. 145, Issue 1, pp. 1267–1274.

8. ANEXOS

Anexo 1

Anexo 2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
A	-	3	1	3	3	1	1	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2.40
B	3	-	0	2	3	2	1	2	2	3	2	2	2	3	3	0	2.00
C	1	0	-	1	1	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1.13
D	3	2	1	-	2	1	1	3	2	1	3	2	1	1	2	1	1.73
E	3	3	1	2	-	3	3	0	1	1	1	0	1	2	3	1	1.67
F	1	2	1	1	3	-	1	1	2	1	2	2	3	3	1	0	1.60
G	1	1	1	1	3	1	-	3	0	0	0	1	3	0	3	0	1.20
H	3	2	3	3	0	1	3	-	1	2	1	2	1	3	0	2	1.80
I	3	2	1	2	1	2	0	1	-	0	2	3	1	1	0	3	1.47
J	3	3	1	1	1	1	0	2	0	-	1	1	1	2	0	0	1.13
K	2	2	2	3	1	2	0	1	2	1	-	2	3	1	3	2	1.80
L	3	2	1	2	0	2	1	2	3	1	2	-	2	1	2	1	1.67
M	3	2	1	1	1	3	3	1	1	1	3	2	-	3	0	0	1.67
N	3	3	1	1	2	3	0	3	1	2	1	1	3	-	0	1	1.67
O	2	3	1	2	3	1	3	0	0	0	3	2	0	0	-	2	1.47
P	2	0	1	1	1	0	0	2	3	0	2	1	0	1	2	-	1.07
	2.40	2.00	1.13	1.73	1.67	1.60	1.20	1.80	1.47	1.13	1.80	1.67	1.67	1.67	1.47	1.07	

Anexo 3

Mes del informe	Valor Planificado (PV)			Costo Real (AC)			Valor Ganado (EV)			Análisis			
	Monto (S/.)	% Ejecución Programada	% Acumulado	Monto (S/.)	% Ejecución	% Acumulado	Monto (S/.)	% Ejecución	% Acumulado	Índice de rendimiento de costo (CPI)	Índice de rendimiento de Progr. (SPI)	Variación de costo (CV)	Variación de programación (SV)
Inicio			-			-			-				
SEM1	4,848.2	2.24%	2.2%	4,175.4	1.93%	1.9%	4,921.5	2.28%	2.3%	117.87%	101.5%	PRESUPUESTADO	ADELANTO
SEM2	6,343.1	2.94%	5.2%	5,876.2	2.72%	4.7%	5,876.2	2.72%	5.0%	100.00%	92.6%	PRESUPUESTADO	ATRASO
SEM3	6,926.4	3.21%	8.4%	7,008.4	3.24%	7.9%	6,341.5	2.93%	7.9%	90.48%	91.6%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM4	7,057.1	3.27%	11.6%	8,120.4	3.76%	11.7%	6,857.4	3.17%	11.1%	84.45%	97.2%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM5	8,247.3	3.82%	15.5%	8,466.4	3.92%	15.6%	8,156.5	3.77%	14.9%	96.34%	98.9%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM6	8,563.3	3.96%	19.4%	8,761.4	4.05%	19.6%	8,375.3	3.88%	18.8%	95.59%	97.8%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM7	9,347.1	4.33%	23.8%	9,423.7	4.36%	24.0%	9,075.4	4.20%	23.0%	96.30%	97.1%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM8	11,174.1	5.17%	28.9%	10,547.5	4.88%	28.9%	9,436.4	4.37%	27.3%	89.47%	84.4%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM9	12,347.2	5.71%	34.6%	12,514.4	5.79%	34.7%	12,175.4	5.63%	33.0%	97.29%	98.6%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM10	15,648.2	7.24%	41.9%	16,263.5	7.53%	42.2%	14,248.4	6.59%	39.5%	87.61%	91.1%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM11	18,689.0	8.65%	50.5%	20,086.4	9.29%	51.5%	18,248.2	8.44%	48.0%	90.85%	97.6%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM12	21,356.0	9.88%	60.4%	21,984.7	10.17%	61.6%	19,566.7	9.05%	57.0%	89.00%	91.6%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM13	20,149.3	9.32%	69.7%	19,646.4	9.09%	70.7%	17,475.4	8.09%	65.1%	88.95%	86.7%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM14	16,614.0	7.69%	77.4%	17,686.4	8.18%	78.9%	15,143.0	7.01%	72.1%	85.62%	91.1%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM15	14,542.5	6.73%	84.1%	16,646.5	7.70%	86.6%	14,137.8	6.54%	78.7%	84.93%	97.2%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM16	11,247.8	5.20%	89.4%	9,666.9	4.47%	91.1%	8,568.4	3.96%	82.6%	88.64%	76.2%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM17	8,674.0	4.01%	93.4%	9,489.4	4.39%	95.5%	8,437.2	3.90%	86.5%	88.91%	97.3%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM18	5,671.3	2.62%	96.0%	9,897.4	4.58%	100.1%	5,176.5	2.40%	88.9%	52.30%	91.3%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM19	4,698.1	2.17%	98.2%	6,896.4	3.19%	103.3%	4,588.7	2.12%	91.1%	66.54%	97.7%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM20	3,964.0	1.83%	100.0%	5,268.4	2.44%	105.7%	3,465.8	1.60%	92.7%	65.78%	87.4%	SOBRECOSTO	ATRASO
Total	216,108.0	100.0%		228,426.2	105.7%		200,271.7	92.7%					

Anexo 4

Anexo 5

Mes del informe	Valor Planificado (PV)			Costo Real (AC)			Valor Ganado (EV)			Análisis	
	Monto (S/.)	% Ejecución Programada	% Acumulado	Monto (S/.)	% Ejecución	% Acumulado	Monto (S/.)	% Ejecución	% Acumulado	Variación de costo (CV)	Variación de programación (SV)
Inicio			-			-			-		
SEM1	5,475.1	1.99%	2.0%	5,314.4	1.94%	1.9%	5,332.4	1.94%	1.9%	RESUPUESTADO	ATRASO
SEM2	8,984.1	3.27%	5.3%	8,543.1	3.11%	5.0%	7,143.8	2.60%	4.5%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM3	9,698.9	3.53%	8.8%	10,498.5	3.82%	8.9%	9,718.6	3.54%	8.1%	SOBRECOSTO	ADELANTO
SEM4	11,547.1	4.21%	13.0%	15,647.4	5.70%	14.6%	9,548.4	3.48%	11.6%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM5	13,365.4	4.87%	17.9%	16,485.4	6.01%	20.6%	12,473.4	4.54%	16.1%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM6	16,885.4	6.15%	24.0%	19,147.4	6.98%	27.6%	13,495.7	4.92%	21.0%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM7	19,659.8	7.16%	31.2%	23,846.1	8.69%	36.2%	15,248.5	5.56%	26.6%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM8	22,985.3	8.37%	39.6%	26,389.4	9.61%	45.9%	23,145.1	8.43%	35.0%	SOBRECOSTO	ADELANTO
SEM9	25,475.1	9.28%	48.8%	29,145.6	10.62%	56.5%	26,748.1	9.75%	44.8%	SOBRECOSTO	ADELANTO
SEM10	28,476.2	10.37%	59.2%	31,059.4	11.32%	67.8%	27,894.6	10.16%	54.9%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM11	31,686.4	11.54%	70.8%	32,462.3	11.83%	79.6%	28,754.4	10.48%	65.4%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM12	23,356.0	8.51%	79.3%	24,486.1	8.92%	88.5%	23,148.4	8.43%	73.8%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM13	18,876.4	6.88%	86.2%	16,878.1	6.15%	94.7%	15,246.8	5.55%	79.4%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM14	16,217.5	5.91%	92.1%	12,318.6	4.49%	99.2%	10,128.0	3.69%	83.1%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM15	12,542.5	4.57%	96.6%	8,747.6	3.19%	102.4%	4,785.1	1.74%	84.8%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM16	9,247.8	3.37%	100.0%	9,978.3	3.64%	106.0%	7,468.5	2.72%	87.5%	SOBRECOSTO	ATRASO
Total	274,479.0	100.0%		290,947.7	106.0%		240,279.8	87.5%			

Anexo 6

Anexo 7

Mes del informe	Valor Planificado (PV)			Costo Real (AC)			Valor Ganado (EV)			Análisis	
	Monto (S/.)	% Ejecución Programada	% Acumulado	Monto (S/.)	% Ejecución	% Acumulado	Monto (S/.)	% Ejecución	% Acumulado	Variación de costo (CV)	Variación de programación (SV)
Inicio											
SEM1	5,600.1	0.74%	0.7%	5,600.1	0.74%	0.7%	5,700.4	0.76%	0.8%	PRESUPUESTADO	ADELANTO
SEM2	6,070.4	0.81%	1.6%	6,008.0	0.80%	1.5%	6,812.3	0.91%	1.7%	PRESUPUESTADO	ADELANTO
SEM3	7,941.0	1.06%	2.6%	7,032.2	0.93%	2.5%	7,514.2	1.00%	2.7%	PRESUPUESTADO	ATRASO
SEM4	8,816.0	1.17%	3.8%	8,994.3	1.20%	3.7%	6,143.8	0.82%	3.5%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM5	9,730.7	1.29%	5.1%	9,496.0	1.26%	4.9%	8,861.7	1.18%	4.7%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM6	9,727.0	1.29%	6.4%	10,943.0	1.45%	6.4%	8,134.5	1.08%	5.7%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM7	11,425.3	1.52%	7.9%	13,205.4	1.76%	8.1%	11,154.3	1.48%	7.2%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM8	11,975.4	1.59%	9.5%	12,698.8	1.69%	9.8%	11,254.9	1.50%	8.7%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM9	13,886.0	1.85%	11.3%	14,271.3	1.90%	11.7%	12,467.5	1.66%	10.4%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM10	13,770.0	1.83%	13.2%	14,962.0	1.99%	13.7%	11,258.6	1.50%	11.9%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM11	15,167.4	2.02%	15.2%	14,876.1	1.98%	15.7%	12,681.3	1.69%	13.6%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM12	16,502.0	2.19%	17.4%	16,776.0	2.23%	17.9%	13,765.4	1.83%	15.4%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM13	18,015.7	2.39%	19.8%	19,781.0	2.63%	20.6%	18,005.3	2.39%	17.8%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM14	18,773.8	2.50%	22.3%	19,973.1	2.65%	23.2%	16,458.3	2.19%	20.0%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM15	19,205.0	2.55%	24.8%	20,751.3	2.76%	26.0%	14,546.6	1.93%	21.9%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM16	21,789.7	2.90%	27.7%	22,486.1	2.99%	29.0%	15,768.3	2.10%	24.0%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM17	23,837.0	3.17%	30.9%	25,784.3	3.43%	32.4%	20,137.5	2.68%	26.7%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM18	24,245.7	3.22%	34.1%	22,476.1	2.99%	35.4%	21,168.4	2.81%	29.5%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM19	25,105.3	3.34%	37.4%	26,478.1	3.52%	38.9%	23,964.8	3.19%	32.7%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM20	27,064.0	3.60%	41.0%	28,497.1	3.79%	42.7%	25,310.8	3.36%	36.0%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM21	30,263.7	4.02%	45.1%	31,147.5	4.14%	46.8%	28,649.8	3.81%	39.8%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM22	33,701.1	4.48%	49.5%	34,143.2	4.54%	51.4%	30,428.6	4.04%	43.9%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM23	36,822.0	4.89%	54.4%	37,486.1	4.98%	56.3%	31,248.6	4.15%	48.0%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM24	35,386.8	4.70%	59.1%	37,451.1	4.98%	61.3%	31,527.9	4.19%	52.2%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM25	33,863.0	4.50%	63.6%	34,748.6	4.62%	65.9%	31,627.5	4.20%	56.4%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM26	32,720.6	4.35%	68.0%	32,974.1	4.38%	70.3%	30,482.9	4.05%	60.5%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM27	31,750.3	4.22%	72.2%	32,861.1	4.37%	74.7%	27,618.2	3.67%	64.2%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM28	30,670.8	4.08%	76.3%	30,981.2	4.12%	78.8%	26,284.9	3.49%	67.7%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM29	27,287.9	3.63%	79.9%	28,472.6	3.78%	82.6%	25,429.7	3.38%	71.0%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM30	24,723.3	3.29%	83.2%	25,743.8	3.42%	86.0%	24,661.5	3.28%	74.3%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM31	20,279.7	2.70%	85.9%	21,748.1	2.89%	88.9%	15,247.8	2.03%	76.3%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM32	18,190.0	2.42%	88.3%	19,174.4	2.55%	91.5%	15,237.0	2.03%	78.4%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM33	16,571.8	2.20%	90.5%	17,642.3	2.35%	93.8%	14,807.0	1.97%	80.3%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM34	15,973.1	2.12%	92.6%	17,234.5	2.29%	96.1%	13,264.8	1.76%	82.1%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM35	13,880.0	1.85%	94.5%	10,749.2	1.43%	97.5%	10,048.6	1.34%	83.4%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM36	10,161.3	1.35%	95.8%	9,821.5	1.31%	98.8%	9,245.1	1.23%	84.7%	SOBRECOSTO	ATRASO
SEM37	9,983.0	1.33%	97.2%	11,754.5	1.56%	100.4%	11,524.6	1.53%	86.2%	SOBRECOSTO	ADELANTO
SEM38	8,382.7	1.11%	98.3%	9,006.5	1.20%	101.6%	8,996.7	1.20%	87.4%	SOBRECOSTO	ADELANTO
SEM39	6,973.7	0.93%	99.2%	8,704.3	1.16%	102.7%	7,856.4	1.04%	88.4%	SOBRECOSTO	ADELANTO
SEM40	6,056.2	0.81%	100.0%	7,648.2	1.02%	103.8%	7,318.6	0.97%	89.4%	SOBRECOSTO	ADELANTO
Total	752,288.5	100.0%		780,583.1	103.8%		672,615.1	89.4%			

Anexo 8

Anexo 9

Proyecto	Índice de rendimiento de Progr. (SPI)	Etapas	Atrasos en programación (días)	Total de días
1	90.4%	Cimentación	3	11
		Construcción	7	
		Acabado	1	
2	88.7%	Cimentación	4	12
		Construcción	6	
		Acabado	2	
3	89.3%	Cimentación	4	13
		Construcción	6	
		Acabado	3	
4	89.0%	Cimentación	3	13
		Construcción	8	
		Acabado	2	
5	87.9%	Cimentación	2	15
		Construcción	10	
		Acabado	3	
6	88.1%	Cimentación	2	18
		Construcción	12	
		Acabado	4	
7	89.4%	Cimentación	4	30
		Construcción	23	
		Acabado	3	
8	87.2%	Cimentación	3	20
		Construcción	13	
		Acabado	4	
9	86.4%	Cimentación	2	10
		Construcción	7	
		Acabado	1	
10	85.9%	Cimentación	2	17
		Construcción	12	
		Acabado	3	
11	86.3%	Cimentación	2	19
		Construcción	15	
		Acabado	2	
12	88.4%	Cimentación	1	17
		Construcción	13	
		Acabado	3	
13	89.6%	Cimentación	3	18
		Construcción	12	
		Acabado	3	
14	86.1%	Cimentación	4	14
		Construcción	9	
		Acabado	1	
15	89.0%	Cimentación	4	20
		Construcción	13	
		Acabado	3	
16	87.3%	Cimentación	2	21
		Construcción	17	
		Acabado	2	
Total				268

Anexo 10

Proyecto	Índice de rendimiento de costo (CPI)	Etapas	Índice de rendimiento de costo por etapa (CPI)
1	85.6%	Cimentación	89.0%
		Construcción	75.3%
		Acabado	92.6%
2	84.2%	Cimentación	82.4%
		Construcción	79.2%
		Acabado	91.1%
3	85.8%	Cimentación	86.2%
		Construcción	75.0%
		Acabado	95.8%
4	84.0%	Cimentación	86.2%
		Construcción	70.3%
		Acabado	95.2%
5	83.1%	Cimentación	83.2%
		Construcción	75.2%
		Acabado	91.3%
6	83.0%	Cimentación	83.3%
		Construcción	75.0%
		Acabado	91.1%
7	82.8%	Cimentación	97.7%
		Construcción	51.7%
		Acabado	98.9%
8	83.0%	Cimentación	90.5%
		Construcción	67.0%
		Acabado	92.3%
9	82.3%	Cimentación	81.6%
		Construcción	75.1%
		Acabado	90.3%
10	81.0%	Cimentación	83.2%
		Construcción	75.1%
		Acabado	85.3%
11	81.5%	Cimentación	85.8%
		Construcción	65.0%
		Acabado	93.7%
12	81.8%	Cimentación	83.3%
		Construcción	72.0%
		Acabado	90.7%
13	83.9%	Cimentación	94.2%
		Construcción	60.3%
		Acabado	97.2%
14	83.6%	Cimentación	83.0%
		Construcción	75.0%
		Acabado	93.1%
15	82.8%	Cimentación	87.7%
		Construcción	66.2%
		Acabado	94.6%
16	83.1%	Cimentación	90.3%
		Construcción	62.9%
		Acabado	96.1%
Promedio			83.1%

Anexo 11

CEMENTO

Orden de compra (kg)					Cantidad entrega	Cantidad rechazada por	Cantidad ingresada	Se requiere		Se recibió	
Día	Mes	Proveedor	Nº	Pedido				Día	Mes	Día	Mes
1	4	1	-	1200	1200	0	1200	6	4	6	4
8	2	1	-	2450	2500	50	2450	13	2	13	2
13	10	1	-	2750	2800	50	2750	18	10	19	10
9	10	1	-	2400	2400	0	2400	14	10	14	10
15	8	1	-	1750	1850	100	1750	20	8	20	8
16	9	1	-	1650	1800	150	1650	21	9	21	9
10	2	1	-	1200	1200	0	1200	15	2	5	2
6	5	1	-	1500	1500	0	1500	11	5	11	5
16	8	2	-	1250	1400	150	1250	21	8	21	8
2	11	2	-	3000	3250	250	3000	7	11	7	11
3	11	2	-	2100	2200	100	2100	8	11	8	11
21	10	2	-	3000	3000	200	2800	26	10	27	10
25	11	2	-	2900	3000	100	2900	30	11	30	11
11	7	2	-	2300	2350	50	2300	16	7	16	7
23	3	2	-	1500	1650	150	1500	28	3	29	3
13	9	2	-	2100	2150	50	2100	18	9	18	9
28	3	3	-	2000	2050	50	2000	2	4	4	4
18	9	3	-	2500	2650	150	2500	23	9	23	9
4	1	3	-	1200	1200	0	1200	9	1	9	1
3	10	3	-	2250	2250	0	2250	8	10	8	10
23	8	3	-	2750	2950	200	2750	28	8	28	8
12	1	3	-	1000	1050	50	1000	17	1	17	1
28	5	3	-	1850	1900	50	1850	2	6	2	6
5	3	3	-	2400	2600	200	2400	10	3	10	3
12	4	3	-	1200	1250	50	1200	17	4	17	4
1	9	3	-	3100	3250	150	3100	7	9	7	9
Total				53300	55400	2300	53100	-	-	-	-

Anexo 12

N° Proyecto	m2 de tarrajeo total	Recursos asignados		Registro de obs			N° de observaciones (imperfecciones)	m2 observados	Porcentaje de obs (%)
		Tiempo (semanas)	N° obreros (a tarrajeo)	Día	Mes	Año			
1	933.00	2.333	12	16	Ene	2016	9	83.97	9%
2	670.00	2.010	10	19	Ene	2016	12	20.10	3%
3	1,050.00	2.250	14	8	Abr	2016	11	84.00	8%
4	1,200.00	2.400	15	25	May	2016	13	48.00	4%
5	1,015.00	2.175	14	9	Ago	2016	10	60.90	6%
6	1,050.00	2.250	14	21	Sep	2016	18	84.00	8%
7	3,250.00	2.786	35	4	Dic	2016	14	390.00	12%
8	2,000.00	3.000	20	26	Ene	2017	10	160.00	8%
9	810.00	2.025	12	25	Ene	2017	20	72.90	9%
10	1,000.00	2.500	12	1	Mar	2017	17	110.00	11%
11	1,550.00	2.735	17	30	Abr	2017	18	139.50	9%
12	850.00	2.125	12	28	Jun	2017	12	93.50	11%
13	1,200.00	2.769	13	29	Ago	2017	12	120.00	10%
14	2,000.00	3.750	16	30	Oct	2017	12	220.00	11%
15	2,750.00	3.750	22	4	Oct	2017	16	385.00	14%
16	2,675.00	3.648	22	28	Dic	2017	16	347.75	13%
Total	24,003.00	42.505	-	-	-	-	220	2,419.62	-

Anexo 13

Item	TA	SF	OO	SS		-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21			
Acero de refuerzo de 1/2" (LxL)	3	0	-	0	Demanda Bruta						420						420							123					123					
					Pendiente Recepción						0					0									0					0				
					Disponible						0						0									0				0				
					Requerimiento Neto									420							420						123				123			
					Recepción Planificada									420							420						123				123			
					Emisión de Orden				420									420								123			123					
Acero de refuerzo de 5/8" (LxL)	3	0	-	0	Demanda Bruta						290					225								142										
					Pendiente Recepción						0						0									0								
					Disponible						0							0								0								
					Requerimiento Neto									290													142							
					Recepción Planificada									290													142							
					Emisión de Orden				290								225								142									
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg) (LxL)	3	0	-	0	Demanda Bruta						450			250												242								
					Pendiente Recepción						0																0							
					Disponible						0																0							
					Requerimiento Neto									450														242						
					Recepción Planificada									450														242						
					Emisión de Orden				450																		242							
Ladrillo de arcilla King King 18 huecos (LxL)	3	0	-	0	Demanda Bruta								4000			3000			2000			2000				8000					1320			
					Pendiente Recepción								0				0				0			0				0				0		
					Disponible								0				0					0						0				0		
					Requerimiento Neto									4000				3000			2000			2000				8000				1320		
					Recepción Planificada									4000				3000			2000			2000				8000				1320		
					Emisión de Orden					4000					3000				2000			2000					8000				1320			
Acero de refuerzo de 3/8" (LxL)	2	0	-	0	Demanda Bruta						350					253							150											
					Pendiente Recepción						0						0								0									
					Disponible						0							0								0								
					Requerimiento Neto									350						253						150								
					Recepción Planificada									350						253						150								
					Emisión de Orden					350							253								150									
Arena fina (LxL)	2	0	-	0	Demanda Bruta						90										13										40			
					Pendiente Recepción						0												0									0		
					Disponible						0													0								0		
					Requerimiento Neto									90										13								40		
					Recepción Planificada									90										13								40		
					Emisión de Orden					90																						40		
Piedra chancada de 1/2" (LxL)	1	0	-	0	Demanda Bruta						50				20							20									19			
					Pendiente Recepción						0						0								0							0		
					Disponible						0							0								0						0		
					Requerimiento Neto									50					20						20							19		
					Recepción Planificada									50					20						20							19		
					Emisión de Orden						50						20								20							19		

Anexo 14

LISTA DE MATERIALES

DIARCO ENERGÍA Y CONSTRUCCIÓN SA

TOMA DE DATOS

BORRAR DATOS

AYUDA

NIVEL 0

CODIGO	A
DISPONIBILIDAD	500
STOCK SEGURIDAD	200
LEAD TIME	2
SEMANAS	8

NIVEL 1

CODIGO	B	C	D
CANTIDAD	2	1	300
DISPONIBILIDAD	300	100	200
STOCK SEGURIDAD	115	100	500
LEAD TIME	3	2	3

NIVEL 2

CODIGO	B1	C1
CANTIDAD	2	3
DISPONIBILIDAD	300	900
STOCK SEGURIDAD	170	500
LEAD TIME	2	3
RELACION	B	C

< >

BOM

MRP

INFORME DE ACCIONES

+

⋮

Anexo 15

EXPLOSION MRP

DIARCO ENERGÍA Y CONSTRUCCIÓN SA

NECESIDADES BRUTAS

EXPLOSION

BORRAR DATOS

NIVEL 0

Código	SEMANAS										
A	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas	0	0	40	50	120	40	50	120	120	40	25
Disponibilidad	500		500	460	410	290	250	40	25	10	10
Stock Seguridad	200		200	200	200	200	200				
Necesidades Netas	0		0	0	0	0	0	120	120	40	25
2 Emission Orden Planificada	0	0	0	0	0	120	120	40	25		

Anexo 16

EXPLOSION MRP

DIARCO ENERGÍA Y CONSTRUCCIÓN SA

NIVEL 1

Código		SEMANAS											
		-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
2	Necesidades Brutas				0	0	0	240	240	80	50	0	0
	Disponibilidad	300			300	300	300	300	50	70	40	0	0
	Stock Seguridad	115			115	115	115	115	115	115	115	115	115
	Necesidades Netas				0	0	0	55	240	80	50	0	0
3	Emission Orden Planificada	0	0	0	55	240	80	50	240	0	0	50	0

Código		SEMANAS											
		-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Necesidades Brutas			0	0	0	120	120	40	25	0	0	
	Disponibilidad	100		100		0	0	0	0	0	0	0	
	Stock Seguridad	100		100									
	Necesidades Netas			0	0	0	120	120	40	25	0	0	
2	Emission Orden Planificada	0	0	120	120	40	25	0	0	0	0	0	

Código		SEMANAS											
		-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
300	Necesidades Brutas				0	0	0	36000	36000	12000	7500	0	0
	Disponibilidad	200			200	0	0	0	0	0	0	0	0
	Stock Seguridad	500			500	500	500	500	500	500	500	500	500
	Necesidades Netas				300	0	0	36000	36000	12000	7500	0	0
3	Emission Orden Planificada	300	0	0	36000	36000	12000	7500	0	0	0	0	0

NIVEL 2

BOM

MRP

INFORME DE ACCIONES

Anexo 17

EXPLOSION MRP

DIARCO ENERGÍA Y CONSTRUCCIÓN SA

NIVEL 2

HIJO DE : B		SEMANAS										
B1		-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
2	Necesidades Brutas			110	480	160	100	0	0	0	0	0
	Disponibilidad	300		300	190	0	0	0	0	0	0	0
	Stock Seguridad	170		170	170	170	170	170	170	170	170	170
	Necesidades Netas			0	460	160	100	0	0	0	0	0
2	Emission Orden Planificada	0	460	160	100	0	0	0	0	0	0	0

HIJO DE : C		SEMANAS											
C1		-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
3	Necesidades Brutas				0	360	360	120	75	0	0	0	0
	Disponibilidad	900			900	900	540	0	0	0	0	0	0
	Stock Seguridad	500			500	500	500	500	500	500	500	500	500
	Necesidades Netas				0	0	320	120	75	0	0	0	0
3	Emission Orden Planificada	0	0	320	120	75	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 18

Proceso de planificación técnica	Código	Versión
		DRC-01	01
Título	Página		
1. Objetivo			
Elaborar y supervisar el proceso de metrado para no generar reprocesos en la ejecución del proyecto.			
2. Alcance			
El presente procedimiento es de aplicación personal encargado de la planificación técnica en			
3. Documentos a consultar			
Para la creación de este documento se necesita evaluar los planos, expediente técnico y metrado preliminar expedidos por la oficina técnica. Este proceso es fundamental para conocer las cantidades de materiales.			
4. Definiciones			
MRP: Material Requirement Planning			
5. Condiciones básicas			
Es deber del personal encargado, la correcta planificacion técnica por cada partida determinada en el proyecto, esta persona se hace cargo de definir en cantidades exactas los materiales a usar.			
6. Desarrollo del procedimiento			
Actividad		Responsable	
6.1 DEFINIR PARTIDAS		Planificación técnica	
6.1.1 Definir las partes de cada etapa en el proyecto			
6.1.2 Evaluar detalles de planos			
6.1.3 Estudio de expediente técnico			
6.2 CALCULAR REQUERIMIENTOS		Planificación técnica	
6.2.1 Definir la cantidad de materiales por partida			
6.2.2 Definir los costos de cada material			
6.3 ELABORAR INFORME		Planificación técnica	
6.3.1 Elaborar informe de metrado costado			
6.3.2 Informar sobre consideraciones y mejoras a implementar.			
6.3.3 Elaborar informe de los costos de materiales			
6.4. EVALUAR INFORME		Ingeniería residente	
6.4.1 Conocer si es conforme a lo necesitado			
6.4.2 Evaluar los costos y las cantidades			
7. Registros			
Reporte de metrado costado			
Informe de costos de materiales			
8. Anexos			
No presenta anexos.			

Anexo 19

Anexo 20

<h3 style="text-align: center;">FICHA TÉCNICA DE INDICADOR</h3>	Código: D-PIA-01
		Versión: 01
		Pág: 1 de 1
1. Nombre:	Eficiencia en la elaboración del metrado	
2. Objetivo:	Medir la eficiencia en la elaboración del metrado, mostrando si la metodología actual es considerablemente buena o regular.	
3. Fórmula de Cálculo:	$\frac{\text{Eficiencia en la elaboración del metrado (\%)} = \frac{\text{Número de reportes de metrado conformes}}{\text{Total de reportes de metrado emitidos}} \times 100\%$	
4. Nivel de referencia:	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 10px;"></div> <div style="margin-right: 10px;">Más de 85%</div> <div>La eficiencia en la elaboración del metrado es excelente</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #FFFF00; border: 1px solid black; margin-right: 10px;"></div> <div style="margin-right: 10px;">70-85%</div> <div>La eficiencia en la elaboración del metrado es buena</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #FF0000; border: 1px solid black; margin-right: 10px;"></div> <div style="margin-right: 10px;">Menos de 70%</div> <div>La eficiencia en la elaboración del metrado presenta deficiencias</div> </div> <p style="margin-top: 10px;">Nota: Un incremento en el valor del indicador significa que la elaboración del metrado es eficiente y no presenta demoras.</p>	
5. Responsable de Gestión:	Planificación técnica	
6. Fuente de Información:	Diseño arquitectónico	
7. Frecuencia de Medición:	Semanal	
8. Frecuencia de Reporte:	Quincenal	
9. Responsable del Reporte:	Planificación técnica	
10. Usuarios:	Gerencia de operaciones	
11. Observaciones:	*El metrado se realiza para aproximar la cantidad de materiales a usar en alguna partida definida y se compara con lo real para conocer que tan eficiente es la metodología actual.	

Anexo 21

<h3 style="text-align: center;">FICHA TÉCNICA DE INDICADOR</h3>	Código: D-PIA-01									
		Versión: 01									
		Pág: 1 de 1									
1. Nombre:	Eficiencia en el costeo de partidas										
2. Objetivo:	Medir la eficiencia en el costeo de partidas, mostrando si la metodología actual se desarrolla de manera correcta o incorrecta.										
3. Fórmula de Cálculo:	$\frac{\text{Eficiencia en el costeo de partidas}(\%) = \frac{\text{Número de partidas conformes por proyecto}}{\text{Total de partidas costeadas por proyecto}} \times 100\%}{}$										
4. Nivel de referencia:	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;"> </td> <td style="width: 20%; text-align: center;">Más de 90%</td> <td>La eficiencia en la elaboración del costeo de partidas es excelente</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;">60-90%</td> <td>La eficiencia en la elaboración del costeo de partidas es buena</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;">Menos de 60%</td> <td>La eficiencia en la elaboración del costeo de partidas presenta deficiencias</td> </tr> </table>			Más de 90%	La eficiencia en la elaboración del costeo de partidas es excelente		60-90%	La eficiencia en la elaboración del costeo de partidas es buena		Menos de 60%	La eficiencia en la elaboración del costeo de partidas presenta deficiencias
Más de 90%	La eficiencia en la elaboración del costeo de partidas es excelente
60-90%	La eficiencia en la elaboración del costeo de partidas es buena
Menos de 60%	La eficiencia en la elaboración del costeo de partidas presenta deficiencias									
Nota: Un incremento en el valor del indicador significa que la elaboración del costeo de partidas es eficiente.											
5. Responsable de Gestión:	Planificación técnica										
6. Fuente de Información:	Diseño arquitectonico										
7. Frecuencia de Medición:	Quincenal										
8. Frecuencia de Reporte:	Quincenal										
9. Responsable del Reporte:	Planificación técnica										
10. Usuarios:	Gerencia administrativa										
11. Observaciones:	El costeo de partidas es fundamental para estimar los recursos a usar y luego comparar con el costo real.										

Anexo 22

<h3 style="text-align: center;">FICHA TÉCNICA DE INDICADOR</h3>	Código: D-PIA-01									
		Versión: 01									
		Pág: 1 de 1									
1. Nombre:	Eficiencia en el presupuesto de materiales										
2. Objetivo:	Medir la eficiencia en el presupuesto inicial de materiales para conocer la eficiencia del proceso.										
3. Fórmula de Cálculo:	$\text{Eficiencia en el presupuesto de materiales}(\%) = \frac{\text{Presupuesto real de materiales}}{\text{Presupuesto planificado de materiales}} \times 100\%$										
4. Nivel de referencia:	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td>Más de 85%</td> <td>La eficiencia en la elaboración del presupuesto de materiales es excelente</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td>70-85%</td> <td>La eficiencia en la elaboración del presupuesto de materiales es buena</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td>Menos de 70%</td> <td>La eficiencia en la elaboración del presupuesto de materiales presenta deficiencias</td> </tr> </table> <p>Nota: Un incremento en el valor del indicador significa que la elaboración del presupuesto de materiales es eficiente.</p>			Más de 85%	La eficiencia en la elaboración del presupuesto de materiales es excelente		70-85%	La eficiencia en la elaboración del presupuesto de materiales es buena		Menos de 70%	La eficiencia en la elaboración del presupuesto de materiales presenta deficiencias
Más de 85%	La eficiencia en la elaboración del presupuesto de materiales es excelente
70-85%	La eficiencia en la elaboración del presupuesto de materiales es buena
Menos de 70%	La eficiencia en la elaboración del presupuesto de materiales presenta deficiencias									
5. Responsable de Gestión:	Planificación técnica										
6. Fuente de Información:	Diseño arquitectonico										
7. Frecuencia de Medición:	Semanal										
8. Frecuencia de Reporte:	Quincenal										
9. Responsable del Reporte:	Coordinación de proyectos										
10. Usuarios:	Gerencia administrativa										
11. Observaciones:	*Si el presupuesto real excede al presupuesto planificado significa que no se esta siguiendo una metodología correcta para su elaboración										

Anexo 23

Proceso de planificación técnica actual						Oportunidad de mejora
N°	Actividades	Tiempo (hr)	VA	NNVA	NVA	
1	Recepcionar informe	0,083		1		
2	Estudiar informe	2,000			1	Estudio prematuro con poco sentido.
3	Definir partidas	2,000		1		
4	Calcular requerimientos	5,000		1		
5	Elaborar reporte	1,000		1		
6	Enviar reporte	0,083		1		Envío de documentos digitales.
7	Recepcionar reporte	0,033		1		Recepción por canal digital.
8	Evaluar reporte	2,000		1		
9	Costear metrado	4,000		1		
10	Elaborar informe	1,000	1			
11	Enviar informe	0,083		1		Envío de información por canal digital.
Total		17,282	1	9	1	
Porcentaje			9%	82%	9%	

Anexo 24

Proceso de planificación técnica propuesto					
N°	Actividades	Tiempo (hr)	VA	NNVA	NVA
1	Recepcionar informe	0.083		1	
2	Definir partidas	2.000		1	
3	Calcular requerimientos	6.000		1	
4	Elaborar reporte	1.000		1	
5	Enviar reporte	0.083		1	
6	Recepcionar reporte	0.033		1	
7	Evaluar reporte	2.000		1	
8	Elaborar informe	1.000	1		
9	Enviar informe	0.083		1	
Total		12.282	1	8	0
Porcentaje			11%	89%	0%

Anexo 25

Proceso de planificación operativa	Código	Versión
		DRC-01	01
Título	Página		
1. Objetivo			
Supervisar que las actividades se encuentren correctamente planificadas e interrelacionadas durante la elaboración del cronograma.			
2. Alcance			
El presente procedimiento es de aplicación personal encargado de la planificación operativa en			
3. Documentos a consultar			
Para la creación de este documento se necesita el informe técnico expedido por oficina técnica. Se debe realizar un análisis para no presentar problemas.			
4. Definiciones			
PERT: Programa de evaluación y revisión técnica CPM: Método del camino crítico BD: Base de datos			
5. Condiciones básicas			
Es deber del personal encargado la correcta planificación operativa a usar a lo largo del proyecto, esta persona se hace cargo de la correcta planificación de etapas y su interrelación en el proyecto.			
6. Desarrollo del procedimiento			
Actividad		Responsable	
6.1 DEFINIR ACTIVIDADES		Planificación operativa	
6.1.1 Realizar el diagrama de tareas			
6.1.2 Definir resposanbles de cada tarea			
6.2 DEFINIR PRECEDENCIAS		Planificación operativa	
6.2.1 Definir actividades predecesoras			
6.2.2 Definir actividades paralelas o no críticas			
6.3 ESTIMAR DURACIÓN		Planificación operativa	
6.3.1 Estimar duración de cada actividad con el staff			
6.3.2 Guardar histórico de cada actividad a realizar para comparativa			
6.3.3 Conocer duración final del proyecto			
6.4. ELABORAR DIAGRAMA		Planificación operativa	
6.4.1 Elaborar diagrama en el software Project			
6.4.2 Elaborar diagrama de red			
6.4.3 Indicar tipo de relación entre actividades			
6.4.4 Guardar en base de datos			
6.5. EVALUAR DIAGRAMA		Ingeniería residente	
6.5.1 Conocer indicadores actuales			
6.5.2 Establecer nuevos indicadores			
6.5.3 Validar ruta crítica			
7. Registros			
Cronograma de obras			
8. Anexos			
No presenta anexos.			

Anexo 26

Anexo 27

<h3 style="text-align: center;">FICHA TÉCNICA DE INDICADOR</h3>	Código: D-PIA-01									
		Versión: 01									
		Pág: 1 de 1									
1. Nombre:	Eficiencia en la elaboración de diagrama de Gantt										
2. Objetivo:	Conocer si la metodología implementada optimiza el tiempo de duración del proyecto.										
3. Fórmula de Cálculo:	$\frac{\text{Eficiencia en la elaboración de Gantt}(\%) = \frac{\text{Número de diagramas conformes}}{\text{Total de diagramas realizados}} \times 100\%$										
4. Nivel de referencia:	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td>Más de 90%</td> <td>La eficiencia en la elaboración del diagrama de Gantt es excelente</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td>70-90%</td> <td>La eficiencia en la elaboración del diagrama de Gantt es buena</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td>Menos de 70%</td> <td>La eficiencia en la elaboración del diagrama de Gantt presenta deficiencias</td> </tr> </table> <p>Nota: Un incremento en el valor del indicador significa que la elaboración del diagrama de Gantt es eficiente.</p>			Más de 90%	La eficiencia en la elaboración del diagrama de Gantt es excelente		70-90%	La eficiencia en la elaboración del diagrama de Gantt es buena		Menos de 70%	La eficiencia en la elaboración del diagrama de Gantt presenta deficiencias
Más de 90%	La eficiencia en la elaboración del diagrama de Gantt es excelente
70-90%	La eficiencia en la elaboración del diagrama de Gantt es buena
Menos de 70%	La eficiencia en la elaboración del diagrama de Gantt presenta deficiencias									
5. Responsable de Gestión:	Planificación operativa										
6. Fuente de Información:	Ingeniería residente										
7. Frecuencia de Medición:	Quincenal										
8. Frecuencia de Reporte:	Quincenal										
9. Responsable del Reporte:	Planificación operativa										
10. Usuarios:	Gerencia operativa										
11. Observaciones:	*Si el diagrama de Gantt se encuentra bien realizado, se podrá optimizar el tiempo de duración del proyecto.										

Anexo 28

FICHA TÉCNICA DE INDICADOR	Código: D-PIA-01 Versión: 01 Pág: 1 de 1									
1. Nombre:	Eficiencia en la programación de actividades.										
2. Objetivo:	Medir si la herramienta PERT-CPM optimiza el tiempo del proyecto y se cumple lo proyectado.										
3. Fórmula de Cálculo:	$\text{Eficiencia en la programación de actividades(\%)} = \frac{\text{Tiempo real en días}}{\text{Tiempo estipulado en días}} \times 100\%$										
4. Nivel de referencia:	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td>Más de 90%</td> <td>La eficiencia en la elaboración de la programación de actividades es excelente</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td>70-90%</td> <td>La eficiencia en la elaboración de la programación de actividades es buena</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td>Menos de 70%</td> <td>La eficiencia en la elaboración de la programación de actividades presenta deficiencias</td> </tr> </table>			Más de 90%	La eficiencia en la elaboración de la programación de actividades es excelente		70-90%	La eficiencia en la elaboración de la programación de actividades es buena		Menos de 70%	La eficiencia en la elaboración de la programación de actividades presenta deficiencias
Más de 90%	La eficiencia en la elaboración de la programación de actividades es excelente
70-90%	La eficiencia en la elaboración de la programación de actividades es buena
Menos de 70%	La eficiencia en la elaboración de la programación de actividades presenta deficiencias									
Nota: Un incremento en el valor del indicador significa que la programación de actividades es eficiente.											
5. Responsable de Gestión:	Supervisión de obra										
6. Fuente de Información:	Ingeniería residente										
7. Frecuencia de Medición:	Semanal										
8. Frecuencia de Reporte:	Quincenal										
9. Responsable del Reporte:	Supervisión de obra										
10. Usuarios:	Gerencia operativa										
11. Observaciones:	*La implementación de herramienta PERT-CPM ayuda a optimizar el tiempo de duración de actividades y reducir sobrecostos.										

Anexo 29

Proceso de planificación operativa actual						Oportunidades de mejora
N°	Actividades	Tiempo (hr)	VA	NNVA	NVA	
1	Definir actividades y recursos	6,000		1		Descarga de base de datos.
2	Elaborar diagrama	2,500		1		
3	Enviar diagrama	0,083		1		Envío por canal digital, agiliza el flujo.
4	Recepcionar diagrama	0,033			1	Recepción por canal digital.
5	Evaluar diagrama	2,500		1		
6	Elaborar cronograma	2,000		1		Detallar información específica.
7	Enviar cronograma	0,083		1		Envío por canal digital, agiliza el flujo.
8	Recepcionar cronograma	0,033			1	Recepción por canal digital.
9	Evaluar cronograma	3,000		1		
10	Elaborar informe	1,000	1			
11	Enviar informe	0,083		1		Envío por canal digital, agiliza el flujo.
Total		17,315	1	8	2	
Porcentaje			9%	73%	18%	

Anexo 30

Proceso de planificación operativa propuesto					
N°	Actividades	Tiempo	VA	NNVA	NVA
1	Definir actividades y recursos	6.000		1	
2	Estimar duración de actividades	1.000		1	
3	Definir precedencias (PERT-CPM)	0.750		1	
4	Elaborar diagrama	1.000		1	
5	Enviar diagrama	0.083		1	
6	Recepcionar diagrama	0.033		1	
7	Evaluar diagrama	1.500		1	
8	Enviar diagrama oficial	0.083	1		
9	Recepcionar informe	0.033		1	
Total		10.482	1	8	0
Porcentaje			11%	89%	0%

Anexo 31

Proceso de emisión de ordenes de compra	Código	Versión
		DRC-01	01
Título	Página		
1. Objetivo			
Controlar que los requerimientos sean pertinentes para no generar demoras en la solicitud. Además,			
2. Alcance			
El presente procedimiento es de aplicación personal encargado de la administración de obra en			
3. Documentos a consultar			
Para la creación de este documento se necesita evaluar las solicitudes de materiales y las ordenes de compra pendientes. Se debe consultar el documento de la metodología implementada (Material Requirement Planning).			
4. Definiciones			
Inv: Inventarios Req: Requerimientos MRP: Material Requirement Planning O/C: Orden de compra			
5. Condiciones básicas			
Es deber del personal encargado la correcta emisión de orden de compra para cada material a usar a lo largo del proyecto, esta persona se hace cargo de la correcta emisión de solicitud, previniendo demoras.			
6. Desarrollo del procedimiento			
Actividad		Responsable	
6.1 REVISAR INVENTARIOS		Administración de obra	
6.1.1 Conocer la cantidad de inv. Por cada material			
6.1.2 Conocer el estado de cada material en inv.			
6.2 NOTIFICAR DISPONIBILIDAD		Administración de obra	
6.2.1 Informar las cantidades de material al supervisor			
6.2.2 Informar el estado de los materiales			
6.2.3 Informar emisiones con retraso y/o emitidas			
6.3 EVALUAR REQUERIMIENTOS		Jefatura de compras	
6.3.1 Evaluar las cantidades a solicitar en el MRP			
6.3.2 Pedir menor cantidad si hubiese en inventario			
6.4. EMITIR O/C		Jefatura de compras	
6.4.1 Emisión de O/C al proveedor			
6.4.2 Emitir copia de O/C a la administración			
7. Registros			
Informe MRP Documento Kardex			
8. Anexos			
No presenta anexos.			

Anexo 32

Anexo 33

<h3 style="text-align: center;">FICHA TÉCNICA DE INDICADOR</h3>	Código: D-PIA-01									
		Versión: 01									
		Pág: 1 de 1									
1. Nombre:	Eficiencia en la solicitud de materiales										
2. Objetivo:	Supervisar que los requerimientos sean pertinentes, para que no genere demora en la solicitud.										
3. Fórmula de Cálculo:	$\frac{\text{Eficiencia en la solicitud de materiales}(\%) = \frac{\text{Número de ordenes de compra conformes}}{\text{Total de órdenes de compra emitidas}} \times 100\%}{}$										
4. Nivel de referencia:	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td>Más de 87%</td> <td>La eficiencia en la elaboración de las solicitudes de materiales es excelente</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td>70-87%</td> <td>La eficiencia en la elaboración de las solicitudes de materiales es buena</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td>Menos de 70%</td> <td>La eficiencia en la elaboración de las solicitudes de materiales presenta deficiencias</td> </tr> </table>			Más de 87%	La eficiencia en la elaboración de las solicitudes de materiales es excelente		70-87%	La eficiencia en la elaboración de las solicitudes de materiales es buena		Menos de 70%	La eficiencia en la elaboración de las solicitudes de materiales presenta deficiencias
Más de 87%	La eficiencia en la elaboración de las solicitudes de materiales es excelente
70-87%	La eficiencia en la elaboración de las solicitudes de materiales es buena
Menos de 70%	La eficiencia en la elaboración de las solicitudes de materiales presenta deficiencias									
Nota: Un incremento en el valor del indicador significa que el proceso de solicitud de materiales es eficiente.											
5. Responsable de Gestión:	Administración de obra										
6. Fuente de Información:	Jefatura de obra										
7. Frecuencia de Medición:	Semanal										
8. Frecuencia de Reporte:	Mensual										
9. Responsable del Reporte:	Administración de obra										
10. Usuarios:	Gerencia administrativa										
11. Observaciones:	*No olvidar revisar constantemente los inventarios para no pedir materiales en exceso.										

Anexo 34

FICHA TÉCNICA DE INDICADOR	Código: D-PIA-01 Versión: 01 Pág: 1 de 1									
1. Nombre:	Lead time de emisión de O/C										
2. Objetivo:	Controlar que la cantidad y el monto sean acordes para evitar no conformidades.										
3. Fórmula de Cálculo:	$\frac{\text{Lead time de emisión de O/C}(\%) = \frac{\text{Lead time real de emisión de } \frac{O}{C} \text{ en días}}{\text{Lead time planificado de } \frac{O}{C} \text{ en días}} \times 100\%$										
4. Nivel de referencia:	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td>Más de 85%</td> <td>Cumplimiento óptimo del programa de abastecimiento a nivel interno</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td>65-85%</td> <td>Cumplimiento regular del programa de abastecimiento a nivel interno</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td>Menos de 65%</td> <td>Deficiente cumplimiento del programa de abastecimiento a nivel interno</td> </tr> </table>			Más de 85%	Cumplimiento óptimo del programa de abastecimiento a nivel interno		65-85%	Cumplimiento regular del programa de abastecimiento a nivel interno		Menos de 65%	Deficiente cumplimiento del programa de abastecimiento a nivel interno
Más de 85%	Cumplimiento óptimo del programa de abastecimiento a nivel interno
65-85%	Cumplimiento regular del programa de abastecimiento a nivel interno
Menos de 65%	Deficiente cumplimiento del programa de abastecimiento a nivel interno									
Nota: Un incremento en el valor del indicador significa que el proceso de emisión de O/C es eficiente.											
5. Responsable de Gestión:	Administración de obra										
6. Fuente de Información:	Jefatura de obra										
7. Frecuencia de Medición:	Semanal										
8. Frecuencia de Reporte:	Quincenal										
9. Responsable del Reporte:	Administración de obra										
10. Usuarios:	Gerencia administrativa										
11. Observaciones:	*Se debe evaluar la necesidad y cantidad del material a solicitar para no presentar tiempos muertos en el proceso de construcción.										

Anexo 35

Proceso de emisión de órdenes de compra actual						Oportunidades de mejora
N°	Actividades	Tiempo (hr)	VA	NNVA	NVA	
1	Revisar stock de materiales en obra	2,000		1		Mantener inventario actualizado.
2	Solicitar requerimientos	1,000		1		
3	Recepcionar solicitud	0,033		1		Recepción por canal digital.
4	Enviar solicitud	0,083		1		Envío por canal digital, agiliza el flujo.
5	Notificar solicitud pre-aprobada	0,083			1	
6	Recepcionar solicitud pre-aprobada	0,033			1	Recepción por canal digital.
7	Evaluar solicitud pre-aprobada	4,000			1	
8	Evaluar solicitud aprobada	5,000		1		
9	Emitir orden de compra	0,500		1		Archivar y ordenar órdenes, tener back-up.
Total		12,732	0	6	3	
Porcentaje			0%	67%	33%	

Anexo 36

Proceso de emisión de órdenes de compra propuesto					
N°	Actividades	Tiempo (hr)	VA	NNVA	NVA
1	Revisar inventarios	2.000		1	
2	Notificar disponibilidad	0.083		1	
3	Evaluar requerimientos	1.000		1	
4	Emitir orden de compra	0.500		1	
Total		3.583	0.000	4.000	0.000
Porcentaje			0%	100%	0%

Anexo 37

Proceso de planificación de compras	Código	Versión
		DRC-01	01
	Título		
1. Objetivo			
Elaborar y evaluar el plan de abastecimiento de materiales a usar en el proyecto.			
2. Alcance			
El presente procedimiento es de aplicación personal encargado de la planificación de compras en			
3. Documentos a consultar			
Para la creación de este documento se necesita evaluar el cronograma de obra expedido por el planner de obra. Se debe hacer uso de la metodología implementada (Material Requirement Planning).			
4. Definiciones			
MRP: Material Requirement Planning			
TA: Tiempo de abastecimiento			
SI: Stock Inicial			
OO: Otras ordenes			
SS: Stock de seguridad			
LxL: Lote por lote			
5. Condiciones básicas			
Es deber del personal encargado la correcta planificacion de cada material a usar a lo largo del proyecto, esta persona se hace cargo del correcto abastecimiento de materiales, estimando cantidades y fechas.			
6. Desarrollo del procedimiento			
Actividad		Responsable	
6.1 EVALUAR CRONOGRAMA		Jefatura de compras	
6.1.1 Conocer las fechas de inicio por partida			
6.1.2 Conocer las cantidades de material por cada partida			
6.2 PROGRAMAR MRP		Jefatura de compras	
6.2.1 Conocer los materiales tipo A			
6.2.2 Conocer los TA de cada proveedor			
6.2.3 Determinar los SS por material			
6.2.4 Conocer el LxL de cada material			
6.2.5 Definir fechas para cada abastecimiento			
6.3 EVALUAR MRP		Administración de obra	
6.3.1 Evaluar que las fechas programadas sean acorde a las necesitadas			
6.3.2 Evaluar que las cantidades programadas sean las necesarias			
6.3.3 Evaluar que no falte ningún material para el desarrollo del proyecto			
6.4. ELABORAR INFORME DE COMPRAS		Administración de obra	
6.4.1 Informar algún problema en la elaboración			
6.4.2 Informar sobre los tiempos de holgura			
6.4.3 Detallar sobre el programa de abastecimiento y MRP			
6.4.4 Incluir consideraciones y recomendaciones para la mejora continua del proceso			
7. Registros			
Programa de abastecimiento			
Informe de compras			
Informe MRP			
8. Anexos			
No presenta anexos.			

Anexo 38

Anexo 39

<h3 style="text-align: center;">FICHA TÉCNICA DE INDICADOR</h3>	Código: D-PIA-01									
		Versión: 01									
		Pág: 1 de 1									
1. Nombre:	Lead Time de aprovisionamiento										
2. Objetivo:	Medir la eficiencia del programa de abastecimiento a nivel externo. Asimismo, medir el nivel de cumplimiento por parte de los proveedores, especialmente de los que abastecen materiales de categoría A										
3. Fórmula de Cálculo:	$\text{Lead Time de aprovisionamiento}(\%) = \frac{\text{Lead Time Real de aprovisionamiento en días}}{\text{Lead Time Planificado de aprovisionamiento en días}} \times 100\%$										
4. Nivel de referencia:	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;">95-100%</td> <td>Cumplimiento óptimo del programa de abastecimiento a nivel externo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;">85-95%</td> <td>Cumplimiento regular del programa de abastecimiento a nivel externo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;">Menos de 85%</td> <td>Deficiente cumplimiento del programa de abastecimiento a nivel externo</td> </tr> </table> <p>Nota: Un incremento en el valor del indicador significa un mejor desempeño en el cumplimiento del proveedor</p>			95-100%	Cumplimiento óptimo del programa de abastecimiento a nivel externo		85-95%	Cumplimiento regular del programa de abastecimiento a nivel externo		Menos de 85%	Deficiente cumplimiento del programa de abastecimiento a nivel externo
95-100%	Cumplimiento óptimo del programa de abastecimiento a nivel externo
85-95%	Cumplimiento regular del programa de abastecimiento a nivel externo
Menos de 85%	Deficiente cumplimiento del programa de abastecimiento a nivel externo									
5. Responsable de Gestión:	Jefatura de compras										
6. Fuente de Información:	Administración de obra										
7. Frecuencia de Medición:	Semanal										
8. Frecuencia de Reporte:	Mensual										
9. Responsable del Reporte:	Jefatura de compras										
10. Usuarios:	Gerencia administrativa										
11. Observaciones:	*Se debe tomar en cuenta que las entregas de materiales por parte de los proveedores deben darse al inicio de la jornada obrera										

Anexo 40

<h3 style="text-align: center;">FICHA TÉCNICA DE INDICADOR</h3>	Código: D-PIA-01									
		Versión: 01									
		Pág: 1 de 1									
1. Nombre:	Eficiencia en la elaboración del MRP (Material Resource Planning)										
2. Objetivo:	Medir la eficiencia en la elaboración del MRP, permitiendo conocer la cantidad de veces que este fue aceptado o reprocesado después de evaluarse										
3. Fórmula de Cálculo:	$\frac{\text{Eficiencia en la elaboración del MRP (\%)} = \frac{\text{Número de reportes de MRP conformes}}{\text{Total de reportes de MRP emitidos}} \times 100\%$										
4. Nivel de referencia:	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td>Más de 90%</td> <td>La eficiencia en la elaboración del MRP es excelente</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td>75-90%</td> <td>La eficiencia en la elaboración del MRP es buena</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td>Menos de 75%</td> <td>La eficiencia en la elaboración del MRP presenta deficiencias</td> </tr> </table> <p>Nota: Un incremento en el valor del indicador significa que la elaboración del MRP es mejor y requiere menos reprocesos</p>			Más de 90%	La eficiencia en la elaboración del MRP es excelente		75-90%	La eficiencia en la elaboración del MRP es buena		Menos de 75%	La eficiencia en la elaboración del MRP presenta deficiencias
Más de 90%	La eficiencia en la elaboración del MRP es excelente
75-90%	La eficiencia en la elaboración del MRP es buena
Menos de 75%	La eficiencia en la elaboración del MRP presenta deficiencias									
5. Responsable de Gestión:	Jefatura de compras										
6. Fuente de Información:	Administración de obra										
7. Frecuencia de Medición:	Semanal										
8. Frecuencia de Reporte:	Mensual										
9. Responsable del Reporte:	Jefatura de compras										
10. Usuarios:	Gerencia administrativa										
11. Observaciones:	*El MRP se realizará para los materiales de categoría A identificados a través del análisis ABC por obra										

Anexo 41

Proceso de emisión de planificación de compras						Oportunidades de mejora
N°	Actividades	Tiempo (hr)	VA	NNVA	NVA	
1	Evaluar cronograma de obra	1,500		1		Evaluar junto con el staff.
2	Programar requerimientos (MRP)	2,500		1		Tener información detallada.
3	Enviar programa	0,083		1		Envío por canal digital, agiliza el flujo.
4	Recepcionar programa	0,033		1		Recepción por canal digital.
5	Evaluar programa	1,500		1		
6	Elaborar informe	1,000		1		
7	Enviar informe	0,083		1		Envío por canal digital, agiliza el flujo.
8	Recepcionar informe	0,033		1		Recepción por canal digital.
Total		6,732	0	8	0	
Porcentaje			0%	100%	0%	

Anexo 42

HOJA DE REGISTRO DE DESARROLLO DE PROCESOS (BPM)			DIARCO ENERGIA Y CONSTRUCCION
N° 03-001	Proyecto: Edificación para vivienda de 01 pisos c/ acabado básico	Actualización: 30/08/2018	
PROCESO	ACTIVIDAD	TIEMPO REQUERIDO (HORAS)	
		PROYECTADO	REAL
Planificación técnica	Recepcionar informe	0.083	0.083
	Definir partidas	2.000	2.000
	Calcular requerimientos	6.000	6.000
	Elaborar reporte	1.000	1.000
	Enviar reporte	0.083	0.083
	Recepcionar reporte	0.033	0.033
	Evaluar reporte	2.000	2.000
	Elaborar informe	1.000	1.000
	Enviar informe	0.083	0.083
Planificación operativa	Definir actividades y recursos	6.000	6.000
	Estimar duración de actividades	1.000	1.000
	Definir precedencias (PERT-CPM)	0.750	0.750
	Elaborar diagrama	1.000	1.000
	Enviar diagrama	0.083	0.083
	Recepcionar diagrama	0.033	0.033
	Evaluar diagrama	1.500	1.500
	Enviar diagrama oficial	0.083	0.083
	Recepcionar informe	0.033	0.033
Emisión de órdenes de compra	Revisar inventarios	50.000	54.250
	Notificar disponibilidad	2.075	2.075
	Evaluar requerimientos	25.000	25.000
	Emitir orden de compra	12.500	12.500
Planificación de compra	Evaluar cronograma de obra	1.500	1.500
	Programar requerimientos (MRP)	2.500	2.500
	Enviar programa	0.083	0.083
	Recepcionar programa	0.033	0.033
	Evaluar programa	1.500	1.500
	Elaborar informe	1.000	1.000
	Enviar informe	0.083	0.083
	Recepcionar informe	0.033	0.033
Tiempo total (hr)		119.071	123.321
Tiempo real / Tiempo proyectado		97%	

Anexo 43

HOJA DE REGISTRO DE AVANCE DE OBRA (PERT-CPM)				DIARCO ENERGIA Y CONSTRUCCION
Nº 01-001	Proyecto: Edificación para vivienda de 01 pisos c/ acabado básico			Actualización: 30/08/2018
ACTIVIDADES	FECHA DE INICIO PROGRAMADA	FECHA DE TÉRMINO PROGRAMADA	FECHA DE INICIO REAL	FECHA DE TÉRMINO REAL
Limpieza de terreno y trazo	16/07/2018	18/07/2018	16/07/2018	18/07/2018
Excavación de zanjas	18/07/2018	20/07/2018	18/07/2018	20/07/2018
Cimentación	20/07/2018	23/07/2018	20/07/2018	23/07/2018
Cadena de desplante	23/07/2018	26/07/2018	23/07/2018	26/07/2018
Armado de columnas	23/07/2018	25/07/2018	23/07/2018	25/07/2018
Construcción de muros	26/07/2018	07/08/2018	26/07/2018	07/08/2018
Encofrado de columnas	07/08/2018	09/08/2018	07/08/2018	09/08/2018
Vaciado de columnas	09/08/2018	12/08/2018	09/08/2018	12/08/2018
Armado de vigas	12/08/2018	16/08/2018	12/08/2018	16/08/2018
Techado	16/08/2018	25/08/2018	16/08/2018	25/08/2018
Tarrajeo de muros	12/08/2018	18/08/2018	12/08/2018	18/08/2018
Tarrajeo de cielo raso	25/08/2018	30/08/2018	25/08/2018	30/08/2018
Instalaciones sanitarias	30/08/2018	02/09/2018	30/08/2018	02/09/2018
Instalaciones eléctricas	30/08/2018	06/09/2018	30/08/2018	06/09/2018
Acabado de superficie	06/09/2018	11/09/2018	06/09/2018	11/09/2018
Pintura interior	11/09/2018	16/09/2018	11/09/2018	16/09/2018
Pintura exterior	11/09/2018	17/09/2018	11/09/2018	17/09/2018

Anexo 44

HOJA DE REGISTRO DE AVANCE DE COMPRAS (MRP)
N° 02-001	Proyecto: Edificación para vivienda de 01 pisos c/ acabado básico				Actualización: 30/08/2018	
ITEM	CANTIDAD PROGRAMADA	FECHA DE PEDIDO PROGRAMADA	FECHA DE ENTREGA PROGRAMADA	CANTIDAD DE PEDIDO REAL	FECHA DE PEDIDO REAL	FECHA DE ENTREGA REAL
Acero de refuerzo de 1/2"	420	14/07/2018	17/07/2018	420	14/07/2018	17/07/2018
Acero de refuerzo de 5/8"	290	14/07/2018	17/07/2018	290	14/07/2018	17/07/2018
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	450	14/07/2018	17/07/2018	450	14/07/2018	17/07/2018
Acero de refuerzo de 3/8"	350	15/07/2018	17/07/2018	350	15/07/2018	17/07/2018
Arena fina	90	15/07/2018	17/07/2018	90	15/07/2018	17/07/2018
Ladrillo de arcilla king kong 18 huecos	4000	16/07/2018	17/07/2018	4000	16/07/2018	17/07/2018
Piedra chancada 1/2"	50	15/07/2018	17/07/2018	50	15/07/2018	17/07/2018
Acero de refuerzo de 5/8"	225	19/07/2018	22/07/2018	225	19/07/2018	22/07/2018
Ladrillo de arcilla king kong 18 huecos	3000	19/07/2018	22/07/2018	3000	19/07/2018	22/07/2018
Acero de refuerzo de 1/2"	420	20/07/2018	23/07/2018	420	20/07/2018	23/07/2018
Acero de refuerzo de 3/8"	253	20/07/2018	22/07/2018	253	20/07/2018	22/07/2018
Piedra chancada 1/2"	20	20/07/2018	21/07/2018	20	20/07/2018	21/07/2018
Ladrillo de arcilla king kong 18 huecos	2000	22/07/2018	25/07/2018	2000	22/07/2018	25/07/2018
Arena fina	13	24/07/2018	26/07/2018	13	24/07/2018	26/07/2018
Ladrillo de arcilla king kong 18 huecos	2000	25/07/2018	28/07/2018	2000	25/07/2018	28/07/2018
Acero de refuerzo de 5/8"	142	26/07/2018	29/07/2018	142	26/07/2018	29/07/2018
Piedra chancada 1/2"	20	26/07/2018	27/07/2018	20	26/07/2018	27/07/2018
Acero de refuerzo de 1/2"	123	27/07/2018	30/07/2018	123	27/07/2018	30/07/2018
Acero de refuerzo de 3/8"	150	27/07/2018	29/07/2018	150	27/07/2018	29/07/2018
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	242	29/07/2018	01/08/2018	242	29/07/2018	01/08/2018
Ladrillo de arcilla king kong 18 huecos	8000	29/07/2018	01/08/2018	8000	29/07/2018	01/08/2018
Acero de refuerzo de 1/2"	123	31/07/2018	03/08/2018	123	31/07/2018	03/08/2018
Ladrillo de arcilla king kong 18 huecos	1320	03/08/2018	06/08/2018	1320	03/08/2018	06/08/2018
Arena fina	40	04/08/2018	06/08/2018	40	04/08/2018	06/08/2018
Piedra chancada 1/2"	19	05/08/2018	06/08/2018	19	05/08/2018	06/08/2018

Anexo 45

	Proyecto	Utilidad Esperada	Utilidad Real	GAP
Sin propuesta	1	S/. 32,416.20	S/. 20,098.04	38%
	2	S/. 22,049.25	S/. 14,258.52	35%
	3	S/. 35,541.60	S/. 25,826.90	27%
	4	S/. 41,171.85	S/. 24,703.11	40%
	5	S/. 35,308.50	S/. 21,655.88	39%
	6	S/. 36,290.40	S/. 21,532.30	41%
	7	S/. 142,934.81	S/. 82,676.50	42%
	8	S/. 58,795.59	S/. 33,807.47	43%
	9	S/. 32,316.67	S/. 22,298.50	31%
	10	S/. 40,140.56	S/. 27,274.45	32%
	11	S/. 71,018.83	S/. 50,316.84	29%
	12	S/. 47,696.24	S/. 32,299.89	32%
	13	S/. 50,790.83	S/. 33,547.34	34%
	14	S/. 77,751.85	S/. 64,793.21	17%
	15	S/. 59,748.59	S/. 37,492.24	37%
	16	S/. 104,436.01	S/. 73,350.94	30%
Con propuesta	17	S/. 31,657.76	S/. 31,657.76	0%
	18	S/. 35,539.05	S/. 35,539.05	0%
	19	S/. 58,766.20	S/. 58,766.20	0%
	20	S/. 73,823.05	S/. 73,823.05	0%
	21	S/. 41,480.00	S/. 41,480.00	0%
	22	S/. 34,807.87	S/. 34,807.87	0%

Anexo 46

Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingresos		600,047.00	509,869.00	994,224.00	903,208.30	799,833.27	1,345,027.18	1,060,184.34	640,984.64
Costos		381,355.69	332,581.03	600,767.77	575,395.37	461,639.72	776,000.41	668,382.21	409,081.90
Utilidad Bruta		218,691.31	177,287.97	393,456.23	327,812.93	338,193.55	569,026.77	391,802.13	231,902.74
G. Administración		- 36,002.82	- 30,592.14	- 59,653.44	- 54,192.50	- 47,990.00	- 80,701.63	- 63,611.06	- 38,459.08
G. Ventas		- 48,003.76	- 40,789.52	- 79,537.92	- 72,256.66	- 63,986.66	- 107,602.17	- 84,814.75	- 51,278.77
Depreciación		- 3,784.11	- 3,784.11	- 3,784.11	- 3,784.11	- 3,784.11	- 3,784.11	- 3,784.11	- 3,784.11
Amortizaci.		- 28,980.00							
Utilidad Operativa		101,920.62	102,122.20	250,480.76	197,579.65	222,432.78	376,938.86	239,592.21	138,380.77
Impuesto Renta (28%)		- 28,537.77	- 28,594.22	- 70,134.61	- 55,322.30	- 62,281.18	- 105,542.88	- 67,085.82	- 38,746.62
Utilidad Neta		73,382.85	73,527.98	180,346.15	142,257.35	160,151.61	271,395.98	172,506.39	99,634.16
Depreciación		3,784.11	3,784.11	3,784.11	3,784.11	3,784.11	3,784.11	3,784.11	3,784.11
Amortizaci.		28,980.00							
F.C. Operativo		106,146.96	77,312.09	184,130.26	146,041.46	163,935.72	275,180.09	176,290.50	103,418.27
Inv. Tangibles	- 34,057.00								
Inv. Intangibles	- 28,980.00								
V.R.									
F.C. Económico Proy.	- 63,037.00	106,146.96	77,312.09	184,130.26	146,041.46	163,935.72	275,180.09	176,290.50	103,418.27

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Flujo de caja incremental del Pro	-63,037	45,963	30,953	79,921	62,661	47,772	99,544	90,327	44,787

Anexo 47

Variable	Valor
Cok	19,86353206%
rf	2,17%
b desap	1,27
IR	29,50%
Pasivo	S/. 965.880,0
Patrimonio	S/. 649.420,0
b ap	2,601650793
rm-rf	6,38%
Rp (EMBI)	1,10%