

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
ESCUELA DE POSGRADO**



**Diagnóstico Operativo Empresarial de la Empresa**

**San Martín Contratistas Generales**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAGÍSTER EN  
ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE EMPRESAS**

**OTORGADO POR LA**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**PRESENTADA POR**

**Michael Cristian Chamorro Vargas**

**Oscar Darío Navas Gómez**

**Sergio Belcher Huerta Mercedes**

**Wilberd Torres Maquera**

**Asesor: Ricardo Pino**

**Surco, noviembre de 2017**

## Agradecimiento

Agradecemos a la empresa San Martín Contratistas Generales S.A. y, especialmente, a la gerencia general del Sr. Alfonso Brazzini por brindarnos su apoyo, conocimiento y tiempo a la hora de realizar el diagnóstico operativo empresarial de su organización. Asimismo, agradecemos a CENTRUM y particularmente a nuestro asesor, el Ing. Ricardo Pino Jordan, por habernos facilitado el camino hasta este punto con su instrucción y experiencia.



## Dedicatoria

A nuestras familias por la paciencia y comprensión que demostraron a la hora de acompañarnos en este reto profesional.



## Resumen Ejecutivo

La tesis denominada “Diagnóstico Operativo Empresarial de la Empresa San Martín Contratistas Generales” fue elaborada en el año 2017. Para recopilar la información se emplearon las técnicas de análisis documental: se revisaron y analizaron el manual de gestión de proyectos, los estados financieros y datos obtenidos de una obra de construcción, así como se requirió aplicar entrevistas al personal que trabaja en la organización.

Dado que los servicios ofrecidos por San Martín difieren según la naturaleza de las obras —movimiento de tierras, obras hidráulicas, obras viales, electromecánicas, entre otras—, la planeación, ejecución, control y cierre de las mismas son efectuados con la participación de especialistas de la empresa en diversas áreas. Sin embargo, el presente diagnóstico estará enfocado en la unidad de negocio de Construcción de la firma, cuya principal actividad es la construcción de vías y caminos.

San Martín necesita implementar mejoras productivas que generen valor en las operaciones debido a su impacto directo en la rentabilidad del negocio. Todas las mejoras —eficiencias, rendimientos, ahorros y optimizaciones— que puedan implementarse en el área de Operaciones supondrán un impacto positivo en el negocio, fortaleciendo a la empresa y dotándola de una mayor competitividad de cara al mercado actual.

Durante el desarrollo del diagnóstico se plantearán múltiples oportunidades de mejora, cuyo objetivo es la eficiencia de la operación y la maximización de los resultados económicos de la organización. Estas oportunidades fueron identificadas a raíz del análisis de los documentos revisados y las entrevistas realizadas, remarcando la necesidad que tiene San Martín de implementar programas de mantenimiento que consideren los conceptos de Mantenimiento Productivo Total y de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, así como la urgencia de adoptar nuevas tecnologías en planta y equipamiento.

## Abstract

The thesis “Business Operative Diagnosis of the Company San Martin Contratistas Generales” was carried out along the year 2017. A series of documentary analysis techniques were used in order to collect the information: the project management manual, the financial statements, and data collected from a construction site of the referred company were reviewed and analyzed, as well as interviews with some of the firm’s employees.

Given the the nature of the specific projects, San Martin’s services are diverse — earthworks, hydraulic works, roadworks, electromechanics, among others—, and so are the work planning, execution, control, and closure, involving especialistas from multiple departments across the company. However, this diagnosis is mainly focused on San Martin’s Construction business unit, whose main activity is the construction of roads and highways.

San Martin requires to develop improvements that add value to its operations due to its direct impact on the business profitability. All the improvements —efficiencies, productivity, savings, and optimizations —that can be implemented in the Operations department mean a significative and positive impact on the business, which translates in a more solid and competitive company in its market.

Within this diagnosis, several improvement opportunities are identified, their general objective being the operations efficiency and the maximization of the economic results of the organization. These opportunities rise from the analysis of both the different documentation and the conducted interviews. San Martin’s need for maintenance programs development, which include Total Productive Maintenance and Reliability Centered Maintenance concepts, is evident, as well as adopting new technologies in plant and equipment.

## Tabla de Contenido

<b>Tabla de Contenido.....</b>	<b>ii</b>
<b>Lista de Tablas .....</b>	<b>viii</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>x</b>
<b>Capítulo I: Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción de la Empresa.....	1
1.2 Unidad de Negocio de Minería .....	5
1.3 Unidad de Negocio de Construcción.....	7
1.4 Ciclo Operativo .....	11
1.4.1 Diagrama entrada-proceso-salida.....	12
1.5 Clasificación Según sus Operaciones Productivas.....	14
1.6 Matriz del Proceso de Transformación .....	15
1.7 Relevancia de la Función de Operaciones.....	16
1.8 Conclusiones .....	19
<b>Capítulo II: Marco Teórico.....</b>	<b>22</b>
2.1 Ubicación y Dimensionamiento de la Planta .....	22
2.1.1 Ubicación de la planta.....	26
2.1.2 Factores de ubicación internacional.....	29
2.1.3 Método de ponderación de factores .....	29
2.2 Planeamiento y Diseño de los Productos .....	30
2.2.1 Secuencia del planeamiento y aspectos a considerar .....	32
2.2.2 Aseguramiento de la calidad del diseño.....	36

2.3	Planeamiento y Diseño del Proceso .....	38
2.4	Herramientas en la Mejora de Procesos .....	40
2.5	Planeamiento y Diseño de Planta .....	44
2.5.1	Clasificación de las distribuciones de plantas .....	46
2.5.2	Análisis de la distribución de planta .....	47
2.6	Planeamiento y Diseño del Trabajo .....	48
2.7	Planeamiento Agregado .....	50
2.7.1	Estrategias utilizadas en el planeamiento agregado .....	52
2.7.2	Análisis del planeamiento agregado .....	53
2.7.3	Pronósticos y modelación de la demanda .....	54
2.8	Programación de Operaciones Productivas .....	55
2.9	Gestión de Costos .....	56
2.10	Gestión Logística .....	59
2.11	Gestión y Control de la Calidad .....	60
2.12	Gestión del Mantenimiento .....	62
2.13	Cadena de Suministros .....	64
<b>Capítulo III: Ubicación y Dimensionamiento de Planta .....</b>		<b>67</b>
3.1	Dimensionamiento de Planta .....	67
3.2	Ubicación de la Oficina Principal y de la Planta .....	69
3.3	Propuestas de Mejora .....	71
3.4	Conclusiones .....	73

<b>Capítulo IV: Planeamiento y Diseño de los Productos .....</b>	<b>75</b>
4.1 Secuencia del Planeamiento y Aspectos a Considerar .....	75
4.2 Aseguramiento de la Calidad .....	79
4.3 Propuestas de Mejora .....	80
4.4 Conclusiones .....	80
<b>Capítulo V: Planeamiento y Diseño del Proceso .....</b>	<b>82</b>
5.1 Mapeo de los Procesos .....	82
5.2 D.A.P. ....	83
5.3 Herramientas para la Mejora de Procesos .....	86
5.4 Descripción de los Problemas Detectados en los Procesos .....	87
5.5 Propuestas de Mejora .....	88
5.6 Conclusiones .....	90
<b>Capítulo VI: Planeamiento y Diseño de Planta .....</b>	<b>91</b>
6.1 Análisis de la Distribución de Planta .....	91
6.2 Propuestas de Mejora .....	92
6.3 Conclusiones .....	94
<b>Capítulo VII: Planeamiento y Diseño del Trabajo .....</b>	<b>95</b>
7.1 Planeamiento del Trabajo .....	95
7.2 Diseño del Trabajo .....	98
7.3 Propuestas de Mejora .....	100
7.4 Conclusiones .....	101



<b>Capítulo VIII: Planeamiento Agregado.....</b>	<b>103</b>
8.1 Estrategias Utilizadas en el Planeamiento Agregado.....	103
8.2 Análisis del Planeamiento Agregado .....	104
8.3 Pronósticos y Modelación de la Demanda .....	105
8.4 Planeamiento de Recursos (Programa Maestro) .....	105
8.5 Propuestas de Mejora .....	107
8.6 Conclusiones .....	108
<b>Capítulo IX: Programación de Operaciones Productivas.....</b>	<b>109</b>
9.1 Optimización del Proceso Productivo .....	109
9.2 Programación y Gestión de la Información.....	110
9.3 Propuestas de Mejora .....	110
9.4 Conclusiones .....	112
<b>Capítulo X: Gestión Logística.....</b>	<b>113</b>
10.1 Diagnóstico de la Función de Compras y Abastecimiento.....	113
10.2 Diagnóstico de la Función de Almacenes.....	115
10.3 Definición de los Principales Costos Logísticos .....	116
10.4 Propuestas de Mejora.....	117
10.5 Conclusiones.....	118
<b>Capítulo XI: Gestión de Costos .....</b>	<b>119</b>
11.1 Costeo por Órdenes de Trabajo .....	119
11.2 Costeo Basado en Actividades .....	124

11.3	Costeo de Inventarios .....	125
11.4	Propuestas de Mejora.....	125
11.5	Conclusiones.....	125
<b>Capítulo XII: Gestión y Control de la Calidad .....</b>		<b>127</b>
12.1	Gestión de la Calidad.....	127
12.2	Control de la Calidad.....	129
12.3	Propuestas de Mejora.....	133
12.4	Conclusiones.....	133
<b>Capítulo XIII: Gestión del Mantenimiento .....</b>		<b>135</b>
13.1	Mantenimiento Correctivo.....	135
13.2	Mantenimiento Preventivo .....	135
13.3	Propuestas de Mejora.....	138
13.4	Conclusiones.....	140
<b>Capítulo XIV: Cadena de Suministros .....</b>		<b>141</b>
14.1	Definición del Producto.....	141
14.2	Descripción de las Empresas que Conforman la Cadena de Abastecimiento .....	141
14.3	Descripción del Nivel de Integración, Tercerización, Alianzas o <i>Joint-Ventures</i> .....	144
14.4	Estrategias del Canal de Distribución para Llegar al Consumidor Final .....	146
14.5	Propuestas de Mejora.....	147
14.6	Conclusiones.....	147
<b>Capítulo XV: Conclusiones y Recomendaciones.....</b>		<b>148</b>

15.1	Conclusiones.....	148
15.2	Recomendaciones .....	152
	<b>Referencias.....</b>	<b>154</b>
	<b>Apéndices.....</b>	<b>162</b>



## Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Variables que Afectan la Decisión de Localización de la Planta</i> .....	23
Tabla 2 <i>Fases y Tareas del Proceso de Creación del Producto</i> .....	31
Tabla 3 <i>Proceso Genérico del Desarrollo de Productos</i> .....	34
Tabla 4 <i>Clasificación de las Operaciones Productivas</i> .....	58
Tabla 5 <i>Evolución de los Enfoques de la Gestión de la Calidad</i> .....	61
Tabla 6 <i>Número de Puestos de Trabajo, 2016</i> .....	68
Tabla 7 <i>Datos de Proveedores de San Martín</i> .....	68
Tabla 8 <i>Reconocimientos en Obras Nacionales e Internacionales</i> .....	69
Tabla 9 <i>Proyectos Adjudicados en Procesos de Contratación</i> .....	70
Tabla 10 <i>Beneficios de Usar Pavimentadoras con Sensores Ópticos</i> .....	73
Tabla 11 <i>D.A.P. – Flujo del Proceso de Ejecución de Proyectos</i> .....	85
Tabla 12 <i>Partida de Control del Costo Según Programación de Equipo</i> .....	99
Tabla 13 <i>Áreas Funcionales del Sistema de Gestión Logística</i> .....	114
Tabla 14 <i>Costos Unitarios de Encofrado CNV</i> .....	121
Tabla 15 <i>Costos Unitarios de Topografía y Georeferenciación</i> .....	121
Tabla 16 <i>Costos Unitarios de Imprimación Asfáltica</i> .....	122
Tabla 17 <i>Metodología RCM</i> .....	138
Tabla 18 <i>Análisis de Modos de Fallo y sus Efectos (AMFE)</i> .....	139
Tabla 19 <i>Compilación de Oportunidades de Mejora</i> .....	151
Tabla A1 <i>Formato del Plan de Mantenimiento Preventivo</i> .....	162
Tabla A2 <i>Formato del Programa de Mantenimiento Preventivo</i> .....	163
Tabla A3 <i>Indicadores Financieros de San Martín y Subsidiarias</i> .....	163

Tabla A4 *Precios y Cantidades de Recursos Requeridos, según Tipo, para el Estudio Definitivo del Proyecto “Mejoramiento de la Carretera Maranura – Mandor – Pavayocc, Distrito de Maranura, Provincia de La Convención, Región Cusco”* .164



## Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Organigrama funcional de San Martín.....	6
<i>Figura 2.</i> Organigrama de la gerencia de Proyectos.....	11
<i>Figura 3.</i> Ciclo operativo de San Martín. ....	13
<i>Figura 4.</i> Diagrama de entrada-proceso-salida comercial. ....	14
<i>Figura 5.</i> Clasificación de operaciones productivas de San Martín. ....	15
<i>Figura 6.</i> Matriz del proceso de transformación. ....	15
<i>Figura 7.</i> Organigrama propuesto para la gerencia de Proyectos.....	21
<i>Figura 8.</i> Factores que afectan la decisión de ubicación según Monks.....	28
<i>Figura 9.</i> Pasos para el planeamiento y diseño de un producto.....	32
<i>Figura 10.</i> Modelo de diseño del producto según Baxter.....	36
<i>Figura 11.</i> Esquema general del proceso.....	38
<i>Figura 12.</i> D.A.P. ....	40
<i>Figura 13.</i> Símbolos de un diagrama de flujo. ....	42
<i>Figura 14.</i> Análisis de campo de fuerza. ....	44
<i>Figura 15.</i> Pasos para decidir el diseño de una planta.....	46
<i>Figura 16.</i> Decisiones del diseño del puesto. ....	48
<i>Figura 17.</i> Modelo de Hackman y Oldham. ....	49
<i>Figura 18.</i> Flujograma del plan agregado.....	54
<i>Figura 19.</i> Estados de la naturaleza. ....	55
<i>Figura 20.</i> Logística de operaciones.....	59
<i>Figura 21.</i> Triángulo operativo.....	60
<i>Figura 22.</i> Flujograma de mantenimiento correctivo. ....	63
<i>Figura 23.</i> Ejemplo de una cadena mundial de suministros.....	65
<i>Figura 24.</i> Ubicación de las oficinas de San Martín. ....	69

<i>Figura 25.</i> Ubicación de la planta de San Martín para el proyecto de la carretera Puerto Súngaro.....	71
<i>Figura 26.</i> Preparación de material mientras se alimenta con la materia prima.....	72
<i>Figura 27.</i> Mapa resumen: flujograma de gestión de proyectos de construcción. ....	75
<i>Figura 28.</i> Mapa de interacción de procesos: gestión de proyectos de Construcción. ....	76
<i>Figura 29.</i> Mapa de interacción de procesos: gestión de proyectos de Minería.....	77
<i>Figura 30.</i> Mapa de interacción de procesos: gestión de proyectos de obras en general. ....	77
<i>Figura 31.</i> Sistemas de aseguramiento de la calidad. ....	79
<i>Figura 32.</i> Conceptos de manejo de proyectos de construcción. ....	80
<i>Figura 33.</i> Módulos del sistema SAP. ....	81
<i>Figura 34.</i> Mapa de procesos.....	82
<i>Figura 35.</i> Características del pavimento. ....	83
<i>Figura 36.</i> Flujograma de elaboración de concreto. ....	84
<i>Figura 37.</i> Operaciones de construcción de carreteras. ....	84
<i>Figura 38.</i> Diagrama de relación de actividades. ....	86
<i>Figura 39.</i> Diagrama de Ishikawa para analizar las causas de los accidentes en obras de San Martín. ....	87
<i>Figura 40.</i> Pilares del TPM. ....	89
<i>Figura 41.</i> Operaciones de San Martín en la actualidad.....	92
<i>Figura 42.</i> Equipamiento de vídeo y teleconferencia. ....	93
<i>Figura 43.</i> Antena satelital para Internet dedicado en zonas remotas. ....	93
<i>Figura 44.</i> Planificación de la construcción. ....	97
<i>Figura 45.</i> Diagrama de ejecución.....	98
<i>Figura 46.</i> Programación de frentes de trabajo general en cualquier tipo de actividad de construcción.....	100

<i>Figura 47.</i> Tiempos muertos en construcción por lluvias. ....	101
<i>Figura 48.</i> Coberturas para la reducción de tiempos muertos durante lluvias. ....	102
<i>Figura 49.</i> Curva S de obra.....	103
<i>Figura 50.</i> Análisis de CPI y SPI.....	104
<i>Figura 51.</i> Análisis de la brecha. ....	105
<i>Figura 52.</i> Actividades programadas.....	106
<i>Figura 53.</i> Programación de recursos.....	106
<i>Figura 54.</i> Costo real del trabajo.....	108
<i>Figura 55.</i> Programación de actividades de movimiento de tierras. ....	111
<i>Figura 56.</i> Aseguramiento del flujo de programación de producción.....	112
<i>Figura 57.</i> Áreas responsables del control de proyectos. ....	113
<i>Figura 58.</i> Componentes de un proyecto a controlar y balancear.....	120
<i>Figura 59.</i> Estructura ISO 9001:2008.....	127
<i>Figura 60.</i> Comparación entre los sistemas de gestión.....	128
<i>Figura 61.</i> Ciclo Deming.....	129
<i>Figura 62.</i> Mapa de interacción: gestión de los proyectos.....	130
<i>Figura 63.</i> Mapa de interacción: obras de construcción.....	132
<i>Figura 64.</i> Fase de iniciación de la gestión del proyecto.....	143
<i>Figura 65.</i> Mapa de interacción de procesos de la unidad de negocios de Construcción.....	144
<i>Figura 66.</i> EBITDA de las unidades de negocio de San Martín.....	144



## Capítulo I: Introducción

El presente capítulo describe a la empresa San Martín Contratistas Generales S.A. — en adelante, San Martín—, desde sus inicios: cómo está organizada, sus procesos, el ciclo operativo de su negocio y la importancia de sus operaciones, información que servirá como introducción y punto de partida y entendimiento de los capítulos del presente diagnóstico, enfocado en la unidad de negocios de Construcción y, más específicamente, en su producto denominado sub-unidad de Construcción Vial.

### 1.1 Descripción de la Empresa

San Martín es una empresa familiar, de capitales peruanos, que brinda servicios de minería, construcción e infraestructura a grandes empresas en el Perú y el extranjero.

Desarrolla sus proyectos vía dos unidades de negocio: Minería y Construcción. Cada unidad tiene los recursos para atender los requerimientos de cada uno de sus clientes, con la finalidad de brindar un servicio de calidad, en el tiempo acordado, de acuerdo con el presupuesto pactado y con altos estándares de seguridad. La empresa fue constituida en noviembre de 1990 como resultado de la fusión de Transportes Caravana S.A. y Considex S.A. En los inicios sus fundadores apostaron por el crecimiento del país y por ser referentes en el negocio minero. Desde que emprendió sus actividades, la empresa se caracterizó por tener una excelente organización, enfocada en la seguridad de sus trabajadores, el respeto al medio ambiente y el desarrollo del talento mediante sus valores, tanto en el ámbito profesional como personal. Ello le permitió presentar soluciones integrales a sus clientes y generar la filosofía San Martín, gracias a la que ha crecido en los últimos 25 años. En 1993 la firma decidió expandir sus negocios y adquirió nuevos equipos para tal fin. 1999 fue el año de su consolidación, pues brindó servicios a diferentes empresas minera del país. En la última década, San Martín ha crecido a una tasa anual compuesta de 19.5%.

Entre los principales acontecimientos se pueden mencionar los siguientes:

- Año 2000: ampliación de su participación en el sector minero mediante contratos con Buenaventura y Yanacocha.
- Año 2002: la empresa logra el primer contrato para extraer encapado de roca y mineral de baja ley con la empresa Shougang Hierro Perú, con la que trabaja de forma ininterrumpida hasta la fecha.
- Año 2005: Gold Fields y San Martín firmaron el primer contrato de prestación de servicios de explotación de mina y canteras en Cerro Corona, en donde opera hasta la fecha.
- Año 2007: con el objetivo de invertir en una mayor flota de equipos mineros para atender al sector la empresa emitió bonos privados en los mercados internacionales por US\$ 14 millones.
- Año 2009: en su proceso de diversificación de clientes, Maple Energy contrató a San Martín para la habilitación de 8,500 hectáreas para plantaciones de caña de azúcar.
- Año 2010: la firma celebró contratos para proyectos de construcción con Chinalco, en su mina de Toromocho, y con Minsur, en Pucamarca.
- Año 2011: San Martín se adjudicó un nuevo contrato de construcción con la empresa Freeport Perú, en su mina Cerro Verde, para ejecutar un pad de lixiviación de 100 hectáreas, el más grande de Latinoamérica. Ello permitió fortalecer su *backlog* con la incorporación de obras de construcción.

Desde mayo de 2012 hasta octubre de 2015 estuvo bajo el control mayoritario de Empresas ICA (51%), principal operador y constructor de infraestructura de México, por medio de la empresa ICA International Perú S.A. Mediante «hecho de importancia», reportado a la Sociedad de Mercados y Valores (SMV) con fecha 30 de octubre de 2015, se

publicó la reducción de la participación de ICA de 51.0% a 31.2%, cambiando el control de la empresa a sus originales accionistas. En el año 2016 emitió el primer Programa de Instrumentos de Corto Plazo (ICP) por US\$ 7.148 millones, hecho que pone de manifiesto la sofisticación empresarial y reputación de San Martín (Equilibrium Clasificadora de Riesgo, 2017).

Desde el año 2000, la empresa tiene implementado un sistema de gestión de calidad (SGC), que a la fecha cuenta con certificación ISO 14001, ISO 9001 y OHSAS 18001, en la que están incluidos todos los procesos de sus unidades de negocio: Minería y Construcción. Asimismo, San Martín forma parte de la Asociación de Buenos Empleadores (ABE).

En el manual de su sistema de gestión se evidencian la Misión, Visión y Valores de la compañía, tal como se describe a continuación:

- **Misión:**

«Brindar soluciones en operación minera, construcción e infraestructura para generar valor a nuestros clientes, colaboradores, accionistas y la sociedad» (San Martín, s.f.a).

- **Visión:**

«Ser reconocidos en el mercado iberoamericano como el socio estratégico de nuestros clientes» (San Martín, s.f.a).

- **Valores:**

«Orientación al cliente, trabajo en equipo, excelencia, integridad, sustentabilidad e innovación» (San Martín, s.f.a).

Los valores que San Martín incentiva para afrontar sus proyectos son:

- **Excelencia:** lograr los objetivos mediante la gestión eficiente de los recursos.
- **Sustentabilidad:** actuar en armonía con el medio ambiente y las comunidades de nuestra zona de influencia, promover la seguridad y cuidar la salud de nuestros colaboradores.

- Integridad: actuar siempre de forma ética y transparente.
- Innovación: fomentar una cultura de mejora continua y el desarrollo de nuevas soluciones.
- Trabajo en equipo: trabajar de forma coordinada sobre la base de relaciones de confianza con un objetivo común.
- Orientación al cliente: entender las necesidades de nuestros clientes y buscar altos niveles de satisfacción.

Se observa que en la Visión no se plantean objetivos cuantitativos con metas claras debido a que la empresa no ha establecido dentro de ella los objetivos que sí aparecen en su plan estratégico de largo plazo, por ejemplo. La gerencia se ha propuesto que para el año 2024 la empresa esté diversificada y que las unidades de negocio de Minería y Construcción pasen a representar el 49% y el 51%, respectivamente, de la facturación de la organización, estimados en S/ 1,583 millones y S/ 1,630 millones (A. Brazzini, comunicación personal, 11 de septiembre de 2017).

Respecto de los resultados, a diciembre de 2016, San Martín registró ventas por S/ 982 millones, con un *backlog* de S/ 922 millones al 31 de marzo de 2017. Dadas estas condiciones favorables, en junio de ese mismo año los accionistas originales de la empresa adquirieron el 31.2% del accionariado de ICA, por lo que, al segundo trimestre del año, el grupo familiar Siucho se erigió como el único accionista de San Martín. La empresa tiene una sólida posición en el mercado, está considerada dentro de las principales cinco contratistas de servicios en el Perú y muestra buenos ratios y solidez financiera (Equilibrium Clasificadora de Riesgo, 2017).

La organización de la empresa tiene una estructura jerárquica funcional, con una unidad de mando centralizada en la gerencia general. Un nivel por encima de ella se encuentra el directorio, cuyos miembros son los hijos del fundador, Julián Siucho; debajo de

ella están las siguientes gerencias: (a) Comercial, (b) de Administración y Finanzas, (c) de Logística, (d) de Planeamiento Estratégico, (e) de Desarrollo de Nuevos Negocios, (f) de Capital Humano, (g) Legal, (h) de HSE, (i) de Equipos y Activos Fijos, (j) de la unidad de negocio de Minería, y (k) de la unidad de negocio de Construcción, quienes reportan directamente al gerente general, tal como se aprecia en la Figura 1.

## 1.2 Unidad de Negocio de Minería

Con más de 26 años de trabajo ininterrumpido, San Martín ha logrado convertirse en una de las empresas líderes del mercado peruano en la prestación de servicios mineros, que incluyen la elaboración de presupuesto, selección de equipos, planeamiento, ejecución, supervisión y control de proyectos mineros, principalmente a tajo abierto. En este rubro, la gama de los servicios que ofrece comprende: minería de superficie —perforación, voladura, carguío, acarreo, empuje en botaderos, construcción de accesos y mantenimiento de vías— y minería subterránea —excavación, explotación, labores de sostenimiento, relleno, transporte y servicios auxiliares.

La empresa tiene 11 contratos de servicios mineros con las principales compañías del Perú —Unión Andina de Cementos (UNACEM), Shougang, Gold Fields, entre otros— por un plazo de cuatro años y que, a marzo de 2017, representa un *backlog* de S/ 783.7 millones. En los últimos años San Martín ha celebrado contratos con Coimolache, Miski Mayo, Shougang, Antapacay y Cementos Pacasmayo. La firma se ha propuesto como objetivos optimizar la gestión de sus equipos, incrementar los trabajos de movimiento de tierras y, finalmente, continuar con el programa de internacionalización mediante la exportación de servicios mineros —en 2014 empezaron operaciones en España y, al año siguiente, en Colombia—, enfocándose en Centroamérica (Pacific Credit Rating [PCR], 2015). Se espera que al concluir el año 2024 los ingresos de la división se sitúen en S/ 1,583 millones —49% de las ventas totales estimadas.

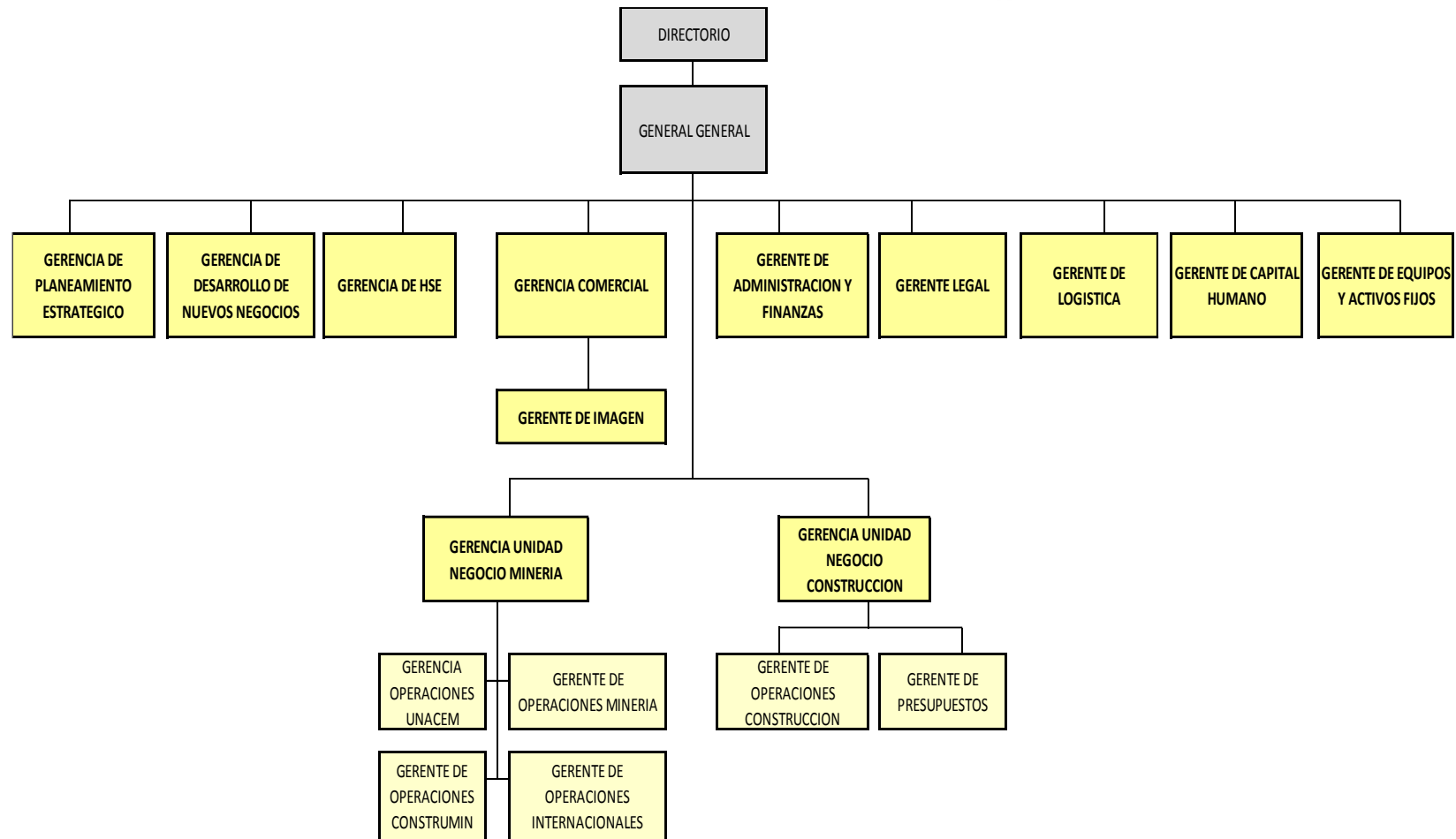


Figura 1. Organigrama funcional de San Martín.

Tomado de *Memoria Anual San Martín Contratistas Generales S.A. Ejercicio 2016* (p. 23), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2017, Lima, Perú, Autor.

### 1.3 Unidad de Negocio de Construcción

La unidad de negocio de Construcción es la responsable de brindar servicios que incluyen la elaboración de presupuesto, planeamiento, ejecución, supervisión y control de: (a) obras viales, como la construcción y mejoramiento de carreteras; (b) obras industriales; (c) obras hidráulicas, como presas, diques y canales; (d) movimiento de tierras para servicios mineros, como plataformas, canchas de lixiviación, vías de acarreo, vías de servicio, habilitación de botaderos y depósitos; y, (e) movimiento de tierra para servicios no mineros, como habilitación de grandes áreas agrícolas, presas de tierra, entre otros.

La división ha reportado el incremento de sus ingresos en los últimos años: a diciembre de 2016 se registraron ventas por S/ 356 millones. Al tercer trimestre de 2017 disminuyeron en S/ 36 millones respecto del mismo trimestre del año anterior. El crecimiento en ventas se debió, principalmente, a la reestructuración de la división realizada en el año 2011 y al *boom* que experimentó el sector minero, que fue el motor de la demanda de servicios de construcción para la compañía. A diciembre de 2016 se realizaron aproximadamente ocho grandes proyectos de construcción por año y se espera que dicha cifra se incremente a 10 anualmente en los próximos ejercicios. Ello permitirá mantener la tendencia creciente en los ingresos de la división Construcción y se sitúe al cierre de 2024 en S/ 1,630 millones, representando el 51% de las ventas totales estimadas (A. Brazzini, comunicación personal, 11 de septiembre de 2017).

La unidad de negocio de Construcción se encuentra dividida en dos sub-unidades: Construcción Minera y Construcción No Minera. Como parte de un proceso de reestructuración interno, se fortaleció esta última sub-unidad con la finalidad de reducir la exposición al sector minero. En este sentido, la compañía estima que al cierre de 2017 contará con las siguientes sub-unidades (Equilibrium Clasificadora de Riesgo, 2017):

1. Sub-unidad de Negocios Mineros: actualmente aporta un porcentaje importante de los ingresos totales de la unidad de Construcción. A la fecha tiene ejecutadas construcciones y/o ampliaciones encargadas por sus clientes Chinalco y Hudbay para los proyectos Toromocho y Constancia, respectivamente. A diciembre de 2014, ambos proyectos representaron ingresos por, aproximadamente, S/100 millones. Dada su relevancia, y el ciclo que está experimentando el sector minería, se viene empezando a diversificar la presencia de esta sub-unidad haciaa otras operaciones mineras.
2. Sub-unidad de Negocios No Mineros: como parte de la iniciativa de diversificación de ingresos, San Martín ha empezado a desplegar esfuerzos para poder desarrollar una línea de construcción no minera y está centrada principalmente en proyectos industriales —edificación de plantas—, proyectos agroindustriales —en 2014 participaron en un proyecto de Corporación Azucarera del Perú, perteneciente al Grupo Gloria—, energía, hidrocarburos, entre otros.
3. Sub-unidad de Montaje: el mayor crecimiento de la economía local ha motivado el desarrollo de una industria que demanda con mayor frecuencia obras de montaje mecánico y electromecánico. De esta manera, para la compañía resulta un reto estratégico el poder brindar estas soluciones a los sectores de minería, petróleo, saneamiento, entre otros. La sub-unidad acaba de culminar la construcción de la planta de Molycop.
4. Sub-unidad de Construcción Pública: debido al déficit en infraestructura que tiene el Perú, de US\$ 88,000 millones, y a la necesidad de hacer sostenible el crecimiento nacional en los próximos años, la Agencia de Promoción de la Inversión Privada (ProInversión) ha identificado una cartera de proyectos por US\$ 11,000 millones destinados a la reconstrucción del país debido a las consecuencias



del fenómeno de El Niño Costero, que afectó la costa norte y la región Lima, de los que se espera que US\$ 6,000 millones sean adjudicados en el periodo 2017-2018. Se estima que esta mayor inversión se canalizará en los sectores de energía, saneamiento, vial, educación y salud, y que beneficiará a millones de peruanos. San Martín desea tener un rol activo en la participación de licitaciones en los proyectos como consecuencia del mayor dinamismo que experimentará el sector público.

5. Sub-unidad de Construcción Vial: es una línea de negocio del sector vial específicamente diseñada para brindar soluciones a los principales actores del sector público y privado. San Martín ya ha desarrollado proyectos exitosos en construcciones viales como, por ejemplo, la construcción de la carretera Cañete – Lunahuaná en 2014. A la fecha está construyendo, en consorcio, la carretera Puerto Súngaro. En abril de 2017 obtuvo un nuevo contrato con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para la construcción de la carretera Tocache – Pizana – Campanilla.
6. Sub-unidad de Mecanismo de Inversión: en simultáneo con la participación en las licitaciones de obras para construcción pública, la empresa tiene como meta participar en el diseño y la formulación de proyectos bajo las modalidades de Asociación Público-Privada (APP), Iniciativa Privada (IP) y Obras por Impuestos (OxI).

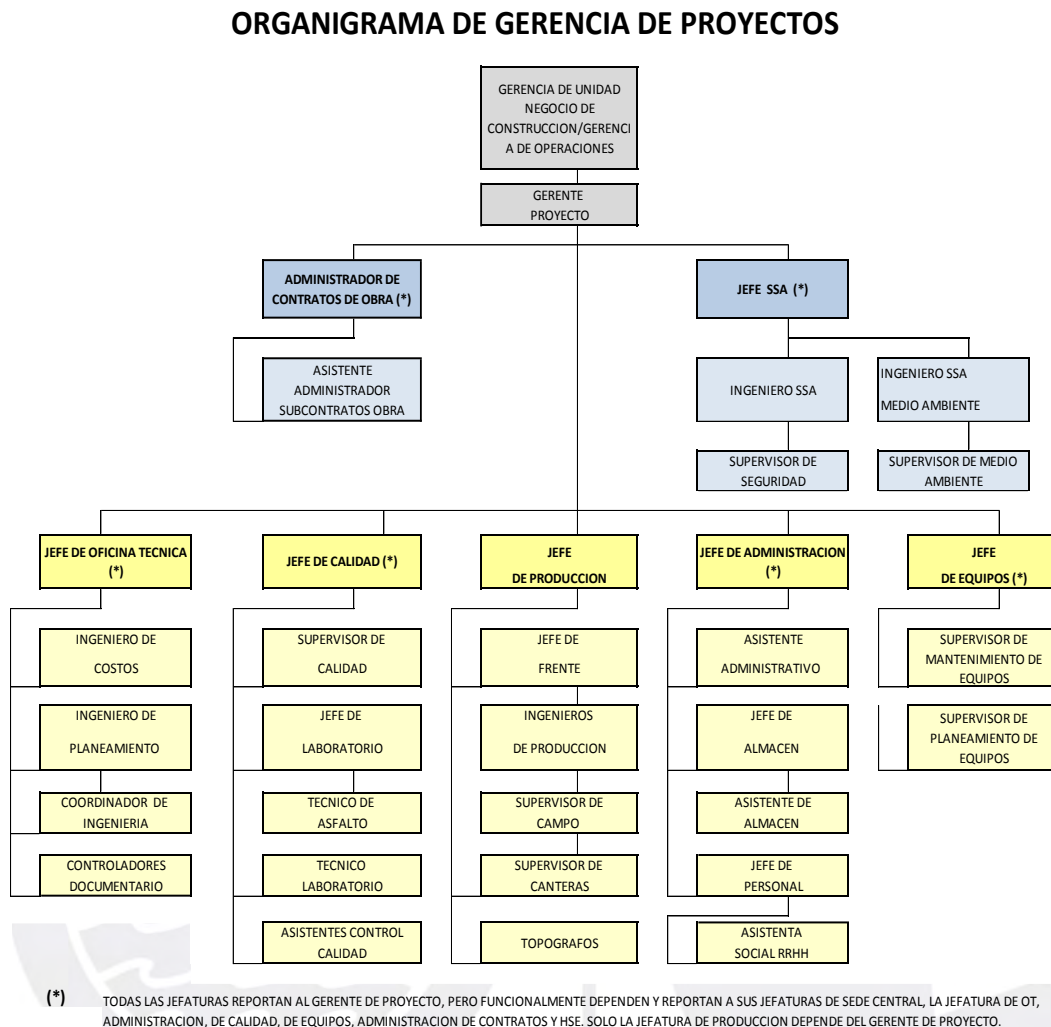
La unidad de Construcción se guía bajo los siguientes objetivos estratégicos: (a) maximizar la seguridad en las operaciones, (b) brindar un servicio de elevada calidad técnica, (c) realizar el trabajo en el menor tiempo posible, (d) obtener los mayores márgenes de rentabilidad, y (e) lograr la mayor satisfacción del cliente, del colaborador y de los proveedores.

Queda de manifiesto la necesidad de mantener buenas relaciones con las empresas y personas con las que interactúa para el desempeño de sus actividades. Tomando como base los objetivos antes descritos, la compañía cuenta con un manual de gestión de proyectos de construcción que involucra a todas las etapas del proceso de construcción: iniciación, seguimiento, planificación, ejecución, seguimiento y cierre. Este manual de buenas prácticas documenta procesos y detalla las responsabilidades de cada área involucrada a fin de que el proceso de construcción sea exitoso. La aplicación y difusión de las buenas prácticas descritas en este documento permiten a la empresa ser más eficiente en cada una de sus operaciones. La organización trabaja bajo nuevos estándares de gestión con el nuevo ERP (SAP Business Suite), plataforma que se encuentra en proceso de implementación y que a futuro le permitirá conocer en tiempo real cada proceso de operación y su respectivo estado administrativo, contable y financiero.

Para efectos de este diagnóstico operativo empresarial, el estudio se enfocará en la unidad de negocio de Construcción y, más específicamente, en la sub-unidad de Construcción Vial, dirigida interinamente por el Ing. Jaime Flores Duran, gerente de Operaciones de la unidad de negocio. A su cargo tiene a la gerencia de Control y Oficina Técnica —con sus jefaturas centrales de Control de Proyectos, Aseguramiento de Calidad y Administración de Riesgos y Contratos—, a las gerencias de Proyectos y a la gerencia de Presupuestos.

Es importante analizar la estructura organizacional de las gerencias de Proyectos pues cuenta con una serie de jefaturas en cada proyecto que no dependen del gerente del mismo sino de sus respectivas jefaturas en la sede central: la jefatura de Calidad, la jefatura de Equipos, el administrador de obra, la jefatura de Seguridad y el administrador de contrato de obra. Del mismo modo, se puede observar que no existe un residente de obra, que típicamente centraliza y canaliza los aspectos operativos diarios del proyecto y toma decisiones en función de la producción —avance—, del costo y del mantenimiento del equipamiento. Por

lo tanto, el gerente del proyecto asume también el rol del residente de obra, tal como se muestra en el organigrama de la organización en la Figura 2.



*Figura 2.* Organigrama de la gerencia de Proyectos. Tomado del *Manual de Gestión para Proyectos de Construcción* (p. 224), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016a, Lima, Perú: Autor.

## 1.4 Ciclo Operativo

Las áreas que intervienen en el ciclo operativo son: (a) Administración y Finanzas, (b) Operaciones, (c) Logística, (d) Legal, (e) Desarrollo de Nuevos Negocios, (f) Capital Humano, (g) Equipos y Activos, y (h) Comercial. Estas áreas realizan trabajos complementarios para vender bienes y servicios a los clientes, cumpliendo las especificaciones de costo, calidad y tiempo de entrega, de acuerdo con los estándares establecidos en el sistema de gestión de seguridad y calidad (San Martín, 2017).

El área de Administración y Finanzas es la encargada de conseguir los recursos económicos para financiar la ejecución de compras de productos comerciales y de insumos; el área de Logística interviene en la negociación y compra de los mismos; el área de Operaciones ejecuta las tareas de transformación de los materiales e insumos en bienes duraderos, de acuerdo con los alcances del contrato pactado; el área Comercial efectúa su trabajo en la investigación de mercado, tanto en el ámbito privado como en el público, con el fin de generar nuevas oportunidades en la construcción de nuevos productos; y, el área de Capital Humano provee de personal a todas las operaciones de la empresa (ver Figura 3).

#### **1.4.1 Diagrama entrada-proceso-salida**

Las operaciones de la empresa se describen en el diagrama de entrada-proceso-salida y tienen como fin construir bienes, como plantas de molienda, represas, carreteras, entre otros. Durante el proceso comercial, se considera a los clientes como elementos de entrada, quienes tienen la necesidad de obtener un producto de calidad, en el tiempo justo y a un precio razonable, para lo que requieren de asesoramiento de especialistas con un amplio conocimiento y *know-how* en el mundo de la construcción. El área Comercial participa identificando la necesidad del cliente y le ofrece su *expertise*, convenciéndolo de que el producto final será satisfactorio. Para ello, apoyado por las gerencias de Presupuesto y Operaciones, estima los costos adecuados y el tiempo requerido, asegurándose de mantener los estándares de calidad y seguridad. Para el proceso final de cierre el área Comercial elabora una presentación sobre el proceso constructivo, previa sustentación a cargo de los ingenieros especialistas constructores, el soporte comercial y los ingenieros de presupuestos, quienes están especializados en los procesos operativos para la obtención del producto que requiere el cliente. El producto se cierra con su entrega satisfactoria al cliente (ver Figura 4).

El proceso de construcción se ejecuta en la ubicación que indique el cliente, para lo que la contratista moviliza su infraestructura, equipos, personal e insumos. En la entrada se



Figura 3. Ciclo operativo de San Martín.

Adaptado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia* (p. 9), por F. A. D'Alessio, 2012, México D. F., México: Pearson.

encuentra el cliente con necesidades: los materiales, equipos e insumos necesarios para la ejecución de la obra. En el trabajo se considera la mano de obra de personal calificado a cargo de ingenieros, supervisores, técnicos y operarios. Finalmente, como salida se considera el producto terminado.

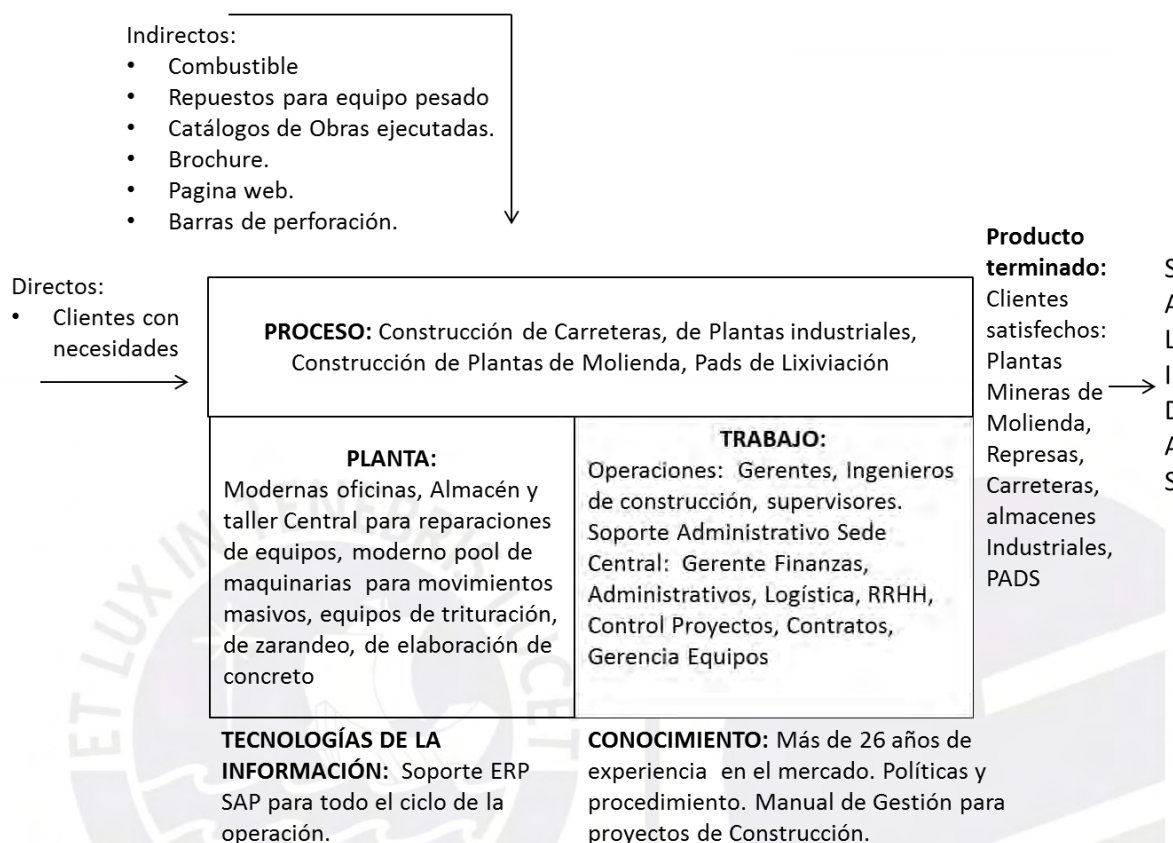


Figura 4. Diagrama de entrada-proceso-salida comercial.

Adaptado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia* (p. 10), por F. A. D'Alessio, 2012, México D. F., México: Pearson.

### 1.5 Clasificación Según sus Operaciones Productivas

La empresa se dedica a la prestación de servicios y a la construcción de obras, para lo que considera los estándares nacionales e internacionales en ejecución de las mismas y según las especificaciones técnicas requeridas por los clientes. De acuerdo con la clasificación de las operaciones propuesta por D'Alessio (2012) y presentada en la Figura 5, se registra a San Martín bajo la producción de bienes físicos mediante procesos de manufactura, llevando a cabo operaciones de construcción.

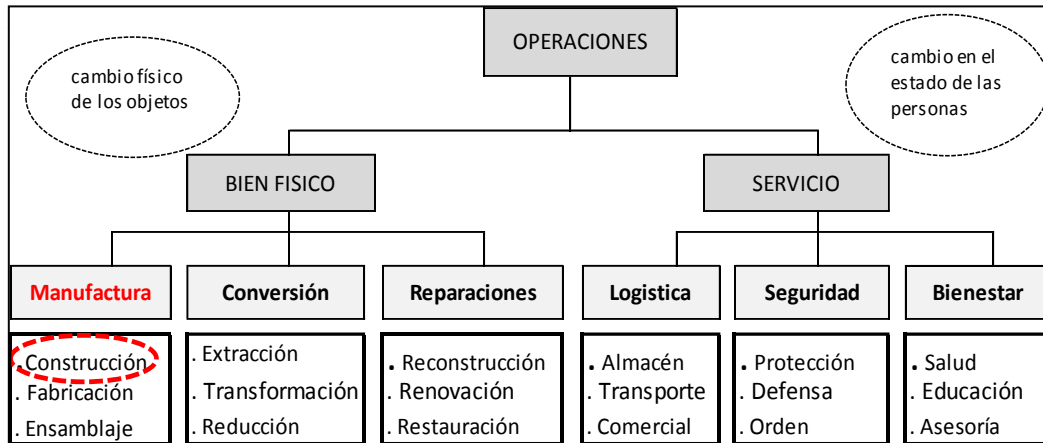


Figura 5. Clasificación de operaciones productivas de San Martín. Adaptado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia* (p. 28), por F. A. D’Alessio, 2012, México D. F., México: Pearson.

### 1.6 Matriz del Proceso de Transformación

Según lo descrito, el principal proceso de transformación de San Martín se efectúa en Operaciones, dado que es el área que obtiene los ingresos de la empresa, tal como se muestra en la Figura 6. Según D’Alessio (2012), el proceso de transformación para un solo producto requiere el empleo de gran cantidad de recursos, toman tiempo en producirse, se requiere alta calificación de los trabajadores y se da una sola vez y por proyecto.

Volumen de Producción (-) ↑ ↓ (+)	Repetitividad	Una Vez	Intermitente	Continuo (línea)
	Tecnología	Artículo Único	Proyecto	
	Lote			
	Serie			
	Masivo			
	Continuo			
	(-) ← Frecuencia de Producción → (+)			

Figura 6. Matriz del proceso de transformación. Adaptado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia* (p. 29), por F. A. D’Alessio, 2012, México D. F., México: Pearson.

## 1.7 Relevancia de la Función de Operaciones

La unidad de negocio de Construcción inició sus operaciones en el año 2006 con el objetivo de aprovechar las relaciones creadas con sus clientes de la unidad minera. Con el paso de los años ha adquirido una mayor relevancia en la adquisición de ventaja competitiva para la empresa debido a su vasto *expertise*, siendo reconocida en el medio como ejecutora de obras mineras y de movimiento de tierras y logrando incursionar con mucho éxito en obras civiles y montajes para proyectos mineros, naves industriales y proyectos de infraestructura de carreteras, bajo contratación estatal.

Para conseguir el éxito, una serie de factores ha sido requerido: (a) su capacidad logística y operativa; (b) la experiencia adquirida para la ejecución de obras; (c) la aplicación de tecnologías de información —ERP SAP y control satelital desde su sede central, para cada proceso—; (d) su selecto *pool* de equipos propios, que le permite un rápido despliegue; (e) su propio taller central, así como talleres satélites que son desplazados a cada obra; (f) la aplicación de estrategias de mantenimiento preventivo en sus equipos, logrando la máxima disponibilidad mecánica en beneficio de sus obras; (g) socios estratégicos especialistas —proveedores—; (h) personal capacitado y comprometido; (i) cultura de planificación; y, (j) un sistema de gestión en calidad, seguridad, control de medio ambiente y salud ocupacional.

Todos los procesos de San Martín están debidamente estandarizados, cuenta con el manual de gestión para proyectos de construcción basado en las mejores prácticas del *Project Management Institute* (PMI), es una empresa responsable socialmente, con solidez financiera y que guarda una excelente relación con sus clientes. Todo ello ha motivado una mayor atención de la gerencia general a la unidad de negocio de Construcción. El objeto de la misma se alinea con el objetivo estratégico organizacional de diversificación de su cartera y le ofrece un mayor dinamismo a sus operaciones, sobre todo ante un contexto coyuntural desfavorable para la minería, sector gracias al que la empresa inició actividades. En 2015 San



Martín ha logrado reducir su exposición al sector minero, de 80.9% a 76.4%, sin sufrir una contracción en la facturación.

La unidad de negocio de Construcción ha contribuido con la mejora en los indicadores de liquidez de la empresa en el último año, a razón de: (a) el crecimiento de las cuentas por cobrar a entidades relacionadas, dada su mayor participación en consorcios; (b) el crecimiento del efectivo, por la mayor generación de caja, el mayor endeudamiento y la ausencia de distribución de dividendos; y, (c) una reducción considerable en cuentas por pagar comerciales de corto plazo. Sin embargo, la unidad de Construcción muestra un plazo mayor de cobro que la unidad de Minería, por lo que, en principio, el aumento de su participación generaría un mayor ciclo de conversión de efectivo y una mayor necesidad de capital de trabajo, lo que, eventualmente, incrementaría su endeudamiento de corto plazo.

Posee un ajustado nivel de apalancamiento como consecuencia de que en los últimos tres años el endeudamiento se ha incrementado debido al proceso de expansión y el enfoque en un mayor arrendamiento financiero como sustituto del arrendamiento operativo. Asimismo, en el último año el incremento de la participación de la unidad de Construcción en obras públicas generó un mayor nivel de obligaciones corrientes debido a los anticipos recibidos por el Estado, por lo que el apalancamiento patrimonial se ha situado muy cerca del límite de 2.85x. Se rescata, no obstante, el soporte por la mayor concentración del capital en la familia Siucho para responder por el crecimiento de la compañía.

La unidad de Construcción presenta menores un *backlog* de menor volumen debido a la coyuntura que se vive y a la desaceleración económica; sin embargo, a raíz del crecimiento en el déficit de infraestructura en el país como consecuencia del fenómeno de El Niño Costero, la perspectiva del sector construcción mejora y la adjudicación de obras de reconstrucción podría contribuir al crecimiento de los ingresos y así lograr las metas de crecimiento a 2020.

A septiembre de 2016, la unidad de Construcción obtuvo un 53.9% de sus ingresos por medio de sus consorcios con SMF, Johesa y Los Sauces, mientras que un 35.7% corresponde a servicios de construcción para la Compañía de Minas Buenaventura. Los consorcios fueron creados para llevar a cabo, en algunos casos, proyectos públicos, como el consorcio con Johesa y, en otros, proyectos privados, como con SMF y Los Sauces. San Martín participó en el consorcio con SMF en un 50%, en un 53% en el consorcio con Johesa y en un 75% con Los Sauces.

Los ingresos en esta unidad sumaron S/ 353.67 millones en los últimos 12 meses, tras experimentar un crecimiento del 72.5% respecto de diciembre de 2015, sustentado en la ejecución de sus proyectos Tambomayo y los servicios canalizados mediante los consorcios con Johesa y Los Sauces. Le reporta a San Martín un EBITDA de S/ 14.33 millones, equivalente al 9.8% del total generado por la compañía.

A septiembre de 2016, San Martín involucra a cuatro consorcios dentro de la división de Construcción, que equivalen al 54.5% del total de los ingresos anuales de la unidad. Estos consorcios son: (a) el Consorcio SMF (28.5%), en el que la compañía participa con el 50%, adjudicatario del proyecto “Construcción en Concreto y Cimentaciones, Montaje de Estructuras y Equipos, y Fabricación e Instalación de Tuberías en Futura Planta de Procesos para el Proyecto Tambomayo”, del cliente Buenaventura; (b) el Consorcio San Martín - Johesa (24.6%), subsidiaria de la compañía, adjudicatario de la buena pro para el proyecto “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Puerto Bermúdez”; (c) el Consorcio San Martín - Los Sauces (13.2%), conformado para la construcción de diques de arena de molienda para Yanacocha; y, (d) y, el Consorcio Vial Lunahuaná (0.7%), ya en etapa final, que logró el proyecto “Mantenimiento y Mejoras de la Carretera Lunahuaná” (Equilibrium Clasificadora de Riesgo, 2017).

San Martín ha dejado de ser la contratista minera especialista en movimiento de tierras. Ahora es especialista en ejecución de obras de envergadura, un excelente constructor de plantas mineras, montajista mecánico y electromecánico, instalador de *pipelines*, de naves industriales, constructor de carreteras y especialista de obras de saneamiento. Es importante poner especial cuidado en todos los procesos que demandan los proyectos, con el fin de lograr la satisfacción del cliente. Los procesos, estandarizados para la unidad de negocio de Minería, no lo están para la unidad de negocio de Construcción, pues se observan muchos procesos críticos. Por ejemplo, en los procesos de especialización, como carreteras; en los procesos internos de compras, de selección y adjudicación de proveedores, que suelen ser muy onerosos y burocráticos y que, al no contar con un portafolio de proveedores especialistas, se reduce el poder de negociación de la empresa. De otro lado, existe una gran ventaja competitiva en compras corporativas como cemento, combustible y pen asfáltico, que se unifican en grandes pedidos para todas las unidades de negocio de la empresa.

### **1.8 Conclusiones**

San Martín necesita plantear eficiencias y mejoras productivas que generen valor en las operaciones, debido a su impacto vital y directo en la rentabilidad del negocio. Todas las mejoras por implementarse en el área de Operaciones supondrán un impacto positivo en el negocio, fortaleciendo a la empresa y dotándola de mayor competitividad.

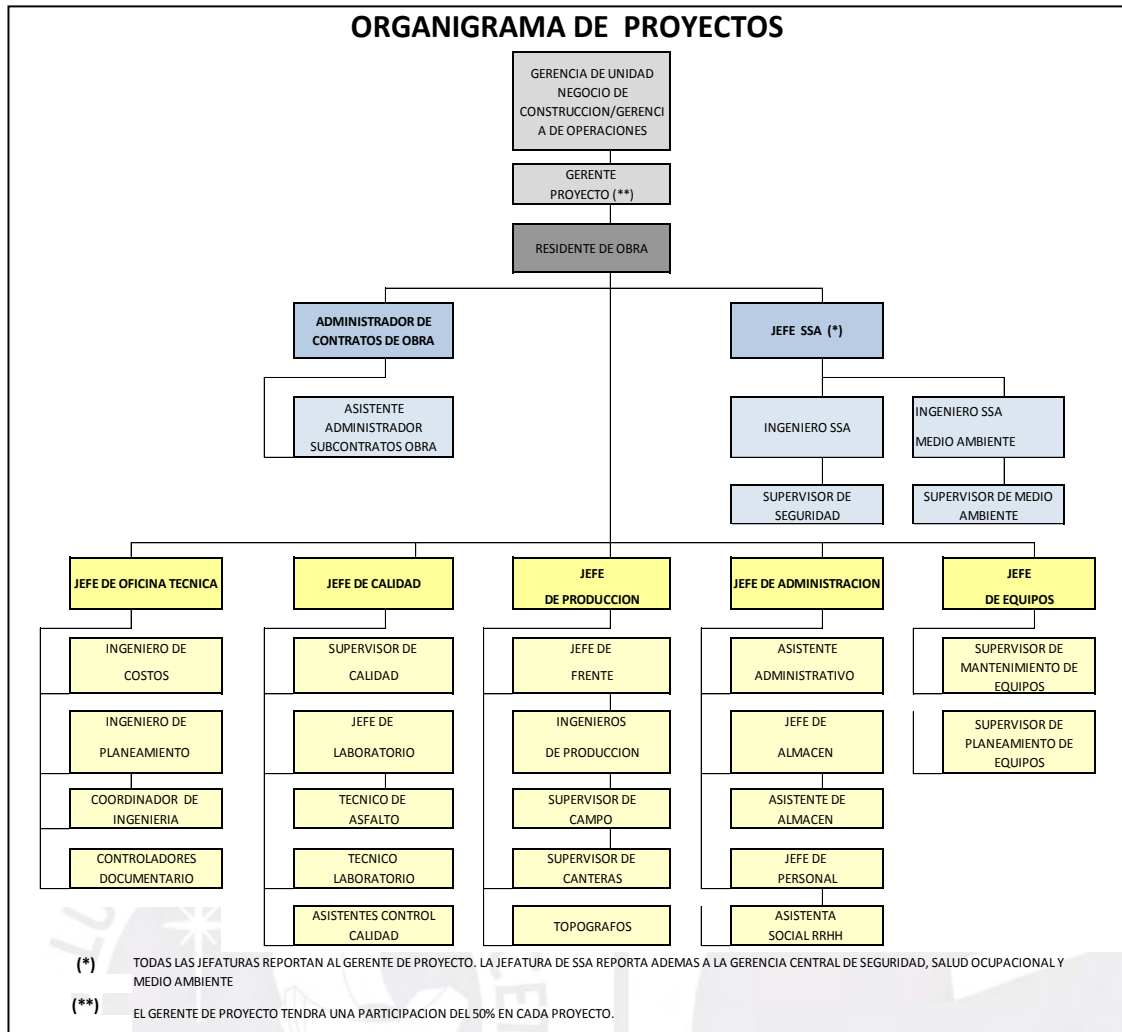
El manual de gestión para proyectos de construcción de la empresa es una excelente herramienta puesto que define los procesos propios para identificación, adjudicación, construcción, control y cierre final de una determinada obra, así como el enlace con las unidades de soporte, como Administración y Finanzas, Logística, Equipos, Legal, Soporte TI, quienes complementan lo requerido por la unidad de Operaciones.

De otro lado, la unidad de negocio de Construcción, en función de su diversidad y especialización, reviste procesos más complejos, en gran parte dada su vinculación con el

sector público, tedioso en cuanto a mecanismos legales de contratación y valorización de actividades. Los reducidos plazos de ejecución, que varían entre seis y 12 meses, añaden importancia al inicio de la obra: debe ser un proceso rápido, para lo que es necesario buscar maneras de optimizar los tiempos de modo que el proceso de instalación de los profesionales y equipos en cada proyecto sea breve y no afecte la operación de cada obra.

Considerando la estructura organizacional de San Martín, se propone la reestructuración del organigrama típico de la operación para cada proyecto, con la incorporación del residente de obra, quien deberá velar por la correcta ejecución del proyecto y tendrá a cargo la administración contractual del mismo. De la misma manera, se deberá reestructurar el manual de organizaciones y funciones para que las unidades de soporte de cada proyecto, como la jefatura de Oficina Técnica y la administración del proyecto, dependan directamente de la gerencia de Proyectos. El área de Calidad y Seguridad de Obra deben seguir dependiendo de la sede central únicamente de manera funcional, con la finalidad de mantener la independencia de la operación en el control de la seguridad y calidad de cada obra (ver Figura 7).

Finalmente, se sugiere implementar un procedimiento típico de arranques de obra, en el que se detallen los hitos administrativos externos e internos para la ejecución de obras, tales como: (a) cumplimiento de fianzas; (b) cumplimientos del cliente para inicio de plazo contractual de obra —sobre todo con el Estado—; (c) trámite de autorizaciones y permisos; y, (d) investigación rápida de la zona de trabajo —verificar la existencia de conflictos sociales; la formación de comité de obra; las facilidades para campamento, alimentos, vivienda, compras menores y accesos—, incluyendo un *layout* típico para campamentos, que variará de acuerdo con la magnitud del proyecto, considerando el uso de campamentos móviles y fáciles de instalar, desmontar y trasladar, ya que, tal como se había resaltado anteriormente, es de suma importancia que la ejecución se inicie en el plazo más breve.



*Figura 7.* Organigrama propuesto para la gerencia de Proyectos.

Adaptado del *Manual de Gestión para Proyectos de Construcción* (p. 224), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016a, Lima, Perú: Autor.

## Capítulo II: Marco Teórico

El marco teórico es la revisión de la teoría sobre la que se fundamenta el planteamiento del problema y, por ende, los objetivos definidos. Luego de haber seleccionado la empresa materia de investigación, se empezó a revisar la literatura relacionada, buscando fuentes documentales para extraer, recopilar y analizar información de interés, con el fin de construir el marco conceptual. Este capítulo establece la base que permite el desarrollo de nuevo conocimiento, señalando los principales hechos que se tienen que investigar. Pero lo principal es que da el sustento para posteriormente interpretar los resultados de la investigación, ya que sin una base teórica es imposible desarrollarla (Gómez, 2006).

### 2.1 Ubicación y Dimensionamiento de la Planta

Las decisiones de ubicación y dimensionamiento de una planta productiva se enmarcan dentro del planeamiento general de las operaciones e involucran a la alta dirección de la empresa, ya que las decisiones que se tomen al respecto impondrán limitaciones físicas sobre la cantidad y calidad que podrá producirse en el futuro con relación a la capacidad que decida tenerse. (D'Alessio, 2012, p. 104)

La decisión de ubicación o localización de una planta es crítica ya que define los costos de operación, patrones de mercado y empleo, en el largo plazo. Para evaluar las distintas opciones de ubicación se tienen que considerar diversos factores, como los que se presentan en la Tabla 1. Estas variables reciben un peso y un valor, para luego comparar las distintas opciones mediante promedios ponderados, siendo el método más utilizado. Otra metodología, enfocada esencialmente en el costo, se llama análisis del punto de equilibrio y consiste en estimar tanto los costos fijos como los variables para las distintas opciones y luego graficarlos para tener, así, una comparación (D'Alessio, 2012).

El tamaño de la planta se determina buscando darle continuidad al proceso productivo, con el fin de atender los requerimientos de los *stakeholders*. Dicho tamaño

depende de diversos factores, como: (a) demanda, (b) disponibilidad de insumos, (c) ubicación, y (d) plan estratégico del negocio, con enfoque hacia el futuro. Quizá el principal factor es la demanda proyectada, por lo que se tiene que identificar el nivel de producción óptimo. Es por esto que también se considera el punto de equilibrio y los costos variables unitarios, así como la tecnología disponible (Aquino & De la Cruz, 2015).

Tabla 1

*Variables que Afectan la Decisión de Localización de la Planta*

Factores relacionados con el costo	Factores no relacionados con el costo
Costos del terreno, edificio y equipos	Calidad y cantidad de la mano de obra
Costos del transporte de materias primas	Comunidad amigable hacia los negocios
Costos del transporte de productos terminados	Voluntad colectiva
Costos de servicios	Clima social
Impuestos y seguros	Reacción de la competencia
Costos laborales	Reglamentos gubernamentales
	Calidad de vida (clima, escuelas, ambiente, recreación)
	Tipo de sindicalización

*Nota.* Tomado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia* (p. 106), por F. A. D'Alessio, 2012, México DF, México: Pearson.

De acuerdo con D'Alessio (2012), los factores a considerar para establecer el tamaño de la planta coinciden con los presentados en el párrafo anterior, como, por ejemplo, el nivel de la demanda. Adicionalmente, señaló otros factores: (a) gama de productos, (b) nivel de integración vertical, (c) tecnología de procesos, (d) capacidad financiera de inversión, (e) comportamiento esperado de los competidores, (f) costo de la falta de capacidad, y (g) ubicación de la planta, entre otros.

Según Aquino y De la Cruz (2015), en relación con la capacidad de la planta, se deben revisar los siguientes términos:

1. Capacidad proyectada: máxima producción en teoría.
2. Capacidad efectiva: es inferior a la capacidad proyectada ya que se consideran las limitaciones que la empresa tiene al momento de producir.

3. Capacidad instalada: en función de la tecnología que se tiene —equipos y maquinarias— se determina la cantidad de bienes o servicios que se pueden producir por unidad de tiempo.
4. Utilización: es el porcentaje que representa la producción real versus la capacidad del diseño.
5. Eficiencia: es la razón o índice entre la producción real y la capacidad efectiva.

Las economías de escala son un término económico que describe una ventaja competitiva que las grandes entidades tienen sobre las entidades más pequeñas. Significa que cuanto mayor sea el negocio, menores serán sus costos. Por ejemplo, el costo de producir una unidad es menor cuando se producen muchas unidades a la vez (Amadeo, 2017).

Según Rogers (s.f.), los factores para el dimensionamiento de las plantas en economías de escala son:

1. Rendimiento aplicado al costo: una decisión que muchas empresas tienen que hacer en el principio es si poseer o alquilar su espacio. Para las empresas más pequeñas, el alquiler por lo general es una opción más asequible. Pero las empresas más grandes pueden darse el lujo de poseer su espacio e, incluso, obtener una tasa de hipoteca más baja. Este es otro ejemplo de economías de escala de las que se benefician las grandes empresas. Para las empresas más pequeñas con alto costo de alquiler, la única alternativa puede ser producir más producción para cubrir el costo.
2. Resultados de maximización de beneficios: cada negocio quiere producir la mayor cantidad de productos, ya que se puede traducir en más ventas. Sin embargo, no importa cuánto la empresa desee expandirse, puede que tenga que limitar la producción a un nivel que maximice los beneficios del negocio en la etapa actual de su negocio. Los gerentes solo pueden operar a un nivel de producción donde



los ingresos adicionales obtenidos de una unidad más de producción igualen o excedan el costo adicional involucrado en la fabricación de ese producto.

3. Relación trabajo-tierra: otra faceta del análisis de la empresa es entender el tamaño de la mano de obra en relación con el tamaño de la planta. Las empresas que requieren mucha mano de obra deben analizar cuánto trabajo tienen por metro cuadrado para evitar el hacinamiento, que puede conducir a la mala calidad de los productos, dado que las funciones laborales pueden no estar claramente definidas. Además, puede quiebres de *stock*, que generaría un aumento en el costo unitario de la empresa.
4. Tecnología: es a menudo un factor favorable para la expansión del negocio. A largo plazo puede servir para reducir el costo unitario de producción de las empresas. Aquellas de capital intensivo y tecnológicamente inclinado pueden permitirse expandir su producción y beneficiarse de economías de escala. Pueden incluso ser capaces de acabar con los costos de mano de obra adicionales, originalmente necesarios para producir la misma cantidad de bienes.

Los factores de la capacidad de producción son, para D'Alessio (2004), los siguientes:

1. El pronóstico de la demanda: la capacidad de producción se debe hacer sobre la base de los requerimientos en el tiempo relacionado con el tipo de demanda.
2. La gama de productos: la producción de un solo tipo de producto es más favorable que fabricar varios artículos de una gama.
3. La tecnología: la capacidad de producción aumenta cuando hay menor valor agregado.
4. El nivel de integración vertical: el establecimiento de esquemas de integración vertical entre empresas incrementa la capacidad productiva conjunta de la planta —por ejemplo, una productora de bebidas integrada a una embotelladora.

5. La ubicación: los rasgos específicos del lugar limitan su capacidad de producción.
6. La maquinaria: en caso sea general o de uso especial.
7. El costo de distribución: se pueden elegir plantas de menor tamaño cerca de los mercados que requieran los productos.
8. La competencia: permite definir el nivel de capacidad productiva requerido para destacar.
9. La inversión: para tener en cuenta los costos de la planta en las diversas alternativas.
10. Los recursos humanos: para analizar su rendimiento, su capacitación y las condiciones de trabajo, las herramientas y equipos que utilizarán.

### **2.1.1 Ubicación de la planta**

Según Badri (2007), a la hora de establecer la localización de una planta deben ser analizados y evaluados diferentes factores que determinan la capacidad y el potencial productivo de una planta en función de su ubicación física. Dichos factores se listan a continuación:

1. Transporte: instalaciones de tubería, instalaciones de las vías aéreas, instalaciones de autopista, instalaciones ferroviarias, servicios de camiones, transporte fluvial, costo de envío de material, costo de transporte de productos terminados, disponibilidad de servicios postales, almacenamiento e instalaciones de almacenamiento, disponibilidad de venta al por mayor, puntos de venta.
2. Mano de obra: mano de obra barata, actitud de los trabajadores, trabajo gerencial, mano de obra calificada, tasas de salarios, trabajo que no requiere especialización, sindicatos, nivel educativo del trabajo, confianza de trabajo, disponibilidad de mano de obra masculina, disponibilidad del trabajo femenino, costo de la vida, estabilidad del trabajador.

3. Materias primas: proximidad a los suministros, disponibilidad de crudo, materiales, proximidad a los componentes, disponibilidad de instalaciones de almacenamiento de materias primas y componentes, ubicación de los proveedores, costo de carga.
4. Mercados: mercado de consumo existente, productor existente en el mercado, potencial mercado de consumo, anticipación del crecimiento de los mercados, gastos de envío al mercado, áreas de servicios de marketing, posición competitiva favorable, tendencias del ingreso, tendencias de la población, características del consumidor, ubicación de los competidores, futuras oportunidades de expansión, tamaño del mercado, proximidad a las industrias relacionadas.
5. Sitio industrial: accesibilidad de la tierra, costo de la tierra industrial, parque industrial desarrollado, espacio para futuras expansiones, tasas de seguro, disponibilidad de instituciones de crédito, cercanía a otras industrias, proyectos de desarrollo industrial comunitario, actitud de los agentes financieros.
6. Utilidades: actitud de los agentes de utilidad, abastecimiento de agua, costo y calidad, instalaciones desechables de residuos industriales, disponibilidad de combustibles, costo de los combustibles, disponibilidad de energía eléctrica, costo de la energía eléctrica, disponibilidad de gas, adecuación de las instalaciones de aguas residuales, disponibilidad de carbón y de instalación nuclear.
7. Actitud del gobierno: ordenanzas de construcción, códigos de zonificación, leyes de compensación, leyes de seguros, inspecciones de seguridad, leyes de contaminación por inundación y corriente.
8. Estructura fiscal: bases de la tasación fiscal, impuesto a la propiedad industrial, tarifas de estructuras estatales del impuesto de sociedades, operaciones libres de impuestos, impuesto estatal sobre las ventas.

9. Clima: caída de nieve, caída de lluvia, condiciones de vida, humedad relativa, temperatura promedio, contaminación del aire.
10. Comunidad: colegios e instituciones de investigación, actitud de residentes de la comunidad, calidad de las escuelas, instalaciones religiosas, bibliotecas, instalaciones recreativas, actitud de los líderes de la comunidad, instalaciones médicas, centros comerciales, hoteles y hostales, bancos e instituciones de crédito, posición comunitaria de expansión futura.

Según Monks (1991), los factores que afectan la decisión de ubicación son: (a) las entradas —personal, habilidades, remuneraciones, abastecimiento—, (b) materiales —costo del agua, costo de la energía, servicios—, (c) el capital, (d) el clima, (e) la región, (f) la competencia, (g) la locación —terrenos, costos de tierra, costos de construcción, desechos, expansiones, almacenamiento, (h) el marketing —los mercados locales, regionales, mundiales, almacenamiento, distribución y transporte—, e (i) el impacto económico —las utilidades, impuestos, remuneraciones y compras (D'Alessio, 2004).



Figura 8. Factores que afectan la decisión de ubicación según Monks.  
Tomado de *Administración y dirección de la producción. Enfoque estratégico y de calidad* (2a ed., p. 134), por F. A. D'Alessio, 2004, México DF, México: Pearson.

### 2.1.2 Factores de ubicación internacional

En cuanto a los factores que intervienen para decidir sobre la ubicación internacional, Badri (2007) sostiene que, para determinar la factibilidad y conveniencia de localizar la planta productiva en un determinado país, deben analizarse los factores geopolíticos y económicos del lugar donde se ubicará el complejo productivo, en relación con los objetivos logísticos y de producción de la planta. Para ello, sugiere los siguientes elementos de evaluación:

1. Situación política del país extranjero: relaciones con Occidente, historia del país, estabilidad del régimen, protección contra expropiación, tratados y pactos, actitud hacia las Naciones Unidas, tipo de alianzas militares, actitud hacia el capital extranjero.
2. Competencia global y supervivencia: material y mano de obra, oportunidades de mercado, disponibilidad de capital, proximidad a los mercados internacionales.
3. Regulación gubernamental: claridad de las leyes de inversión corporativa, regulaciones sobre *joint-ventures* y fusiones, regulaciones sobre la transferencia de ganancias fuera del país, tributación de empresas extranjeras, leyes de propiedad, burocracia, regulaciones relativas a los controles de precios, requisitos para establecimientos en corporaciones locales.
4. Factores económicos: nivel de vida, ingreso per cápita, tipo de cambio de moneda extranjera, balanza de pagos, Estado, ayudas gubernamentales.

### 2.1.3 Método de ponderación de factores

Según D'Alessio (2004), el método de ponderación de factores consiste en asignar valores cuantitativos ponderados a una ubicación alternativa:

1. Escribir una lista de factores importantes.
2. Referir un peso para el factor respectivo que permita valorar su importancia.

3. Otorgar una escala para los factores (0 a 100) y definir un valor mínimo.
4. Realizar el producto de los pesos por la escala y hacer la sumatoria.
5. Realizar el total del puntaje de cada localización y elegir la alternativa que alcanzó el mayor puntaje.

## **2.2 Planeamiento y Diseño de los Productos**

De acuerdo con D'Alessio (2012), la importancia de la etapa de diseño del producto radica en que, independientemente de que se trate de un bien o servicio, estos tienen que ser de calidad y a un costo apropiado para el mercado que se pretende atender. Los productos son la imagen de la empresa y por ello deben ser innovadores y competitivos, siendo el reflejo de la infraestructura, procesos y recurso humano de la compañía.

El proceso de diseño de un producto o servicio consiste en la secuencia de pasos para diseñar, concebir y luego elaborar un producto destinado a cierto mercado. La mayoría de las actividades son intelectuales y no físicas, por lo que la gerencia debe invitar a una participación activa, usualmente mediante lluvias de ideas o aportes. Cada empresa u organización establece un proceso distinto, pero existe un sistema genérico que sigue las seis fases que se muestran en la Tabla 2 (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

Se inicia con la planeación, siendo el enlace con las actividades de investigación y desarrollo tecnológico, en la que se genera el insumo para pasar a la fase de desarrollo de los conceptos, donde, entre otros aspectos, se identifica a los principales usuarios, se determina la viabilidad de los conceptos o ideas y se estima de forma general su costo. La siguiente fase es el diseño del sistema; en ella se establece cómo se organizará la empresa para la elaboración de este producto o servicio, evaluando alternativas, para de allí pasar a diseñar los detalles. Luego, se hacen pruebas y se afinan los detalles, culminando el proceso genérico con la producción en transición (Chase et.al., 2009).

Tabla 2

*Fases y Tareas del Proceso de Creación del Producto*

Fase 0:	Fase 1:	Fase 2:	Fase 3:	Fase 4:	Fase 5:
Planeación	Desarrollo del concepto	Diseño del sistema	Diseño de los detalles	Pruebas y afinaciones	Producción de transición
Articular la oportunidad del mercado Definir los segmentos del mercado	Informarse de lo que necesitan los demás Identificar a usuarios líderes  Identificar productos de la competencia	Preparar plan de las opciones del producto y la familia extendida del producto  Establecer puntos del precio de venta	Marketing Formular el plan de marketing	Elaborar materiales de promoción y lanzamiento Facilitar pruebas de campo	Colocar la primera producción en manos de clientes clave
Considerar plataforma y arquitectura del producto Evaluar nuevas tecnologías	Investigar la viabilidad de los conceptos del producto Desarrollar los conceptos del diseño industrial Construir y probar	Diseño Generar arquitecturas alternativas del producto Definir principales subsistemas a interfaces Afinar el diseño	Definir la geometría de las piezas Elegir materiales  Asignar tolerancias Completar la documentación de control del diseño industrial	Pruebas de confiabilidad Pruebas de duración Pruebas de desempeño Obtener permisos de autoridades reguladoras	Evaluar el producto de la primera producción
Identificar restricciones de la producción Establecer la estrategia de la cadena de suministro	Eliminar costos de producción  Evaluar viabilidad de la producción	Producción Identificar a proveedores de los elementos fundamentales Analizar si conviene fabricar o comprar Definir el plan final de montaje	Definir los procesos de producción de piezas y partes Diseñar el maquinado  Definir los procesos que aseguren la calidad	Facilitar la transición de los proveedores Afinar los procesos de fabricación y montaje Capacitar a la fuerza de trabajo Perfeccionar los procesos	Iniciar la operación de todo el sistema de producción
Investigación: tecnologías disponibles  Finanzas: proporcionar metas de planeación Administración: asignar los recursos al proyecto	Finanzas: presentar un análisis económico  Legal: investigar materiales	Otras funciones Finanzas: proporcionar análisis de conveniencia de fabricar o comprar Servicios: identificar cuestiones		Ventas: formular planes de ventas	

Nota. Tomado de *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros* (12a ed., p. 95), por L. R. Chase, F. R. Jacobs y N. J. Aquilano, 2009, México DF, México: McGraw-Hill.

Así como Chase et.al. (2009) presentaron los pasos de su proceso genérico para crear productos, Vilcarromero (2013) hizo lo mismo, proponiendo las etapas que se presentan en la Figura 9. Se inicia con la generación de la idea, filtrada en función del potencial de mercado, el diseño preliminar y la factibilidad financiera, determinando la selección del producto. Se procede, entonces, a hacer un diseño preliminar en el que se establece la calidad y el costo. Con la construcción del prototipo se pueden hacer pruebas y se conoce a cabalidad la capacidad de desempeño del producto diseñado. Finalmente, se afina el diseño definitivo y se puede iniciar la operación.



Figura 9. Pasos para el planeamiento y diseño de un producto.

Tomado de *La gestión en la producción* (p. 26), por R. Vilcarromero, 2013, Lima, Perú: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso.

### 2.2.1 Secuencia del planeamiento y aspectos a considerar

Según D' Alessio (2004), los pasos para el planeamiento y diseño del producto son:

(a) generación de la idea, (b) selección del producto, (c) diseño preliminar, (d) construcción del prototipo, (e) pruebas, y (f) diseño definitivo del producto y su proceso. El diseño de producto podría ser considerado como un proceso de transformación a partir de un conjunto de especificaciones y requisitos funcionales en una descripción completa de un producto o sistema físico que cumpla esas especificaciones y requisitos. Zeng y Gu (1999) describen el



diseño como una actividad inteligente que comienza con los requisitos de diseño y termina con una descripción del producto.

Evbuomwan, Sivaloganathan y Jebb (1996) resumen el diseño como el proceso de establecimiento de requisitos, transformándolos en desempeño, especificación y funciones, que luego son mapeados y convertidos en soluciones de diseño económicas y capaces de fabricarse, aplicando la creatividad, principios científicos y conocimientos técnicos. De otro lado, Ullman (2003), define el proceso de diseño como la organización, gestión de personas y la información para desarrollarse en la evolución de un producto.

Ulrich y Eppinger (1995) describieron el proceso de desarrollo del producto como la secuencia de pasos o actividades que una empresa emplea para concebir, diseñar y comercializar un producto. El proceso de diseño ayuda a asegurarse de no pasar por alto ninguno de los aspectos importantes, las soluciones imparciales y mejorar la creatividad del equipo. Krishnan y Ulrich (2001) indicaron que el proceso de desarrollo de productos es como una transformación o una traducción de una oportunidad a un producto físico disponible para la venta.

De acuerdo con el proceso de diseño, el diseño del producto se puede clasificar en cuatro categorías: diseño creativo, diseño innovador, rediseño y diseño rutinario (Sriram, Logcher, Groleau, & Cherneff, 1989). El diseño creativo surge cuando no existe un plan previo existente para la solución y la cuestión clave en este proceso de diseño es la transformación de la solución del subconsciente al estado consciente. El diseño innovador ocurre cuando la descomposición del problema es conocido, pero la solución para cada parte tiene que ser sintetizada. Este diseño puede ser una combinación original o novedosa de componentes existentes. El rediseño aparece cuando el diseño de un producto existe y es modificado para satisfacer los requerimientos recién desarrollados. En la rutina, el diseño de

las piezas encuentra las alternativas apropiadas para cada sub-parte que satisface las limitaciones dadas.

Tabla 3

*Proceso Genérico del Desarrollo de Productos*

Fase 0: Planeación	Fase 1: Desarrollo del concepto	Fase 2: Diseño del sistema	F3: Diseño de los detalles	Fase 4: Pruebas y afinaciones	F5: Protección de transición
<b>Marketin</b>					
Articular la oportunidad del mercado	Informarse de lo que necesitan los clientes	Preparar el plan de opciones del producto y la familia extendida al producto	Formular plan de marketing	Elaborar materiales de promoción y lanzamiento	Colocar la primera producción en manos de clientes clave
Definir los segmentos del mercado	Identificar usuarios líderes	Establecer punto(s) de precio de venta meta		Facilitar pruebas de campo	
Diseño					
Considerar plataforma y arquitectura del producto	Investigar la viabilidad de los conceptos del producto	Generar arquitecturas alternativas del producto.	Definir geometría de las piezas	Pruebas de confiabilidad	Evaluar el producto de la primera producción
Evaluar nuevas tecnologías	Desarrollar los conceptos del diseño industrial	Definir principales subsistemas a interfaces	Elegir materiales	Pruebas de duración	
	Construir y probar prototipos experimentales	Afinar el diseño industrial	Asignar tolerancias	Pruebas de desempeño	
			Completar documentación de control de diseño industrial	Obtener permisos de autoridades reguladoras	
				Aplicar cambios al diseño	
<b>Producción</b>					
Identificar restricciones de la producción	Estimar costos de la producción	Identificar a proveedores de los elementos fundamentales	Definir los procesos de piezas y partes	Facilitar la transición de los proveedores	Iniciar la operación de todo el sistema de producción
Establecer la estrategia de la cadena de suministro	Evaluar viabilidad de la producción	Analizar si conviene fabricar o comprar	Diseñar el maquinado	Afinar los procesos de fabricación y montaje	
		Definir el plan del montaje	Definir los procesos que aseguren la calidad	Capacitar la fuerza de trabajo	
		Establecer costos meta	Iniciar la adquisición de equipamiento con mucho tiempo	Perfeccionar los procesos para asegurar la calidad	
<b>Otras funciones</b>					
Investigación: Demostrar tecnologías disponibles	Finanzas: Presentar un análisis económico	Finanzas: Proporcionar análisis de conveniencia de fabricar o comprar		Ventas: Formular planes de ventas	
Finanzas: Proporcionar metas de la planificación	Jurídico: Investigar cuestiones de patentes	Servicios: Identificar cuestiones de servicios			*
Administración genérica: Asignar los recursos al proyecto					

*Nota.* Tomado de *Product Design and Development* (p. 14), por K. T. Ulrich y S. D. Eppinger, 1995, New York, NY: McGraw-Hill.

Según Clark y Fujimoto (1991), la secuencia de planeamiento en el diseño de productos es como sigue: (a) generación de conceptos, (b) planificación de productos, (c) ingeniería de producto, y (d) ingeniería de procesos. Sin embargo, de acuerdo con Anderson (1997), las fases son las siguientes:

1. Definición del producto: especificaciones del producto y priorización de recursos.
2. Arquitectura: concepto simplificado y arquitectura optimizada, incluyendo modularidad y estrategias de personalización.
3. Diseño: proceso tan completo que la necesidad de un prototipo, pruebas y producción piloto se minimiza o elimina.
4. Producción de transición: introducción suave en la producción con rápido aumento de volumen.
5. Seguimiento: para captar las lecciones aprendidas que se pueden aplicar a futuros proyectos.

Baxter (1995) reveló su visión del desarrollo de productos, que puede tener diversas similitudes con otras metodologías, pero se centra más en analizar la oportunidad de la idea. El paso inicial es la selección de la estrategia de desarrollo de productos adoptada por el equipo de diseño y puede incluir una estrategia de atracción de mercado o una estrategia de empuje de tecnológico. Este último, requiere tanta investigación como la atracción de mercado, la única diferencia es que existe una tecnología que tiene el potencial de satisfacer una necesidad del mercado y que aún no ha sido explotada por la competencia.

Uno de los pasos importantes de la metodología de Baxter es la aplicación de una encuesta a clientes para identificar las necesidades del mercado objetivo junto con una búsqueda de oportunidades de tecnología y se puede completar mediante la realización de análisis de la competencia, *benchmarking*, monitoreo tecnológico y pronóstico. Este análisis arroja el momento en que el producto requiere competir en el mercado. Basada en las necesidades expresadas por los clientes, la empresa puede elegir las opciones para desarrollar el nuevo producto. La salida de esta etapa se llama especificación de oportunidad, como se muestra en la Figura 10. Cuando hay una serie de oportunidades de productos identificados en un mercado, entonces se requiere de un proceso de selección para establecer cuál es el

mejor para la empresa. Para solucionar estos problemas, cada opción debe ser evaluada respecto de los objetivos de la empresa y, a continuación, pasar por un proceso sistemático de selección de oportunidades para justificar cuantitativamente la decisión (Baxter, 1995).

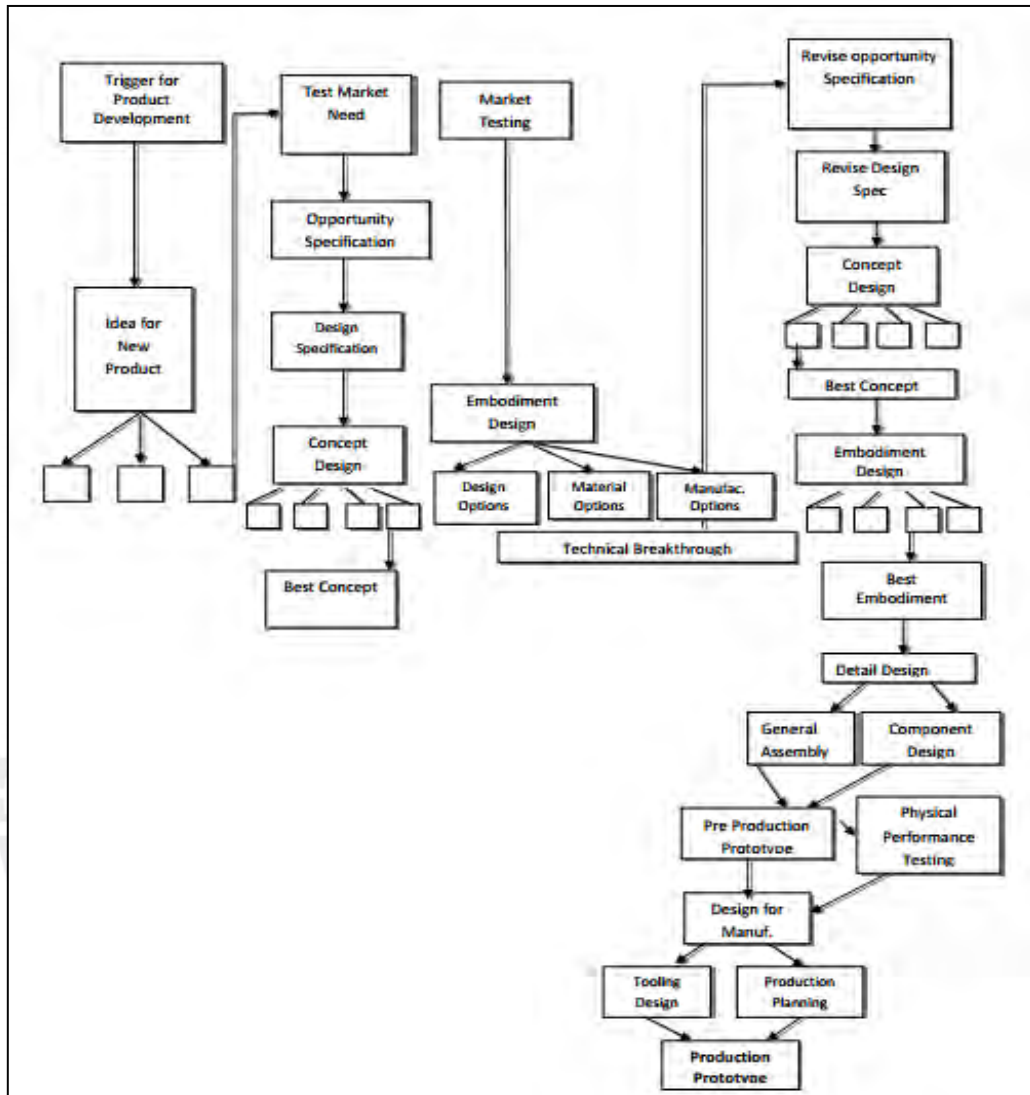


Figura 10. Modelo de diseño del producto según Baxter.

Tomado de *Product Design: Practical Methods for the Systematic Development of New Products* (p. 19), por M. Baxter, 1995, Londres, Reino Unido: Chapman & Hall.

### 2.2.2 Aseguramiento de la calidad del diseño

La alta calidad a bajo costo proclama la revolución del diseño de producto, producida por el innovador estadístico japonés Genichi Taguchi. Los métodos de Taguchi, que redujeron drásticamente los costos y aumentaron la satisfacción del consumidor, logran en la industria una reconceptualización fundamental de lo que se necesita hacer para resolver un

problema y de cómo hacerlo, por lo que fueron adoptados con entusiasmo por la industria japonesa durante los años cincuenta, mientras que luego se implementaron exitosamente en todo el mundo. Taguchi indica que, para mejorar la calidad, hay que empezar en la fase de diseño porque es donde comienza la calidad, que debe estar diseñada y que no se puede inspeccionar más tarde. Taguchi se orientó hacia la «ingeniería de calidad», un enfoque que implica combinar ingenieros y métodos estadísticos para reducir costos y mejorar la calidad optimizando el diseño de productos y procesos de fabricación (Ealey, 1988).

Los métodos de Taguchi ayudan a los diseñadores de productos a estimar el verdadero costo de la calidad y luego, efectivamente, mejorarla. Desarrolló el concepto de función de pérdida que combina costo, objetivo y variación en una métrica. Según él, mientras menor sea la pérdida social —la pérdida para los productores y los consumidores desde el momento en que se concibe un producto—, más deseable es el producto. La pérdida puede ocurrir en: (a) los clientes —la corta vida del producto, mayor mantenimiento y costos de reparación—, (b) la compañía —aumento de chatarra, reelaboración y costo de la garantía, la pérdida de la reputación—, y (c) la sociedad en general —contaminación, seguridad (Ealey, 1988).

Convencionalmente, las actividades de control de calidad se centran en el muestreo, los gráficos de control y el control de procesos. Esto se conoce como «control de calidad en línea». Taguchi orientó el proceso hacia arriba para enfocarse en el diseño de productos y procesos, a lo que se llamó «control de calidad fuera de línea» (Ealey, 1988).

Los siete puntos clave de Taguchi, según Ealey (1988), son los siguientes:

1. La calidad del producto se mide por la pérdida total para la sociedad creada por él.
2. Buscar constantemente la mejora continua de la calidad y la reducción de costos necesarios para sobrevivir en la competencia mundial.
3. La mejora de la calidad requiere de una reducción continua y repetida de la variación.

4. La pérdida de calidad es frecuentemente proporcional al cuadrado de la desviación del rendimiento del valor nominal.
5. El diseño del producto y del proceso puede tener un impacto importante en la calidad del producto y el costo.
6. La variación del rendimiento puede reducirse mediante un ajuste adecuado de los productos y/o parámetros del proceso.
7. Los ajustes de parámetros apropiados que reducen la variación pueden ser identificados mediante los experimentos estadísticos apropiados.

Según Shingo, los métodos estadísticos detectan los errores demasiado tarde en el proceso de fabricación y lo que se necesita es identificarlos a medida que ocurren y corregirlos de inmediato. Shingo propuso su propia versión de «cero defectos», llamado *poka yoke* en japonés, que hace hincapié en las cuestiones lógicas secundarias con un sistema de control y retroalimentación. La idea es manejar los errores a medida que ocurren (Charantimath, 2003).

### 2.3 Planeamiento y Diseño del Proceso

Para D'Alessio (2012), “el proceso es un conjunto de actividades que transforman una entrada en una salida”. Es decir, que convierten insumos o recursos en productos que pueden ser comercializados, agregando valor. Este proceso se presenta de una manera simple en la Figura 11, donde se muestra la relevancia de añadir valor, al mismo tiempo que la empresa busca maximizar su productividad.

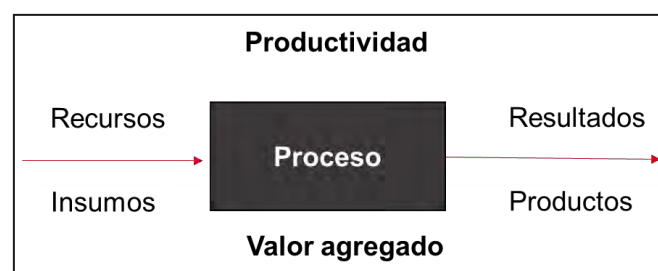


Figura 11. Esquema general del proceso.

Tomado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia* (p. 140), por F. A. D'Alessio, 2012, México DF, México: Pearson.

El objetivo es contar con un sistema que permita producir los bienes o servicios a tiempo y con el menor costo posible (D'Alessio, 2012). Para Carro y González (2006) ello involucra tomar decisiones relevantes en el área de recursos humanos, equipos, abastecimiento y tecnología. Entonces, la administración de operaciones comprende la selección de operaciones, de entradas y de los métodos a usar, siendo decisiones que usualmente se toman ante alguna de las siguientes situaciones: (a) cuando se modifica el producto, (b) cuando la empresa enfrenta problemas de calidad, (c) cuando varían las prioridades competitivas de la organización, (d) cuando hay cambios en la demanda, (e) cuando la competencia se ha anticipado a introducir cambios en procesos o en tecnología, y (f) cuando el nivel de productividad actual no es apropiado.

D'Alessio (2012) presentó el diagrama de actividades de los procesos operativos (D.A.P.) que se muestra en la Figura 12. Allí se ve cómo, dependiendo del tipo de actividad, se utiliza una figura distintiva, de modo tal que sean estandarizados. El D.A.P. describe entonces: (a) cómo se coordinan las actividades para proporcionar un servicio, (b) los acontecimientos necesarios para lograr alguna operación, (c) cómo se relacionan los acontecimientos en un solo caso de uso, y (d) cómo coordina una colección de casos de uso para crear un flujo de una organización

Asimismo, D'Alessio (2012) señaló que es importante tomar decisiones en cuanto al tipo de proceso, sobre la base de su nivel de repetición, ya sea que se trate de una sola vez, sea intermitente o continuo. También se considera si el proceso es para la producción de un artículo único, si es un lote, en serie o masivo. Entonces la determinación de los equipos que se necesitan y de las competencias que debe tener el personal depende de estas decisiones previas ya que, por ejemplo, cuando se trata de un artículo único o en lote, se necesitan trabajadores altamente calificados; mientras que cuando es producción masiva, las habilidades requeridas no suelen ser altamente especializadas.

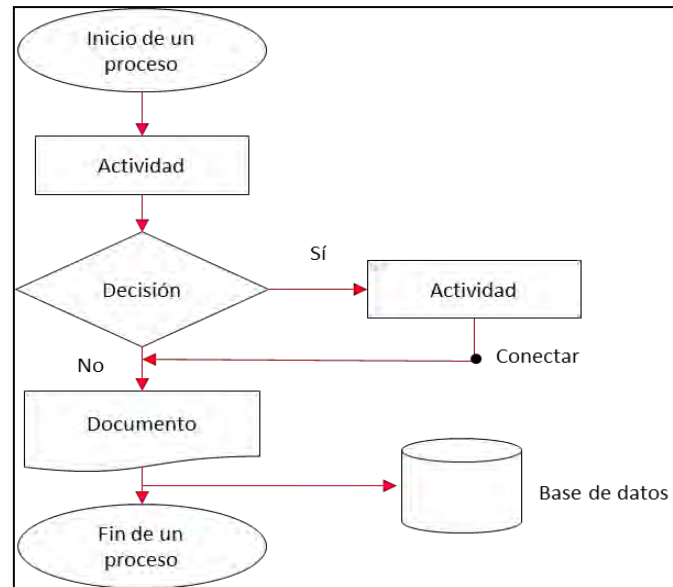


Figura 12. D.A.P.

Tomado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia* (p. 142), por F. A. D'Alessio, 2012, México DF, México: Pearson.

## 2.4 Herramientas en la Mejora de Procesos

De acuerdo con Breyfogle (2014), y, considerando además lo planteado por el Departamento de Industria y Comercio del Reino Unido (DTI, 2000), las siguientes herramientas, entre otras existentes, pueden considerarse a la hora de establecer oportunidades de mejora en procesos:

1. Establecer la línea base del proceso a evaluar y compararlo con otros similares, lo que involucra:
  - Construcción de una línea de base: crear una línea de base de negocio u organizativa clara. Este esfuerzo implicaría la definición de la línea de base sobre todos los aspectos del negocio. Al describir claramente lo que ocurre en una organización se entiende mejor en qué deben enfocarse los esfuerzos de mejora. Una metodología de informes de rendimiento proporciona un excelente enfoque para crear una línea de base de proceso predictiva.
  - Clasificación de la línea de base: determinar todas las organizaciones que pueden ser comparadas por su desempeño. Existen diferentes factores que



pueden entrar en esta decisión. Por ejemplo, sería beneficioso comparar el propio rendimiento con el de una organización líder dentro de la misma industria o con una cultura similar.

- Hacer comparaciones: observar cómo se comparan las líneas de base de la organización. Las comparaciones deben efectuarse estadísticamente. Por ejemplo, plantear una hipótesis de igualdad de medios para una respuesta proceso-salida.
  - Determinar las diferencias de base: identificar las razones de las diferencias en el desempeño. Este entendimiento puede ayudar a una organización a hacer ajustes en su proceso para que el rendimiento mejore.
2. Diagrama de flujo. Es una de las mejores herramientas para documentar y comprender varios procesos en una organización. Este instrumento permite un desglose detallado de procesos a actividades y eventos, así como describir relaciones lógicas. Mediante el uso de diagramas de flujo una organización puede comprender mejor los esfuerzos de trabajo involucrados en todos sus compromisos. Por ejemplo, el proceso de obtener órdenes y codificarlas en el sistema informático puede representarse más claramente usando un diagrama de flujo, que consiste en símbolos que representan cada evento o paso en el proceso. Estos pueden ser círculos, cajas u otras formas que están conectadas con líneas para dirigir el orden o la dirección del proceso. Un buen diagrama de flujo puede ayudar a comunicar y aclarar lo que está ocurriendo o lo que debe ocurrir en una organización.
  3. Asignación de pesos y cuantificación del flujo. El mapeo cuantitativo de un flujo de procesos y la asignación de pesos —valores— a sus elementos, permite evaluar el estado actual de un proceso en términos numéricos y proponer un estado futuro

que reduzca el desperdicio organizacional. Es decir, asignar valores a los tiempos empleados en funciones de transporte, inventario, movimiento, espera, sobreproducción, sobreprocesamiento y defectos; para luego compararlos con los valores de otro proceso y ver cuál es más óptimo para la planta. Se puede obtener mucho al examinar un mapeo de valores de un flujo, ya que permite enfocar los esfuerzos de mejora en aquellos aspectos que más inciden en la mejora de las métricas de rendimiento actuales.

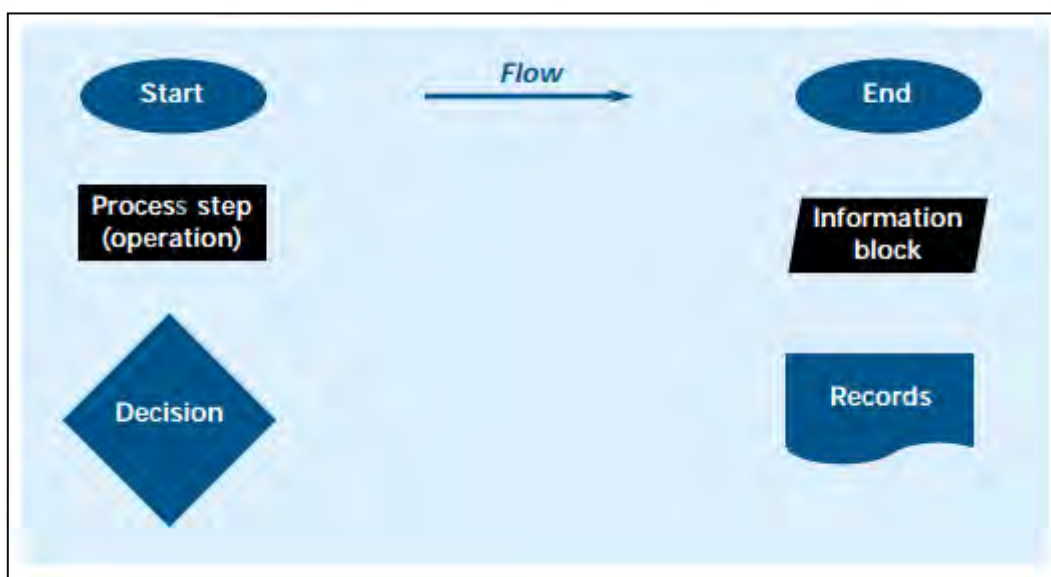


Figura 13. Símbolos de un diagrama de flujo.

Tomado de *Tools & Techniques for Process Improvement* (p. 3), por Department of Trade and Industry (DTI), 2000 ([https://www.businessballs.com/dtiresources/TQM\\_process\\_improvement\\_tools.pdf](https://www.businessballs.com/dtiresources/TQM_process_improvement_tools.pdf)).

4. Análisis de causa y efecto. Los problemas a menudo pueden resolverse explorando primero todas las posibles causas. Un enfoque de análisis de causa y efecto proporciona una estructura para esta evaluación, que involucra la consideración de seis causas que pueden contribuir a una respuesta o efecto característico: (a) materiales, (b) máquina, (c) método, (d) personal, (e) medición, y (f) medio ambiente. Con este enfoque para evaluar un problema, una solución podría llegar a ser inmediatamente aparente. En otros casos, la causa potencial puede no ser tan obvia; sin embargo, los análisis estadísticos de los datos

históricos pueden usarse para probar varias teorías. Esta información se puede utilizar para proporcionar información sobre lo que se podría hacer para mejorar un rendimiento de referencia de salida de proceso. Una forma útil de asignar las entradas que afectan la calidad es el diagrama de causa y efecto o diagrama de Ishikawa, en el que el efecto o problema investigado se muestra en el extremo de una flecha horizontal mientras que las causas potenciales son mostradas como flechas etiquetadas, entrando en la flecha que corresponde a la causa principal. A lo largo del proceso de reducción de las principales causas o factores a sus subcausas, cada flecha puede tener otras que entran en ellas (DTI, 2000).

5. Tormentas de ideas. La lluvia de ideas puede ser utilizada de manera efectiva para generar e identificar las causas y sus subcausas. Es una técnica grupal y participativa donde los miembros de un equipo presentan ideas sobre el problema planteado. En un principio todas son consideradas, clasificándolas y analizándolas una a una, independientemente de los juicios preliminares que sobre estas ideas puedan hacerse los miembros del grupo. Se puede utilizar para: (a) identificar áreas problemáticas, (b) identificar áreas de mejora, (c) diseñar soluciones a problemas, y (d) desarrollar planes de acción (DTI, 2000).
6. Pruebas de hipótesis. Consiste de una hipótesis nula y una hipótesis alternativa en la que, por ejemplo, una hipótesis nula indica la igualdad entre dos salidas del proceso y una hipótesis alternativa indica la no igualdad. Mediante una prueba de hipótesis, se toma una decisión sobre si rechazar una hipótesis nula o no rechazar una hipótesis nula, con el riesgo de tomar una decisión errónea. Las pruebas de hipótesis pueden tomar muchos formatos. Es importante seleccionar la prueba de hipótesis más adecuada para cada situación.

7. Análisis de campo de fuerza. Permite identificar aquellas fuerzas o restricciones que impiden o que alientan el cambio o la oportunidad de mejora, desarrollando planes para superarlas (DTI, 2000).

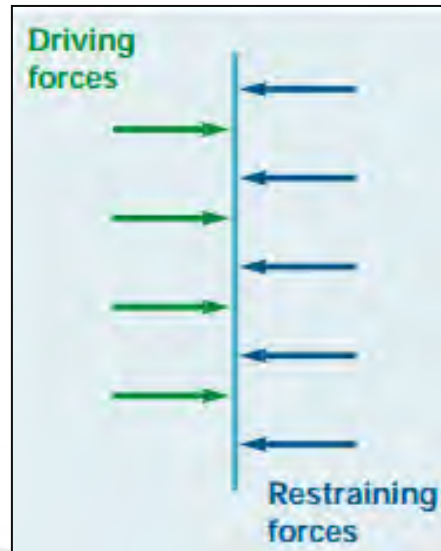


Figura 14. Análisis de campo de fuerza.

Tomado de *Tools & Techniques for Process Improvement* (p. 4), por Department of Trade and Industry (DTI), 2000 ([https://www.businessballs.com/dtiresources/TQM\\_process\\_improvement\\_tools.pdf](https://www.businessballs.com/dtiresources/TQM_process_improvement_tools.pdf)).

## 2.5 Planeamiento y Diseño de Planta

El planeamiento y diseño de planta define la eficiencia, refiriéndose al ordenamiento físico de los equipos y de los trabajadores, especificando los espacios para el movimiento de los materiales y de las personas. Al mismo tiempo, también se especifican los puntos de almacenamiento y de salida del producto terminado (D'Alessio, 2012). Para Aquino y De la Cruz (2015), cuando se dan cambios en las maquinarias o se mejoran los procesos, es necesario revisar el diseño o distribución de la planta, ya que es probable que se requiera un cambio. En contraparte, para D'Alessio (2012) el diseño de planta se tiene que cambiar cuando se construye una nueva instalación, cuando se dan cambios en la demanda o en el volumen de fabricación o ante la introducción de cambios, ya sea en los productos o en la tecnología.

Según D'Alessio (2012), con un buen diseño de planta se puede lograr lo siguiente:

(a) incrementar la seguridad de los trabajadores y reducir los riesgos para su salud; (b) simplificar el proceso para reducir el tiempo de producción; (c) aumentar la productividad y el nivel de producción; (d) reducir los atrasos en la producción, mejorando el servicio al cliente; (e) utilizar el espacio de manera eficiente; (f) maximizar el uso de las máquinas, de los insumos y del recurso humano; (g) minimizar la manipulación de los insumos o materiales; (h) reducir la cantidad de material que se emplea; (i) facilitar los cambios o ajustes; (j) aumentar la satisfacción de los empleados; y, (k) poder establecer una mejor supervisión del proceso.

Para Aquino y De la Cruz (2015), la distribución de la planta se puede hacer de tres formas, donde el proceso de toma de decisión se puede resumir en los pasos mostrados en la Figura 15:

1. Por procesos: las máquinas, equipos y el personal se agrupan en función de los procesos productivos. La organización depende del flujo que tiene que seguir cada producto, añadiendo trabajo y materiales por áreas o estaciones.
2. Celular: se enfoca en reducir los tiempos y los costos, mediante la automatización de los procesos.
3. De punto fijo: se ubica el producto en un sitio fijo, mientras que los equipos y las personas se desplazan. Esta forma es apropiada cuando el producto es de grandes dimensiones como un barco o un avión. También aplica cuando el servicio se da en las instalaciones del cliente como una renovación, construcción o decoración.

La distribución de planta es adecuada cuando: (a) se minimiza el riesgo de la salud y brinda una mayor seguridad para sus recursos humanos; (b) ayuda a reducir el proceso de fabricación; (c) aumenta la cantidad de producción y los índices de productividad; (d) reduce los tiempos de retrasos; (e) usa el espacio en forma eficiente; (f) emplea de manera adecuada

las máquinas, mano de obra y servicios; (g) disminuye el manejo de materiales; y, (h) brindar flexibilidad para los cambios de las condiciones (D' Alessio, 2012).

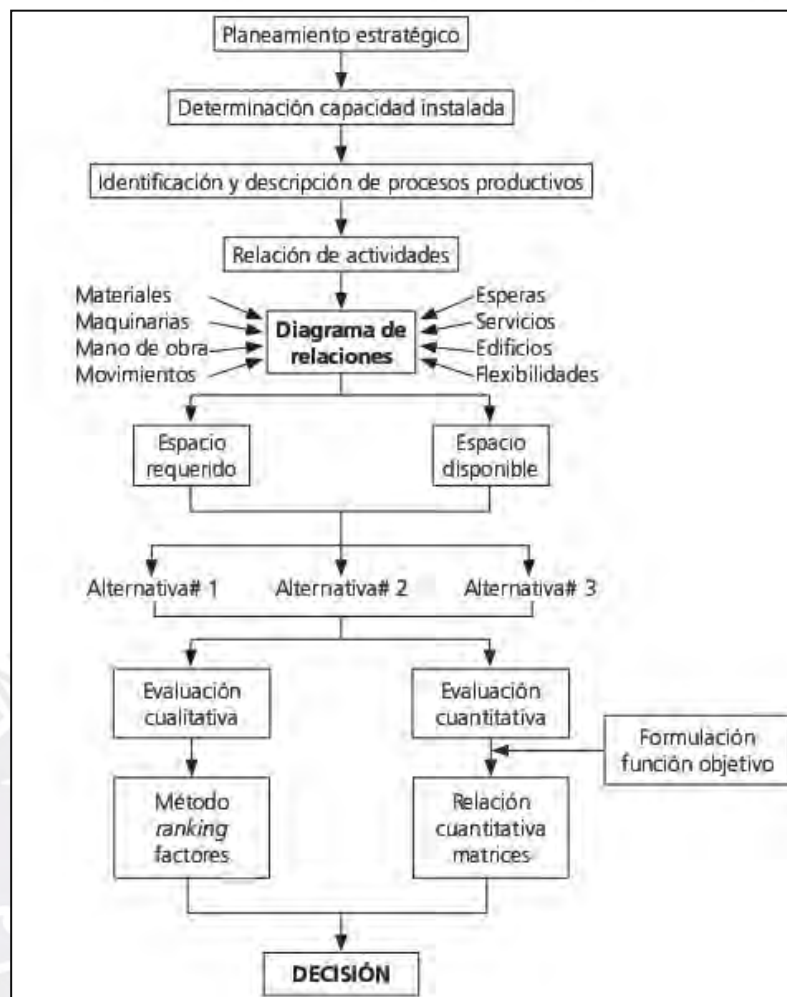


Figura 15. Pasos para decidir el diseño de una planta.

Tomado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia* (p. 179), por F. A. D' Alessio, 2012, México DF, México: Pearson.

Los resultados esperados en una distribución de planta son: (a) el número de líneas de producción que se requieren para satisfacer la demanda, (b) el número de personas requeridas, (c) el espacio —área— que se requiere para instalar la planta, (d) la organización de la planta basada en una lógica de producción, y (e) el presupuesto de implementación.

### 2.5.1 Clasificación de las distribuciones de plantas

Según D' Alessio (2012), por movimiento de la labor:

1. Producto: cuando hay distintos tipos de máquinas para la fabricación de un producto o de un grupo de productos afines.

2. Proceso: los diversos productos se mueven a través de las máquinas que realizan una misma clase de operación.
3. Posición fija: en la fabricación de productos únicos, los medios de fabricación o manufactura se movilizan alrededor del producto, que tiene menores volumen de fabricación.

De acuerdo con la función (D'Alessio, 2012):

1. Almacenamiento: distribución en relación con los almacenes de la empresa.
2. Marketing: los elementos de la planta se distribuyen según la venta o publicidad de los productos.
3. Proyectos: la distribución se hace en base a los diversos proyectos que tiene la empresa.
4. Movimiento de materiales: con el proceso productivo, estos pueden ser en forma de línea, de L, de O.

### **2.5.2 Análisis de la distribución de planta**

Según D'Alessio (2012), para planear la asignación de una fábrica se debe considerar:

1. La planeación estratégica de marketing: para determinar la proyección de las ventas y estimar el tamaño de la fábrica, para definir las maquinarias, equipos y trabajadores necesarios.
2. Determinar los procesos implicados o comprometidos, que se describirán de forma específica y pormenorizada.
3. Considerar el volumen de la materia prima y de los productos que van a manipularse, así como las especificaciones del espacio, en el momento de la especificación detallada de los procesos.

D'Alessio (2012) indicó que la planeación de la distribución de la fábrica se clasifica en:

1. Localización: identificar el espacio en que se realizará la asignación.

2. Asignación general del conjunto: cómo se relacionarán las áreas y las actividades.
3. Planificación de la distribución: lugar en que estará ubicada cada unidad determinada de máquinas, equipos o factores de servicios.
4. Control de los tiempos y movimientos que habrá en la fábrica.

## 2.6 Planeamiento y Diseño del Trabajo

Para Chase et.al. (2009), el diseño de los puestos de trabajo es “la función de especificar las actividades laborales de un individuo o un grupo en un contexto organizacional” (p. 187). La meta es construir estructuras laborales que satisfagan las necesidades de la organización, de acuerdo con la tecnología que se tiene y con miras a atender las necesidades y expectativas de cada empleado en su puesto de trabajo. En la Figura 16 se resumen las decisiones que involucran el planeamiento y diseño de los puestos de trabajo.

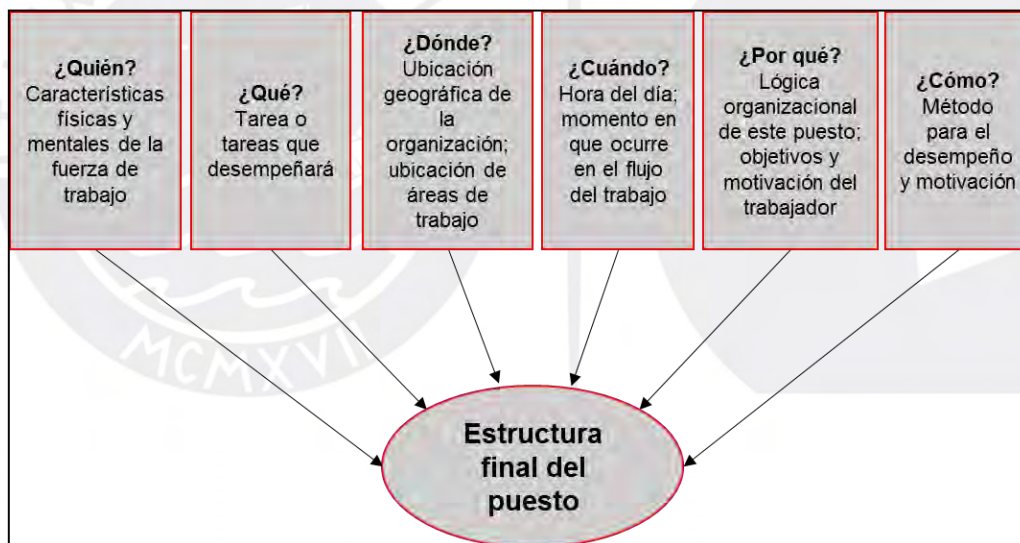


Figura 16. Decisiones del diseño del puesto.

Tomado de *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros* (12a ed., p. 187), por L. R. Chase, F. R. Jacobs y N. J. Aquilano, 2009, México DF, México: McGraw-Hill.

En cambio, para D’Alessio (2012), la gerencia debe ejecutar cuatro fases: (a) diseño del trabajo, (b) satisfacción en el trabajo, (c) métodos del trabajo y economía de movimientos, y (d) medición del trabajo. El diseño del trabajo consiste en detallar el contenido de cada puesto, junto con las responsabilidades de cada empleado; se especifican



las tareas, la forma cómo deben hacerse, el cuándo y el dónde. Dependiendo de la complejidad de cada trabajo se tiene que analizar tanto desde la perspectiva humana como desde la perspectiva técnica.

La satisfacción en el trabajo puede definirse como la actitud general de un empleado hacia su trabajo. Una persona con un alto nivel de satisfacción tiene una actitud positiva hacia el trabajo, mientras que una persona insatisfecha con su trabajo tiene una actitud negativa. (D'Alessio, 2012, p. 201)

Los empleados satisfechos con su trabajo suelen ser más eficaces, con menores niveles de ausentismo y de rotación que los empleados insatisfechos. Respecto de ello, Hackman y Oldham (1980, citados en D'Alessio, 2012) presentaron las propiedades motivacionales del diseño de puestos de trabajo, que resultan al unir el componente humano con el técnico (ver Figura 17).

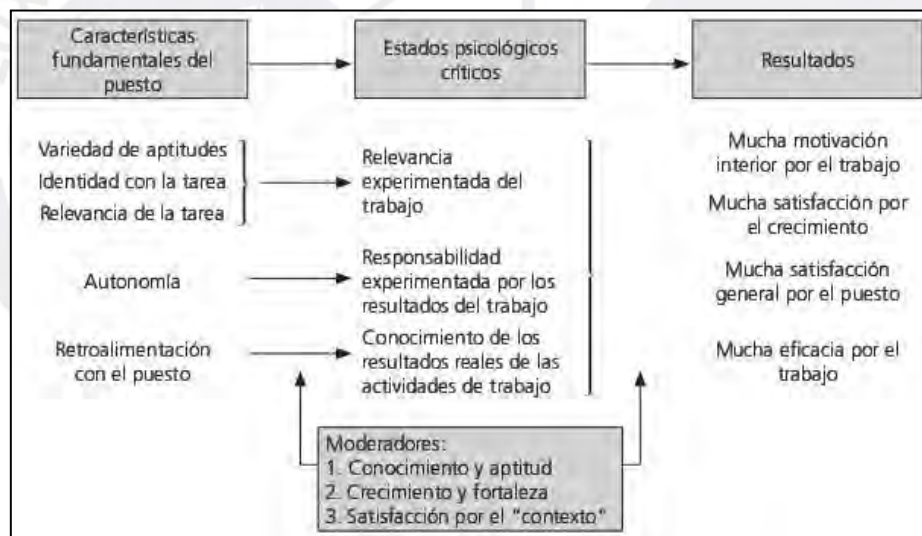


Figura 17. Modelo de Hackman y Oldham.

Tomado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia* (p. 202), por F. A. D'Alessio, 2012, México DF, México: Pearson.

En relación con los métodos del trabajo y economía de movimientos, el enfoque está en cómo llevar a cabo al trabajo buscando eficiencia y economía, al mismo tiempo que se consideran las necesidades de los trabajadores. Por último, como fase del diseño del trabajo se tiene a la medición del trabajo, que consiste en estimar el tiempo que cada empleado

invierte en completar determinada tarea, según las normas preestablecidas. Al medir el trabajo se busca lo siguiente: (a) evaluación del comportamiento del colaborador, (b) planeamiento de las necesidades de los trabajadores, (c) planeación de la capacidad, (d) establecimiento de precios, (e) control de costos, (f) programación de operaciones, y (g) definición de los incentivos salariales (D'Alessio, 2012).

Al momento de diseñar los puestos de trabajo hay que considerar las curvas de aprendizaje, que consisten en las mejoras que se logran como consecuencia de que las personas repitan un proceso, desarrollando habilidades. También podrían darse por cambios en los equipos o en el diseño del producto. En general, la teoría de la curva de aprendizaje se basa en tres supuestos: (a) la cantidad de tiempo requerido para culminar una tarea o una unidad de producto será menor cada vez que se realice dicha tarea, (b) el tiempo por unidad irá decreciendo a un ritmo cada vez menor, y (c) la reducción de tiempo seguirá un patrón previsible (Chase et.al., 2009).

## **2.7 Planeamiento Agregado**

El planeamiento agregado es el fundamento para la gestión de la capacidad de la planta y la planeación de la demanda. Se refiere a un método de planificación para el corto plazo que se utiliza para definir la cantidad de los recursos que la organización va a requerir para atender a la demanda esperada en dicho periodo, que usualmente consiste de un año. Se combinan distintas variables, tales como la producción, el abastecimiento, el nivel de contratación, entre otros. El objetivo es lograr que la demanda y la oferta coincidan, al combinar las distintas variables. A partir de esta programación se define el nivel de producción semanal, y luego diario, siendo importante que antes de realizar un proceso de planeamiento agregado se consideren los siguientes factores: (a) tener información completa sobre la infraestructura de producción que se encuentra disponible, así como de los insumos que se utilizarán a lo largo del proceso productivo; (b) desarrollar un pronóstico de la

demanda como parte de la planificación; (c) elaborar un plan financiero que incluya el costo de producción, la inversión en equipos, el gasto en materia prima y mano de obra, entre otros; y, (d) definir claramente la política que regirá en la empresa para la administración del recurso humano, para la gestión de calidad, entre otros (“¿De qué hablamos”, 2016).

En planeación agregada, el criterio económico busca maximizar el beneficio minimizando el costo. Por este motivo se tienen que monitorear y controlar los siguientes costos: (a) mano de obra, al considerar el tiempo dentro del horario normal y las horas extras; (b) reclutamiento, selección y contratación de personal; (c) compensaciones legales por despidos; (d) subcontratación o servicios profesionales; (e) mantenimiento de inventarios; y, (f) faltantes que no permiten atender pedidos de los clientes y, por ende, llevan a la pérdida de ventas. También deben considerarse variables adicionales, tales como los tiempos de entrega, la curva de aprendizaje y el nivel de servicio (Aquino & De la Cruz, 2015).

Según Schroeder (2005, citado en D’Alessio, 2012), hay distintas variables que son capaces de influir en la demanda y que, por lo tanto, deben considerarse en un proceso de planeamiento agregado:

1. Precio diferencial: las organizaciones usan las diferencias de precio para estimular la demanda en temporada baja o para reducirla en los momentos pico. Para el caso de bienes no perecederos, la diferencia de precio suele ser cercana al costo de mantener el inventario, pero cuando los productos son perecederos, el precio es sujeto a especulación.
2. Publicidad y promociones: mediante la publicidad y las promociones se estimula la demanda, siendo una estrategia que funciona en distintas industrias.
3. Reservaciones o trabajo pendiente: se busca trasladar la demanda de los periodos pico a los de capacidad libre, solicitando a los clientes que esperen por sus pedidos o que, por el contrario, reserven la capacidad o espacio por anticipado.

4. Desarrollo de productos complementarios: en casos en que el producto es de una estacionalidad muy marcada, se opta por elaborar productos complementarios. La clave es que la demanda agresiva de estos productos ocurra en distintas épocas del año.

La planificación agregada es una actividad operacional que realiza un plan agregado para el proceso de producción, antes de los seis a 18 meses, para dar una idea a la gerencia del volumen de materiales y otros recursos que deben ser adquiridos y cuándo, de manera que el costo total de las operaciones de la organización se mantiene al mínimo durante ese periodo (Gaither & Frazier, 2001). Se decide sobre la cantidad de subcontratación, la subcontratación de artículos, las horas extraordinarias de mano de obra, los números a ser contratados y despedidos en cada periodo, y la cantidad de inventario que debe mantenerse en *stock*. Todas estas actividades se realizan en el marco de la ética de la empresa, las políticas y el compromiso de largo plazo con la sociedad, la comunidad y el país de operación.

### **2.7.1 Estrategias utilizadas en el planeamiento agregado**

1. Actuar sobre la oferta de recursos.
  - Admisión/despido: es admitir o despedir a los empleados de acuerdo con las necesidades de mano de obra. Cuando la variación de la demanda es muy fuerte, los costos son muy altos, tanto en el momento del ingreso — contratación, formación— como en el despido —cargas sociales, reubicación, entre otros.
  - Las horas extraordinarias: se trata de trabajar horas extras para compensar las necesidades derivadas de una mayor demanda. En este caso, los costos son mucho más altos que en las horas de trabajo normales.
  - Subcontratistas: consiste en subcontratar a terceros para la fabricación de las unidades que ya no se producen y pueden causar costos más altos o más bajos.

- Inventarios: consiste en mantener inventarios que contemplen las variaciones de la demanda. Esta es la práctica más utilizada, aunque conduce a altos costos de inventario y otros problemas derivados de su existencia.
2. Actuar sobre la demanda.
- Precio de venta: consiste en aumentar el precio de venta cuando la demanda es baja —cuando los recursos productivos son insuficientes para cumplir con ella— y disminuirlo cuando los recursos productivos son amplios, generando de este modo un incremento de la demanda.
  - Promoción: se produce cuando hay un exceso de recursos productivos.
  - Retraso en la entrega: significa demorar la entrega de productos, incluso cuando hay recursos para atenderlos, sin olvidar que existe el riesgo de desagradar al cliente y perderlo.
3. Actuar tanto en la oferta de recursos productivos como en la demanda.
- Esta es una estrategia mixta, que busca la combinación de los dos casos anteriores: el objetivo al menor costo posible.

Las empresas que utilizan la planificación agregada deben tener cuidado de no dejar de satisfacer la demanda. Por lo tanto, las estrategias implementadas pueden ayudar a tomar la decisión que mejor se aplica a su negocio, asegurando la satisfacción del cliente y el costo más bajo posible (Martins & Laugeni, 2005).

### **2.7.2 Análisis del planeamiento agregado**

Según D'Alessio (2012), se debe determinar la política de la empresa en relación con las variables controlables: (a) usar un buen pronóstico como base para el planeamiento, (b) planear las unidades apropiadas según la capacidad, (c) mantener la fuerza laboral tan estable como sea práctico, (d) mantener el control requerido sobre los inventarios, (e) mantener la

flexibilidad necesaria para los cambios, (f) responder a la demanda de una manera controlada, y, (g) evaluar el plan de manera regular.

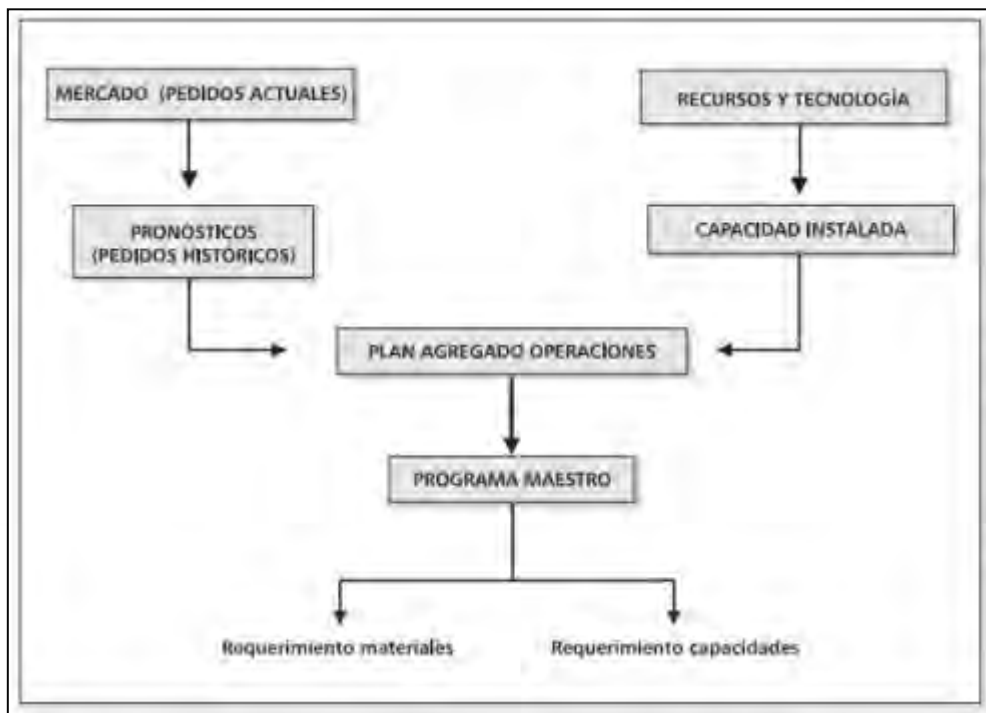


Figura 18. Flujograma del plan agregado.

Tomado de *Administración y dirección de la producción. Enfoque estratégico y de calidad* (2a ed., p. 235), por F. A. D'Alessio, 2004, México DF, México: Pearson.

### 2.7.3 Pronósticos y modelación de la demanda

Es importante acertar en la predicción de la demanda de los clientes para impulsar su ejecución holística por la cadena de suministro corporativa y la gestión empresarial. La predicción de la demanda implica técnicas que incluyen tanto métodos informales como conjeturas educadas y métodos cuantitativos, como el uso de datos históricos de ventas y técnicas estadísticas o datos actuales de los mercados de prueba. Esta técnica puede utilizarse en la planificación de la producción, la gestión del inventario y, a veces, en la evaluación de los requisitos de capacidad futuros o en la toma de decisiones sobre la entrada a un nuevo mercado. La predicción de la demanda se efectúa sobre la base de los acontecimientos pasados y las tendencias predominantes en el presente (Milgate, 2008).

## 2.8 Programación de Operaciones Productivas

D'Alessio (2012) indicó que la programación de las operaciones productivas es la etapa de puesta en marcha de todo aquello que se ha planeado previamente en torno a las operaciones. En esta fase se transforman las decisiones que se han tomado en tareas y asignaciones para el personal, en maquinaria, equipos e insumos o materiales. Cuando la programación es efectiva, las organizaciones usan sus activos de forma eficiente, alcanzando altos niveles de productividad y controlando sus costos. Esto les permite hacer entregas rápidas y de alta calidad, logrando satisfacer a sus clientes.

Para programar las operaciones productivas se necesita asignar los recursos, los pedidos y el recurso humano a los distintos puntos de trabajo, y también vigilar en el sistema en la medida en que se van logrando los pedidos. En el proceso de determinar la secuencia adecuada de las actividades se hace el estudio de los estados de la naturaleza, siguiendo el esquema que se muestra en la Figura 19. Este espectro va desde la incertidumbre total hasta el conocimiento total, donde no hay riesgo.

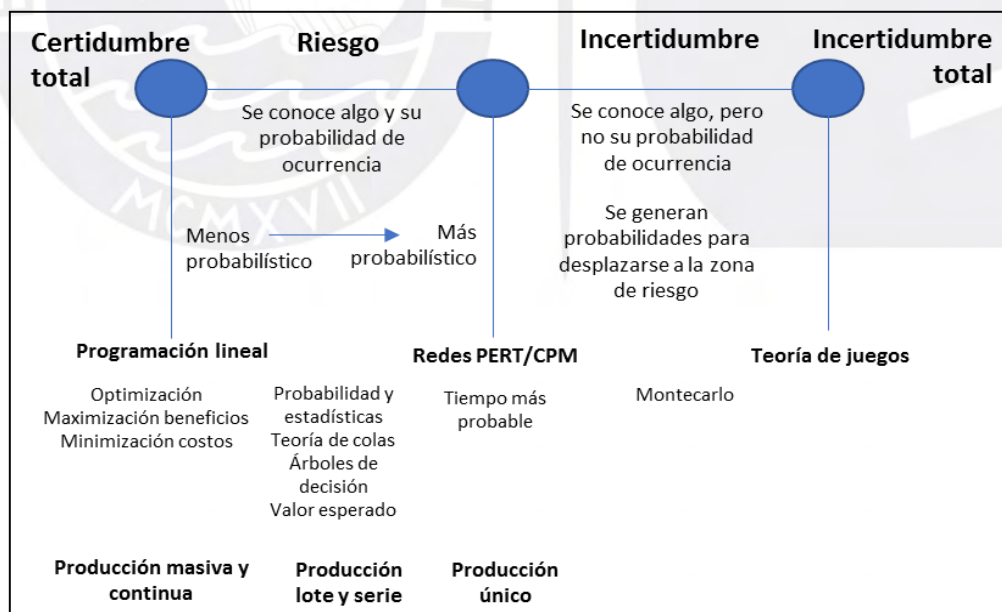


Figura 19. Estados de la naturaleza.

Tomado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia* (p. 237), por F. A. D'Alessio, 2012, México DF, México: Pearson.

Al programar las operaciones productivas se define si el proceso es único, intermitente o, por el contrario, lineal. Esta decisión depende principalmente del producto que se elabora, su demanda, el proceso y los puestos de trabajo (D'Alessio, 2012). Si bien la programación lineal brinda eficiencia a la empresa al producir altos volúmenes a menor costo, no es un diseño apropiado para productos que deben elaborarse de acuerdo con las características que solicita el cliente (Hillier & Lieberman, 2002).

La programación es el proceso de organizar, controlar y optimizar el trabajo y las cargas de trabajo en un proceso de producción o de fabricación. La programación se usa para asignar recursos de planta y maquinaria, planear recursos humanos, planificar procesos de producción y comprar materiales. Es una herramienta importante para la fabricación y la ingeniería, en los que puede tener un impacto importante en la productividad de un proceso. En la fabricación, el propósito de la programación es minimizar el tiempo de producción y los costos, informando a una instalación de producción cuándo hacer, con qué personal y en qué equipo. La programación de la producción tiene como objetivo maximizar la eficiencia de la operación y reducir los costos (Herrmann, 2006).

## **2.9 Gestión de Costos**

El costo se genera cuando se utilizan los recursos. Dentro de los recursos de una empresa están la mano de obra, los materiales y las maquinarias, así como también los métodos de trabajo y el medio ambiente. Todos estos recursos se representan en los estados financieros, en forma monetaria o de dinero, en donde lo principal es que generen beneficios. Los tipos de costos que existen, de acuerdo con D'Alessio (2012), son los siguientes:

1. Costo de oportunidad: es el valor de perder una oportunidad por haber escogido otra opción. Entonces se refiere a un beneficio perdido como consecuencia de una elección entre diversas opciones.
2. Costos explícitos: son pagos que se realizan a personas o empresas ajenas a ella.



3. Costos implícitos: es el costo de usar sus recursos en un nivel interno, en donde no hay desembolso de dinero y, por ende, son difíciles de estimar o calcular.
4. Costos incrementales: el monto varía en función de la decisión que se tome y se dan cuando hay cambios entre las unidades que se producen.
5. Costo irrelevante: cualquier costo que no se relacione con las decisiones que se tomen y, por lo tanto, no necesitan ser considerados en el proceso de toma de decisiones.
6. Costos hundidos: no varían con las opciones, al ser costos incurridos en el pasado o inversiones que ya no tienen valor de recuperación, por lo que no se consideran en el proceso de toma de decisiones.
7. Costo marginal: es el costo variable en que se incurre con cada unidad adicional de producción.

En la Tabla 4 se presentan las funciones de los sistemas operativos y muestra las características para cada etapa, así como ejemplos. Como resultado de estos procesos se obtienen productos o servicios, a partir de insumos a los que se les ha agregado valor. Todos ellos generan costos, ya sea al utilizar recursos, ser almacenados o en la entrega al cliente.

La gestión de costos es un método para reducir los gastos de producción con el fin de ofrecer productos o servicios a un menor precio para los consumidores. En otras palabras, es la gestión de procesos que se emplea para analizar su producción y agilizar sus operaciones con el fin de mantener los costos bajos y administrar los gastos en el futuro. Dentro de dicha gestión, la administración de costos es el enfoque principal de la contabilidad gerencial que ayuda a una empresa a pronosticar los gastos futuros en un esfuerzo por alcanzar sus metas presupuestarias. Este proceso suele dividirse en tres fases principales: (a) planificación, (b) implementación, y (c) análisis final.

En la fase de planificación, los costos esperados son proyectados y aprobados por la alta gerencia. Una vez que el plan ha sido debidamente aprobado, la fase de implementación monitorea y registra el costo, asegurándose de que se mantengan en línea con el presupuesto. Una vez finalizado el proyecto, se comparan los costos reales con los presupuestados y se investigan las variaciones en el análisis final. Si la empresa no cumple con los números presupuestados, la administración puede considerar cambiar los materiales de producción, cambiar los procesos de la planta o el diseño del producto, en un esfuerzo por reducir los costos (Blocher, Stout, & Cokins, 2009).

Tabla 4

*Clasificación de las Operaciones Productivas*

Operación	Principales características	Ejemplos
Manufactura	* Creación física de un material	Textiles
Construcción	* Cambio en la forma de los recursos combinados en un producto físico diferente	Astilleros (construcción naval)
Fabricación		Envasador de alimentos
Ensamblaje		Construcción civil
Conversión	* Cambio físico de los materiales	Minas
Extracción	* Cambio en el estado de los recursos, de un estado no utilizable a uno empleable	Petróleo
Transformación		Pesquería
Reducción		Madera
Reparaciones	* Retorno al estado operativo	Taller automotor
Reconstrucción	* Cambio en el estado de un bien no utilizable a uno empleable	Astilleros (reparaciones)
Renovación		Tratamientos químicos
Restauración		
Logística	* Cambio en la propiedad o en la ubicación de los recursos	Aerolíneas
Almacenamiento		Almacenes
Transporte	* Cambio en la posesión, lugar o tiempo de los recursos, para las personas y de las personas propiamente dichas	Gasolineras
Comercial		Mudanzas
		Autoservicios
Seguridad	* Protección de alguien o de algo para alguien	Bomberos
Protección		Seguros
Defensa	* Mantenimiento del estado de las personas	Prisiones
Orden		Instituciones financieras
Bienestar	* Tratamiento de alguien o de algo para alguien	Hospitales
Salud		Escuelas
Educación	* Cambio en el estado de las personas	Lavanderías
Asesoría		Hoteles
		Asilos

*Nota.* Tomado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia* (p. 27), por F. A. D'Alessio, 2012, México DF, México: Pearson.

## 2.10 Gestión Logística

Según D'Alessio (2012), la programación de las operaciones productivas se tiene que sustentar en la logística, ya que esta es la que permite disponer de todos los recursos necesarios para la elaboración del producto terminado. En la Figura 20 se presenta un diagrama de la gestión de logística, donde con L0 se identifica la logística del diseño. En cambio, con L1 se muestra la logística de entrada, que es la provisión de recursos e insumos, seguido de L2, que es la logística del proceso y de los recursos indirectos. En cambio, con L3 se señala la logística de salida, que es el producto final, con valor agregado, acompañado por L4, que se refiere al servicio posventa.

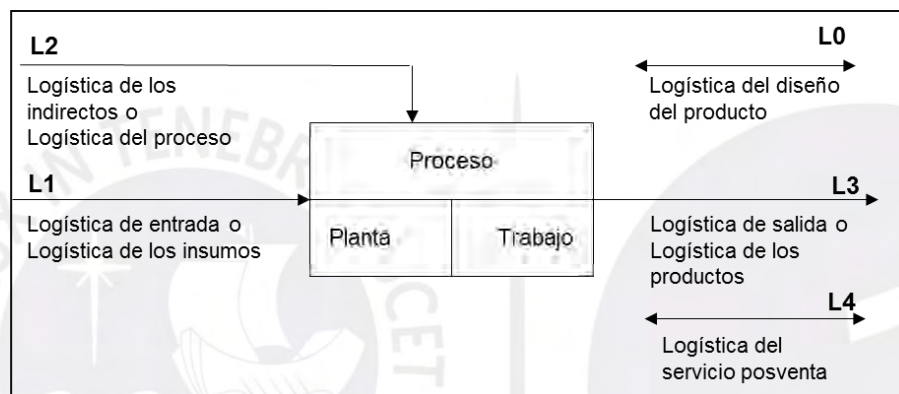


Figura 20. Logística de operaciones.

Tomado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia* (p. 287), por F. A. D'Alessio, 2012, México DF, México: Pearson.

La gestión de logística es tan importante que forma parte del triángulo operativo (ver Figura 21), en el que, junto con el mantenimiento preventivo y la programación de las operaciones, sostiene la producción de la empresa. Dentro de la logística se incluye la selección de proveedores, de redes de transporte y distribución y las decisiones de inventario. En este último aspecto, la organización tiene que sopesar el costo de mantener inventario con los costos de cada compra y, al mismo tiempo, se relaciona con el tipo de insumo que se utiliza y su disponibilidad en el mercado (D'Alessio, 2012).

La gestión logística implica el manejo integral del movimiento de materiales que ingresan al proceso productivo y de los productos terminados, del flujo de material y de la

información entre las instalaciones y procesos de una sociedad —entre la estación de trabajo, entre otras instalaciones y dentro de las empresas. Para un fabricante, las actividades logísticas se producen entre sus factorías y almacenes; para un mayorista, entre sus centros de distribución; mientras que, para un minorista, entre sus centros de distribución y las tiendas minoristas. La gestión logística se refiere al flujo de material, información y dinero entre los consumidores y los proveedores (Frazelle, 2002).

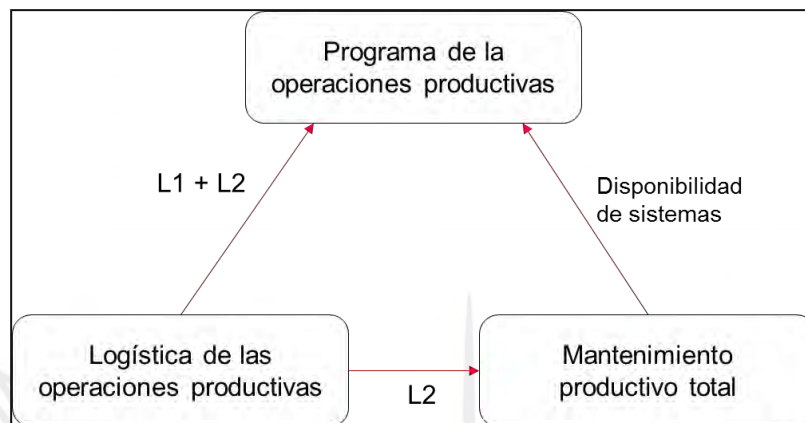


Figura 21. Triángulo operativo.

Tomado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia* (p. 286), por F. A. D'Alessio, 2012, México DF, México: Pearson.

## 2.11 Gestión y Control de la Calidad

De acuerdo con Deming (1989), la calidad está relacionada con la satisfacción del cliente, que se obtiene mediante un proceso de mejora continua. Mientras que según Crosby (citado por Duque, 2005), “la calidad es conformidad con los requerimientos” (p. 68). Así, la calidad se refiere tanto a productos como a servicios, pero, esencialmente, a los procesos y, por lo tanto, se considera que es transversal a toda la organización y tiene que estar presente en todas las actividades que se llevan a cabo (Imai, 1998). En la Tabla 5 se muestra la evolución que el enfoque de la calidad ha tenido a lo largo del tiempo, pasando desde la inspección hasta la gestión de la calidad total.

Son diversos los factores que definen si la implementación de la calidad total se puede considerar como un éxito o como un fracaso. Entre estos factores se incluyen: (a) la falta de una perspectiva estratégica, (b) la carencia de un enfoque en el cliente y sus necesidades, (c)

la nula participación de la gerencia, (d) el entrenamiento que se le da al personal no tiene un propósito claro relacionado con la calidad, (e) la falta de un análisis sistémico de costo-beneficio, (f) la burocracia en la organización, y (g) la estructura no promueve ni permite la implementación de un sistema de calidad total (Cockrell & Meyer, 2012).

Tabla 5

*Evolución de los Enfoques de la Gestión de la Calidad*

Características	Enfoques de la gestión de la calidad			
	Inspección	Control	Aseguramiento	Gestión de la calidad total
Objetivo	Detección de defectos	Control de productos y procesos	Organización y coordinación	Impacto estratégico de la calidad
Visión de la calidad	Problema a resolver	Problema a resolver	Problema a resolver de forma activa	Oportunidad para alcanzar una ventaja competitiva
Énfasis	En el suministro uniforme de componentes	En el suministro uniforme de componentes	En la totalidad de la cadena de valor añadido	En el mercado y en las necesidades del cliente
Métodos	Fijación de estándares y medición	Muestreo y técnicas estadísticas	Programa y sistemas. Planificación estratégica	Planificación estratégica
Responsabilidad	Departamento de Inspección	Departamento de Producción	Todos los departamentos	La dirección de forma activa y, con ella, el resto de la organización
Orientación	Producto	Proceso	Sistema	Personas
Enfoque	La calidad se comprueba	La calidad se comprueba	La calidad se produce	La calidad se gestiona

*Nota.* Tomado de *Introducción a la gestión de la calidad* (p. 21), por F. Miranda, A. Chamorro y S. Rubio, 2007, Madrid, España: Delta.

Para Álvarez, Álvarez y Bullón (2006), un SGC “es un conjunto de elementos relacionados entre sí, los cuales tienen actividades debidamente asignadas, sistemáticas, y recursos necesarios, cuyo fin es buscar la satisfacción de las expectativas del cliente, complementado al concepto” (p. 22). Así también, De la Torre y Bejarano (2013) mencionaron que el SGC se fundamenta en el logro de metas, sobre la base de objetivos específicos de calidad que la organización ha establecido y que tienen que estar relacionados con los clientes, internos y externos.

El SGC cubre todas las operaciones de la organización y la mejor forma para implementarlo es escoger uno que se encuentre estandarizado. También es importante que sea reconocido en el mercado, siendo el conjunto de normas ISO 9001 el más popular, desde que fue publicado por primera vez en el año 1987 (Griful & Canela, 2010). Dentro de dicho sistema se incorpora el concepto de control de calidad, definido como un conjunto de métodos utilizados por las organizaciones para lograr parámetros u objetivos de calidad y mejorar continuamente la capacidad de la organización, para asegurar que un producto cumpla con los objetivos de calidad (Ishikawa, 1985). Esta función se realiza documentando los parámetros de producción e incluye los siguientes controles en proceso: (a) valores medidos obtenidos a partir del equipo de proceso, por ejemplo, temperaturas; (b) valores medidos obtenidos por personas, por ejemplo, tiempos; (c) atributos del producto, por ejemplo, peso, dureza, friabilidad; (d) valores medidos obtenidos del ambiente, por ejemplo, recuento de partículas; y, (e) pruebas después de la terminación de productos.

## **2.12 Gestión del Mantenimiento**

El mantenimiento es un conjunto de acciones orientadas a corregir el desgaste que se produce por el uso de los activos, ya sean equipos, herramientas, sistemas o infraestructura. Lo que se pretende es lograr una conservación adecuada de todos estos activos para que puedan funcionar sin paralizarse (Miranda, s.f.). Este mantenimiento puede ser de dos formas:

1. Mantenimiento preventivo: realizado para lograr que todos los activos productivos funcionen adecuadamente, minimizando la probabilidad de que fallen y, por lo tanto, reduciendo los tiempos de parada o interrupción, así como los costos asociados con las reparaciones (D'Alessio, 2012).
2. Reparaciones o mantenimiento correctivo: se da en situaciones de emergencia, en que resolver el problema en el menor tiempo posible es lo más importante. La

meta es minimizar la interrupción del proceso, mantener un alto nivel de calidad y no ocasionar riesgos para la seguridad o para la salud de los trabajadores (Miranda, s.f.). En la Figura 22 se presenta un diagrama de procesos para el mantenimiento correctivo, que inicia con la detección y localización de la falla o problema potencial y se culmina con la verificación y puesta nuevamente en marcha.

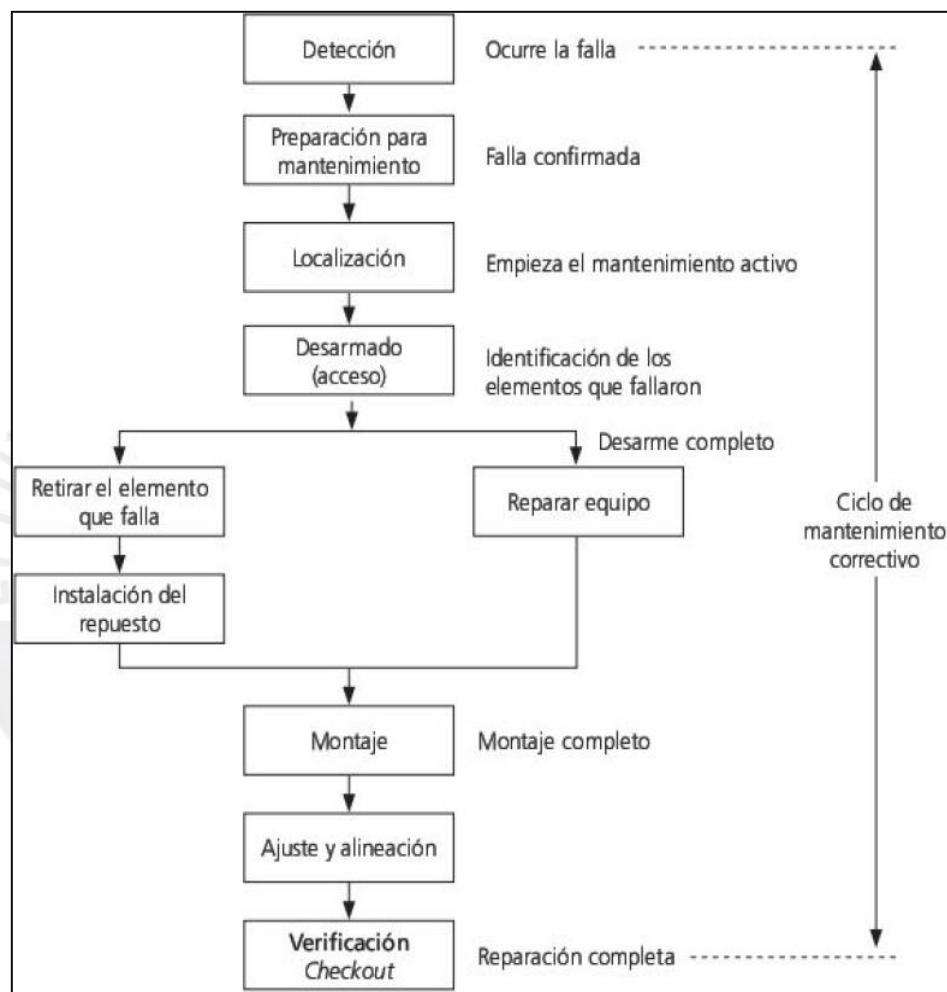


Figura 22. Flujograma de mantenimiento correctivo.

Tomado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia* (p. 439), por F. A. D'Alessio, 2012, México DF, México: Pearson.

De la misma manera, la norma UNE-EN-13306:2011 determina únicamente dos tipos de mantenimiento. En primer lugar, el mantenimiento preventivo, que se subdivide en mantenimiento predictivo —según condición— y mantenimiento sistemático, también llamado predeterminado. En segundo lugar, el mantenimiento correctivo, que responde a

fallas o deficiencias en el equipo o activo a mantener. La implantación de un programa de mantenimiento preventivo permite anticiparse a las fallas para subsanarlos con el mínimo impacto en el funcionamiento del sistema, eliminar las causas de algunos de ellas e identificar aquellas que no comprometan la seguridad del sistema (Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera, & Crespo, 2013). El oportuno mantenimiento preventivo representa típicamente un menor costo que aquel derivado de la ejecución de un mantenimiento correctivo luego de presentarse una falla. Lo anterior se justifica considerando especialmente el costo de oportunidad asociado a la indisponibilidad del activo que debe salir de manera repentina a reparación correctiva luego de una falla.

La función del mantenimiento es cumplir de manera satisfactoria su objetivo de mantener la disponibilidad en óptimas condiciones de los activos de producción y tornarse competitiva para adoptar los principios de administración contenidos en los conceptos de la gestión estratégica. Este deberá desarrollarse al mismo ritmo que las demás funciones administrativas de la organización para, así, poder entregar un servicio eficiente a sus clientes. No obstante, el mantenimiento como proceso de soporte de las organizaciones, frecuentemente es considerado como un gasto, y muchas veces la organización propende por la reducción o la externalización de su función, sin tener en cuenta el efecto que este puede tener en la mejora continua de los procesos productivos, aportando *know-how* y originando valor para la empresa. Además, la competitividad no se logrará sin una adecuada gestión de la producción y, asimismo, de la gestión del mantenimiento de sus equipos, para lograr los objetivos de calidad, productividad y resultados planificados (Cuatrecasas, 2010).

### **2.13 Cadena de Suministros**

La administración logística está relacionada con la gestión de la cadena de suministros, con la que se “planea, implementa y controla la eficiencia y efectividad del flujo, flujo de retorno y almacenamiento de bienes y servicios, y la información relacionada, entre



el punto de origen y el punto de consumo” (Cárdenas & Urquiaga, 2007, p. 37). Ello con el objetivo de satisfacer los requisitos y expectativas de los clientes. Asimismo, para Chopra y Meindl (2008, citados en D’Alessio, 2012), la cadena de suministros está integrada por todas las partes involucradas en atender la solicitud de un cliente, ya sea que intervengan de manera directa o indirecta. Esto contempla a proveedores, transportistas, almacenistas, distribuidores, operadores logísticos, minoristas, vendedores e instaladores.

En los negocios actuales es imprescindible tener un manejo apropiado de la cadena de suministros mediante la aplicación de un enfoque sistémico o total que permita manejar el flujo completo de materiales, servicios e información. Al mismo tiempo, la gestión cubre los lugares de almacenamiento y las fábricas, así como los puntos de contacto con los clientes. En la Figura 23 se presenta un ejemplo de una cadena mundial de suministros, cubriendo diversos países para una compañía en particular. Se vinculan desde los proveedores de insumos hasta los distribuidores que llevan los productos finales a los clientes.

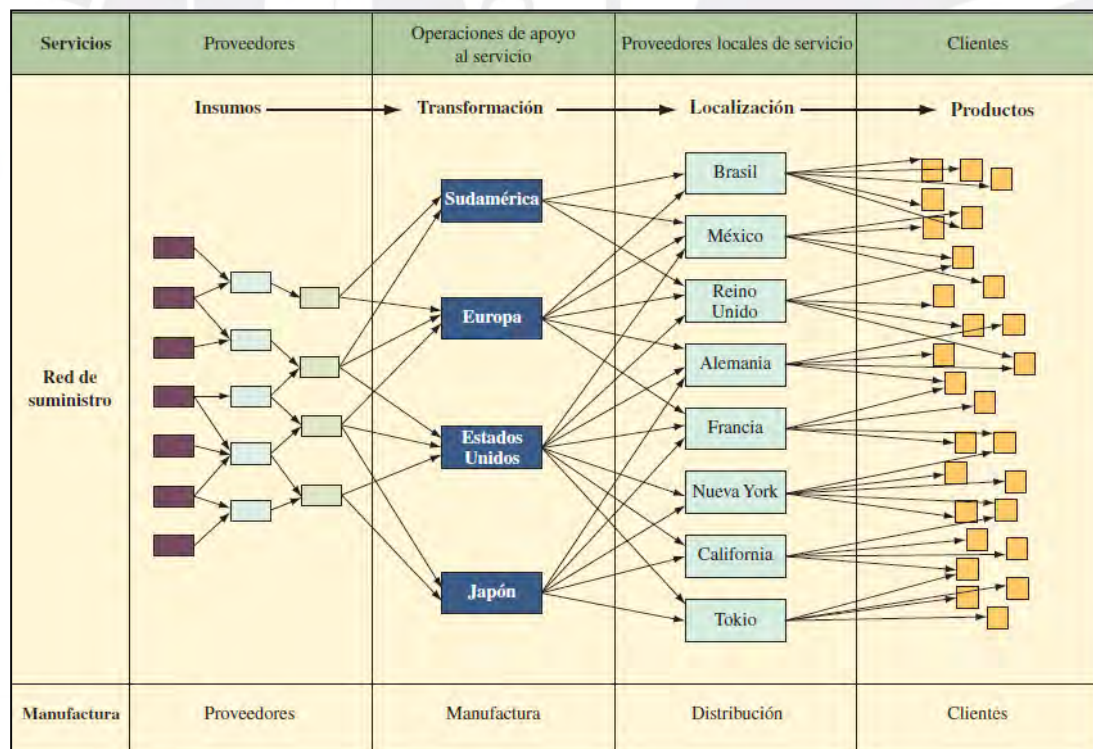


Figura 23. Ejemplo de una cadena mundial de suministros.

Tomado de *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros* (12a ed., p. 358), por L. R. Chase, F. R. Jacobs y N. J. Aquilano, 2009, México DF, México: McGraw-Hill.

Se interpreta también como el flujo de materiales, información y dinero entre las empresas, entre instalaciones, interfábricas, intercorporaciones e intracadenas. Existe una gran confusión alrededor de los conceptos de logística y gestión de la cadena de suministros. La cadena de abastecimiento es la red de las instalaciones —almacenes, fábricas, terminales, puertos y los hogares—, los vehículos —camiones, trenes, aviones y buques— y los sistemas de información logística (SIL) conectados por una empresa, proveedores y clientes. La logística es lo que sucede en las actividades de la cadena de suministros (Frazelle, 2002).



### Capítulo III: Ubicación y Dimensionamiento de Planta

La construcción en un país en desarrollo es un sector económico muy dinámico dado que es un eje que irradia movimiento y dinamismo a la economía de una sociedad emergente. En este capítulo se detallará la ubicación y la capacidad instalada de las plantas de San Martín que permitan el planeamiento general de las operaciones productivas. Esta localización será evaluada de acuerdo con las estrategias de negocio de las unidades subsidiarias y en función de sus operaciones en el ámbito nacional.

#### 3.1 Dimensionamiento de Planta

San Martín es una empresa de construcción que atiende a empresas mineras y de obras públicas, en operaciones que involucran movimiento de tierras, voladura, carguío y descargas de material, construcción de espacios o plantas necesarias para la actividad minera, alquiler de maquinaria, montaje mecánico y electromecánico, construcción de carreteras, intercambios viales y obras hidráulicas en centrales hidroeléctricas, como presas, bocatomas, desarenadores, túneles, diques, entre otros. La compañía cuenta con dos líneas de negocio: la unidad de Minería y la unidad de Construcción. Aunque a la fecha la participación de la primera dentro del *backlog* es mayor al 80%, sobre la base de los planes de diversificación de San Martín, se espera que estos porcentajes lleguen a cerca del 50% por cada línea, logrando una diversificación de los ingresos de la empresa.

Por la naturaleza de los servicios que ejecuta, su planta bien puede considerarse el lugar donde realiza sus proyectos —obras, carreteras— o las oficinas donde centraliza su administración. Para efectos de este diagnóstico, se considerará como planta al lugar donde se llevan a cabo sus obras. El dimensionamiento de planta puede analizarse en función de la cantidad de personal que soportará. En el caso de San Martín, al cierre de 2016, contaba en el Perú con, aproximadamente, 3,000 trabajadores, divididos entre locales —Lima Metropolitana— y foráneos —resto del país—, tal como se aprecia en la Tabla 6.

Tabla 6

*Número de Puestos de Trabajo, 2016*

Contratación 2016		
Locales	719	24%
Foráneos	2,285	76%

*Nota.* Tomado de la comunicación personal con C. Urrunaga, gerente de Logística de San Martín, del 16 de octubre de 2017.

El volumen de compras y el número de proveedores de la empresa brindan información acerca del potencial flujo logístico que experimenta la sede. Por ello, a la hora de analizar el adecuado dimensionamiento de planta para San Martín, se debe considerar información acerca del volumen de proveedores y tipos y montos de compras recurrentes, tal como se aprecia en la Tabla 7.

Tabla 7

*Datos de Proveedores de San Martín*

Datos de proveedores	2016
Número de proveedores	496
Volumen facturado por proveedores (en millones de S/)	525
Número de proveedores homologados	46

*Nota.* Tomado de la comunicación personal con C. Urrunaga, gerente de Logística de San Martín, del 16 de octubre de 2017.

La relación entre San Martín y sus proveedores se rige por los procedimientos del área logística y por el código de ética y reglas de conducta para proveedores y subcontratistas, con el objetivo de difundir, inculcar e incrementar el valor de la filosofía ética de la organización, cultivando su observancia en beneficio de San Martín y sus proveedores (C. Urrunaga, comunicación personal, 16 de octubre de 2017).

La empresa cuenta con una política de calidad con la finalidad de precisar y satisfacer de forma permanente las necesidades y expectativas de sus clientes gracias a la administración de un SGC certificado. Para evaluar su impacto, en 2016, interesado por conocer la opinión de sus clientes, San Martín realizó una encuesta de satisfacción en la que participaron 18 de sus clientes de ambas unidades de negocio. Como resultado de la

aplicación de su política de calidad y como muestra de la satisfacción de sus clientes, en la Tabla 8 se presentan algunos reconocimientos recibidos durante el año 2016. La valiosa información recogida de la encuesta permite orientar la decisión de localización de posibles oficinas comerciales o sucursales en función de la cercanía con sus clientes.

Tabla 8

*Reconocimientos en Obras Nacionales e Internacionales*

Ciente	Reconocimiento	Mes
UNACEM	Alcanzar los dos millones de H/H sin accidentes incapacitantes	Agosto
Shougang	Cumplimiento al 100% en la gestión de SSO	Agosto
Antapaccay	Proactividad por campaña contra la fatiga y somnolencia	Octubre
Cementos Pacasmayo	150,000 H/H sin tiempo perdido	Octubre
Tantahuaytay	Mejor <i>performance</i> y desempeño en seguridad y operaciones	Diciembre
Yanacocha	Cumplimiento satisfactorio del Plan de Responsabilidad Social	Diciembre
First Quantum	Puesto 5 en el ranking de seguridad, familia y trabajo	Diciembre

*Nota.* Tomado de la comunicación personal con C. Urrunaga, gerente de Logística de San Martín, del 16 de octubre de 2017.

### 3.2 Ubicación de la Oficina Principal y de la Planta

Las oficinas de la empresa están ubicadas en Jr. Morro Solar 1010, Santiago de Surco, Lima, y tal como se observa en la Figura 24, son de fácil acceso para el desarrollo empresarial y cuentan con la ventaja de la cercanía del centro de Prosegur ante una urgencia de operaciones financieras imprevistas.

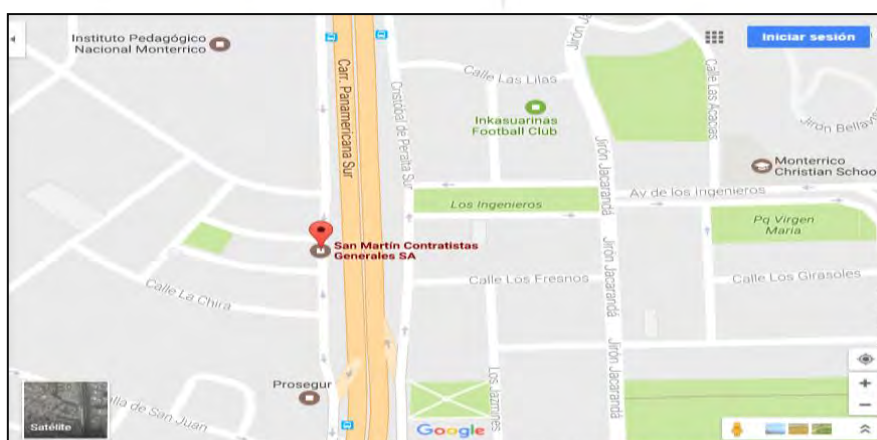


Figura 24. Ubicación de las oficinas de San Martín.

Tomado de *San Martín Contratistas Generales S.A.*, por Google Maps, 2017 (<https://goo.gl/maps/WkTbDBzKzmC2>).

Los proyectos a ejecutarse se encuentran en diferentes regiones, en las que, conforme a las exigencias de los expedientes técnicos, se debe instalar la planta con todas las especificaciones técnicas y las normas establecidas. Es decir, durante la ejecución de los proyectos, estas sedes son temporalmente equipadas y dimensionadas de acuerdo con el tamaño de la obra; por consiguiente, se puede entender que esta ubicación y dimensionamiento es propia y específica para cada proyecto.

Tabla 9

*Proyectos Adjudicados en Procesos de Contratación*

CONTRATO	COSTO	TIPO DE OBRA	PLANTA
Antapaccay y planta de óxidos	S/ 35'000,000	Infraestructura	Independiente
Tantahuatay Pad 2 y 3	S/ 34'000,000	Infraestructura	Independiente
Estabilización de tajo Santa Este	S/ 30'000,000	Infraestructura	Independiente
Presa Pumamarca 3A	S/ 29'700,000	Hidráulica	Independiente
Recrecimiento de presa San Rafael	S/ 39'000,000	Hidráulica	Independiente
Carretera Tocache – Juanjui	S/ 102'000,000	Vial	Independiente
Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Puente Súngaro – Dv. San Alejandro, tramo: km 20-50		Vial	Independiente

*Nota.* Tomado de la comunicación personal con C. Urrunaga, gerente de Logística de San Martín, del 16 de octubre de 2017.

Como ejemplo de localización de planta se tomará el proyecto “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Puerto Súngaro – Dv. San Alejandro, tramo: km. 20–50” con el MTC, en el que se considera para sus tres tramos la rehabilitación y mejoramiento a nivel de carpeta asfáltica en caliente de 7.5 cm. de espesor, con un periodo de diseño de 10 años, sobre una sub-base y base granular de 30 cm. en promedio; ancho de calzada de seis metros y bermas de 0.90 metros a cada lado, complementadas con la construcción del sistema de drenajes y obras de arte, trabajos de señalización horizontal y vertical, además del plan ambiental; ubicado entre los departamentos de Huánuco y Ucayali, provincias de Puerto Inca, y Padre Abad, distritos de Puerto Inca y San Alejandro. Esta localización de planta cumple con los factores de costos, energía, transporte, servicios, accesos, facilidad de operación y los

factores no relacionados con los costos, como el clima social, la voluntad colectiva, comunidad amigable, reglamentos gubernamentales y calidad de vida a lo largo de todo el tramo de la planta.

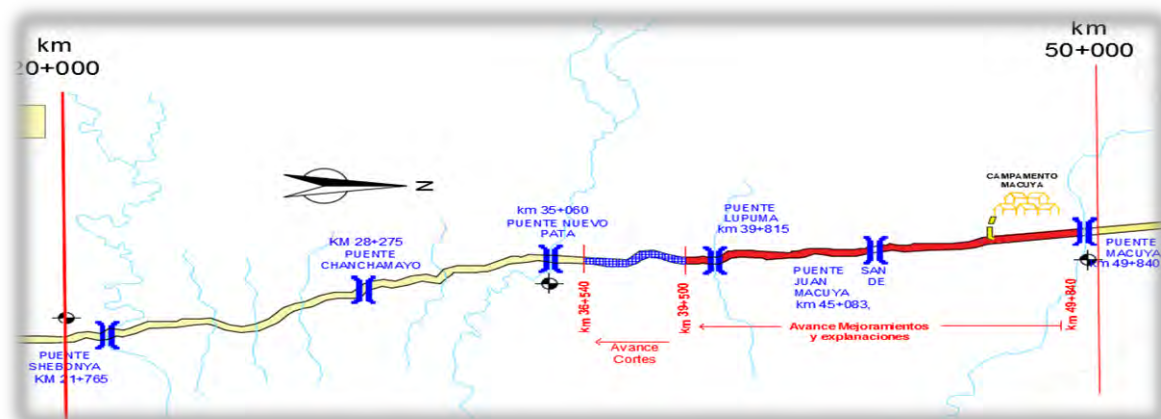


Figura 25. Ubicación de la planta de San Martín para el proyecto de la carretera Puerto Súngaro.

Tomado de *Informe Semanal de Producción: Carretera Puerto Súngaro* (p. 11), por S. Huaroto, 2017a.

### 3.3 Propuestas de Mejora

La expansión de sus actividades y la consolidación en el mercado de San Martín invitan a evaluar si el establecimiento de sucursales en puntos estratégicos del país, tales como Piura, aprovechando así la inversión en la reconstrucción, Cajamarca, con ocasión de la apertura del proyecto minero Michiquillay, o Arequipa, atendiendo así las oportunidades derivadas de los proyectos mineros Quellaveco, Tía María y Pampa de Pongo, aportaría ventajas logísticas, comerciales u operativas en el contexto de sus actividades. No obstante, la naturaleza de estos proyectos —una única vez—, la red de alianzas con proveedores de equipos, maquinaria y suministros que ya tiene San Martín en todo el país, y la necesidad de mantener los gastos generales y administrativos controlados, sugieren que la empresa debería continuar desarrollando su expansión bajo el modelo de oficinas técnicas temporales que se abren y cierran siguiendo el ciclo de vida de la ejecución de sus proyectos. Asimismo, y en relación con la posibilidad de expansión de San Martín hacia otros países —actualmente con sucursales en España y Colombia—, la implementación de sucursales internacionales debe

analizarse en el contexto del macro entorno y oportunidades específicas de cada país, aspecto fuera del alcance de este trabajo. Otra oportunidad de mejora vinculada a la ubicación y dimensionamiento de la planta reside en aumentar la eficiencia de los procesos de su instalación y desmontaje, reduciendo costos en alquileres, movilización e impacto en las relaciones con la comunidad, entre otros. Para el caso puntual de la unidad de negocio de Construcción, el montaje y desmontaje de la planta de asfaltos, típica en construcción vial, es, según la plana gerencial entrevistada, uno de los aspectos que mayores demoras conlleva, para lo que se propone el empleo de plantas móviles, implementadas de manera regular en otros países (J. Flores, comunicación personal, 23 de octubre de 2017).

En la Figura 26, por ejemplo, se aprecia una planta pavimentadora móvil con sensores ópticos, que permiten llegar al nivel de espesor requerido del asfalto sin mermas, con el control de calidad óptimo para el material y, además, sin la necesidad de un operario de control dado que el montaje y desmontaje del sistema es instantáneo. Por su característica móvil, facilitaría la reubicación del abastecimiento de asfalto a lo largo de toda la carretera o superficie a asfaltar.



*Figura 26.* Preparación de material mientras se alimenta con la materia prima. Tomado de *SB-1500e/ex Shuttle Buggy*, por Roadtec, s.f. (<https://www.roadtec.com/products/material-transfer-vehicles/sb-1500>).

De otro lado, se sugiere contemplar también el uso de una esparcidora de material granular con sensores ópticos incorporados como parte integral de la planta analizada, en



reemplazo de una motoniveladora convencional, obteniendo los beneficios que se aprecian en la Tabla 10, tanto para la sub-base como para la base de pavimento.

Tabla 10

*Beneficios de Usar Pavimentadoras con Sensores Ópticos*

Estructura pavimento	Costo unitario convencional (S/ m <sup>3</sup> )	Costo unitario con esparcidora de material (S/ m <sup>3</sup> )	Diferencia en costo (S/ m <sup>3</sup> )	Metrado total m <sup>3</sup>	Beneficios (S/)
Sub-base	9.38	7.11	2.27	5,700	12,939
Base	10.08	7.84	2.24	36,900	82,656

*Nota.* Tomado de la comunicación personal con J. Flores, gerente de la unidad de negocio de Construcción de San Martín, del 23 de octubre de 2017.

### 3.4 Conclusiones

1. La ubicación de la sede central de la empresa es adecuada y estratégica para brindar un servicio a nivel nacional.
2. Los plazos de ejecución de proyectos se deben cumplir optimizando los tiempos en comunicación entre áreas de producción y logística. Por consiguiente, la ubicación de las oficinas técnicas temporales debe considerar lugares estratégicos para cada proyecto.
3. La sólida relación comercial con sus clientes, su red establecida de proveedores y aliados estratégicos y el contexto macroeconómico del país, permiten inferir la sostenibilidad del negocio de San Martín y, en ese sentido, justificar la consecución de nuevos negocios que generen mayores ingresos y, por consiguiente, el establecimiento de nuevas oficinas técnicas temporales y nuevas plantas, dimensionadas de acuerdo con cada proyecto.
4. La incorporación de nuevas tecnologías, tales como pavimentadoras y esparcidoras móviles dotadas de sensores ópticos, supone un cambio en la interpretación de las plantas convencionales de la industria de la construcción, particularmente de aquella relacionada con la pavimentación de vías y caminos.

Estos elementos tecnológicos aportan eficiencia en el montaje y desmontaje de la planta, mejoran la calidad del producto final y reducen el recurso humano requerido para su operación, maximizando la rentabilidad de los proyectos.

5. Los beneficios que arrojaría el usar una esparcidora con sensores ópticos, a partir de cálculos realizados sobre la base del valor nominal de la obra denominada “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Puerto Súngaro – Dv. San Alejandro, tramo: km. 20–50” (S. Huaroto, comunicación personal, 2 de noviembre de 2017), estimada en S/ 386 millones, equivalen al 1.88% del mismo. Para esta estimación se consideraron aspectos de rendimiento de material y eficiencia en la productividad del proceso de esparcido de agregado, así como la inversión en el equipo a adquirir.
6. Los beneficios que arrojaría el usar una pavimentadora móvil, en lugar de una clásica estacionaria, en la misma obra ascienden al 0.053% de su valor. Para esta estimación se tomaron en cuenta los ahorros en tiempos muertos por efectos de no tener que montar y desmontar una pavimentadora estacionaria, así como la inversión en el equipo a adquirir.

## Capítulo IV: Planeamiento y Diseño de los Productos

El planeamiento y diseño de los productos es específico para cada proyecto, con distintas especialidades y plazos diferentes; por consiguiente, el trabajo se desarrolla de manera multidisciplinaria en cada zona y los productos son diseñados de manera independiente, según las normas técnicas. Es decir, una obra determinada cumple una función específica de servicio a la sociedad.

### 4.1 Secuencia del Planeamiento y Aspectos a Considerar

San Martín, en las construcciones que realiza, cuenta con profesionales en cada una de las fases: iniciación, planificación, ejecución —seguimiento y control— y cierre de los proyectos, conforme con el planeamiento estratégico de la empresa, que permitirá incrementar las utilidades y ser líder en el mercado nacional.



Figura 27. Mapa resumen: flujograma de gestión de proyectos de construcción. Adaptado del *Manual de Gestión para Proyectos de Construcción* (p. 14), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016a, Lima, Perú: Autor.

La empresa cuenta con estándares internacionales reconocidos, tales como: ISO 9001:2008 en SGC; ISO 14001:2004 en sistemas de gestión ambiental, fundamental para la ejecución de obras de ingeniería; y, OHSAS 18001:2007 en sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional, otro de los instrumentos de la norma internacional que orienta hacia la gestión adecuada de las condiciones y factores que afectan el bienestar de empleados y personas durante la ejecución de proyectos. Adicionalmente, los clientes, por norma, tienen la facultad de designar a un supervisor para la obtención del producto y de ser informados de

manera permanente mediante documentos debidamente visados en cada una de las fases. Ello con el fin de ofrecer transparencia a lo largo de la ejecución del proyecto.

En la Figura 28 se observa la secuencia de creación del producto, desde la etapa comercial de captación del cliente y estimación de la oferta, pasando por la planeación y ejecución del proyecto, hasta la entrega al cliente de una obra que cumpla con todas las especificaciones técnicas que establece la normativa —desde su concepción, con los estudios técnicos fundamentales de ingeniería, así como las autorizaciones de los sectores, según el tipo de proyecto—, de manera que asegure una planificación adecuada con productos de calidad: obras con estándares internacionales para la satisfacción del cliente.

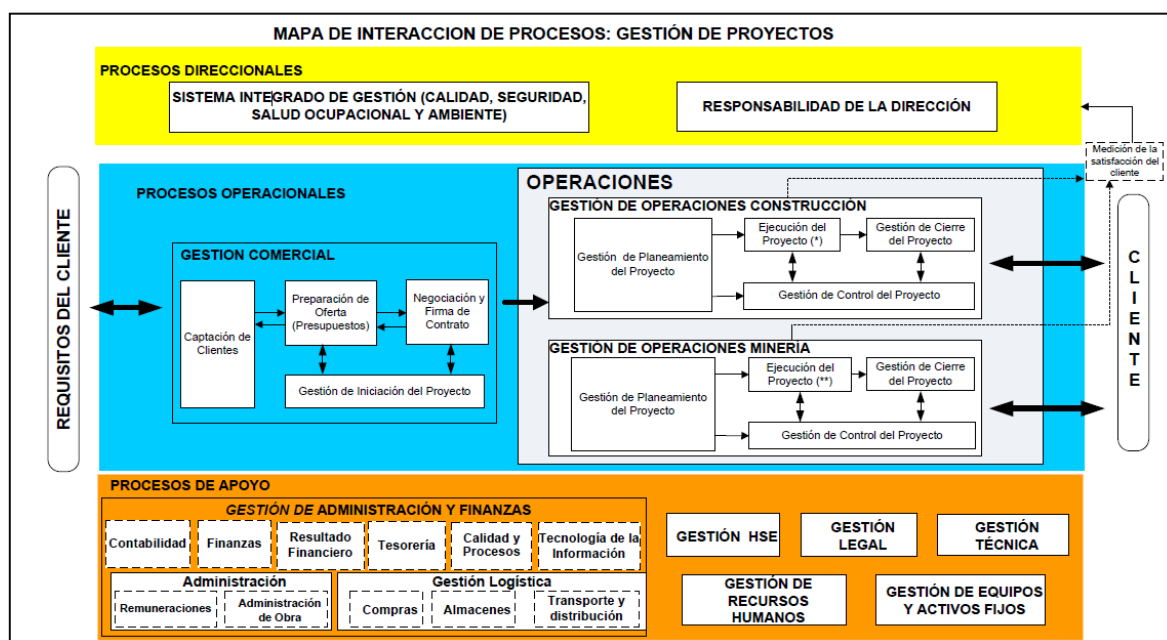


Figura 28. Mapa de interacción de procesos: gestión de proyectos de Construcción. Tomado del *Manual de Inducción al Sistema Integrado de Gestión* (p. 35), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2014, Lima, Perú: Autor.

Asimismo, para facilitar el planeamiento y diseño del producto, específicamente para proyectos de construcción en minería, se ha estructurado el flujo desde el establecimiento de los requisitos del cliente hasta la entrega del producto final terminado, tal como se aprecia en la Figura 29.

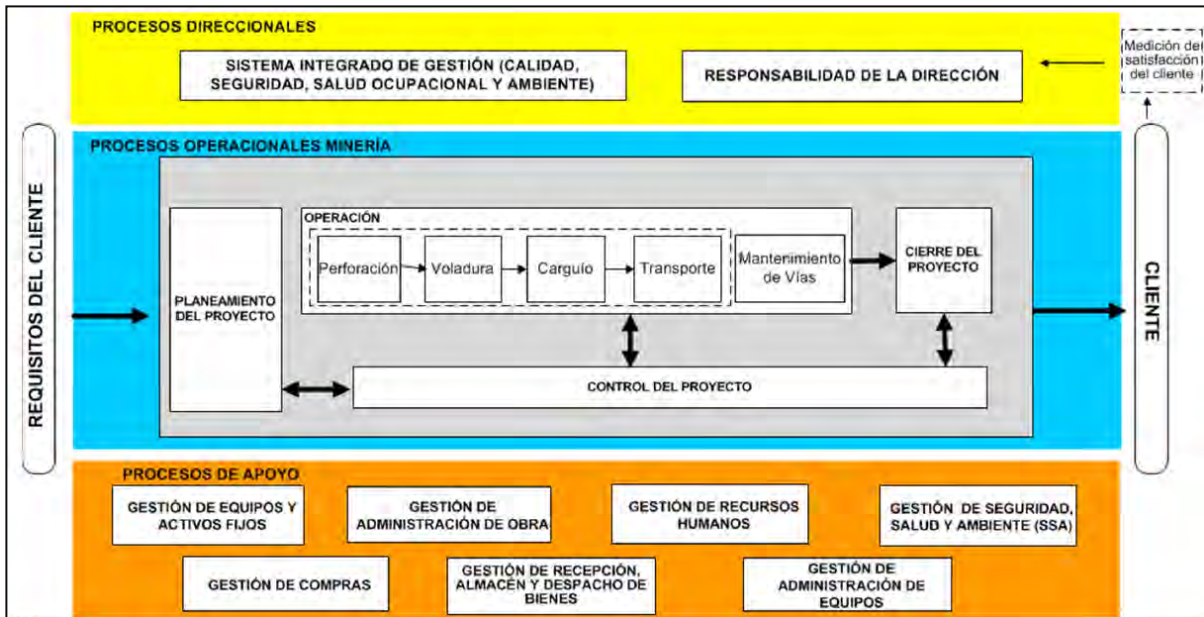


Figura 29. Mapa de interacción de procesos: gestión de proyectos de Minería. Tomado del *Manual de Inducción al Sistema Integrado de Gestión* (p. 36), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2014, Lima, Perú: Autor.

Del mismo modo que para los proyectos del sector minero, para aquellos de construcción en general también se ha desarrollado el flujo de interacción de procesos según su complejidad, que permite su adecuación dependiendo del tipo obra y siempre cumpliendo con las exigencias de calidad.

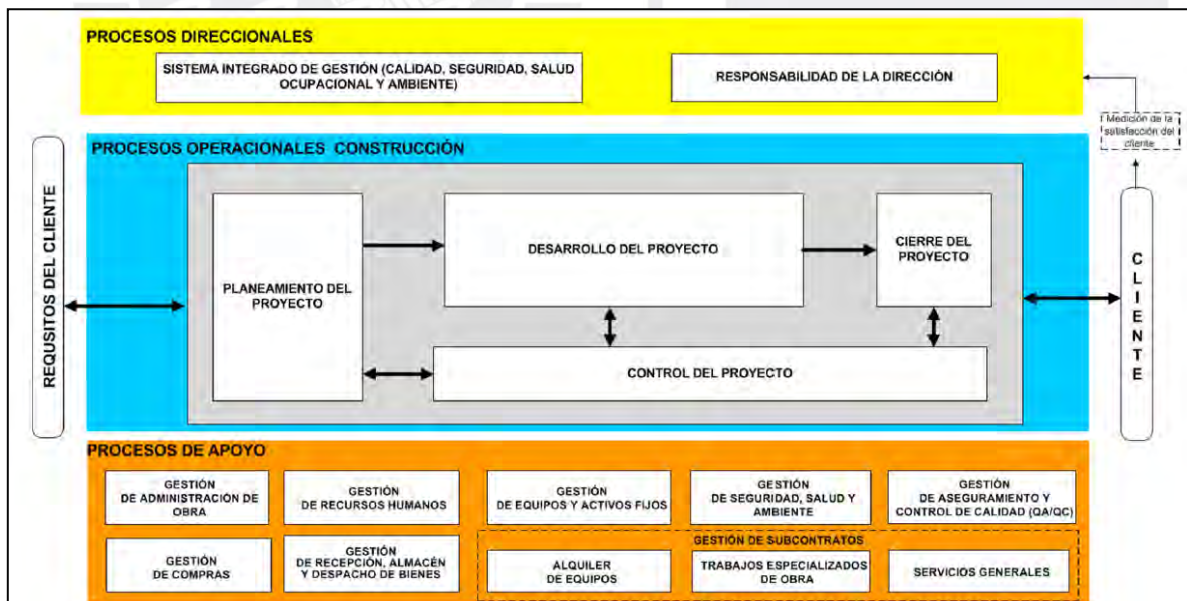


Figura 30. Mapa de interacción de procesos: gestión de proyectos de obras en general. Tomado del *Manual de Inducción al Sistema Integrado de Gestión* (p. 37), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2014, Lima, Perú: Autor.

En estas tres últimas figuras se puede observar, dependiendo de la naturaleza del proyecto, la secuencia del planeamiento del producto, desde la necesidad del cliente, la elaboración de la oferta técnico-económica, la planeación y ejecución del proyecto, el control durante su ejecución y el cierre.

1. Requisitos del cliente: tanto el sector privado como el público tienen necesidades de infraestructura en distintas especialidades, para lo que invitan a proveedores y realizan concursos públicos, que incluyen pliegos de contratación con las especificaciones técnicas y comerciales del proyecto en cuestión.
2. Oferta y expediente técnico-económico: es el conjunto de documentos de carácter técnico y económico que permite la adecuada ejecución de una obra. Comprende memoria descriptiva, especificaciones técnicas, planos de ejecución de obra, metrados, presupuesto de obra, valor referencial, fecha de presupuesto, análisis de precios, calendario de avance de obra valorizado, formulas polinómicas, estudios básicos de ingeniería —geología, geotecnia, hidrología, estructuras, diseños, topografía—, seguridad y señalización, evaluación ambiental, plan de monitoreo arqueológico y anexos.
3. Ejecución de obra: consiste en la acción de ejecutar las partidas consideradas en el expediente técnico, cumpliendo los plazos establecidos y normas técnicas hasta la entrega del producto.
4. Control de obra: se refiere al seguimiento y retroalimentación de cada una de las etapas del proyecto, garantizando el cumplimiento de los hitos y características establecidas por el cliente y ratificados en el expediente técnico.
5. Cierre de obra: significa el cumplimiento a conformidad y entrega al cliente de acuerdo con las especificaciones brindadas y ratificadas o modificadas en el expediente técnico.

## 4.2 Aseguramiento de la Calidad

Las certificaciones internacionales, los estudios de ingeniería y el personal calificado permiten a la empresa garantizar la calidad del producto de acuerdo con las exigencias del cliente. Para el aseguramiento de la calidad se establecen diversas herramientas de control, tales como la curva S de seguimiento de proyectos, y los diferentes planes y estrategias que describen los parámetros de verificación y aceptación de las etapas del proyecto, como se aprecia en la Figura 31, en la que se evidencian las herramientas de aseguramiento desde la planeación.



Figura 31. Sistemas de aseguramiento de la calidad.

Tomado del *Manual de Gestión para Proyectos de Construcción* (p. 16), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016a, Lima, Perú: Autor.

Asimismo, los indicadores para el control de aseguramiento de la calidad implementados por San Martín se sustentan en las no conformidades de obra (NC), índices de protocolos cerrados (IPC) y registros de conformidad de supervisión de obra, elementos que advierten sobre desviaciones en la calidad de los productos desarrollados por la empresa, a la vez que cuantifican sus impactos en costo y tiempo. Estas herramientas se aplican sobre los componentes de gestión definidos por San Martín y las correcciones se dan sobre los recursos a gestionar de dichos componentes, como se observa en la Figura 32.

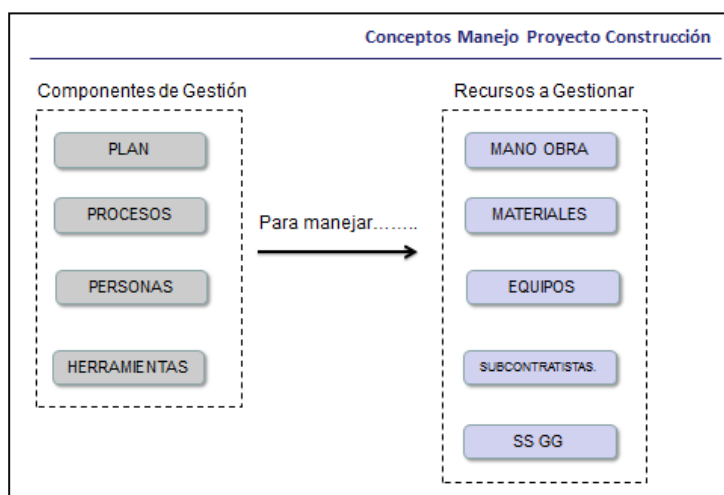


Figura 32. Conceptos de manejo de proyectos de construcción.

Tomado del *Manual de Gestión de Proyectos de Construcción* (p. 17), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016a, Lima, Perú: Autor.

### 4.3 Propuestas de Mejora

Como propuesta de mejora se plantea el establecimiento de herramientas informáticas de gestión para el flujo de información entre todas las áreas que interactúan durante el planeamiento, ejecución, cierre y control del producto. En la actualidad, San Martín sustenta su plataforma informática sobre la suite SAP ERP, sobre la que se fundamentan todos los procesos de soporte de la operación —contabilidad, capital humano, finanzas, almacenes, entre otros—; sin embargo, aún no se ha implementado el módulo de control de proyectos y resultados operativos, a pesar de que ha sido adquirido junto con la licencia de la plataforma. La implementación de dicho módulo le permitiría a la operación evidenciar de manera ágil y articulada los resultados operativos de los proyectos —costos incurridos, margen actual, avance de obra, tiempos, brechas, disponibilidad de equipos, recursos, materiales—, mientras se ejecutan, incorporando así una nueva herramienta de aseguramiento a las ya establecidas por San Martín dentro de la fase de planificación de su manual de gestión de proyectos.

### 4.4 Conclusiones

1. San Martín ha definido de manera clara y amplia su proceso de planeamiento y diseño de producto, incluyendo obras generales, y específicamente, para obras mineras.



2. La empresa ha definido un conjunto de herramientas para el aseguramiento de la calidad durante la planeación del producto, aplicadas conforme establece el manual de gestión de la calidad de San Martín.
3. La compañía podría beneficiarse adicionalmente si implementa el módulo de control de proyectos y resultados operativos del SAP y le brinda acceso a la plataforma a la operación. Se añadiría una nueva herramienta para el aseguramiento de la calidad y del resultado operativo de los proyectos que ejecuta.
4. Se ha estimado que por efectos de ahorro en tiempos muertos producto de órdenes de compra no aprobadas por falta de integración entre los módulos SAP, limitación que se corregiría con la implementación del módulo de control de proyectos, se dejaría de perder cinco días útiles en la ejecución de una obra de una magnitud de S/ 386 millones, partir de datos analizados de la obra denominada “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Puerto Súngaro – Dv. San Alejandro, tramo: km. 20–50” (S. Huaroto, comunicación personal, 2 de noviembre de 2017). Este ahorro en tiempos muertos representa un 0.49% del valor total de dicha obra.



*Figura 33.* Módulos del sistema SAP.

Adaptado de la comunicación personal con C. Urrunaga, gerente de Logística de San Martín, del 16 de octubre de 2017.

## Capítulo V: Planeamiento y Diseño del Proceso

San Martín ha establecido claramente la caracterización y flujo de sus procesos constructivos (operaciones) y administrativos, dejando registro de este esfuerzo en su manual del sistema integrado de gestión, procesos que serán descritos y analizados en este capítulo. De la misma manera, se analizará el diseño específico del proceso para la construcción de carreteras, utilizando para ello las herramientas de análisis vistas en capítulos anteriores.

### 5.1 Mapeo de los Procesos

El mapeo de los procesos de San Martín se establece con claridad en el mapa de los procesos de la unidad de negocios de Construcción, alineados con la metodología de la gestión de proyectos que ha desarrollado la organización con el objetivo de estandarizar la ejecución de sus proyectos, tal como se evidencia en la Figura 46.

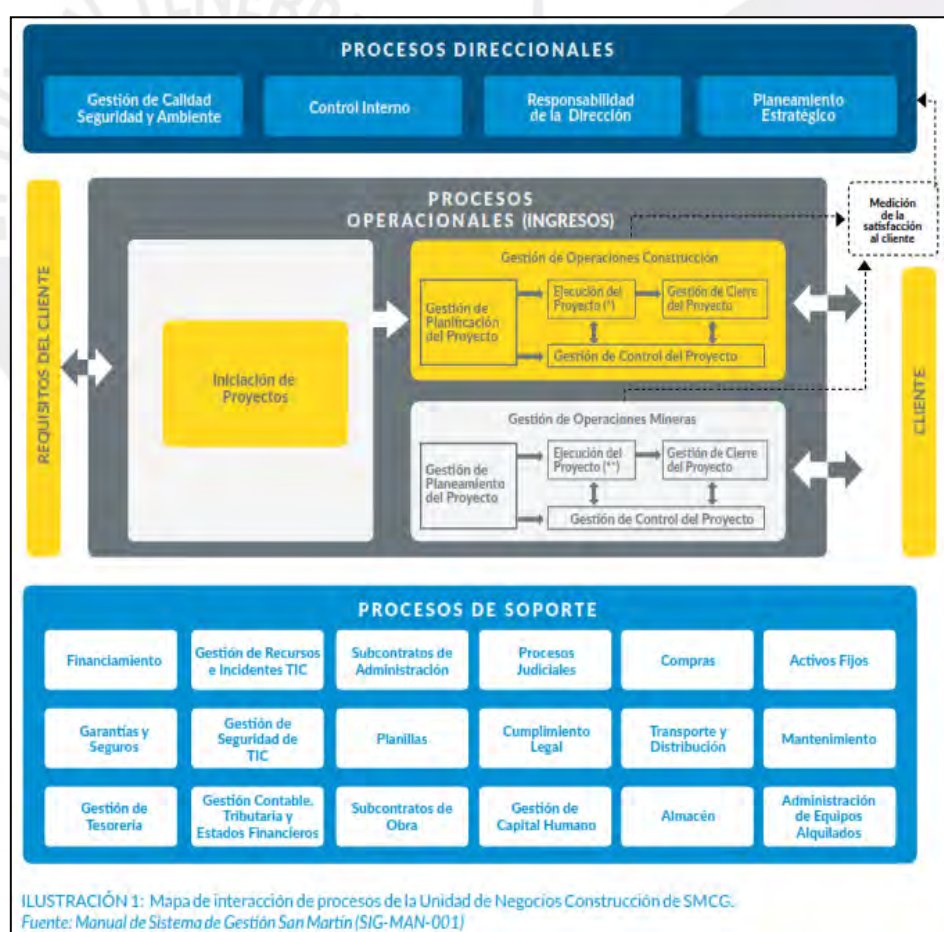


Figura 34. Mapa de procesos.

Tomado del *Manual del Sistema Integrado de Gestión* (p. 14), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016b, Lima, Perú: Autor.

## 5.2 D.A.P.

Para el desarrollo del D.A.P. se tomará como modelo el proceso de construcción típico de las obras de la subunidad vial de San Martín, desde la preparación de la oferta hasta el cierre del proyecto. Es importante establecer, con el objeto de ambientar el detalle operativo que no se expresa en el D.A.P., algunos conceptos técnicos de mayor complejidad que surgen durante la etapa de construcción, tales como los tipos de pavimento y las fases operativas del proceso constructivo de una carretera: (a) movilización de maquinaria, (b) trazo y replanteo, (c) movimiento de tierras, (d) perfilado de rasante, (e) construcción de sub-base, (f) construcción de base, (g) nivelación y compactación del terreno, (h) imprimación asfáltica y procesos asociados a la planta de asfalto —como se aprecia en la Figura 35—, (i) colocación de la carpeta asfáltica, y (j) en otros tipos de vías, la colocación de la carpeta de concreto.

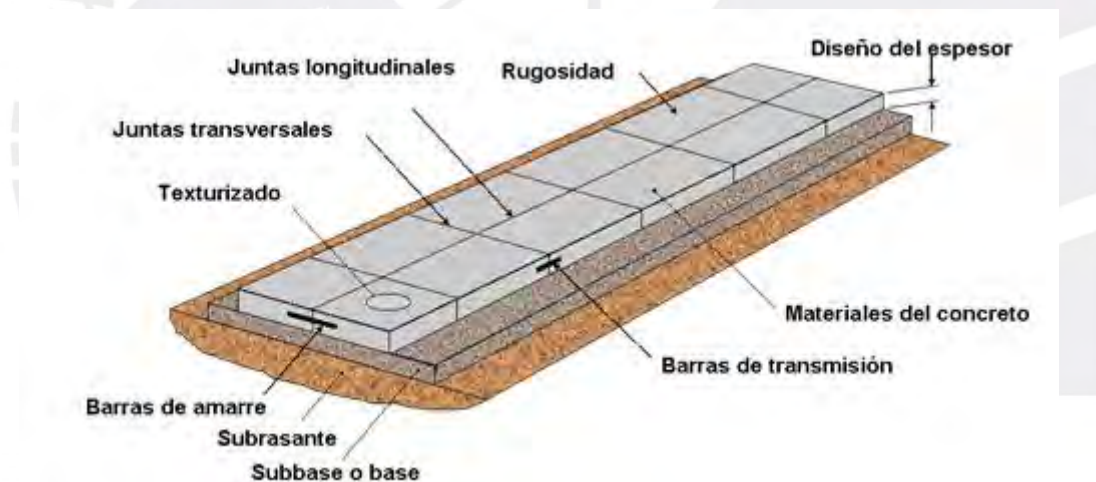


Figura 35. Características del pavimento.

Tomado de *Estructura del pavimento*, por Duravía, 2011

(<http://www.duravia.com.pe/category/conoce-el-pavimento/>).

Para el caso tal que la obra demande el uso de una carpeta de concreto —usual en un proyecto constructivo— se debe considerar también el proceso operativo desarrollado por la planta de agregados —hormigón armado—, descrito en el diagrama presentado en la Figura 36.

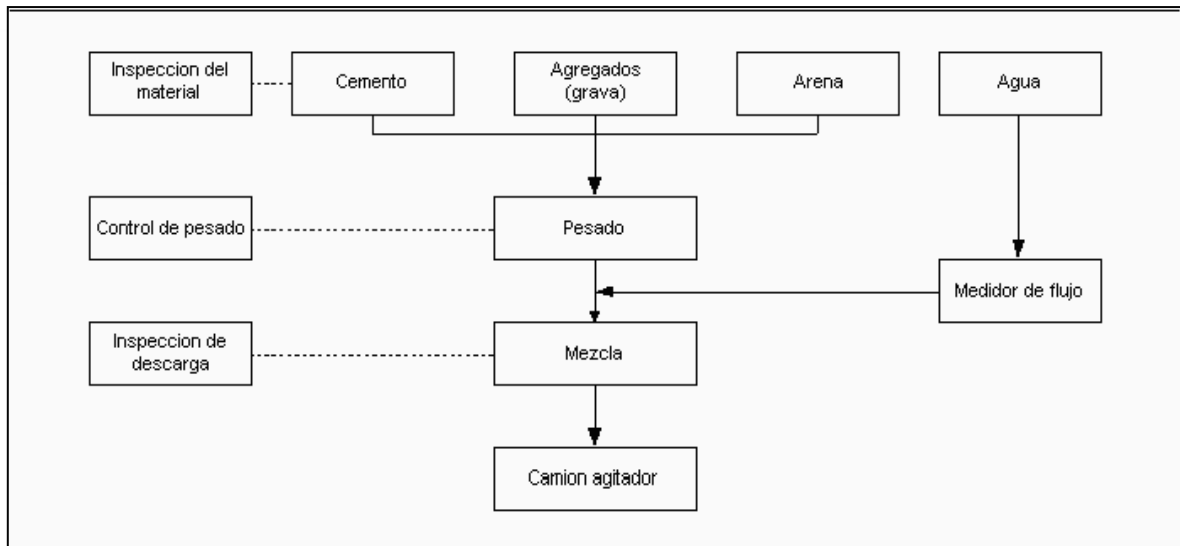


Figura 36. Flujograma de elaboración de concreto.

Tomado de *Proceso de Elaboración del Concreto en Planta y Obra*, por L. K. Ramírez, 2011 (<http://luzkarenramirez.blogspot.pe/2011/08/proceso-de-elaboracion-del-concreto-en.html>).

La construcción de una carretera obedece a una diversidad de procesos que dependen de las condiciones particulares del terreno y del alcance específico de la obra. A manera de ejemplo, en la Figura 37 se muestra un diagrama general típico de esta clase de construcciones.

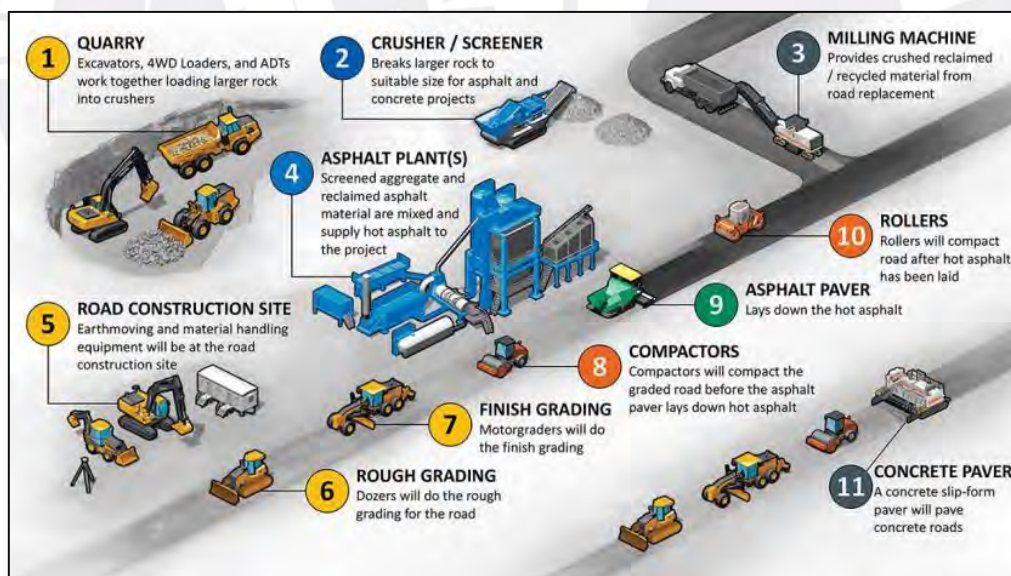


Figura 37. Operaciones de construcción de carreteras.

Tomado de *Deere to Acquire the Wirtgen Group, the Global Leader in Road Construction Equipment*, por John Deere, 2017 (<https://www.deere.com/en/our-company/news-and-announcements/news-releases/2017/corporate/2017jun1-corporaterelease.html>).

En la Tabla 11 se detalla el D.A.P. propuesto para un proceso de construcción de carreteras, desde su contacto comercial hasta el cierre. Es necesario destacar que los tiempos

que toman los procesos dependen de la naturaleza del proyecto, siendo únicos en cada uno, razón por la que no están expresados en el D.A.P.

Tabla 11

## D.A.P. – Flujo del Proceso de Ejecución de Proyectos

D.A.P. - FLUJO DEL PROCESO DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS							Operaciones	10		
Recursos humanos	Distancia en metros	Tiempo en minutos	Operación	Transporte	Inspección	Espera	Entrega de proyecto	Transporte	2	
								Inspección	9	
								Esperas	0	
								Entrega de proyecto	1	
								Recursos humanos		
								Supervisor: Sup.	Actual	X
								Operario: Op.		
								Control de Procesos: CP		
								Control de Calidad: CC	Propuesto	
								V= variable		
								DESCRIPCIÓN		
Op.	v	v						Contacto comercial		
Op.	v	v						Elaboración de propuesta		
Op.	v	v						Firma de contrato		
Op.	v	v						Planes de gestión de recursos logísticos		
Op.	v	v						Planes de gestión de recursos humanos		
CP	v	v						Laboratorios		
Op.	v	v						Instalación de campamentos		
Sup.	v	v						Supervisión/aprobación		
Op.	v	v						Actividades de residencia		
Op.	v	v						Ejecución de partidas		
Sup.	v	v						Supervisión de partidas		
CC	v	v						Control de calidad		
CP	v	v						Control de producción		
CP	v	v						Control de metrados		
CP	v	v						Informes semanales y mensuales		
Sup.	v	v						Consultas de supervisión		
Op.	v	v						Subcontratos		
Op.	v	v						Término de obra		
Cp	v	v						Integración, informe final para conformidad de obra		
Op.	v	v						Liquidación de obra		
CP	v	v						Cierre del proyecto		
Op.	v	v						Entrega del proyecto		

Nota. Adaptado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia* (p. 143), por F. A. D'Alessio, 2012, México DF, México: Pearson.

Considerando la ubicación típica de los elementos de una planta dedicada a la construcción de carreteras, se evaluó su coherencia utilizando el diagrama de relación de

actividades —diagrama de Mutter. La ubicación típica de procesos en las plantas, planteada por la gerencia de San Martín, resultó siendo adecuada (ver Figura 38).

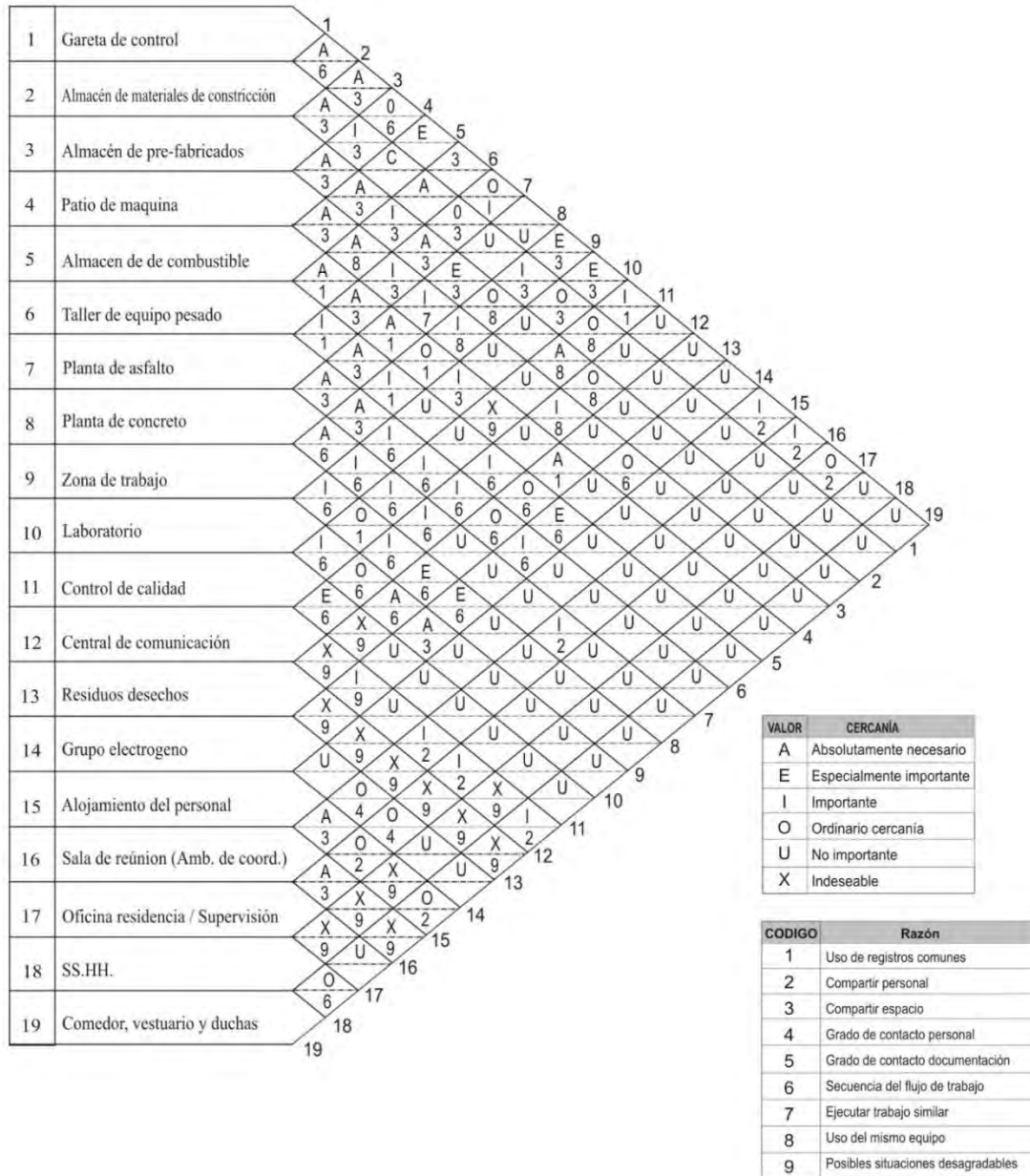


Figura 38. Diagrama de relación de actividades.

Adaptado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia* (p. 180), por F. A. D'Alessio, 2012, México DF, México: Pearson.

### 5.3 Herramientas para la Mejora de Procesos

Entre las herramientas para la mejora de procesos, San Martín lista dentro de su sistema integrado de gestión (SIG) las siguientes: (a) tormenta de ideas, (b) diagrama de

causa y efecto, (c) diagrama de Pareto, (d) histograma de frecuencias, (e) test de hipótesis, (f) gráficos de control, y (g) otras. Dichas herramientas fueron empleadas, tanto por personal de San Martín para sus labores como por los autores del presente diagnóstico para su desarrollo. Inclusive, para evaluar un problema recurrente en las obras de San Martín, se utilizó el diagrama de Ishikawa, encontrando, a partir de la información recopilada y sobre la base de las entrevistas sostenidas, que la principal causa de los accidentes laborales en obra — normalmente caídas y tropezones— era la ausencia de orden y limpieza en la instalación; en ocasiones, como consecuencia de la caída repentina de lluvia.

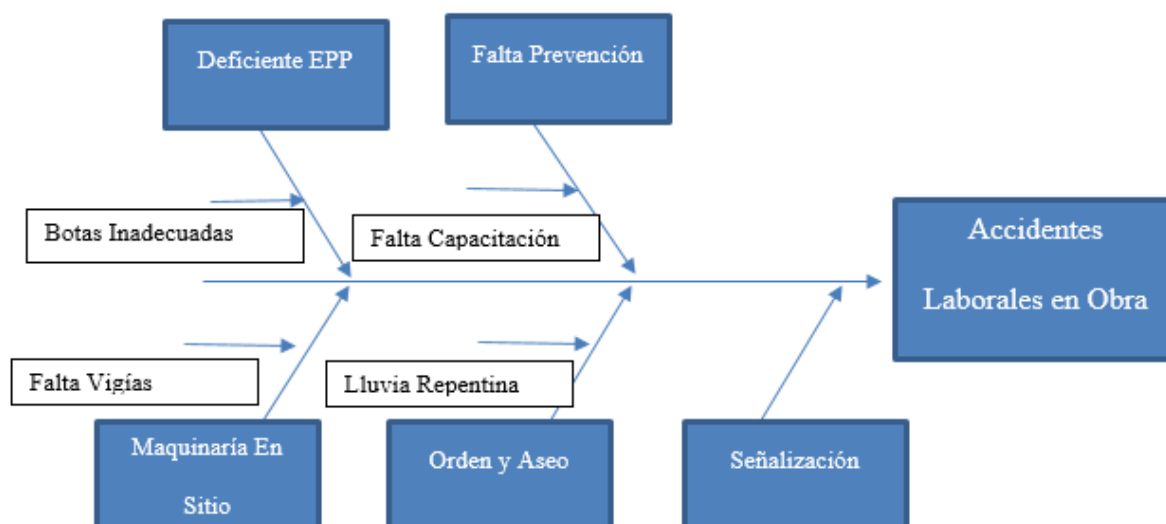


Figura 39. Diagrama de Ishikawa para analizar las causas de los accidentes en obras de San Martín.

#### 5.4 Descripción de los Problemas Detectados en los Procesos

Se detectaron diversos problemas en los proyectos de construcción de carreteras. Para analizarlos, se llevó a cabo una tormenta de ideas con la gerencia de la empresa, destacando los accidentes ocupacionales y la baja disponibilidad de equipos de construcción. También se analizó, conjuntamente con la gerencia de proyectos, el D.A.P. de la apertura, ejecución y cierre de obras, así como el diagrama de relación de su planta típica, encontrándolos conformes con el manual del SIG de San Martín y con la expectativa operativa de la gerencia.

El principal problema identificado por San Martín en relación con los accidentes ocupacionales se vincula a caídas y tropezones en desplazamientos de personal, producto de la falta de orden y aseo en los talleres y campamentos. Ello fue reflejado en el diagrama de Ishikawa plasmado en la Figura 39. Este problema ha sido analizado a profundidad y viene siendo abordado por el área de seguridad y salud ocupacional de San Martín, involucrando programas de seguridad basados en el comportamiento en sus distintas operaciones. De otro lado, la baja disponibilidad de equipamiento necesario para la construcción vial se asoció principalmente con problemas referidos a un deficiente mantenimiento preventivo básico — cambio de filtros, aceite, uso adecuado de la maquinaria—, así como con una cadena de abastecimiento que no podía surtir con los repuestos necesarios al equipo de mantenimiento de la empresa cuando los equipos fallaban.

### **5.5 Propuestas de Mejora**

Se plantea la implementación del proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM, por sus siglas en inglés) en obra, que será analizado en el capítulo XIII de este documento, involucrando, además, filosofías del Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés), metodología que, desde la base del concepto de mantenimiento autónomo, es importante por la idea de que la conservación de los equipos se efectúe por parte de sus operadores y que, para su implementación, se soporte en los pilares del TPM, tal como se aprecia en la Figura 40 (Rey, 2009). Si bien San Martín cuenta con personal de mantenimiento en sus obras, este proceso no se identifica claramente como elemento de aporte de valor a sus proyectos de construcción. Por ello, la incorporación de este proceso permitirá incrementar la disponibilidad de equipamiento y, por lo tanto, agilizará las labores de construcción.

Algunas características del TPM que se proponen implementar son, por ejemplo, que el operador de la maquinaria se ocupará de tareas de mantenimiento operativo muy sencillas,



como limpieza, ajustes, vigilancia de parámetros y reparación de pequeñas averías. Asimismo, dentro del equipo de producción habrá por lo menos una persona de mantenimiento que trabaje conjuntamente con el personal de producción, convirtiéndose en uno más de ellos. Esta persona deberá resolver problemas de mayor calado, para el que es necesario un mayor conocimiento. Al estar dentro del equipo no se incurrirá en tiempos muertos de espera. De la misma manera, los repuestos requeridos para cada equipo deberán estar disponibles de manera parcial en planta, lo más cerca posible del conjunto de maquinarias y, por supuesto, del taller de mantenimiento.

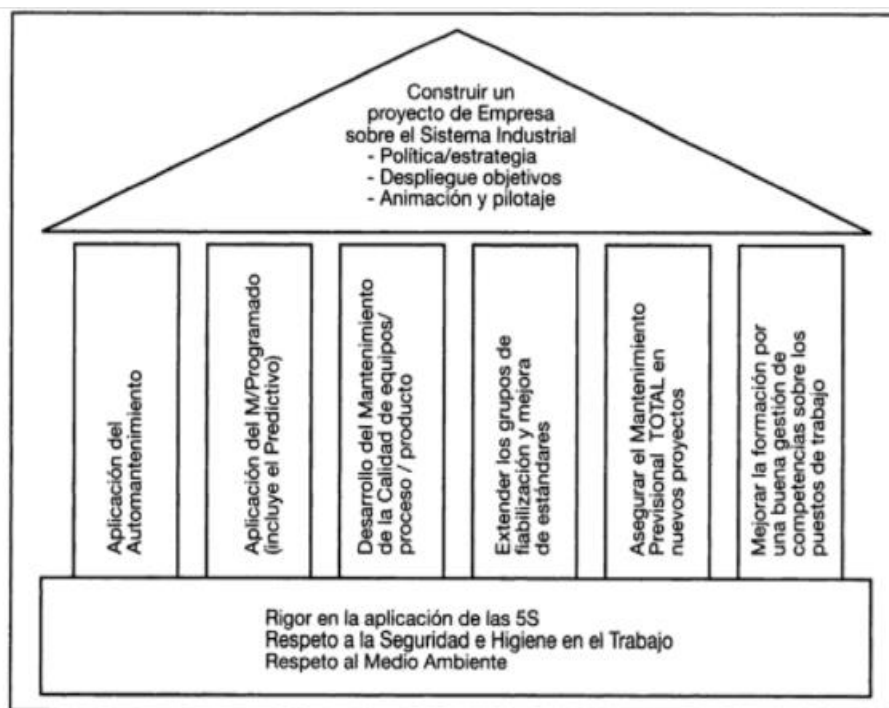


Figura 40. Pilares del TPM.

Tomado de *Mantenimiento Total de la Producción* (p. 48), por F. Rey, 2001, Madrid, España: FC Editorial.

Para poder llevar a cabo esta mejora se debería empezar por establecer un programa de capacitaciones al personal de operaciones, apoyado por el personal de mantenimiento y buscando el compromiso de los operadores con la nueva filosofía de mantenimiento de equipos. Para intervenciones de mayor nivel, como revisiones programadas que impliquen desmontajes complejos, ajustes delicados, entre otros, San Martín cuenta con un área de mantenimiento no integrada en la estructura de producción, sino en el área funcional de

gestión de equipos de la compañía. Las oportunidades de mejora de la división de mantenimiento de la empresa se analizarán en el capítulo XIII de este diagnóstico.

## 5.6 Conclusiones

La supervisión en la ejecución de las partidas de producción se realiza en planta, de forma tal que asegura la calidad de acuerdo con sus procedimientos en el proceso de construcción. Con la implementación del SAP se obtendrá información importante para la mejora de los procesos y aumento de la productividad, lo que ayudará a la estandarización de actividades y la reducción de los tiempos, aspecto fundamental en la construcción de una obra debido a las penalidades existentes por incumplimientos de plazo. De la misma manera, se hace latente el problema de la baja disponibilidad de equipamiento de construcción —maquinaria amarilla—, siendo necesario implementar las propuestas de mejora planteadas, así como evaluar la factibilidad de renovar el parque automotor según las especificaciones técnicas y exigencia requerida, buscando incrementar la disponibilidad y reducir el gasto en mantenimiento. Específicamente, el establecimiento de un TPM supondría, de acuerdo con los cálculos ejecutados sobre la base de la obra “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Puerto Súngaro – Dv. San Alejandro, tramo: km. 20–50” (S. Huaroto, comunicación personal, 2 de noviembre de 2017), valorizada en S/ 386 millones, un ahorro del 0.08% del monto de la obra, producto de la no incorporación de dos técnicos de mantenimiento, cuyas labores serían asumidas por operadores de la misma maquinaria. Finalmente, la secuencia de actividades, procesos, supervisión, transporte y demoras, es mejor entendida con la definición del D.A.P., lo que permitió corroborar la idoneidad de los procesos actuales en relación con las expectativas de la gerencia, así como de la distribución de equipos y procesos en planta.

## **Capítulo VI: Planeamiento y Diseño de Planta**

Durante el presente capítulo se retomarán los aspectos relacionados con el proceso de planeamiento para el montaje de planta y su consiguiente diseño, como etapa a considerar en el proceso. Para ello se revisarán las evaluaciones de los capítulos III, IV y V, dado que, para determinar el adecuado planeamiento y diseño de planta en las labores de construcción de San Martín, es necesario evaluar la distribución actual de su planta, las características de sus productos y el diseño de sus procesos. No obstante, por la naturaleza de sus obras, el diseño de una planta está íntimamente relacionado con las circunstancias específicas de cada proyecto.

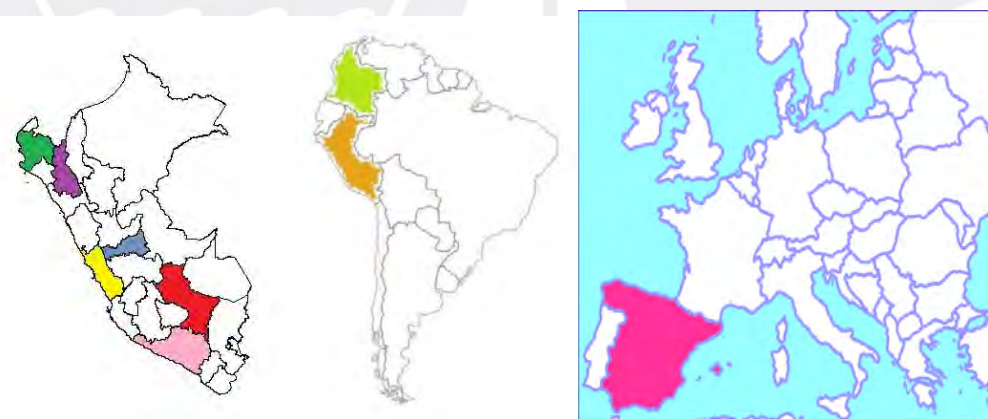
### **6.1 Análisis de la Distribución de Planta**

Para optimizar la capacidad productiva y reducir los costos de movimiento del personal y materiales a fin de facilitar las tareas de supervisión de las obras se debe implementar el uso de diagramas de relación de actividades, en los que se analiza la distribución actual de la planta para luego mejorarla. Ello permitirá un mejor aprovechamiento de la mano de obra, maquinaria y espacios, garantizando la salud y seguridad de los trabajadores. Del análisis efectuado en el capítulo anterior, específicamente a partir de la Figura 38, se concluyó que la distribución de planta de una obra de construcción convencional de San Martín se ajustaba a las expectativas de rendimientos y productividad en este tipo de actividades. Este nivel de coincidencia deriva de la amplia experiencia de la empresa en el montaje y distribución de plantas para la producción de asfaltos y concretos, además de su posterior aplicación para la construcción de una carretera.

Como se ha mencionado anteriormente, las plantas de la unidad de negocio de Construcción y, en especial de la subunidad de Negocios Viales, se montan y desmontan según la necesidad de cada proyecto, de acuerdo con el esquema plasmado en el análisis de

relaciones (ver Figura 38) y que, a juicio del equipo del proyecto y de la gerencia de San Martín, es conforme con lo esperado en el estado del arte de este tipo de construcciones.

No obstante, se rescata un comentario recurrente por parte del personal entrevistado de la empresa y que hace relación a la lejanía de los diferentes proyectos y a la dificultad y tardanzas en la toma de decisiones operativas, producto del esquema centralizado de San Martín, así como a las dificultades en la comunicación que suelen hallarse en este tipo de obras. Siendo usual que decisiones trascendentes para la operatividad de la unidad constructiva se retrasen por aspectos triviales tales como baja conectividad de datos de los módems celulares que suelen utilizar, o por dificultades en la comunicación producto de ruido en la línea. Lo anterior, sumado al hecho de que las decisiones se concentran en Lima, generando en algunos casos la demora en la autorización e implementación de las modificaciones que requieren algunas partidas para su ejecución, originando un incremento en gastos generales, principalmente en desplazamiento del personal. Lo anterior se agrava al considerar la alta descentralización de las operaciones de San Martín, como se manifiesta en la Figura 41, tanto a nivel nacional como internacional.



*Figura 41.* Operaciones de San Martín en la actualidad.

## 6.2 Propuestas de Mejora

Se propone la implementación de un módulo adicional en las plantas de San Martín, situado de manera contigua a las oficinas administrativas y conformado por una unidad de comunicación satelital —en aquellas locaciones donde no se cuenten con alternativas

comerciales regulares— con conectividad dedicada para el establecimiento de teleconferencias entre la sede central y las plantas y unidades alrededor del país y del mundo, incluyendo el equipamiento de vídeo y audio necesario para una correcta calidad de comunicación. Se busca con ello la mayor interacción posible entre las unidades de construcción (proyectos) y la sede central en Lima, reduciendo así los tiempos muertos por toma de decisiones asociados con falencias en la comunicación.



*Figura 42.* Equipamiento de vídeo y teleconferencia.

Tomado de *Polycom HDX Series*, por Polycom, s.f. (<http://www.polycom.com/products-services/hd-telepresence-video-conferencing/realpresence-room/realpresence-room-hdx-series.html>).

En relación con la mejora en la conectividad, se sugiere la adquisición e implementación de una unidad satelital, puesto que garantiza anchos de banda mínimos para la comunicación entre las unidades, sin requerir de una infraestructura cableada o de fibra óptica desde locaciones adyacentes.



*Figura 43.* Antena satelital para Internet dedicado en zonas remotas.

Tomado de *Proveedor de Internet y Telefonía Satelital - Kaband Networks, México*, por Kaband Networks, s.f. (<http://www.kabandnet.com/>).

### 6.3 Conclusiones

El planeamiento y diseño de la planta es fundamental puesto que la planta es un recurso elemental para el desarrollo de las operaciones en la construcción de carreteras. La experiencia de San Martín y de sus especialistas ha permitido refinar un diseño típico de planta que satisface las expectativas operativas en términos de eficiencia y versatilidad. De otro lado, el contexto de desarrollo que denota la construcción de una nueva vía implica que en muchos casos no se cuenta con la mejor comunicación entre obra y sede central, siendo en algunos casos puntuales catalogada como deficiente. Por ello se propone como mejora el establecimiento de un módulo de comunicaciones satelitales dedicadas y la adquisición y montaje de unidades de comunicación por vídeo y teleconferencia en las diversas plantas de San Martín.



## Capítulo VII: Planeamiento y Diseño del Trabajo

La planificación y control de la ejecución de cualquier proyecto, en este caso la de una carretera, es el proceso de definir, coordinar y establecer el orden en que deben realizarse las actividades con el objetivo de hacer más eficiente y económica la utilización de los equipos, materiales y recursos con los que se dispone, a fin de eliminar esfuerzos innecesarios y posibles reprocesos. Este proceso debe ser controlado a lo largo de la etapa de construcción para conocer si se está cumpliendo o si debe ser revisado o modificado a fin de que se pueda cumplir con el objetivo planteado. Para ello se debe establecer un sistema que cuantifique el avance, permita compararlo con el proceso programado o planeado y que, además, permita controlar el empleo de la mano de obra, equipos y materiales en relación con el programa.

El diseño del trabajo contempla las características organizacionales que deben considerarse a la hora de asignar los recursos humanos y de equipamiento, tomando en cuenta para ello las características específicas de la actividad a ejecutar, los requerimientos de competencia, las garantías en términos de seguridad y salud ocupacional que deben brindárseles a los recursos que interactúan en la actividad y la motivación para realizar las tareas, y enfocados en lograr la productividad esperada en la ejecución de las tareas.

### 7.1 Planeamiento del Trabajo

El programa o plan debidamente controlado ayuda a: (a) conocer cuál es la actividad que no se está desarrollando de acuerdo con el programa, (b) poder tomar una decisión en el tiempo adecuado, (c) mantener orden y disciplina de trabajo, y (d) establecer un medio de comunicación tanto con la gerencia como con los trabajadores.

Estos principios básicos de una programación y su control son aplicables igualmente a proyectos simples o complejos de construcción de una carretera. Un plan de trabajo es un conjunto de programas detallados que determina el orden, los métodos de construcción y la organización que se dispondrá para la ejecución de las obras. En otras palabras, podría

decirse que consiste en planear para cada etapa de la construcción, cuándo, con qué y cómo se ejecutarán.

El estudio del plan de trabajo es, por lo tanto, idealmente previo a la ejecución del presupuesto de la obra y a la iniciación de los trabajos. Su objetivo es evitar que durante la construcción deba improvisarse en cualquier etapa, tener claro con qué equipos o herramientas se va a ejecutar, qué operarios se destinarán a la obra, quien será su supervisor y cuáles son sus atribuciones. Una de las mayores preocupaciones de un plan de trabajo es la coordinación de los distintos trabajos para mantener en ocupación continua a un número de operarios y equipos.

El plan de trabajo que establezca el menor costo de construcción será el que mejor coordine las distintas fases de la construcción, brindando continuidad al trabajo y sistematizando, como en el trabajo al interior de una fábrica, en la que cada operación está bien determinada y el operador conoce exactamente su tarea. Se establecen fechas en que los operarios, materiales y equipos deben llegar a la obra. Se fijan las normas para controlar los avances, rendimientos, costos, entre otros. Estos controles permiten saber si las obras están avanzando de acuerdo con el plan elaborado o no, para que, en cualquier caso, se efectúen los cambios o mejoras necesarias al mismo con el fin de recuperar el tiempo perdido o reducir los costos con el uso de otros métodos de trabajo. Se eligen los métodos de trabajo y equipos a emplear y se fija la ubicación de los talleres, oficinas, bodegas, plantas de fuerza, comedores, casas para habitación, entre otros (Universidad de Chile, s.f.).

A continuación se muestran los principales factores que deberían considerarse al estudiar un plan de trabajo, los planos y los programas que intervienen en la construcción de una carretera: (a) secciones de la obra; (b) obras similares; (c) estudio de modelos; (d) selección del equipo; (e) equipos especiales; (f) instalación de faenas y obras anexas; (g)



plano de distribución; (h) programa de trabajo; (i) programas de equipos, personal y financiero; (j) presupuesto; (k) controles principales; y, (l) organización de las actividades.

El conjunto de maquinaria y equipos más empleados en la construcción de carreteras son los siguientes: (a) tractores, (b) compactadoras, (c) vibrocompactadoras, (d) trituradoras, (e) regadoras de agua, (f) regadoras de asfalto, (g) *finisher*, (h) recuperadoras de asfalto (recicladoras), (i) equipo de laboratorio de suelos, (j) equipo de topografía, (k) motoniveladoras, (l) camiones de volteo, (m) cargadores frontales, (n) retroexcavadoras, y (o) excavadoras.

San Martín articula tales aspectos en los flujogramas de planificación y control de la ejecución de su manual del SIG, tal y como se muestra en la Figura 44 y Figura 45. En la Figura 44 se aprecia cómo cinco fases del proceso de planificación están ligadas directamente con el desarrollo de un plan para controlar aspectos de la ejecución —plan de arranque, plan de construcción, plan de gestión de recursos, plan de seguridad, salud y ambiente y plan de aseguramiento y control de la calidad. De esta manera, se evidencia el compromiso de San Martín con el elemento de planificación dentro de su sistema de gestión.



Figura 44. Planificación de la construcción.

Tomado del *Manual del Sistema Integrado de Gestión* (p. 16), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016b, Lima, Perú: Autor.

La etapa de planificación está seguida de la de ejecución, cuyo diagrama se observa en la Figura 45. El personal responsable de la empresa actualiza con una periodicidad semanal los planes de ejecución y de producción, considerando en todo momento el trabajo de la etapa previa.

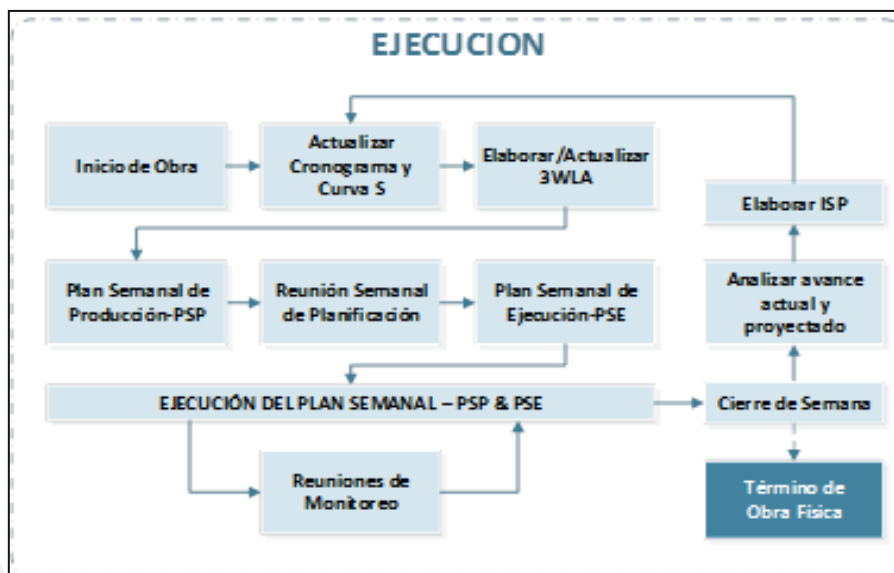


Figura 45. Diagrama de ejecución.

Tomado del *Manual del Sistema Integrado de Gestión* (p. 17), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016b, Lima, Perú: Autor.

De otro lado, San Martín controla la asignación y el correcto uso de la maquinaria y el equipo empleados en cualquier obra, llevando partidas de control de costo de acuerdo con la programación establecida en la etapa de planificación y monitoreada en la fase de ejecución del proyecto (ver Tabla 12).

## 7.2 Diseño del Trabajo

Las fases operativas de un proceso de construcción de una carretera comprenden típicamente: (a) movilización de maquinaria, (b) trazo y replanteo, (c) movimiento de tierras, (d) construcción de sub-base, (e) nivelación y compactación del terreno, (f) imprimación asfáltica, (g) colocación de la carpeta asfáltica, y (h) colocación de la carpeta de concreto.

Para cumplir con estas fases operativas los recursos son divididos en frentes de trabajo, que se componen generalmente por un capataz o un supervisor y personal de experiencia en la ejecución de este tipo de trabajos. De la misma forma, se consideran

equipos y herramientas, según partida o actividad a desarrollar por cada frente o frentes de trabajo. Las asignaciones de frentes y equipos se determinan buscando la mayor productividad posible a la hora de ejecutar las diferentes actividades de construcción en el contexto de la obra; sin embargo, dicha productividad suele verse afectada por factores externos, principalmente la caída de lluvias, siendo este el motivo usual de tiempos muertos en los proyectos, que generan retrasos en los avances de obra. La caída de lluvias es también uno de los aspectos de seguridad y salud ocupacional más importantes a considerar en el diseño del trabajo en las obras de construcción, puesto que la ejecución de actividades mientras llueve se considera de alto riesgo en la industria.

Tabla 12

*Partida de Control del Costo Según Programación de Equipo*

Movimiento de tierras	
Partida	Equipos
Desmonte, limpieza y destronque	Tractor D8K
Extracción y carguío de capa vegetal	Cargador 950 CAT Tractor D8K
Extracción y carguío de material corte	Cargador 950 CAT Tractor D8K
Acarreo de material de capa vegetal	Camión de volteo 12m <sup>3</sup>
Relleno con sobrecarreo	Camión de volteo 12m <sup>3</sup>
Acarreo de material préstamo	Camión de volteo 12m <sup>3</sup>
Distribución y nivelado del relleno	Motoniveladora 12G CAT
Regado para compactación	Camión distribuidor (cisterna)
Compactación del relleno	Compactador DW-20A-CAT
Terminación de subrasante	Motoniveladora 12G CAT Compactador DW-20A-CAT Camión distribuidor (cisterna)
Acarreo de material	Camión de volteo 12m <sup>3</sup>
Distribución y nivelado de material	Motoniveladora 12G CAT
Regado para compactación	Camión distribuidor (cisterna)
Construcción de la capa base	Compactador DW-20A-CAT

*Nota.* Tomado de *Informe Semanal de Producción: Carretera Puerto Súngaro* (p. 15), por S. Huaroto, 2017a.

En relación con el personal contratado, dada la característica temporal de los proyectos de construcción, es difícil generar fidelidad entre el personal obrero y la compañía,

por lo que la remuneración suele ser más elevada en comparación con la misma actividad desarrollada por el personal de manera constante. Se introducen así factores de motivación en términos monetarios, tales como bonos por pronta finalización de obra, que impactan de manera positiva en la productividad de las obras. Esta práctica remunerativa es usual en la industria de la construcción nacional.

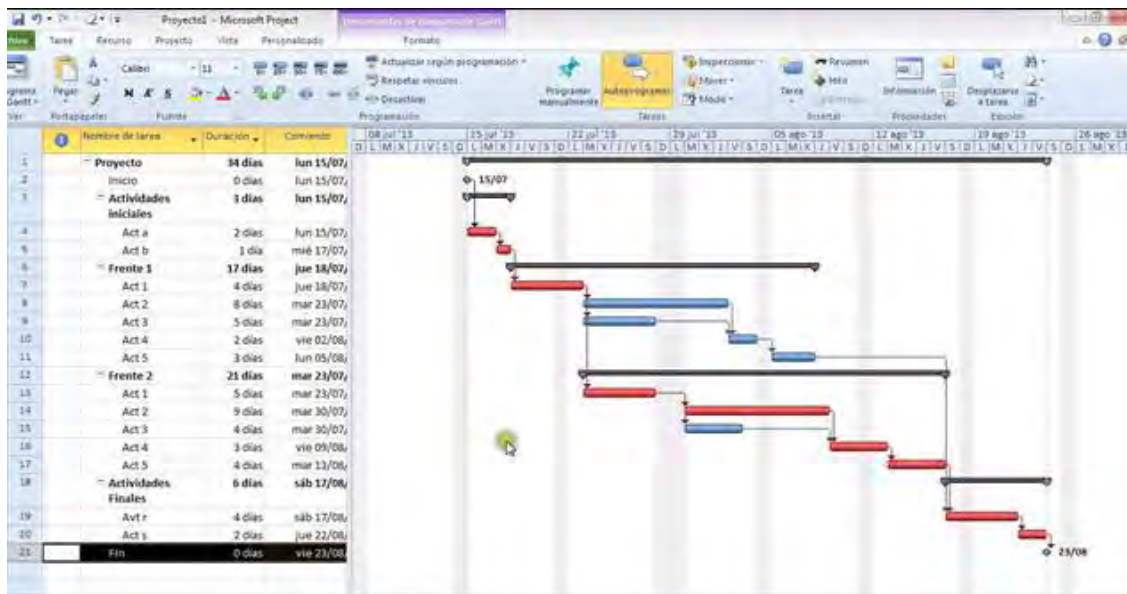


Figura 46. Programación de frentes de trabajo general en cualquier tipo de actividad de construcción.

De otro lado, el personal de supervisión y jefaturas, además de recibir una remuneración por encima del promedio de la industria y de ser beneficiario de bonificaciones por productividad, trata de ser mantenido en la planilla de la empresa la mayor cantidad de tiempo posible, incluso a pesar de que por efecto de finalización de una obra no exista una tarea específica a desarrollar por estos profesionales. Esta política se debe a que el recurso humano es difícil de conseguir y en él se invierte mucho tiempo en su capacitación y entrenamiento.

### 7.3 Propuestas de Mejora

La propuesta para incrementar la productividad, beneficiando así el cumplimiento de la programación de actividades, es el uso de tecnologías para la continuidad de labores mientras llueve, siendo este uno de las causas típicas de retrasos, tiempos muertos y

reprogramación de actividades en la construcción vial. Este tipo de tecnologías, contribuyen a la a la productividad desde el adecuado diseño del trabajo, y también disminuyen el riesgo asociado con el trabajo sobre superficies húmedas y, por supuesto, el riesgo de trabajar a la intemperie mientras llueve, así como las pérdidas por contaminación del agua de los agregados de concreto en tránsito desde los almacenes hasta el punto de mezcla y disposición.



*Figura 47. Tiempos muertos en construcción por lluvias.*  
Tomado de *Obras en Calle Ogana de Coyhaique se extenderán por construcción de colector de aguas lluvias*, por C. Díaz, 2012 (<http://www.elpatagondomingo.cl/?p=29110>).

Como una muestra de este tipo de tecnologías, se puede apreciar en la Figura 48 una manga autoexpandible de materiales plásticos —lonas—, de fácil y rápido montaje. De esta manera se obtienen ventajas en la productividad de la obra y se mitigan potenciales accidentes asociados con la caída de lluvias.

#### **7.4 Conclusiones**

San Martín cuenta con una metodología claramente delineada para la planeación y para el control del cumplimiento del planeamiento durante la ejecución, establecida en su manual del SIG, de obligatorio cumplimiento durante sus obras. En su metodología considera herramientas de planeación y programación, tanto conceptuales como informáticas,

clasificadas dentro del estado del arte de la técnica. Sin embargo, la empresa sufre de pérdidas de productividad asociadas con la caída de lluvias en la locación de las obras, debiendo evaluar si la disminución del riesgo por tiempos muertos amerita el montaje e instalación de coberturas contra la lluvia en sus proyectos. Por ejemplo, en la obra “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Puerto Súngaro – Dv. San Alejandro, tramo: km. 20–50”, valorizada en S/ 386 millones, se perdieron 32 días de labores, lo que pudo haberse evitado con la instalación de la lona. Ello habría supuesto un ahorro del 0.16% sobre el valor total del proyecto (S. Huaroto, comunicación personal, 2 de noviembre de 2017), incluso considerando los costos asociados a la adquisición y montaje de la lona.



*Figura 48.* Coberturas para la reducción de tiempos muertos durante lluvias.

## Capítulo VIII: Planeamiento Agregado

A diferencia de la unidad de negocio de Minería, Construcción no cuenta con un *backlog* de proyectos estable y predecible en el tiempo puesto que su trabajo deriva de la adjudicación de las licitaciones en las que la empresa participa. Una vez adjudicada la obra, San Martín cuenta con plazos reducidos para iniciarla, por lo que se le dificulta establecer modelos de planeamiento agregado para el arranque de cada proyecto en particular. No obstante, durante la ejecución de las obras sí utiliza metodologías de control de proyectos, tales como la curva S, que le permiten anticiparse a necesidades futuras de recursos.

### 8.1 Estrategias Utilizadas en el Planeamiento Agregado

En la unidad de negocios de Construcción la naturaleza de ejecución de sus proyectos —una única vez— dificulta el proceso de planeamiento agregado sobre la base de criterios de proyección de producción. No obstante, a nivel organizacional, el uso de la técnica de la curva S permite la implementación de estrategias de planeamiento agregado como: (a) determinación de la fuerza laboral requerida para llegar al término de ejecución en tiempo y plazo de las actividades, (b) determinación de requerimientos de tiempo extra de personal y maquinaria, y (c) determinación de número de frentes de trabajo y maquinaria requerida para llegar a las metas establecidas.



Figura 49. Curva S de obra.

Tomado del *Manual del Sistema Integrado de Gestión* (p. 148), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016b, Lima, Perú: Autor.

El uso de la técnica de la curva S permite, sobre la base de los conceptos del planeamiento agregado, optimizar la cantidad de recursos necesarios para el proceso productivo —la ejecución de la obra—, de tal forma que el costo total de operaciones del proceso sea el mínimo, cumpliendo con todos los requisitos para la entrega del proyecto.

## 8.2 Análisis del Planeamiento Agregado

Considerando el cronograma general del proyecto, se plantea la curva de avance económico, que refleja el resultado esperado mensual. En función de la venta mensual proyectada se coordina con las áreas de Recursos Humanos, Procura y Producción con la finalidad de prever el personal, materiales y metas diarias y semanales de avance. A dicha curva y a la acción de control que se realiza sobre la misma, se le denomina curva S, el principal método de control de San Martín.

Para dicho análisis, se utilizan, junto con la técnica de la curva S, la evaluación de indicadores SPI (*Schedule Performance Index*) y CPI (*Cost Performance Index*), que permiten determinar el nivel de cumplimiento del cronograma de un proyecto y del costo ejecutado del mismo, respectivamente. De este modo se facilita la identificación de los puntos de mejora en la ejecución, tanto a nivel de cronograma —entrega de obra— como de rendimientos económicos —costos incurridos en el proyecto.



Figura 50. Análisis de CPI y SPI.

Tomado del *Manual del Sistema Integrado de Gestión* (p. 149), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016b, Lima, Perú: Autor.



### 8.3 Pronósticos y Modelación de la Demanda

Para efectos de proyecciones económicas, en la Figura 51 se presenta la brecha de utilidad mes a mes y cómo se traslada al costo del resultado operativo del mes siguiente, en la forma de un nuevo costo proyectado del saldo de la ejecución. Ello obliga al gerente del proyecto a tomar las provisiones y acciones necesarias para recuperar tal brecha, traducida en un mayor costo mes a mes, y a controlar la causa que originó la desviación para impedir el incremento de la brecha. De esta manera, se pronostica el resultado económico del proyecto y se advierte la necesidad de tomar medidas para cubrir las brechas identificadas.

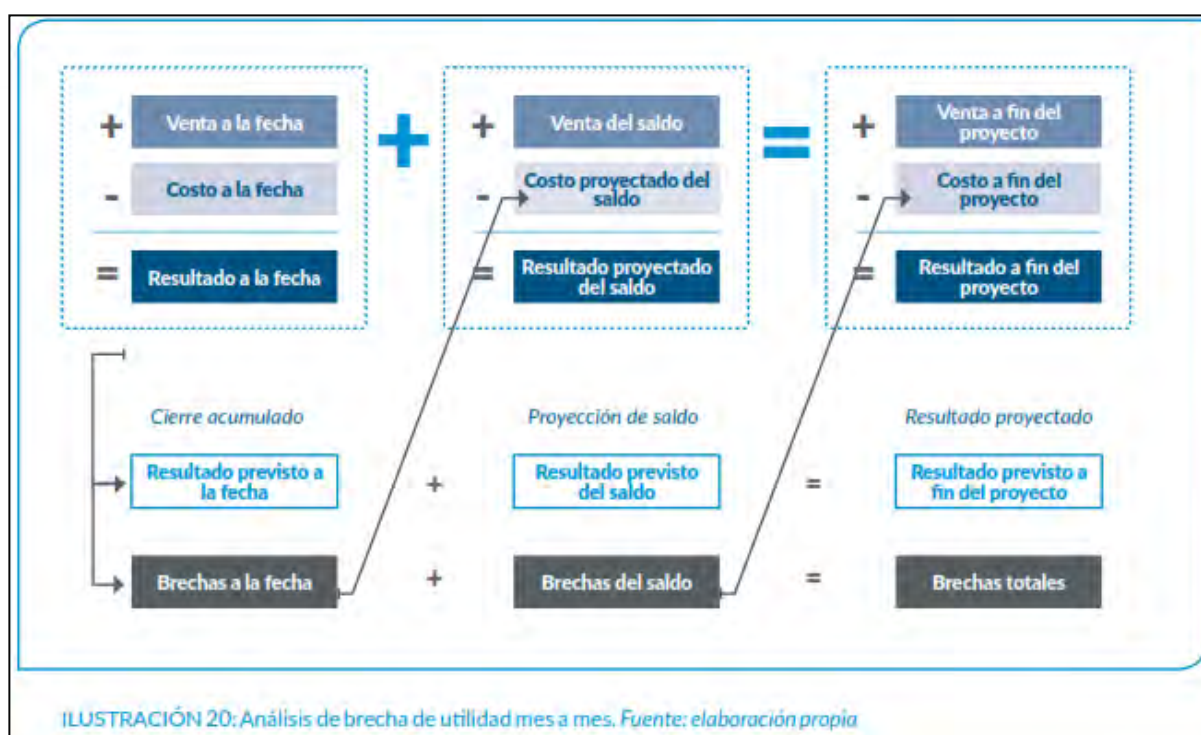


Figura 51. Análisis de la brecha.

Tomado del *Manual del Sistema Integrado de Gestión* (p. 152), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016b, Lima, Perú: Autor.

### 8.4 Planeamiento de Recursos (Programa Maestro)

Los recursos se distribuyen de acuerdo con las necesidades de construcción de la carretera, que son expresadas en el Gantt del planeamiento maestro (ver Figura 52). En esta herramienta se analizan los tiempos y requeridos para el cumplimiento de objetivos, así como

la ruta crítica de la obra, llevando así un control del ritmo de ejecución de las actividades y las acciones necesarias para llegar al final en tiempo y plazo.

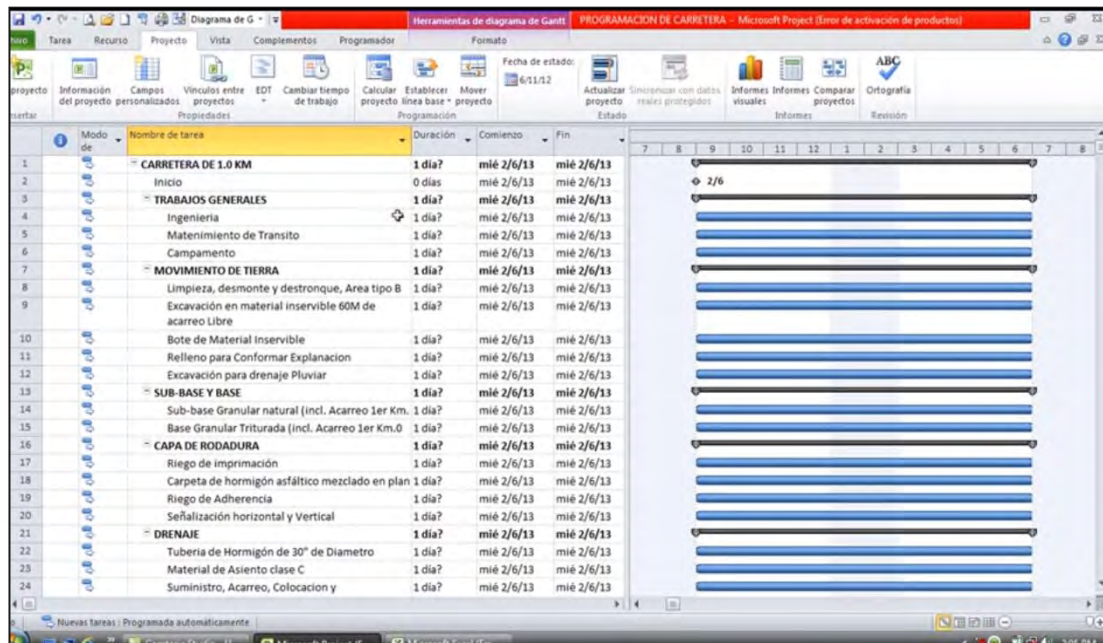


Figura 52. Actividades programadas.

Adicionalmente, cada actividad cuenta con un conjunto de recursos asignados en un plan maestro de recursos, mostrado en la Figura 53. Estos son controlados por cada actividad y representan la productividad de cada uno en función de los tiempos de ejecución de las actividades. En situaciones determinadas, es posible la asignación de recursos adicionales — personal, maquinaria, material— para poder culminar el proyecto a tiempo.

Nombre del recurso	Tipo	Etiqueta de	Iniciales	Grupo	Capacidad	Tasa	Tasa horas extra	Costo/Usa	Acumular	Calendario	Cód
1 Bulldozer D6	Trabajo		B		100%	\$0.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar	
2 Bulldozer D8	Trabajo		B		100%	\$0.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar	
3 Motoniveladora	Trabajo		M		100%	\$0.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar	
4 Rodillo	Trabajo		R		100%	\$0.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar	
5 Rodillo Pequeno	Trabajo		R		100%	\$0.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar	
6 Pala 950	Trabajo		P		100%	\$0.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar	
7 Retropala	Trabajo		R		100%	\$0.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar	
8 Retroexcavadora 32l	Trabajo		R		100%	\$0.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar	
9 Mini Cargador	Trabajo		M		100%	\$0.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar	
10 Brigada de Contenes	Trabajo		B		100%	\$0.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar	
11 Brigada de Acera	Trabajo		B		100%	\$0.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar	
12 Brigada de Colocacis	Trabajo		B		100%	\$0.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar	
13 Brigada de Const. de Trabajo	Trabajo		B		100%	\$0.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar	
14 Brigada de Const. de Trabajo	Trabajo		B		100%	\$0.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar	
15 Brigada de Topograf	Trabajo		B		100%	\$0.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar	
16 Ingeniero	Trabajo		I		100%	\$0.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar	
17 Carpinteros	Trabajo		C		100%	\$0.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar	
18 Brigada de Asfalto	Trabajo		B		100%	\$0.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar	

Figura 53. Programación de recursos.

## 8.5 Propuestas de Mejora

Una actividad fundamental en el control de la ejecución de una obra y en el seguimiento de su relación con lo planeado es el control de las variaciones típicas con las que la obra se ve afectada. En ese sentido, San Martín aplica de manera diligente el concepto de «valor ganado», que quiere decir que cada entregable de un proyecto tiene un costo planeado, llamado «valor». Cuando el entregable se termina, el «valor» se «gana». Sin embargo, a partir de entrevistas con el personal de San Martín, se pudo evidenciar que, si bien aplican la técnica comparando el CPI y SPI con los valores que les arrojan las tablas dinámicas que desarrollan, también es cierto que podrían tener una mejor comprensión de los conceptos detrás de estas técnicas (S. Huaroto, comunicación personal, 2 de noviembre de 2017).

La propuesta de mejora sugerida consiste en impartir una capacitación, como parte del programa de inducción de San Martín, dirigida a todos los empleados que estén relacionados con el planeamiento y control de sus obras y que debe considerar los siguientes conceptos: (a) valor planificado (PV), costo presupuestado del trabajo programado; (b) valor ganado (EV), costo presupuestado del trabajo realmente completado; (c) costo real (AC) del trabajo completado; (d) variación del costo (CV), que equivale a la diferencia entre EV y AC; (e) variación del tiempo (SV), equivalente a la diferencia entre EV y PV; (f) variación porcentual del costo (CVP), que equivale a CV entre EV; (g) variación porcentual del tiempo (SVP), equivalente a SV entre PV; (h) índice de costo consumido (CPI), que equivale a EV entre AC; e, (i) índice de tiempo consumido (SPI), equivalente a EV entre PV.

Asimismo, se propone profundizar en la implementación de la metodología *Last Planner* (LP) y de la técnica *Look Ahead Planning* (LAP), que serán explicadas en el acápite 4 del siguiente capítulo debido a que se encuentran relacionadas en un mayor grado con el concepto de programación y en un grado menor con el planeamiento agregado.

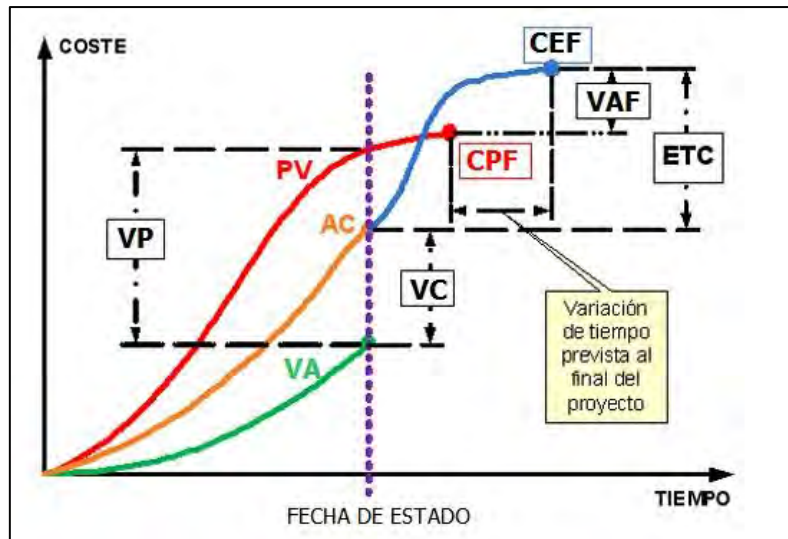


Figura 54. Costo real del trabajo.

Tomado de *¿Sirve la técnica del análisis del valor ganado (EVM)?*, por V. Yepes, 2016 (<http://victoryepes.blogs.upv.es/2016/11/28/sirve-la-tecnica-del-analisis-del-valor-ganado-evm/>).

## 8.6 Conclusiones

El método de control de la planificación por parte de San Martín se considera apropiado puesto que permite la reasignación de recursos y prioridades para el cumplimiento de los objetivos de tiempo y costo del proyecto al valor más óptimo. Se sugiere, no obstante, el refuerzo del concepto de «valor ganado» en su plantilla laboral.

## Capítulo IX: Programación de Operaciones Productivas

La programación de operaciones productivas en la industria de la construcción y, particularmente en las obras que ejecuta San Martín, es un aspecto de alta importancia, puesto que es la columna vertebral de las estimaciones de fechas y costos de los proyectos.

Asimismo, es una actividad que requiere de un alto grado de experiencia y conocimiento técnico, ya que la estimación de los tiempos y rendimientos de recursos en función de las actividades que se ejecutan es parte fundamental del *know-how* de los ingenieros de la organización. A continuación, se analizarán aquellos aspectos de la programación de operaciones productivas en San Martín y la incidencia en sus resultados.

### 9.1 Optimización del Proceso Productivo

Para la optimización del proceso productivo es clave poder determinar adecuadamente los rendimientos de equipos y personal, así como los ciclos operativos de la maquinaria.

Como un ejemplo de la variabilidad encontrada puede mencionarse que los equipos mecánicos usados en este tipo de obras varían sus rendimientos de acuerdo con las necesidades de trabajo. Asimismo, los rendimientos varían también según el modelo y capacidad de los tipos de máquinas con las que la empresa cuenta, que difieren en su potencia, longitud y dimensiones, entre otros factores.

Por ello, de acuerdo con sus características individuales, cada actividad tiene un rendimiento diferente. Existen varios factores que influyen en la medición del rendimiento de un equipo: dependerá del tipo de obra, material, profundidad de corte, eficiencia del operador entre otros. Es sumamente importante para San Martín contar con profesionales con la experiencia y conocimiento que le permitan determinar los rendimientos adecuados, según cada obra, maquinaria, recurso humano, área geográfica, y demás factores sujetos a variación durante la ejecución.

## 9.2 Programación y Gestión de la Información

Para la programación de las actividades en la construcción de carreteras se emplean típicamente las herramientas PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) y CPM (*Critical Path Method*), que brindan información relacionada con el énfasis que cada gerente de proyecto debe aplicar en la obra según las características, rendimientos y avances de la misma.

La gestión de la información es compartida por las diversas áreas de la empresa y de ella se obtienen ratios de consumo, de horas trabajadas por proyecto y de indicadores que permiten la retroalimentación del proyecto, así como hacia otros proyectos. Para gestionarla, San Martín ha habilitado herramientas informáticas —como su ERP SAP para las tareas de logística y contabilidad— y diversos métodos de almacenamiento en línea de la información de sus diferentes obras. Como complemento, el personal especializado tiene a su disposición compendios de lecciones aprendidas, bibliotecas de rendimientos e históricos de obras.

## 9.3 Propuestas de Mejora

Se propone profundizar en la implementación de la metodología LAP, parte de la filosofía denominada *Lean Construction* (LC), utilizada de manera parcial por San Martín, la cuál mediante una serie de listas de verificaciones, facilita adelantar todos los requerimientos que una obra podría llegar a tener en el corto, mediano y largo plazo, de forma que el uso de esta potente herramienta protege la producción de la obra de los efectos externos a ella.

LAP es una herramienta de planificación de segunda jerarquía basada en la planificación maestra, en la que se genera información para la realización de una planificación a corto plazo, que ayuda al control de la asignación de trabajo. Como producto de la aplicación LAP se obtiene el *Look Ahead Schedule*, que es un cronograma comúnmente utilizado en la industria de la construcción y que resalta las labores a realizar durante el periodo analizado (Caña & Escajadillo, 2006).

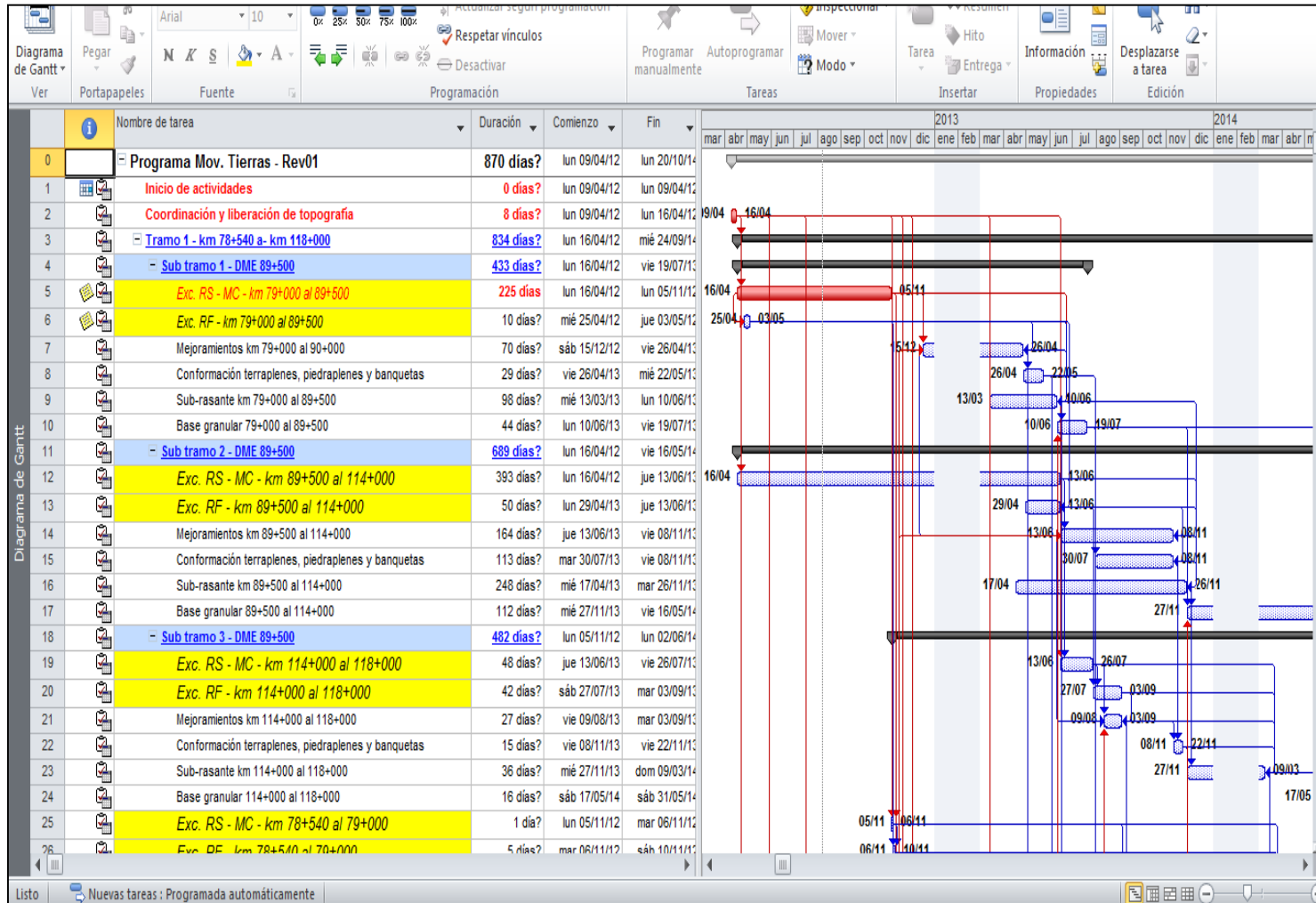


Figura 55. Programación de actividades de movimiento de tierras.

Las ventajas de LAP, según Ramos, Rodríguez y Ríos (2014), son: (a) la planificación de media categoría, entre la planificación maestra de obra y la planificación semanal; (b) la creación de un «escudo» ante posibles restricciones, con tres a cinco semanas de anticipación; (c) prevé los requerimientos de las actividades a realizar en un futuro medio; (d) las actividades que pasan a la planificación semanal son aquellas a las que se les libró de restricciones; y, (e) se incrementa el porcentaje de plan cumplido (PPC) debido a que se disminuye la incertidumbre.

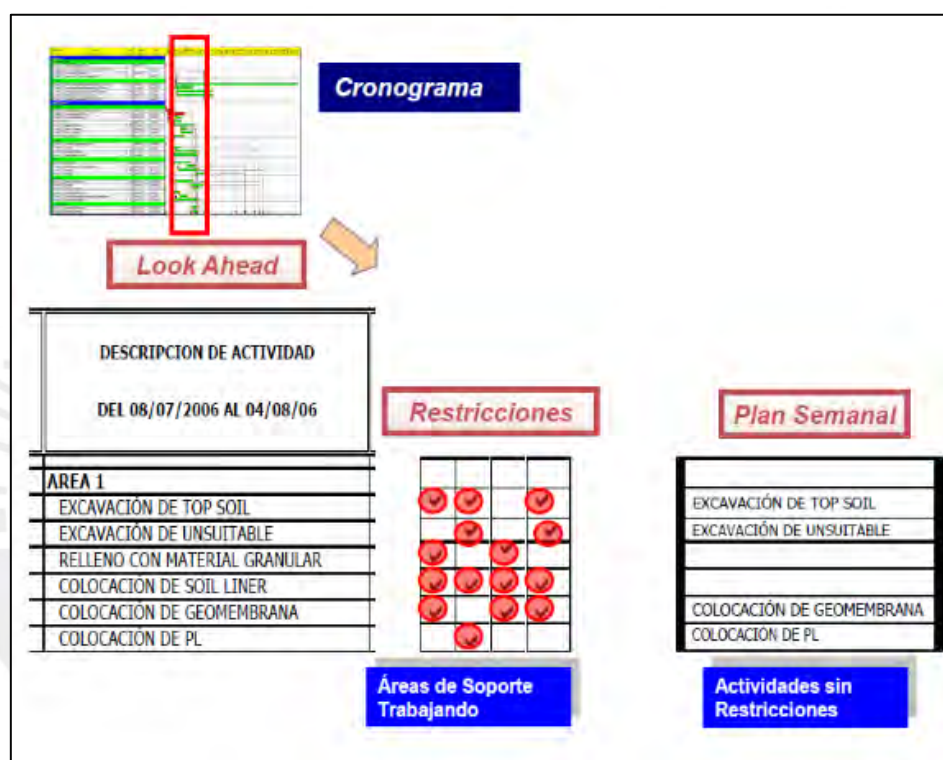


Figura 56. Aseguramiento del flujo de programación de producción. Tomado de *Lean Construction* (p. 13), por C. Guzmán, 2014 ([http://www.cip.org.pe/index.php/eventos/conferencias-ceremonias-y-patrociniros/item/download/135\\_782b7772111ea0075c4cc60ebdc80c26.html](http://www.cip.org.pe/index.php/eventos/conferencias-ceremonias-y-patrociniros/item/download/135_782b7772111ea0075c4cc60ebdc80c26.html)).

#### 9.4 Conclusiones

A pesar de que San Martín aplica de manera diligente las metodologías convencionales de programación de actividades productivas en la industria de la construcción, la implementación de filosofías tipo LC y sus conceptos inherentes serían altamente beneficiosas para la organización, por lo que la empresa debe profundizar sobre este tipo de metodologías, buscando alternativas de generación de valor en sus operaciones.



## Capítulo X: Gestión Logística

La gestión logística de San Martín está comprometida con la eficiencia y eficacia en todas las actividades bajo su responsabilidad. La constante búsqueda de nuevos proveedores y alternativas para el abastecimiento de recursos para las obras es una tarea frecuente, así como la innovación mediante la incorporación de nuevas técnicas de suministro y nuevas tecnologías (C. Urrunaga, comunicación personal, 16 de octubre de 2017).

### 10.1 Diagnóstico de la Función de Compras y Abastecimiento

La función de compras y abastecimiento está integrada en los proyectos desarrollados por San Martín de manera transversal a los requerimientos técnicos del contrato y considera todos los recursos necesarios para implementar la obra —materiales, mano de obra y equipos. Es también responsable de la función de transporte, puesto que se ejecuta mediante la celebración de contratos con proveedores logísticos. Sin embargo, el área funcional logística de la empresa se enfoca exclusivamente en la gestión de materiales, servicios y logística de almacenes y despachos, ya que la mano de obra y la gestión de los equipos de construcción, una vez adquiridos, son encargadas a otras divisiones, por ejemplo, la jefatura de Equipos.



Figura 57. Áreas responsables del control de proyectos.

Tomado del *Manual de Inducción al Sistema Integrado de Gestión* (p. 4), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2014, Lima, Perú: Autor.

La compañía ha definido una serie de documentos que rigen la función logística, en la forma de políticas empresariales, manuales, flujogramas, procedimientos u otro tipo de documentación, listados en el SIG y clasificados según el área al que pertenecen. En la Tabla 13 se muestran, además de los procedimientos de logística, aquellos de capital humano y de gestión administrativa y financiera.

Tabla 13

*Áreas Funcionales del Sistema de Gestión Logística*

ÁREA FUNCIONAL	TÍTULO DEL DOCUMENTO	CÓDIGO	POLÍTICA	MANUAL	FLUJOGRAMA	OTRO
CAPITAL HUMANO	Programa de bienestar social	RHM-PRG-002				x
	Instructivo para elaborar contratos del personal	RHM-ITT-001				x
	Otorgamiento de licencia por maternidad y paternidad	RHM-ITT-002				x
	Instructivo para la solicitud de seguros SCTR y contra accidentes	RHM-ITT-003				x
	Instructivo para uso de papeletas por descaso compensatorio en obras	RHM-ITT-004				x
	Otorgamiento de préstamos	RHM-ITT-005				x
	Instructivo de descargo vacacional	RHM-ITT-006				x
	Instructivo para acceder a la jubilación anticipada	RHM-ITT-007				x
	Instructivo para promociones y movimiento horizontal	RHM-ITT-009				x
	Instructivo descansos médicos	RHM-ITT-010				x
	Asignación de escolaridad	RHM-ITT-011				x
GAF - CIP	Política de calidad	SGC-POL-001	x			
	Manual de control interno y gestión de riesgos	CIP-MAN-001		x		
	Manual del sistema de gestión San Martín	SIG-MAN-001		x		
	Procedimiento para la comunicación	SIG-PRO-011				x
	Procedimiento para la gestión de proyectos de innovación y mejora	SGC-PRO-002				x
	Procedimiento para la elaboración y control de documentos y registros	SIG-PRO-001				x
	Procedimiento de satisfacción del cliente externo/interno	SIG-PRO-003				x
	Procedimiento de auditorías del sistema de gestión San Martín	SIG-PRO-004				x
	Procedimiento de mejora continua	SIG-PRO-012				x
Programa de calibración verificación e inspección de equipos e instrumentos de medición	SIG-PRG-003				x	
LOGÍSTICA - COMPRAS - ALMACENES - TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN	Políticas de regalos de proveedores de bienes y servicios	RHM-POL-002	x			
	Flujogramas de gestión de compras	S/C			x	
	Flujogramas de transporte y distribución	S/C			x	
	Flujogramas de almacén				x	
	Directiva para el traslado de bienes entre las sedes de San Martín	LOG-DIR-001				x
	Procedimiento para la homologación, evaluación y reevaluación de proveedores	LOG-PRO-004				x
	Flujograma de homologación, evaluación y reevaluación de proveedores	LOG-DOC-001				x
	Instructivo para la ejecución de concurso de precios	LOG-ITT-001				x
	Instructivo para el almacenamiento y despacho de combustible	LOG-ITT-002				x
	Instructivo para la recepción control y despacho de bienes en almacén de obras	LOG-ITT-004				x
	Instructivo para solicitar bienes sede central	LOG-ITT-005				x
	Instructivo para la recepción y control de asfalto	LOG-ITT-006				x
	Instructivo para despacho y control de lubricantes	LOG-ITT-007				x
	Instructivo para generar y despachar consignaciones	LOG-ITT-008				x
	Instructivo para conteo cíclico	LOG-ITT-013				x
Instructivo de ajuste de inventarios	LOG-ITT-014				x	
Instructivo de actualización del catálogo de artículos	LOG-ITT-015				x	

Nota. Tomado del *Manual de Gestión para Proyectos de Construcción* (p. 217), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016a, Lima, Perú: Autor.

Todas las interacciones de las áreas de la organización con el área logística se dan vía SAP ERP y, mediante solicitudes de pedido (SOLPED), atiende los requerimientos de compra y abastecimiento de nuevos recursos y materiales generados en el sistema, los que son cargados contra centros de costo creados con presupuestos específicos para cada obra o proyecto. En las SOLPED el área usuaria describe el recurso, la fecha de requerimiento y demás detalles funcionales, con lo que el área logística se encarga del proceso de selección, negociación, generación de orden de compra y de pago y despacho del material.

San Martín cuenta con diversos contratos y acuerdos de precios con grandes proveedores, tanto de material de construcción, elementos de protección personal, ropa de trabajo, maquinaria, combustible y servicios, entre otros. Dichos acuerdos se establecen bajo el modelo de licitaciones, en las que los oferentes cumplen una serie de especificaciones técnicas y compiten económicamente por brindarle sus productos y servicios a la empresa. Estos acuerdos le permiten a San Martín flexibilidad y rapidez en la ejecución de partidas presupuestales de cada proyecto, de manera tal que el área usuaria únicamente solicita mediante códigos específicos los materiales o servicios requeridos para ser provistos de manera ágil por el área de abastecimiento, ya que la etapa de negociación, selección y generación de orden de compra fue realizada de manera previa.

Los principales inconvenientes identificados por el área operativa de San Martín, en relación con su gestión logística, están vinculados a la falta de rapidez para la adquisición de materiales, servicios, equipos y herramientas que no se incluyen dentro de los acuerdos de precios vigentes para la empresa. Un ejemplo usual de ello es la adquisición de servicios de restaurantes y alojamiento en las locaciones remotas adyacentes a las obras que se ejecutan.

## **10.2 Diagnóstico de la Función de Almacenes**

Se analizará la función de almacenes en obra, que es de donde parten los requerimientos para la construcción de carreteras. Todos los proyectos viales ejecutados por

San Martín cuentan con los depósitos o almacenes adecuados para los materiales y equipos necesarios para cumplir con los tiempos previstos en la planificación. El área de almacenes, responsable de la gestión de inventarios, se encarga de realizar las solicitudes a la oficina central logística mediante el sistema SAP; una vez recibidos los pedidos, son inventariados y administrados según sistema kardex —sistema de inventarios en el que se registran los diversos ítems disponibles en almacenes y sus movimientos en una obra—, para control de equipos y herramientas, y vía SAP ERP para el consumo de materiales de construcción.

Durante la ejecución de la obra, el área usuaria —Operaciones— se encarga de establecer si se requieren más materiales —empleando los métodos revisados en el capítulo VIII de este diagnóstico— y, si es así, genera una SOLPED al área de abastecimiento en Lima. De la misma manera, coordina la devolución de materiales excedentes para que estos sean administrados de acuerdo con las políticas establecidas por el área de logística de San Martín.

Los principales inconvenientes identificados por el área operativa de San Martín en lo que a gestión de almacenes se refiere consisten en: (a) inadecuada solicitud de materiales; (b) inadecuada protección de materiales, como los agregados para el concreto —que puede llevar a su contaminación— durante su traslado y despacho en obra; (c) inadecuado control en el uso de los materiales en depósito; y, (d) el extravío o daño de equipos y materiales.

### **10.3 Definición de los Principales Costos Logísticos**

Dentro de los costos logísticos típicos de una obra de construcción se encuentran: (a) los costos unitarios de materiales y artículos, definidos en las partidas de SKU (*Stock Keeping Unit*) del sistema de San Martín; (b) los costos de almacenamiento en obra; (c) los costos de seguros y pólizas TREC (Todo Riesgo Equipo Contratista) sobre los equipos e inventarios; (d) los costos por pérdidas y mermas en el almacenamiento y uso de material; (e) los costos por *stand by* —tiempos muertos no productivos— de equipos y mano de obra; y,

(f) los costos por indisponibilidad de equipamiento, referidos a un mantenimiento mayor o a contrataciones o compras de emergencia a un mayor costo que el normal.

La gerencia operativa de los proyectos viales de San Martín indicó que las principales desviaciones que incurren en costos se refieren a aquellos por indisponibilidad de equipos, que serán analizados en el capítulo XIII del presente estudio, en relación con la gestión de materiales de construcción —seguros, pérdidas, mermas, robos. La gerencia operativa señaló que se cuenta con un alto nivel de control y certidumbre. En cuanto a costos por *stand by*, manifestó que, si estos obedecían a lluvias o fenómenos meteorológicos, se encontraban parcialmente cubiertos y estimados en función de un riesgo predecible; sin embargo, si estaban asociados a conflictos con las comunidades, mítines y bloqueos, sí representaban un altísimo riesgo para el equilibrio económico del proyecto. No obstante, este aspecto, antes de abordarse desde la óptica operativa de la función logística, debe verse desde la negociación de los términos legales de los diversos contratos con los clientes de San Martín.

#### **10.4 Propuestas de Mejora**

Las propuestas de mejora en lo que a la gestión logística se refiere buscan solucionar los inconvenientes identificados en la evaluación realizada. Una de ellas hace referencia a la dificultad para evitar la contaminación de materiales —especialmente agregados— por efecto de lluvias, principalmente. Esta mejora se ha plasmado ya en el capítulo VII, con la instalación de coberturas contra la lluvia que previenen la contaminación por agua de los agregados durante su traslado al punto de mezcla o disposición.

Respecto de la inadecuada solicitud de materiales y de las pérdidas y extravío de equipos y maquinaria, se propone la implementación en obra de las características de control de almacenes del SAP, seguidas de una capacitación al responsable de almacenes sobre el correcto registro de los movimientos de almacén, utilizando la herramienta informática. De

esta manera, se contará con un archivo actualizado y fiel que permitirá un mejor control de los elementos del inventario y su trazabilidad.

Finalmente, se plantea la creación de un procedimiento alternativo que permita, ante excepciones propias y específicas de las áreas remotas donde opera San Martín, la ágil contratación de servicios y la adquisición de productos a empresas regionales vecinas a las unidades. Se debe establecer un nivel de control adecuado para la adquisición de estos servicios y productos que considere la realidad local de estas regiones, fijando límites económicos, plazos máximos y la documentación mínima que se debe presentar para demostrar la probidad del proceso de selección.

### **10.5 Conclusiones**

La gerencia logística de San Martín cuenta con un proceso maduro y robusto que se ha enriquecido en el tiempo por la experiencia en la ejecución de sus servicios y obras. A pesar de esto, padece, aunque en menor medida, de los problemas convencionales de la industria de la construcción —mermas, pérdidas, dificultad para contratar ciertos productos y servicios, entre otros—, aspectos que vienen siendo manejados y que han mostrado mejora con el tiempo. Para dicho efecto se identifican oportunidades de mejora en las etapas de entrenamiento, de infraestructura de planta y diseño de trabajo, de proceso para la contratación de servicios y adquisición de productos y de gestión del mantenimiento.

## Capítulo XI: Gestión de Costos

San Martín necesita un riguroso control de sus costos puesto que las desviaciones económicas en proyectos de tal magnitud pueden generar considerables impactos en las finanzas de la organización. Para realizar dicho control, la empresa lleva un registro por centro de costos en su sistema SAP ERP, alineado a los presupuestos de ejecución de obra estimados durante la fase de la licitación. Los aspectos de la metodología de costeo de San Martín serán abordados en este capítulo.

### 11.1 Costeo por Órdenes de Trabajo

San Martín utiliza, para la determinación de sus costos y consiguiente estimación de ofertas, la metodología de costeo por órdenes de trabajo ya que cada partida unitaria corresponde a las especificaciones del cliente que, a su vez, tiene requerimientos particulares de mano de obra directa, indirecta, equipos, herramientas, materiales, entre otros conceptos. Esto se comprueba con el hecho de que en la elaboración de toda oferta económica el principal sustento es el alcance descrito en los pliegos y en las modificaciones y/o restricciones planteadas en la propuesta técnica presentada; en resumen, la oferta económica se traduce en el compendio de partidas que vienen de: (a) el cálculo del costo de la ejecución directa del futuro proyecto, mediante el análisis de costos o precios unitarios por partida; (b) el cálculo de los costos generales del *staff* de dirección del proyecto; y, (c) el cálculo del riesgo o imprevisto, del gasto de la sede central y de la utilidad o beneficio esperado.

Los cálculos de costo directo y de gasto general de dirección —llamados gastos generales variables— serán responsabilidad del jefe de presupuestos, con el apoyo del gerente del proyecto. Con el análisis de precios unitarios y la hoja de recursos, el jefe de presupuestos responsable elabora los análisis de costos directos para todas las partidas de ejecución. Asimismo, para el cálculo de costos indirectos, tanto el jefe de presupuestos como

el gerente de proyecto analizan la hoja de recursos, el cronograma del proyecto y el organigrama propuesto.



*Figura 58.* Componentes de un proyecto a controlar y balancear.

Tomado del *Manual de Inducción al Sistema Integrado de Gestión* (p. 3), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2014, Lima, Perú: Autor.

Calculados los costos directos e indirectos del proyecto, el jefe de presupuestos responsable, con el soporte del área legal, el jefe de administración de riesgos y contratos y los líderes funcionales, procede a realizar el análisis cuantitativo de riesgos y programa de mitigación, que se podrá generar durante la ejecución del proyecto en concurso y que no se reflejan en los costos directos ni en los gastos generales. Este análisis se traduce en una matriz y una provisión presupuestaria para la mitigación de posibles imprevistos durante la ejecución del proyecto. Del mismo modo, el gerente legal y el jefe de administración de riesgos y contratos revisan el modelo de contrato para evaluar las consideraciones y condiciones comerciales a establecer en caso de adjudicación.

A partir del desarrollo del costeo directo de las diferentes partidas unitarias se obtiene un desglose de los elementos que afectan el costo de una determinada tarea en función de su rendimiento y cantidades en la obra a ejecutar. Ejemplos de dichas estimaciones de costo directo en San Martín se aprecian en la Tabla 14, Tabla 15 y Tabla 16. En la Tabla 14 se muestra el desglose de partidas unitarias para el desarrollo de encofrados hacia cada tipo de recurso.



Tabla 14

*Costos Unitarios de Encofrado CNV*

Partida	1004.B	ENCOFRADO CNV		Costo unitario directo por: m <sup>2</sup>			64.37
Rendimiento	m <sup>2</sup> /DIA	MO. 14.0000	EQ. 14.0000				
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0571	21.81	1.25	
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.5714	16.78	9.59	
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.5714	14.24	8.14	
0147010004	PEON	hh	2.0000	1.1429	12.84	14.67	
							<b>33.65</b>
	<b>Materiales</b>						
0202010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.2500	4.11	1.03	
0202040064	ALAMBRE NEGRO NACIONAL# 8	kg		0.2500	3.18	0.80	
0230010098	DESMOLDADOR PARA MADERA	gl		0.0500	21.67	1.08	
0243010003	MADERA TORNILLO	p2		6.0000	3.80	22.80	
0245010002	TRIPLAY DE 19 mm	pln		0.0350	95.22	3.33	
							<b>29.04</b>
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	33.65	1.68	
							<b>1.68</b>

Nota. Tomado de *Listado de Partidas de Construcción: Carretera Puerto Súngaro*, por S. Huaroto, 2017b.

En la Tabla 15 se presenta un ejemplo similar al anterior, pero en costos de servicios especializados de topografía y georeferenciación. Se pone de manifiesto la diferencia en la complejidad de las partidas al ser una actividad que demanda una mayor especialización y precisión.

Tabla 15

*Costos Unitarios de Topografía y Georeferenciación*

Partida	102.A	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION		Costo unitario directo por: km			2,135.59
Rendimiento	km/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000				
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	<b>Mano de Obra</b>						
0147000032	TOPOGRAFO	hh	1.0000	8.0000	21.81	174.48	
0147010004	PEON	hh	0.2500	2.0000	12.84	25.68	
0147030091	NIVELADOR	hh	1.0000	8.0000	16.78	134.24	
0147410001	AYUDANTE TOPOGRAFIA	hh	3.0000	24.0000	12.84	308.16	
0147410002	AYUDANTE NIVELADOR	hh	3.0000	24.0000	12.84	308.16	
							<b>950.72</b>
	<b>Materiales</b>						
0202010061	CLAVOS DIFERENTES MEDIDAS	kg		0.0307	4.22	0.13	
0202130021	CLAVOS PARA CALAMINA	kg		8.1883	6.34	51.91	
0203020003	ACERO CORRUGADO	kg		1.1754	3.30	3.88	
0243010003	MADERA TORNILLO	p2		1.9652	3.80	7.47	
0245010002	TRIPLAY DE 19 mm	pln		0.1228	95.22	11.69	
0254110090	PINTURA ESMALTE	gl		0.2149	33.57	7.21	
							<b>82.29</b>
	<b>Equipos</b>						
0330550056	NIVEL	hm	1.0000	8.0000	3.75	30.00	
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	950.72	47.54	
0349960001	ESTACION TOTAL	hm	1.0000	8.0000	120.00	960.00	
							<b>1,037.54</b>
	<b>Subpartidas</b>						
909702010521	CONCRETO CLASE F (F'c=140 KG/CM <sup>2</sup> )	m3		0.1842	353.12	65.04	
							<b>65.04</b>

Nota. Tomado de *Listado de Partidas de Construcción: Carretera Puerto Súngaro*, por S. Huaroto, 2017b.

Finalmente, en la Tabla 16 se incluye el ejemplo de costos unitarios de imprimación asfáltica. En ella se ilustra el impacto de los equipos pesados, como el camión imprimador y el minicargador, en el costo de la partida, evidenciando que los recursos de maquinaria influyen de manera directa y son significativos en los costos de la obra. Por ello es imprescindible controlar su rendimiento de manera especial, guardando especial atención con la disponibilidad operativa de los equipos.

Tabla 16

*Costos Unitarios de Imprimación Asfáltica*

Partida	401.A IMPRIMACION ASFALTICA						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 4,500.0000	EQ. 4,500.0000	Costo unitario directo por: m <sup>2</sup>			1.31
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0018	21.81	0.04	
0147010004	PEON	hh	6.0000	0.0107	12.84	0.14	
						<b>0.18</b>	
	<b>Materiales</b>						
0205560001	ARENA ZARANDEADA	m3		0.0080	65.00	0.52	
						<b>0.52</b>	
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.18	0.01	
0349010002	COMPRESORA NEUMATICA 250-330 PCM, 87 HP	hm	1.0000	0.0018	70.18	0.13	
0349040092	MINICARGADOR 70 HP	hm	1.0000	0.0018	77.96	0.14	
0349310004	CAMION IMPRIMADOR 6 X 2 178-210 HP 2,000 gal	hm	1.0000	0.0018	143.03	0.26	
						<b>0.54</b>	
	<b>Subpartidas</b>						
909702010405	AGREGADO FINO ZARANDEADO	m3		0.0050	13.78	0.07	
						<b>0.07</b>	

Nota. Tomado de *Listado de Partidas de Construcción: Carretera Puerto Súngaro*, por S. Huaroto, 2017b.

Para la obtención de estos costos directos se consideran parámetros salariales y de cargas sociales establecidos en el ordenamiento legal de los países donde opera San Martín y, para el caso específico de la unidad de construcción en el Perú, se consideran los costos y términos de mano de obra establecidos a nivel nacional. Esto es de particular importancia considerando que una gran parte de los contratos de esta unidad de negocio se establecen con el Estado. Los costos de la mano de obra directa, entonces, se determinan según leyes vigentes en el territorio nacional. En el Perú están referidos a la siguiente categorización: (a) capataz, (b) operario, (c) oficial, (d) peón, (e) controlador, y (f) perforista.

En ese orden de ideas, el costo directo viene a ser la sumatoria de los rubros que están sujetos a las disposiciones legales vigentes, tal como indica el manual del SIG de San Martín. Entre dichos rubros se incluyen, de manera obligatoria, aquellos establecidos en el régimen laboral de construcción, entre los que se cuentan los siguientes:

1. Jornal básico: comprende la remuneración básica, basada en el Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil más reciente al momento anterior a la presentación de la oferta.
2. Cargas sociales vigentes.
3. Bonificación Unificada de Construcción (BUC), creada por Resolución Sub-Directoral N° 193-91-SD-NEC del 19 de junio de 1991, y que comprende las bonificaciones de agua potable, desgaste de herramientas y ropa, alimentación y especialización —esta última solo para el operario. La Resolución Directoral N° 155-94-DPSC del 21 de julio de 1994 establece que el BUC es equivalente al 32% de la remuneración básica para el oficial y el peón.
4. Bonificación por movilidad acumulada.
5. Pago por overol.

Asimismo, los costos de los materiales que serán utilizados en cada una de las partidas se determinaron considerando los gastos que involucran su disposición a pie de obra. Por ello, a sus costos de fábrica, sin incluir el impuesto general de las ventas (IGV), se añaden los costos de transporte, de almacenamiento, merma, seguros, entre otros. Para las partidas de equipamiento de construcción se ha elaborado un listado de los equipos mecánicos que intervendrán en las partidas y subpartidas de la obra. Para determinar el pago por este concepto, como parte del costo directo de cada partida, se ha considerado los rendimientos de un equipo mecánico nuevo o semi-nuevo para las condiciones de emplazamiento de la obra. Para los rendimientos se utilizan los listados de rendimiento de

equipo mecánico proporcionados por el MTC. Los costos de comparación empleados para evaluar la competitividad de las partidas en este acápite corresponden a los costos de alquiler horario del equipo mecánico vigentes en el mercado nacional, según publicaciones especializadas —revista Costos, revista Constructivo y revista Chapeco. Tales costos contemplan aquellos de posesión y de operación. Las tarifas definitivas corresponden a todas las máquinas operadas por San Martín, con excepción de los siguientes equipos, que tienen consideraciones especiales para la especificación de su costo directo: (a) martillos neumáticos, (b) vibradores de concreto, (c) fajas transportadoras, (d) mezcladoras de concreto, (e) calentadores de aceite, (f) grupos electrógenos, y (g) motobombas.

En cuanto a los costos indirectos, se considera la mano de obra indirecta —supervisores, gerentes, jefes, personal administrativo— y los gastos de personal indirecto, utilizando para ello salarios de mercado de acuerdo con la regulación legal vigente, horas de trabajo, bonificaciones y aspectos relacionados con los beneficios que recibirá dicho personal, así como los costos de capacitación, entrenamiento y demás aspectos laborales para la gestión del personal. Finalmente, la sumatoria de costos directos e indirectos se ve afectada por la suma de los gastos generales de la sede central, de acuerdo con la estimación de *overhead* —gastos administrativos— determinada por Lima, y por los porcentajes de riesgo y beneficio estipulados por la gerencia de San Martín, según el servicio que se encuentre en proceso de licitación (San Martín, 2016).

## **11.2 Costeo Basado en Actividades**

A la fecha San Martín no ha implementado un costeo basado en actividades para la valorización de sus obras. En gran parte puesto que las licitaciones estatales se establecen bajo el modelo de precios unitarios, que se ajusta más al modelo de costeo por órdenes de trabajo.

### **11.3 Costeo de Inventarios**

Se aplica el costo promedio ponderado, que reconoce que los precios varían según se adquieren las mercancías durante el periodo. Para el caso de San Martín, el costeo de inventarios solo tiene relevancia en los estados contables de la empresa, valorizando así las existencias en materiales de construcción. Ya que el objeto de la empresa es valorizar las actividades ejecutadas, incluyendo materiales, no se puede hablar de inventario de producto terminado como en otro tipo de industrias.

### **11.4 Propuestas de Mejora**

La gerencia de proyectos de San Martín expresa su interés por la evaluación de un método de costeo basado en actividades, ya que esta metodología no solo le permite estimar los costos del contrato sino también evaluar la productividad y nivel de aporte de cada una de las funciones administrativas de la organización. El hecho de que contractualmente se soliciten tablas de partidas que coinciden en mayor medida con un costeo por órdenes de trabajo le ha quitado prioridad a esta iniciativa. En todo caso, una evaluación mediante este tipo de costeo, realizada de manera paralela, únicamente con el objetivo de corroborar los resultados y el nivel de aporte brindado por las áreas funcionales, sería de alto interés para los objetivos de análisis de la gerencia. Además, se plantea la incorporación de los CPI de manera desagregada por partida unitaria y su revisión diaria, aprovechando para ello el tablero de control de obra que se actualiza periódicamente. Actualmente el CPI se evalúa de manera global en el proyecto, no pudiendo apreciar el efecto económico de las desviaciones por cada partida unitaria involucrada.

### **11.5 Conclusiones**

San Martín ha implementado un método de costeo basado en órdenes de trabajo, que se adapta a las necesidades actuales de sus clientes, ya que los resultados y la estructura empleada para este costeo son el principal insumo para las ofertas técnico-económicas que

presenta la empresa. Dichas ofertas consideran costos directos de mano de obra, equipos y materiales, costos indirectos de supervisión y administración, gastos generales, imprevistos y un margen de beneficio. Finalmente, se sugiere la incorporación del indicador CPI de manera desagregada por partidas unitarias, controlando, así, partida a partida las posibles desviaciones que llegaran a presentarse.



## Capítulo XII: Gestión y Control de la Calidad

Las operaciones productivas de San Martín tienen un altísimo componente de control, supervisión e inspección dada la exposición mediática de las actividades de construcción vial ante la opinión pública y los organismos de control. Para gestionar los riesgos derivados de la complejidad de sus obras, San Martín se soporta en su SIG, que recoge su *know-how* acumulado y sus mejores prácticas de ingeniería.

### 12.1 Gestión de la Calidad

San Martín cuenta con un sistema de gestión de la calidad basado en la normativa ISO 9001 en su versión de 2008, que se encuentra incluido en un SIG organizacional que, a su vez, comprende las normativas ISO 14001 en su versión de 2004, enfocada en la gestión ambiental, y la normativa OHSAS 18001 en su versión de 2007. La empresa se ciñe al cumplimiento de los numerales de la norma ISO 9001 en sus diferentes puntos, al cumplimiento de la legislación local y a la aplicación de mejores prácticas adquiridas durante el tiempo y reflejadas en su manual del SIG.

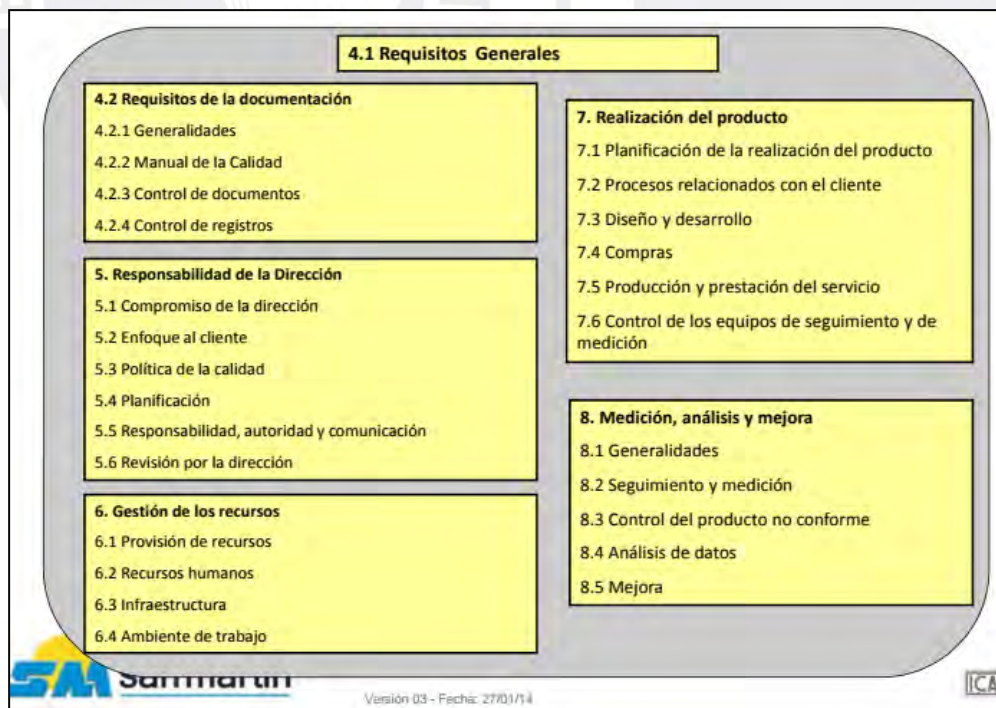
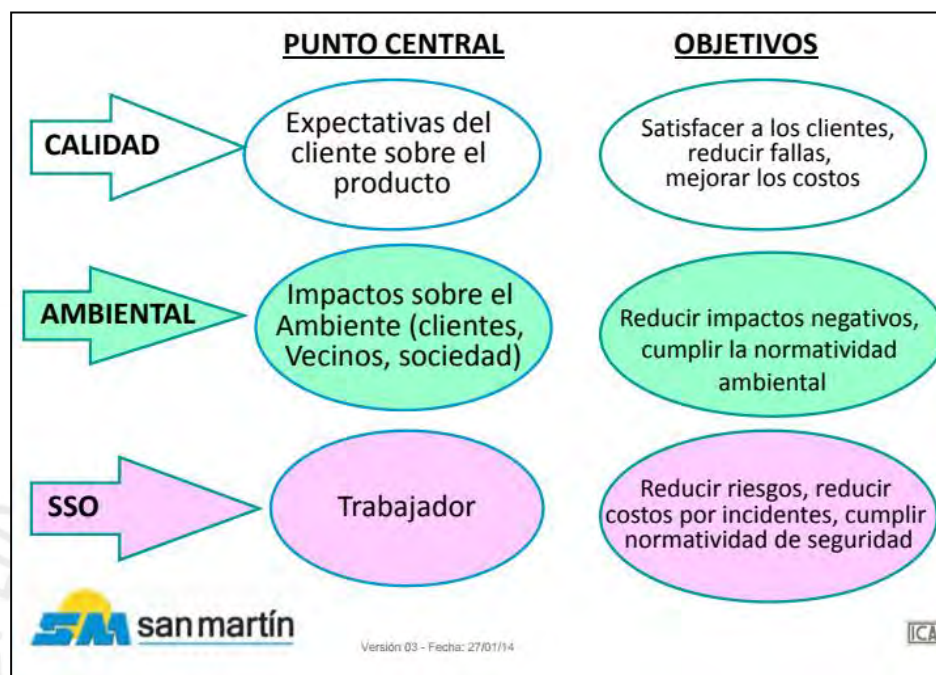


Figura 59. Estructura ISO 9001:2008.

Tomado del *Manual del Sistema Integrado de Gestión* (p. 7), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016b, Lima, Perú: Autor.

De la misma manera, incorpora los puntos de las normativas ISO 14001 y OHSAS 18001, contando así con un marco de ejecución robusto e integral que aporta valor a las obras de San Martín. Para cada sistema, el SIG tiene unos objetivos establecidos, de manera tal que obtiene lo mejor de cada sistema y alinea sus fortalezas a las intenciones operativas de la organización.



*Figura 60.* Comparación entre los sistemas de gestión. Tomado del *Manual del Sistema Integrado de Gestión* (p. 23), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016b, Lima, Perú: Autor.

Dentro de las políticas del SIG de San Martín se encuentran: (a) de calidad; (b) de seguridad, salud, ambiente y responsabilidad; (c) social; y, (d) de protección al trabajador. El SIG también contempla los siguientes complementos documentales: (a) manual del SIG; (b) mapa de interacción de procesos; (c) política de SSA vs. objetivos e indicadores de gestión de SSA para sede central, taller central y cada una de las obras; (d) política de calidad vs. objetivos e indicadores de gestión de la calidad para sede central, taller central y cada una de las obras; (e) programa de seguridad, salud y ambiente para sede central, taller central y cada una de las obras; y, (f) reglamento interno de seguridad, salud y ambiente, código SSA-MAN-001.



La política de calidad de San Martín es el bastión del aseguramiento de la calidad de los productos y servicios ofrecidos por la empresa, soportada en la metodología PHVA — planear, hacer, verificar, actuar—, también conocida como el ciclo Deming. En ella se establece explícitamente el compromiso con la mejora continua organizacional:

Somos una empresa que brinda servicios de minería y construcción, cuyo compromiso es la satisfacción de nuestros clientes, a través del cumplimiento de los requisitos pactados y el marco legal vigente, así como la mejora continua de nuestro sistema de gestión de calidad. (San Martín, 2016b, p. 32)

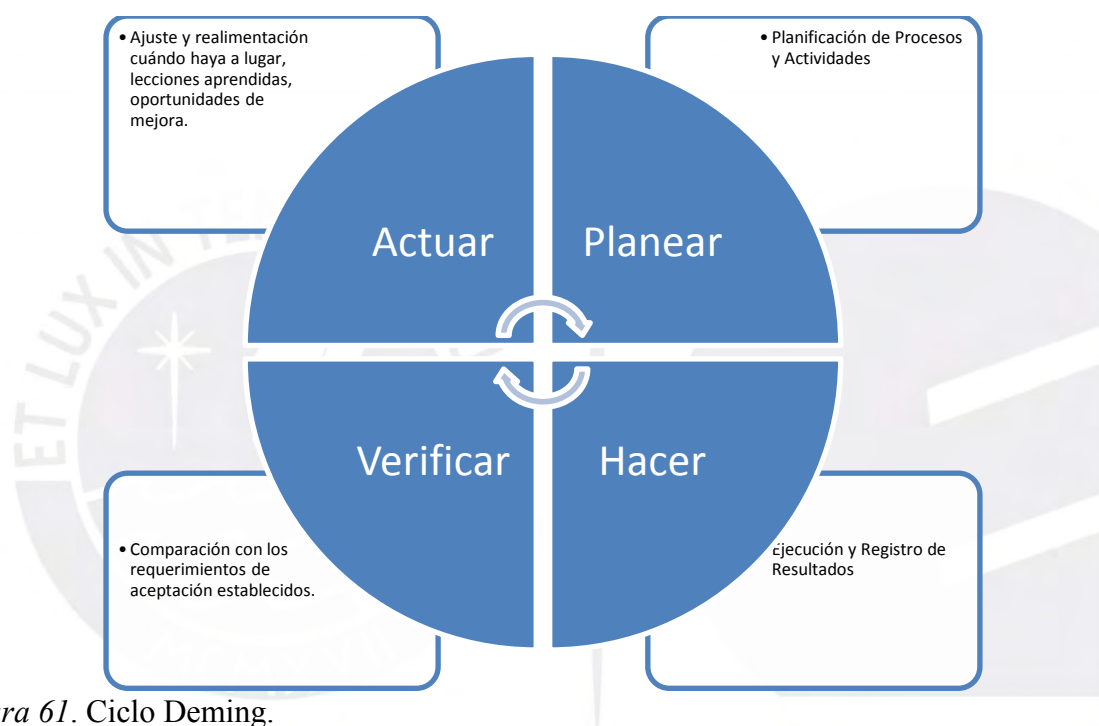


Figura 61. Ciclo Deming.

## 12.2 Control de la Calidad

El control y aseguramiento de la calidad en San Martín se implementa por medio de los procedimientos y lineamientos establecidos en el SIG, que se encuentran enmarcados bajo el concepto de «gestión de control del proyecto» en los bloques funcionales de la función «operación» de los mapas de procesos, tanto de la unidad de negocio de Minería como de Construcción. Como parte de dicha gestión, se controla y asegura que los criterios de aceptación establecidos en los proyectos de la empresa se cumplan mediante diversos

protocolos de inspección y evaluación. No solo se verifica que los aspectos técnicos de un proyecto se cumplan, sino también aquellos relacionados con la preservación de la integridad de los trabajadores —seguridad industrial y salud ocupacional— y medio ambiente. Ello se refuerza con la implementación de programas periódicos de auditoría en el SIG y de herramientas para el tratamiento, análisis y gestión de productos no conformes.

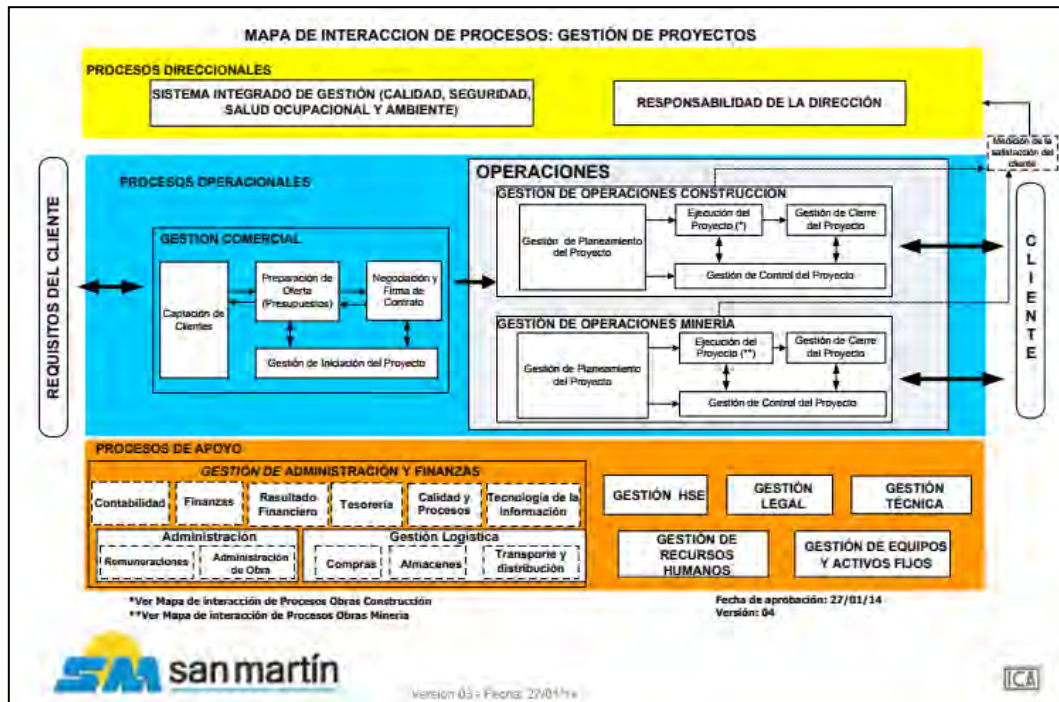


Figura 62. Mapa de interacción: gestión de los proyectos. Tomado del *Manual del Sistema Integrado de Gestión* (p. 35), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016b, Lima, Perú: Autor.

Finalmente, la medición de la satisfacción de la calidad del cliente, se da gracias al procedimiento SGC-PRO-003, en el que, con base anual, se aplica una encuesta a los clientes sobre el desempeño de San Martín, proceso adicional al sistema de alertas por indicadores de control que se llevan en el *balanced scorecard* de la organización y de cada uno de los proyectos. Este procedimiento, se repite tanto en la unidad de negocio de Minería como en la de Construcción, como se muestra en la Figura 63.

A continuación, se listan algunos de los documentos empleados para el aseguramiento y control de la calidad, así como de parámetros ambientales y de seguridad industrial en los proyectos de San Martín:

1. Reglamento interno de seguridad, salud y ambiente, código SSA-MAN-001.
2. Procedimientos documentados, procedimiento escrito de trabajo seguro (PETS), estándares, permiso escrito para trabajo de alto riesgo (PETAR), análisis de trabajo seguro (ATS), entre otros —ver lista maestra de documentos y formatos, código SIG-FOR-004 y lista maestra de registros SIG-FOR-001 para la sede central, taller central y cada una de las obras.
3. Procedimiento para el manejo de residuos sólidos para la sede central, taller central y cada una de las obras.
4. Procedimiento de inspecciones para la sede central, taller central y cada una de las obras.
5. Procedimiento de salud ocupacional para la sede central, taller central y cada una de las obras.
6. Procedimiento para la investigación de incidentes, para plan de calidad de minado para las obras de minería y plan de calidad de proyectos de construcción.
7. Procedimiento para la identificación y evaluación de aspectos ambientales para la sede central, taller central y cada una de las obras.
8. Matriz de identificación y valoración de aspectos ambientales para la sede central, taller central y cada una de las obras.
9. Procedimiento para la identificación de peligros, evaluación y control de riesgos para la sede central, taller central y cada una de las obras.
10. Procedimiento para el monitoreo de aguas, ruido, emisión de gases, polución, vibraciones, en el caso de las obras, según aplique.
11. Programa de calibración y verificación de equipos e instrumentos de medición para la sede central, taller central y cada una de las obras.
12. Procedimiento de medición de satisfacción del cliente, código SGC-PRO-003.

13. Política de calidad vs. objetivos e indicadores de gestión de la calidad, para la sede central, taller central y cada una de las obras.
14. Política de SSA vs. objetivos e indicadores de gestión de SSA para la sede central, taller central y cada una de las obras.
15. Programa de seguridad, salud y ambiente para la sede central, taller central y cada una de las obras.
16. Procedimiento de control de no conforme, código SGC-PRO-001.
17. Plan de preparación y respuesta a emergencias para la sede central, taller central y cada una de las obras.
18. Procedimiento para la investigación de incidentes para la sede central, taller central y cada una de las obras (ambiental y SSO).
19. Procedimiento para el control y tratamiento de acciones correctivas y preventivas, código SIG-PRO-005.
20. Programa de auditorías del SIG, código SIG-PRG-001.
21. Procedimiento de auditorías del SIG, código SIG-PRO-004.

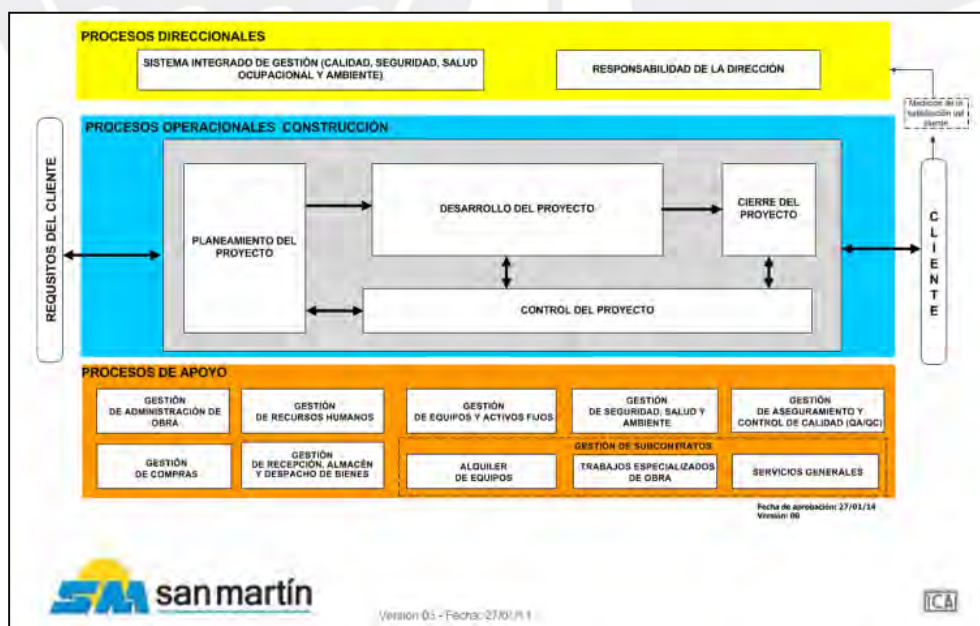


Figura 63. Mapa de interacción: obras de construcción.

Tomado del *Manual del Sistema Integrado de Gestión* (p. 37), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016b, Lima, Perú: Autor.

### **12.3 Propuestas de Mejora**

Las operaciones de San Martín involucran riesgos y peligros de todo tipo —proceso, seguridad, medio ambiente, calidad—, que son analizados como parte del proceso de estimación de ofertas económicas y al momento de ejecutar todas las actividades de la organización. Sin embargo, el sistema de gestión de la calidad como tal no está orientado desde su concepción para la identificación, análisis y evaluación de riesgos, a diferencia de las normativas ISO 9001 en su versión de 2015 e ISO 14001 también en su versión de 2015. Asimismo, el hecho de que las normativas en su versión 2008 serán declaradas obsoletas a partir del 14 de septiembre de 2018 (“Fecha límite de validez”, 2015) representa un riesgo comercial para San Martín, por efecto de la pérdida de vigencia de sus certificaciones y consiguiente deterioro de su calificación técnica en aquellos procesos de contratación que exigen empresas certificadas o que, en su defecto, asignan un mayor puntaje en las licitaciones por ello. Por lo tanto, es recomendable la revisión integral de todo el SIG de San Martín sobre la base de las nuevas normativas, actualizando aquellos aspectos requeridos por las nuevas normas y programando una auditoría de certificación que, además de actualizar las buenas prácticas de la empresa, la habiliten de cara a futuros procesos contractuales que exijan las referidas certificaciones.

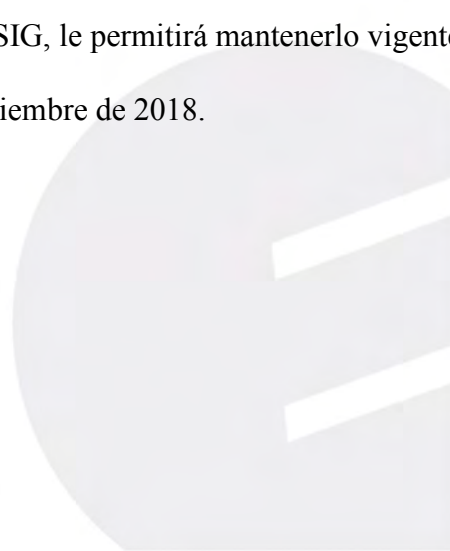
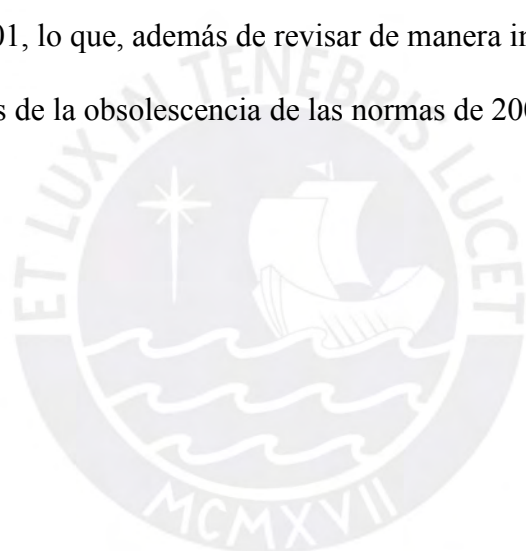
Durante este proceso de recertificación bajo una nueva norma, San Martín deberá evaluar las caracterizaciones y flujos de sus procesos, así como sus políticas y prácticas. Esta es una excelente oportunidad para implementar las oportunidades de mejora plasmadas en este diagnóstico, proceso que requiere del compromiso de la dirección, expresado en tiempo y recursos, para acometer el propósito de certificarse bajo la nueva versión de las normas.

### **12.4 Conclusiones**

San Martín cuenta con un SIG basado en la calidad, el medio ambiente, la seguridad y la salud ocupacional. Para la gestión de la calidad la empresa aplica el ISO 9001:2008; para

la gestión de la seguridad y la salud ocupacional, la normativa OHSAS 18001; y, para la gestión ambiental, la norma ISO 14001. La política de calidad de San Martín se compromete a la mejora continua organizacional con base en el ciclo Deming, que consiste en las fases de planificar, hacer, verificar y actuar.

Para controlar los productos desarrollados y asegurar el cumplimiento de la política de calidad, la compañía cuenta con un conjunto de registros y documentos que expresan y procedimentan todos los protocolos a seguir para ejercer la función de control. Dentro de ellos destacan los procedimientos de medición de la satisfacción del cliente y la gestión de desviaciones sobre el *balanced scorecard*. Finalmente, se recomienda la actualización de las certificaciones de San Martín a la nueva versión de 2015 de las normas ISO 90001 e ISO 14001, lo que, además de revisar de manera integral el SIG, le permitirá mantenerlo vigente antes de la obsolescencia de las normas de 2008 en septiembre de 2018.



## **Capítulo XIII: Gestión del Mantenimiento**

Para San Martín la disponibilidad de su flota operativa de equipos de construcción es de altísima importancia, ya que tiene una incidencia directa y relevante sobre los costos de sus partidas unitarias, tal como se expuso en la Tabla 16. Por ello, el análisis, evaluación e identificación de oportunidades de mejora asociadas al mantenimiento de los equipos es crucial con el fin de incrementar su disponibilidad para los proyectos.

### **13.1 Mantenimiento Correctivo**

Durante el desarrollo de este diagnóstico, en repetidas oportunidades, personal de San Martín estableció que una de sus principales preocupaciones por desviaciones en el cronograma y en el costo de un proyecto estaba relacionada con la indisponibilidad de equipamiento propio y alquilado. Se recogió, por ejemplo, que la indisponibilidad de maquinaria llegaba incluso a superar el 30% del parque de equipos disponible en cada obra (S. Huaroto, comunicación personal, 2 de noviembre de 2017). Ante la estadística, la respuesta común señaló como causa a las fallas repentinas en componentes mecánicos, que se agravaban por los largos tiempos que tomaban las reparaciones a raíz de la ausencia de repuestos en sitio y a la demora en su procura y envío a obra. Se evidencia una problemática en la atención de mantenimientos correctivos a raíz de la falta de refacciones para ejecutarlos y una prevalencia de este tipo de mantenimiento en el día a día de las operaciones de San Martín.

### **13.2 Mantenimiento Preventivo**

Dado el excesivo empleo de mantenimiento correctivo, se procedió a evaluar el flujo de actividades para la ejecución de la función mantenimiento preventivo en sitio, descrito a continuación:

1. El jefe de equipos, quien es el responsable de monitorear y controlar el requerimiento, movilización, mantenimiento y disponibilidad de los equipos

móviles necesarios para la fase de ejecución del proyecto, elabora un plan de gestión de equipos en fase de planificación, que forma parte del plan de ejecución del proyecto (PEP). El mismo debe establecer un programa de movilización y mantenimiento de los equipos que permita atender oportunamente los requerimientos del área de producción, según el cronograma y en cuanto a disponibilidad, tipo y capacidad de equipos.

2. El jefe de equipos elabora el programa semanal de mantenimiento, en el que se asigna personal y se solicitan los equipos disponibles al gerente de proyecto para proceder con el mantenimiento.
3. Simultáneamente, se programan las inspecciones de equipo, que generan órdenes de trabajo y *backlog* de repuestos, los que serán incluidos en los próximos mantenimientos, dependiendo del nivel de urgencia. Además, se planifica la compra y disposición de repuestos por almacén para cumplir con el mantenimiento programado.
4. Semanalmente, el gerente de proyecto, en coordinación con el jefe de equipos, valida el programa de mantenimiento para asegurar la disponibilidad de equipos requeridos por la operación. De estar conforme, se envía por correo el programa de mantenimiento; caso contrario, coordina la postergación o el adelanto del mantenimiento del equipo observado.
5. Finalmente, el jefe de equipos procede a realizar las actividades programadas, registrándolas en el programa semanal de mantenimiento.

Se solicitaron registros del plan de mantenimiento preventivo de sus equipos, del programa semanal de mantenimiento preventivo —que pueden ser apreciados en los apéndices de este diagnóstico— y de los mantenimientos correctivos realizados y las causas que los originaron. A partir del análisis efectuado, se halló lo siguiente:



1. Los planes de mantenimiento existentes se enfocan en actividades de cambios de aceite, filtros y en inspecciones generales del sistema eléctrico y servicios auxiliares del equipo, dejando sin especificación la programación de mantenimientos preventivos sobre componentes críticos —motor, transmisión, frenos, sistema hidráulico, entre otros—, a pesar de que en los programas de mantenimiento revisados se evidencia que sí se realizan este tipo de mantenimientos. Queda a juicio del personal técnico las actividades a ejecutar en un mantenimiento preventivo, soportándose para ello en los manuales del fabricante.
2. El insumo principal para la compra de repuestos y refacciones no es el plan de mantenimiento de los equipos, sino el programa de mantenimiento semanal realizado sobre la base de las inspecciones realizadas por el personal técnico. De esta manera, el área de logística de San Martín cuenta con muy poco tiempo para la compra y envío de dichos elementos, lo que se traduce en constantes reprogramaciones de actividades de mantenimiento. Asimismo, el *stock* de repuestos en sitio es muy limitado, ya que considera únicamente partes menores y consumibles —filtros, lubricantes, accesorios menores—, limitando la capacidad de respuesta del área técnica de mantenimiento ante fallas repentinas, que ocurren frecuentemente por efecto de la constante reprogramación de los mantenimientos preventivos.
3. No existe un proceso de mantenimiento basado en la mejora continua, ya que las fallas y eventos que se presentan en los equipos no son analizadas y evaluadas, con el ánimo de hallar la raíz de estas situaciones y proponer consiguientes acciones de mejora.
4. No se evidenciaron registros de las causas de los mantenimientos ejecutados.

### 13.3 Propuestas de Mejora

San Martín cuenta con una flota de activos típicos y recurrentes. Esta baja variabilidad en la cantidad de activos hace viable la ejecución de un estudio de RCM para la actualización del plan de mantenimiento de sus equipos, así como del *stock* de repuestos a disponer. Este estudio le permitirá a la compañía reducir la recurrencia de mantenimientos correctivos en sus activos, e incrementar su disponibilidad. Para la ejecución de dicho estudio se recomienda la aplicación de las guías de Moubray (2004), tal como se aprecia en la Tabla 17, considerando como insumo la ejecución del análisis de modos de fallo y sus efectos (AMFE) y sugiriendo para ello el formato de la Tabla 18 (Moubray, 2004).

No obstante, para que dicho estudio pueda aprovecharse en todo su potencial y las mejoras en la función de mantenimiento de San Martín sean evidentes, se hace necesaria la implementación de un sistema de gestión del mantenimiento basado en la gestión integral de activos. Para ello se sugiere la evaluación y posterior implementación dentro del SIG de la empresa de la norma ISO 55000 para la gestión de activos físicos. De esta manera, se consigue la incorporación del elemento de mejora continua en la función mantenimiento.

Tabla 17

#### Metodología RCM

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)	
1	¿Cuáles son las funciones que debe cumplir el activo y cuál es el desempeño esperado en su actual contexto operacional definido?
2	¿De qué forma puede fallar completa o parcialmente el equipo?
3	¿Cuál es la causa origen de la falla funcional?
4	¿Qué sucede cuando ocurre una falla?
5	¿Cuál es la consecuencia de cada falla?
6	¿Qué se puede hacer para prevenir o predecir la ocurrencia de cada falla funcional?
7	¿Qué puede hacerse si no es posible prevenir o predecir la ocurrencia de la falla funcional?

*Nota.* Adaptado de *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad* (p. 7), por J. M. Moubray, 2004, Madrid, España: Ellmann, Sueiro y Asociados.

Tabla 18

*Análisis de Modos de Fallo y sus Efectos (AMFE)*

Nombre de la maquinaria, equipo (título):																		
Responsable (área): Responsable de AMFE (persona):																		
Función o componente del servicio	Modo de fallo	Efecto	Causas	NPSA1	NPSA2	NPSA3	Método de detección	G gravedad	O ocurrencia	D detección	NPR inicial	Acciones recomend.	Responsable	Acción tomada	G gravedad	O ocurrencia	D detección	NPR final
																		0
																		0
																		0
																		0
																		0
																		0
																		0
																		0
																		0

Nota. Adaptado de *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad* (p. 7), por J. M. Moubrey, 2004, Madrid, España: Ellmann, Sueiro y Asociados.

### 13.4 Conclusiones

San Martín cuenta con un área de mantenimiento en sitio liderada por su jefe de equipos, cuyo principal objetivo es el de mantener altos niveles de disponibilidad para los equipos y maquinarias productivas en las obras que ejecuta la empresa. Sin embargo, los altos niveles de mantenimiento correctivo y la alta indisponibilidad de equipos en obra, que llega incluso a superar el 30% de la cantidad de activos disponibles, evidencian la necesidad de fortalecer esta función. Para ello, se analizó el flujo actual del área de mantenimiento, mostrando oportunidades de mejora plasmadas en el capítulo anterior, siendo la más importante de ellas, la incorporación en el SIG de San Martín de un sistema de gestión de activos físicos según normativas internacionales. Sobre ello se podrán aplicar todas las mejoras que requiere el área de mantenimiento de la empresa para incrementar la productividad en sus obras por efecto de la disponibilidad de la maquinaria. Dicho aumento en la productividad de su parque automotor supondría un ahorro del 1.64% del valor de la obra “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Puerto Súngaro – Dv. San Alejandro, tramo: km. 20–50”, estimado en S/ 386 millones, como consecuencia del ahorro en costos por recursos: equipos, operadores y mantenedores, que no pudieron emplearse en la ejecución de la obra a raíz de su indisponibilidad.

## Capítulo XIV: Cadena de Suministros

El concepto de cadena de suministro es mucho más complejo que los de logística y planeamiento agregado dado que, además de contemplar la acción del suministro en las diferentes etapas del proyecto —logística— y del control de la ejecución para disponer de más recursos cuando sea necesario —planeamiento agregado—, también aborda de manera holística la estrategia empresarial de las organizaciones, analizando la manera en la que la empresa y su entorno deben alinearse para conseguir sus metas y objetivos corporativos.

### 14.1 Definición del Producto

El *core* de la unidad de negocio de Construcción consiste en brindar servicios de construcción y rehabilitación de carreteras; obras industriales; obras hidráulicas, como presas, diques y canales; movimiento de tierras para servicios mineros, como plataformas, canchas de lixiviación, vías de acarreo, vías de servicio, habilitación de botaderos y depósitos; y, movimiento de tierras para servicios no mineros, como habilitación de grandes áreas agrícolas, presas de tierra, entre otros. El proceso empieza desde la petición del cliente, la elaboración de la propuesta técnico-económica, el planeamiento para la ejecución de la obra, el proceso de cierre, el control y seguimiento que sigue a lo largo de todo el proceso de construcción y la entrega del producto con conformidad por el cliente y el servicio posterior a la venta.

La unidad de negocio de Construcción viene participando en procesos que convoca el Estado, vía el modelo de OxI. Este sistema incluye, además de la ejecución de la obra, su diseño, lo que incrementa a su cadena de suministros los especialistas en elaboración de diseño y especificaciones técnicas para la entrega del producto final.

### 14.2 Descripción de las Empresas que Conforman la Cadena de Abastecimiento

La cadena de suministros de San Martín es amplia y sus actores participan de manera directa o indirecta para satisfacer al cliente final. En su portafolio de proyectos se tiene

identificado a clientes clave —quienes acompañan a la empresa desde su fundación—, que conforman los receptores finales del producto: UNACEM, Minsur y Buenaventura, a quienes se ha sumado Shougang Hierro Perú, Antamina, Cerro Verde, Tahoe, Cementos Pacasmayo, Grupo Hochschild, Perú LNG, Chinalco, Coimolache, por mencionar a algunos; aparte del Estado peruano, representado por el MTC, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL), gobiernos regionales y municipales, para lo que participa en procesos de licitación publicados en el portal del Organismo Supervisor de Contrataciones Estatales (OSCE). Para la captación de clientes y negocios, San Martín realiza el contacto comercial, para luego levantar información complementaria para participar en el proyecto, presentar la oferta técnico-económica, integrar y aprobar la oferta, adjudicarse el proyecto y firmar el contrato.

Para atender los requerimientos de sus clientes, cuenta con una extensa red de proveedores, distribuidores, fabricantes y transportistas a lo largo de todo el territorio nacional; así como empresas especializadas para cada tipo de trabajo, en acero estructural, concreto, encofrados, entre otros; para la compra de materiales, como acero, cemento, madera, líquido asfáltico, combustible, pintura, elementos de protección personal, uniformes, traslado de insumos y materiales; y, para la ejecución de determinadas actividades que no efectúa como contratista principal.

Se identificó a empresas fabricantes, como UNACEM, Aceros Arequipa, Ulma Encofrados, Peri, Tecnología de Materiales (TDM), Sider Perú; distribuidoras de combustible, como Repsol y Primax; distribuidoras de insumos, como la red de ferreterías y establecimientos comerciales en todas las zonas de ejecución de obras; operadores logísticos de transporte para el traslado de insumos y alquiler de equipos, como Transportes Vílchez, JHJ, Transportes Milagros, Unimac, Ferreyros, Car Rental y Komatsu; empresas

subcontratistas especializadas, como Chávez Contratistas, Inversiones Metálicas, Samayca, Prucil Contratistas, Lual Contratistas, CRM Contratistas, Ecomin y Disal Perú.

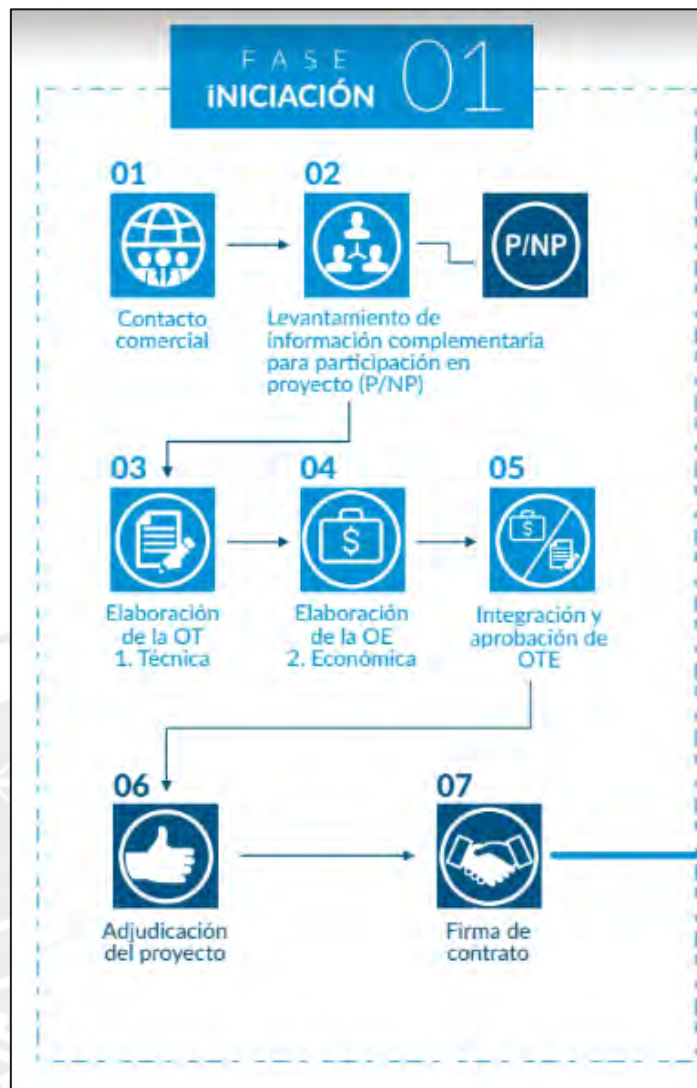


Figura 64. Fase de iniciación de la gestión del proyecto.

Tomado del *Manual de Gestión de Proyectos de Construcción* (p. 16), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016a, Lima, Perú: Autor.

La gerencia de logística tiene identificada a la red de proveedores y de empresas contratistas por especialidad y por capacidad de contratación. De acuerdo con el manual de gestión para obras de construcción, la información sobre la red es entregada al gerente de proyectos como parte de la iniciación del proyecto, una vez adjudicada y otorgada la buena pro. Con esta información, más el presupuesto oferta, el equipo de obra procede al inicio de la planificación y posterior inicio del proyecto. En el proceso de ejecución de las obra, San Martín lleva a cabo sus procesos direccionales —gestión de calidad, seguridad y ambiente,

control interno, responsabilidad de la dirección, planeamiento estratégico—, procesos operacionales —iniciación del proyecto—, gestión de operaciones de la construcción — planificación, ejecución, gestión y cierre del proyecto y gestión del control y seguimiento del proyecto— y los procesos de soporte —financiamiento, garantías y seguros, gestión de tesorería, gestión de recursos humanos, gestión de seguridad, gestión contable, tributaria y estados financieros, subcontratos de administración, plantillas, subcontratos de obra, procesos judiciales, cumplimiento legal, gestión logística, transportes y distribución, mantenimiento y administración de equipos alquilados. Todas las áreas interactúan entre sí y representan al cliente interno, generando entregables y facilitando que el ciclo operativo en obra no se detenga.

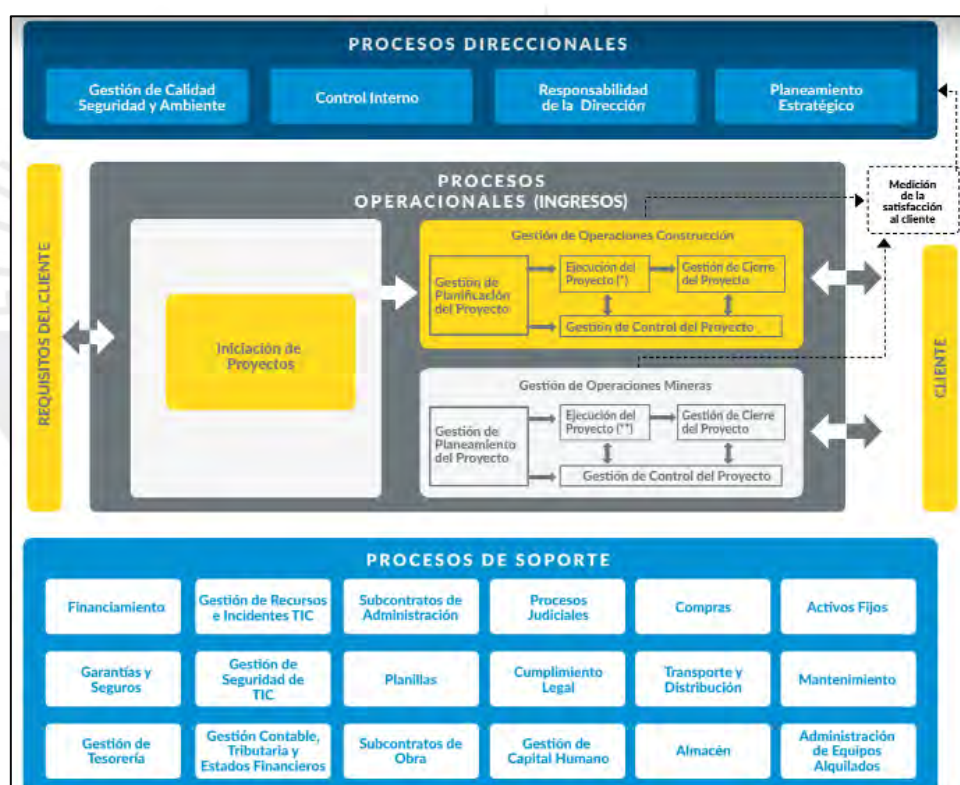


Figura 65. Mapa de interacción de procesos de la unidad de negocios de Construcción. Tomado del *Manual de Gestión de Proyectos de Construcción* (p. 14), por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016a, Lima, Perú: Autor.

### 14.3 Descripción del Nivel de Integración, Tercerización, Alianzas o Joint-Ventures

San Martín emplea el modelo de integración vertical ya que cuenta con dos unidades de negocio: Minería y Construcción. Este hecho, sumado a su fuerte presencia en el sector



minero, con un nivel de facturación que supera los S/ 600 millones anuales, le permite ser un gran consumidor de insumos y materiales, por lo que se efectúan compras corporativas para ser competitivos en el mercado local. Las compras se realizan para productos estratégicos empleados por ambas unidades de negocio, como el petróleo, cemento, acero, servicios de voladuras, servicios medioambientales, proveedores de encofrados y materiales especiales, y mantienen alianzas estratégicas con UNACEM, Repsol, Aceros Arequipa, Ulma Encofrados, TDM, gracias a las que obtienen precios muy competitivos.

La tercerización de ciertas actividades se define de manera específica para cada obra y depende de la estrategia de ejecución del gerente de cada proyecto, pero siempre en coordinación con la gerencia central de logística y de operaciones. Para obras viales se suelen tercerizar servicios de empresas especializadas en ciertos trabajos, como la realización de alcantarillas de concreto armado y de fierro galvanizado, la fabricación y montaje de estructuras metálicas para puentes, la señalización vertical y horizontal sobre la vía, servicios de mecánica especializada de equipos mayores, trabajo de soldaduras, servicios eléctricos para las construcciones, así como el servicio de vigilancia privada para las instalaciones de la sede central y sus oficinas de obra.

El sistema de gestión de abastecimiento de San Martín está estructurado para que todos los requerimientos de compra de insumos, servicios, subcontratación de bienes y obras de especialidad, sean planificados y requeridos por el equipo de obra y dirigidos por el gerente del proyecto a la gerencia de logística, por medio de los administradores de obra y vía el ERP SAP. Los procesos de mayor especialidad, como obras de drenaje, acero, montajes metálicos y servicios de transporte o actividades a nivel de producto terminado, se efectúan mediante concurso —elaboración de bases, consultas, hasta el otorgamiento de la adjudicación—, para lo que cuentan con un administrador de contratos de obra, monitoreado

por el residente y los gerentes de proyecto, de logística y de operaciones de la unidad de negocio de Construcción.

Finalmente, se ha establecido una serie de alianzas estratégicas con empresas constructoras privadas, según requerimientos específicos; por ejemplo, para obras viales desarrolla proyectos en *joint-venture* con las empresas Constructora Málaga y Johe; en servicios de obras industriales mineras, con Fima, con quien se asociaron recientemente para ejecutar el proyecto de la planta de molienda de Tambomayo para la mina Buenaventura. En su proyecto con la minera Yanacocha subcontrató diversos servicios de la empresa comunal Los Sauces Contratistas, aprovechando así la presencia regional de la subcontratista con la finalidad de evitar la convulsión social. En una visita a la obra de la carretera de Tocache – Pizana se verificó que también mantienen alianzas con proveedores de accesorios para maquinaria pesada. En la obra se observó más de 100 volquetes y más de 40 equipos de línea amarilla —cargadores frontales, rodillos, motoniveladoras, excavadoras—, con lo que se evidencia el gran volumen de activos que la empresa posee, por lo que contar con un esquema robusto de compras corporativas se hace indispensable en sus operaciones.

#### **14.4 Estrategias del Canal de Distribución para Llegar al Consumidor Final**

Las estrategias son implementadas por la gerencia comercial mediante un extenso estudio de mercado, con apoyo de consultoras externas como Apoyo. En este proceso se identifican las oportunidades; se participa activamente en *forums*, talleres y seminarios, congreso mineros, de construcción y de equipos, como el acontecido en 2016 en Santiago de Chile; certámenes nacionales e internacionales, en los que se dan a conocer las tendencias en el mundo de la construcción, los sistemas empleados en los procesos constructivos, en los resultados obtenidos y las lecciones aprendidas, así como la implementación de nuevos proyectos. San Martín también participa en licitaciones públicas para obras de construcción

siguiendo los lineamientos del OSCE para contrataciones con el gobierno central, órganos desconcentrados como el MTC y gobiernos regionales y locales.

#### **14.5 Propuestas de Mejora**

Aunque el sistema de compras corporativas de San Martín es amplio y robusto, no es muy ágil en cuanto a selección e incorporación de nuevos proveedores, particularmente, por los estrictos requerimientos en seguridad, salud ocupacional, finanzas y cumplimiento de normatividad legal que deben cumplir los proveedores al inscribirse en San Martín. Ello dificulta la adjudicación y compra de productos y servicios con empresas regionales localizadas en las inmediaciones de las obras que ejecuta la empresa. Es recomendable la incorporación de excepciones en el sistema de gestión de proveedores de San Martín que permitan y viabilicen la participación de estos proveedores en la cadena de abastecimiento de la compañía. Esto no solo generaría efectos en el incremento de la velocidad de aprovisionamiento, sino que también provocaría un positivo impacto social en las comunidades aledañas a las obras que desarrolla la empresa.

#### **14.6 Conclusiones**

San Martín cuenta con una red de abastecimiento robusta y sofisticada, compuesta de actores de diversas industrias a nivel nacional y, por su dimensión, considera para los procesos de abastecimiento una serie de procedimientos y procesos claramente establecidos y rigurosamente aplicados. Ello le brinda control y genera ahorros por volumen y sinergias a la oficina central, pero, a la vez, resta versatilidad a los gerentes de proyecto, considerando el componente regional de las obras que ejecuta San Martín. Por lo tanto, es recomendable evaluar un protocolo alternativo para esta clase de abastecedores.

## **Capítulo XV: Conclusiones y Recomendaciones**

Durante la ejecución de este diagnóstico operativo empresarial se ha podido conocer de primera mano las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que enfrenta San Martín como organización. Reconociendo tales aspectos se identificaron oportunidades de mejora que potencian las fortalezas, mitigan las debilidades, aprovechan las oportunidades y previenen las amenazas; que se sustentan en el estado del arte de la administración estratégica de negocios en la actualidad y conjugan, tanto una visión ética de los negocios, como un enfoque productivo que constantemente está en la búsqueda de beneficios gracias a la función empresarial. En ese orden de ideas, se expresan en este capítulo las principales conclusiones del diagnóstico realizado, así como las recomendaciones a la empresa para que potencie su función empresarial.

Asimismo, se resalta la abierta colaboración y franqueza de los colaboradores y ejecutivos de San Martín, tanto en las unidades operativas de construcción vial como en las oficinas administrativas de Lima, quienes en todo momento estuvieron dispuestos y abiertos para permitir al grupo ejecutor del diagnóstico entender el modelo de generación de valor de la compañía, para así poder evaluar alternativas que le permitan optimizar su gestión y lograr mayores beneficios. Finalmente, se aprovecha para reconocer el valioso aporte que empresas como San Martín ofrecen al país, como generadoras de empleo y desarrollo por medio de la prestación de servicios de calidad a la sociedad.

### **15.1 Conclusiones**

San Martín es una exitosa y reputada empresa peruana con alcance internacional, que cuenta con un robusto y sofisticado SIG, producto de años de experiencia en la ejecución de obras mineras y de construcción. El SIG de San Martín se ve soportado en una estructura organizacional administrativa de apoyo a la operación y es controlado y monitoreado gracias a una serie de herramientas tecnológicas, tales como el SAP ERP, y metodológicas, como la

curva S y la evaluación de coeficientes de desempeño de costos y proyectos CPI y SPI. Todo ello, sumado a una experiencia exitosa en el desarrollo de obras de construcción y a un excelente y nutrido grupo humano de aproximadamente 3,000 colaboradores en todo el país, le ha permitido a San Martín alcanzar resultados económicos admirables en los últimos años, a la vez que genera empleo y desarrollo en el Perú y en los demás países en los que tiene presencia.

No obstante, la empresa, como toda organización, necesita plantear eficiencias y mejoras productivas que generen valor en las operaciones debido a su impacto vital y directo en la rentabilidad del negocio. Todas las mejoras que puedan implementarse en el área de Operaciones significarían un impacto positivo en el negocio, fortaleciendo a la empresa y dotándola de competitividad en los mercados. De acuerdo con el EBITDA mostrado en sus estados financieros (ver Figura 66), es evidente que existe un margen de mejora para la compañía. Es por este motivo que se desarrolló el presente diagnóstico operativo empresarial, que busca identificar estas potenciales mejoras y, gracias a un proceso de entrevistas, análisis y la aplicación de herramientas de la administración, proponer alternativas para llevarlas a cabo.

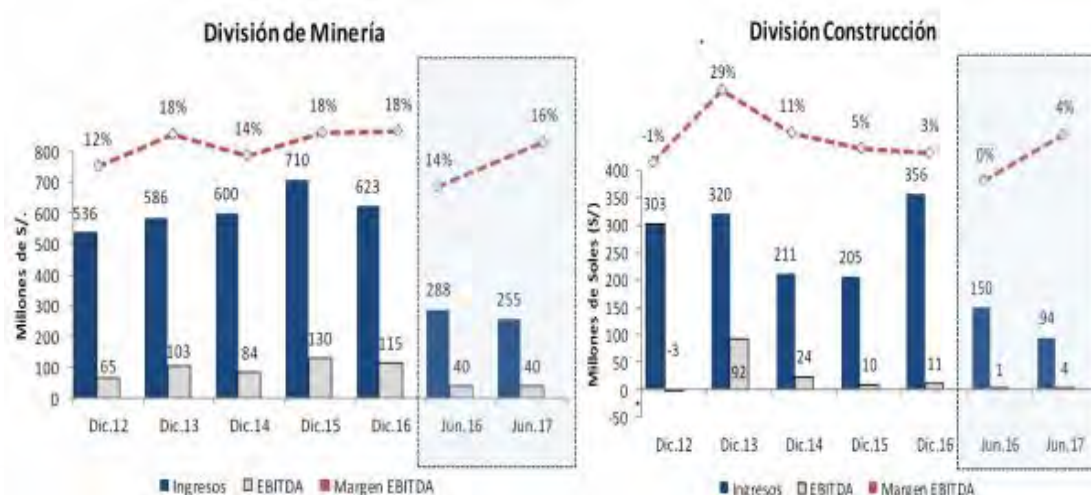


Figura 66. EBITDA de las unidades de negocio de San Martín. Tomado de *San Martín Contratistas Generales S.A.* (pp. 3-4), por Equilibrium Clasificadora de Riesgo, 2017 (<http://www.equilibrium.com.pe/SanMartin.pdf>).

Entre dichas mejoras se listan oportunidades tales como la incorporación de elementos tecnológicos para mejorar los procesos operativos en planta, la implementación de módulos adicionales del SAP ERP para mejorar el control operativo de sus procesos, la adquisición de sistemas de comunicación dentro de su infraestructura de planta para mejorar la fluidez de su interacción con la sede central, la incorporación de nuevos elementos y sistemas de gestión en el SIG de la empresa, la implementación del sistema de gestión de activos físicos ISO 55000, la aplicación de metodologías de mantenimiento como el TPM y el RCM dentro de su flota de equipos, la incorporación de elementos de responsabilidad social corporativa en su cadena de abastecimiento y la adaptación de las metodologías de LC, LP y LAP, entre otros aspectos.

De las oportunidades de mejora identificadas, se seleccionaron aquellas que podían ser cuantificadas económicamente y, sobre la base de información histórica de la obra “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Puerto Súngaro – Dv. San Alejandro, tramo: km. 20–50” (S. Huaroto, comunicación personal, 2 de noviembre de 2017), se hallaron relaciones porcentuales asociadas a los ahorros como consecuencia de la implementación de dichas oportunidades de mejora. Para determinar el porcentaje de ahorro de cada oportunidad se consideraron, entre otros factores, los costos vinculados con la ejecución de las mismas, el impacto por menor consumo de materiales de construcción gracias a la aplicación de nuevas tecnológicas, la mayor productividad del parque automotor de obra por incremento de su disponibilidad mecánica, los menores tiempos muertos debido a la posibilidad de trabajar durante lluvias o la menor necesidad de recurso humano mediante la incorporación de nuevos procesos de mantenimiento, como el TPM. La suma de los beneficios de la implementación de estas oportunidades de mejora arrojó un 4.30% de margen sobre el valor de la obra analizada, tal como se aprecia en la Tabla 19. Considerando el valor de la obra, de S/ 386 millones, el ahorro generado habría significado un importe mayor a los S/ 16 millones de

soles y habría tenido un gran impacto en la operación de San Martín, sobre todo si se toma en cuenta que la empresa ejecuta más de una obra simultáneamente. Se debe resaltar que la magnitud del ahorro podría ser superior puesto que algunas de las oportunidades de mejora planteadas en este diagnóstico no pueden ser cuantificadas con la información brindada por San Martín. Se pone de manifiesto de esta manera la importancia de la implementación de las oportunidades identificadas en la compañía, dado que representan un beneficio tangible sobre la operatividad y los resultados económicos de la misma.

Tabla 19

*Compilación de Oportunidades de Mejora*

Oportunidad de mejora	Anotaciones	Porcentaje de ahorro sobre el valor de la obra analizada
Implementación de una esparcidora con sensores ópticos	Se analizan los ahorros en tiempo de ejecución y el menor consumo de material por el uso de este tipo de esparcidoras.	1.88%
Implementación de una pavimentadora móvil	Se analizan los ahorros por disminución de tiempos muertos a raíz de la implementación de una pavimentadora móvil en comparación con una estacionaria.	0.05%
Integración del módulo de control de proyectos del SAP a suite central	Se consideran los días perdidos por la demora en aprobaciones de compras o contrataciones que, de contar con sistemas integrados, no se habría presentado.	0.49%
Implementación del mantenimiento productivo total (TPM)	Se considera la reducción de dos técnicos de mantenimiento, ya que los operadores de la maquinaria realizarían funciones básicas de mantenimiento, disminuyendo así las horas hombre requeridas.	0.08%
Implementación de lona desmontable para trabajar en la vía durante lluvias	Se analizan los ahorros por disminución de tiempos muertos dada la posibilidad de trabajar durante periodos de lluvia.	0.16%
Implementación de RCM y sistema de gestión de activos	Se analiza el impacto en la productividad por indisponibilidad de equipos asociada a problemas de mantenimiento	1.64%
	Potencial de ahorro cuantificable sobre el valor de obra	4.30%
	Valor de la obra analizada	S/ 386'000,000
	Valor equivalente de ahorro si se implementaran exitosamente las oportunidades de mejora	S/ 16'609,580

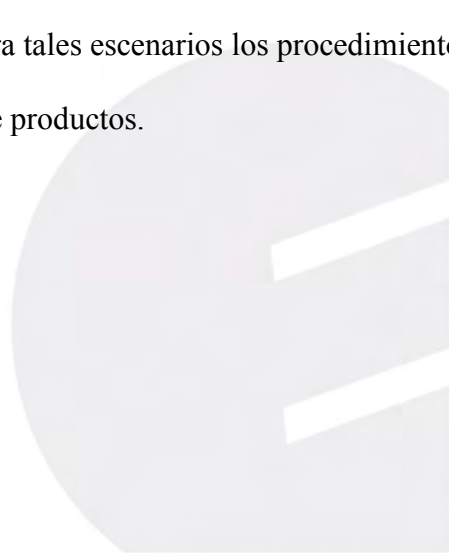
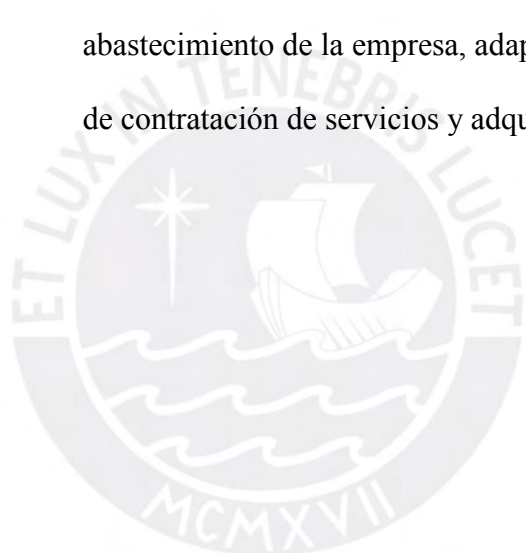
## 15.2 Recomendaciones

- Entregar este diagnóstico operativo empresarial a la gerencia de San Martín para su evaluación e implementación.
- Presentar los resultados del diagnóstico ante las gerencias de San Martín, exponiendo ante ellas los resultados obtenidos, así como las justificaciones de las oportunidades de mejora planteadas.
- Implementar las propuestas de mejora incluidas en el presente diagnóstico en la empresa, procurando que contribuyan a lograr sus metas organizacionales — misión, visión y objetivos estratégicos.
- Desarrollar un plan estratégico anual con alcance de mediano y largo plazo que considere las oportunidades de mejora desarrolladas en este diagnóstico, incluyendo la actualización de los indicadores y métodos de medición del *balanced scorecard* de la compañía y en el que se determinen los indicadores de las perspectivas cliente, aprendizaje, procesos internos y rentabilidad para que la empresa pueda aplicar las correcciones e ir logrando sus objetivos estratégicos.
- Evaluar la adquisición o alquiler de equipamiento moderno tal como pavimentadoras portátiles, cuyo objeto es el incremento de la eficiencia productiva de los proyectos de construcción donde se desenvuelve.
- Evaluar la incorporación de la metodología Lean Construction, y sus herramientas Look Ahead Planning y Last Planner, dentro del compendio de herramientas de gestión para la construcción de San Martín.
- Iniciar de manera inmediata el proceso de adaptación del SIG a las normativas ISO 9001 e ISO 14001 en sus versiones de 2015, evitando así perder la certificación vigente por la obsolescencia de dichas normas. Aprovechando además, para actualizar sus caracterizaciones, procedimientos y manuales,



considerando el elemento de análisis y evaluación integral del Riesgo, presente en las nuevas versiones de la norma.

- Incorporar al SIG la gestión de sus activos físicos —equipos, planta y maquinaria— sobre la base de la normativa ISO 55000, de suma importancia dado el volumen y el valor de activos disponibles de San Martín.
- Sobre la base de la implementación de la normativa ISO 55000, actualizar su plan de gestión del mantenimiento, involucrando las técnicas de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y de mantenimiento productivo total (TPM).
- Desarrollar una política de relaciones con las comunidades aledañas beneficiarias de la construcción de carreteras, incorporándolas dentro de la cadena de abastecimiento de la empresa, adaptando para tales escenarios los procedimientos de contratación de servicios y adquisición de productos.



## Referencias

- Álvarez, J. M., Álvarez, I., & Bullón, J. (2006). *Introducción a la calidad. Aproximación a los sistemas de gestión y herramientas de calidad*. Vigo, España: Ideas Propias.
- Amadeo, K. (2017, 6 de noviembre). Economies of Scale. *The Balance*. Recuperado de <https://www.thebalance.com/economies-of-scale-3305926>
- Anderson, D. M. (1997). *Agile Product Development For Mass Customization, JIT, Build-to-Order, and Agile Manufacturing*. Recuperado de <http://scpdnet.org/agile-product-development-for-mass-customization-jit-build-to-order-and-agile-manufacturing/>
- Aquino, A., & De la Cruz, Y. (2015). *Dimensionamiento y diseño de planta. Planeamiento agregado en las operaciones*. Recuperado de [https://www.academia.edu/24123469/Dimensionamiento\\_y\\_diseño\\_de\\_planta\\_planeamiento\\_agregado\\_en\\_las\\_operaciones\\_monografiada\\_para\\_el\\_curso\\_de\\_administración\\_de\\_operaciones](https://www.academia.edu/24123469/Dimensionamiento_y_diseño_de_planta_planeamiento_agregado_en_las_operaciones_monografiada_para_el_curso_de_administración_de_operaciones)
- Badri, M. A. (2007). Dimensions of Industrial Location Factors: Review and Exploration. *Journal of Business and Public Affairs*, 1(2), 1-26.
- Baxter, M. (1995). *Product Design: Practical Methods for the Systematic Development of New Products*. Londres, Reino Unido: Chapman & Hall.
- Blocher, E. J., Stout, D. E., & Cokins, G. (2009). *Cost Management: A Strategic Emphasis* (5a ed). New York, NY: McGraw-Hill/Irwin.
- Breyfogle, F. (2014, 4 de agosto). Five Tools for Process Improvement and Lean Six Sigma. *Quality Magazine*. Recuperado de <http://www.qualitymag.com/blogs/14-quality-blog/post/92040-five-tools-for-process-improvement-and-lean-six-sigma>
- Caña, C. F., & Escajadillo, P. A. (2006). *Diagnóstico y evaluación de la relación entre el tipo estructural y la integración de los contratistas y subcontratistas con el nivel de productividad en obras de construcción* (Tesis para optar por el título de Licenciado

- en Ingeniería Civil), Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima, Perú.  
 Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/164>
- Cárdenas, D. M., & Urquiaga, A. J. (2007). Logística de operaciones: Integrando las decisiones estratégicas para la competitividad. *Ingeniería Industrial*, 28(1), 37-41.
- Carro, R., & González, D. A. (2006). *Administración de las operaciones*. Mar del Plata, Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Charantimath, P. M. (2003). *Total Quality Management*. Nueva Delhi, India: Pearson.
- Chase, L. R., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros* (12a. ed.). México DF, México: McGraw-Hill.
- Clark, K. B., & Fujimoto, T. (1991). *Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*. Boston, MA: Harvard Business School.
- Cockrell, S., & Meyer, D. (2012). The Role Of The Management Accountant In Total Quality Management. *Franklin Business & LawJournal*, 2012(4), 1-18.
- Cuatrecasas, L. (2010). *Gestión Integral de la Calidad: Implantación, control y certificación*. Barcelona, España: Profit.
- D'Alessio, F. A. (2004). *Administración y dirección de la producción. Enfoque estratégico y de calidad* (2a ed.). México DF, México: Pearson.
- D'Alessio, F. A. (2012). *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia*. México DF, México: Pearson.
- De la Torre, M. R., & Bejarano, R. I. (2013). *Sistemas de gestión de calidad en instituciones educativas: Aplicación de la norma ISO 9001:2008 en el Centro Universitario de la Costa Sur*. Guadalajara, México: Editorial Universitaria.
- ¿De qué hablamos cuando nos referimos al planeamiento agregado? (2016, 9 de marzo). *Conexión ESAN*. Recuperado de <http://www.esan.edu.pe/apuntes->

empresariales/2016/03/de-que-hablamos-cuando-nos-referimos-al-planeamiento-agregado/

Deere to Acquire the Wirtgen Group, the Global Leader in Road Construction Equipment (2017, 1 de junio). *John Deere*. Recuperado de <https://www.deere.com/en/our-company/news-and-announcements/news-releases/2017/corporate/2017jun1-corporaterelease.html>

Deming, W. E. (1989). *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*. Madrid, España: Díaz de Santos.

Department of Trade and Industry (DTI) (2000). *Tools & Techniques for Process Improvement*. Recuperado de [http://www.businessballs.com/dtiresources/TQM\\_process\\_improvement\\_tools.pdf](http://www.businessballs.com/dtiresources/TQM_process_improvement_tools.pdf)

Díaz, C. (2012). Obras en Calle Ogana de Coyhaique se extenderán por construcción de colector de aguas lluvias. *EPD Noticias*. Recuperado de <http://www.elpatagondomingo.cl/?p=29110>

Duque, E. J. (2005). Revisión del concepto de calidad del servicio y sus modelos de medición. *Innovar. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 15(25), 64-80.

Duravía (2011). *Estructura del pavimento*. Recuperado de <http://www.duravia.com.pe/category/conoce-el-pavimento/>

Ealey, L. A. (1988). *Quality by design: Taguchi methods and U.S. industry*. Dearborn, MI: ASI Press.

Equilibrium Clasificadora de Riesgo (2017). *San Martín Contratistas Generales S.A.* Recuperado de <http://www.equilibrium.com.pe/SanMartin.pdf>

Evbuomwan, N. F. O., Sivaloganathan, S., & Jebb, A. (1996). A Survey of Design Philosophies, Models, Methods and Systems. *Proceedings of the Institution of*

*Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 210(4), 301-320.

Fecha límite de validez de certificados y auditorías en la actual versión de las normas (2015, 5 de noviembre). *Lloyd's Register Quality Assurance Limited*. Recuperado de <http://www.lrqa.es/noticias-normas/version-2015-normas-iso-expiracion-validez-certificados.aspx>

Frazelle, E. H. (2002). *Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management*. New York, NY: McGraw-Hill.

Gaither, N., & Frazier, G. (2000). *Administración de producción y operaciones* (8a ed.). México DF, México: Thomson.

Gómez, M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Córdoba, Argentina: Brujas.

Google Maps (2017). *San Martín Contratistas Generales S.A.* Recuperado de <https://goo.gl/maps/WkTbDBzKmzC2>

Griful, E., & Canela, M. A. (2010). *Gestión de la calidad*. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña.

Guzmán, C. (2014). *Lean Construction*. Recuperado de [http://www.cip.org.pe/index.php/eventos/conferencias-ceremonias-y-patrocinios/item/download/135\\_782b7772111ea0075c4cc60ebdc80c26.html](http://www.cip.org.pe/index.php/eventos/conferencias-ceremonias-y-patrocinios/item/download/135_782b7772111ea0075c4cc60ebdc80c26.html)

Herrmann, J. W. (2006). *Handbook of Production Scheduling*. New York, NY: Springer.

Hillier, X., & Lieberman, X. (2002). *Investigación de operaciones* (7a ed.). México DF, México: McGraw-Hill.

Huaroto, S. (2017a). *Informe Semanal de Producción: Carretera Puerto Súngaro*.

Huaroto, S. (2017b). *Listado de Partidas de Construcción: Carretera Puerto Súngaro*.

- Imai, M. (1998). *Cómo implementar el Kaizen en el sitio de trabajo (Gemba)*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.
- Ishikawa, K. (1985). *What Is Total Quality Control? The Japanese Way*. New York, NY: Prentice-Hall.
- Kaband Networks (s.f.). *Proveedor de Internet y Telefonía Satelital - Kaband Networks, México*. Recuperado de <http://www.kabandnet.com/>
- Krishnan, V., & Ulrich, K. T. (2001). Product Development Decisions: A Review of the Literature. *Management Science*, 47(1), 1-21.
- Martins, P. G., & Laugeni, F. P. (2005). *Administração da Produção* (2a ed.). Sao Paulo, Brasil: Saraiva.
- Milgate, M. (2008). Goods and commodities. En S. N. Durlauf y L. E. Blume (Eds.). *The New Palgrave Dictionary of Economics* (2a ed., pp. 546-548). Londres, Reino Unido: Palgrave Macmillan.
- Miranda, F. J. (s.f.). *Gestión del mantenimiento*. Recuperado de [http://mercado.unex.es/operaciones/descargas/EE%20\(LE\)/Cap%C3%ADtulo%2015%20\[Modo%20de%20compatibilidad\].pdf](http://mercado.unex.es/operaciones/descargas/EE%20(LE)/Cap%C3%ADtulo%2015%20[Modo%20de%20compatibilidad].pdf)
- Miranda, F., Chamorro, A., & Rubio, S. (2007). *Introducción a la gestión de la calidad*. Madrid, España: Delta.
- Monks, J. (1991). *Administración de operaciones*. México DF, México: McGraw-Hill.
- Moubray, J. M. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Madrid, España: Ellmann, Sueiro y Asociados.
- Pacific Credit Rating (PCR) (2015). *San Martín Contratistas Generales S.A.* Recuperado de [http://www.ratingspcr.com/uploads/2/5/8/5/25856651/smcg\\_1215\\_\\_2\\_.pdf](http://www.ratingspcr.com/uploads/2/5/8/5/25856651/smcg_1215__2_.pdf)

- Polycom (s.f.). *Polycom HDX Series*. Recuperado de <http://www.polycom.com/products-services/hd-telepresence-video-conferencing/realpresence-room/realpresence-room-hdx-series.html>
- Ramírez, L. K. (2011). *Proceso de Elaboración del Concreto en Planta y Obra*. Recuperado de <http://luzkarenramirez.blogspot.pe/2011/08/proceso-de-elaboracion-del-concreto-en.html>
- Ramos, M. N., Ríos, D. F., & Rodríguez, H. A. (2014). *Mejoramiento de la planificación utilizando Lean Construction en el proyecto de remodelación Clínica del Parque* (Tesis de maestría en Dirección de la Construcción), Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/620737/9/TESISFINAL-MAESTRIA+MDC.pdf>
- Rey, F. (2001). *Mantenimiento Total de la Producción*. Madrid, España: FC Editorial.
- Roadtec (s.f.). *SB-1500e/ex Shuttle Buggy*. Recuperado de <https://www.roadtec.com/products/material-transfer-vehicles/sb-1500>
- Rogers, V. (s.f.). How to Determine the Size of a Plant & Economies of Scale. *Houston Chronicle*. Recuperado de <http://smallbusiness.chron.com/determine-size-plant-economies-scale-80981.html>
- San Martín Contratistas Generales S.A. (s.f.a). *Nosotros*. Recuperado de <http://sanmartin.com/nosotros/>
- San Martín Contratistas Generales S.A. (2014). *Manual de Inducción al Sistema Integrado de Gestión*. Lima, Perú: Autor.
- San Martín Contratistas Generales S.A. (2015a). *Formato de Plan de Mantenimiento Preventivo*.

- San Martín Contratistas Generales S.A. (2015b). *Registro de Mantenimiento Preventivo Ejecutado*.
- San Martín Contratistas Generales S.A. (2016a). *Manual de Gestión para Proyectos de Construcción*. Lima, Perú: Autor.
- San Martín Contratistas Generales S.A. (2016b). *Manual del Sistema Integrado de Gestión*. Lima, Perú: Autor.
- San Martín Contratistas Generales S.A. (2016c). *Listado de Partidas y Equipos de Construcción: Mejoramiento de la Carretera Maranura – Mandor – Pavayocc, Distrito de Maranura, Provincia de La Convención, Región Cusco*.
- San Martín Contratistas Generales S.A. (2017). *Memoria Anual San Martín Contratistas Generales S.A. Ejercicio 2016*. Lima, Perú: Autor. Recuperado de [http://sanmartin.com/wp-content/uploads/2017/08/Memoria\\_San\\_Martin\\_2016.pdf](http://sanmartin.com/wp-content/uploads/2017/08/Memoria_San_Martin_2016.pdf)
- Sriram, D., Logcher, R. D., Groleau, N., & Cherneff, J. (1989). DICE: An Object Oriented Programming Environment for Cooperative Engineering Design. *Technical Report IESL-89-03*, Intelligent Engineering Systems Laboratory, Massachusetts Institute of Technology (MIT).
- Ullman, D. G. (2003). *The Mechanical Design Process* (3a ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (1995) *Product Design and Development*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Universidad de Chile (s.f.). *Métodos Constructivos*. Recuperado de <http://www.cec.uchile.cl/~ci52a/>
- Vilcarromero, R. (2013). *La gestión en la producción*. Lima, Perú: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso.



Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo.

*Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 21(1), 125-138.

Yepes, V. (2016). *¿Sirve la técnica del análisis del valor ganado (EVM)?* Recuperado de

<http://victoryepes.blogs.upv.es/2016/11/28/sirve-la-tecnica-del-analisis-del-valor-ganado-evm/>

Zeng, Y., & Gu, P. (1999). A science-based approach to product design theory Part I:

formulation and formalization of design process. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 15(4), 331-339.



## Apéndices

Tabla A1

### Formato del Plan de Mantenimiento Preventivo

EQUIPO V-341		FAMILIA CAMION VOLQUETE	MARCA VOLVO	MODELO FM X 460 8X4R (8-SHIFT)			
OBRA :	CARRETERA PUERTO SUNGARO - DV. SAN	FECHA EJECUTADO :	/ /	PLANO PROGRAMADO :	800	Horas	
UBICACIÓN :	AGUAYTIA / VON HUMBOLDT	HOR. EJECUTADO :	Horas	HOR. PROGRAMADO :	4622.20	Horas	
PROPIETARIO :	SAN MARTIN CGSA	HOR. TRABAJADAS :	Horas	HOR. ULT. MANTTO :	4222.20	Horas	
LUBRICANTES							
COMPARTIMIENTO		LUBRICANTE		SERVICIOS			
DESCRIPCION	DESCRIPCION	CAPAC	CAMBIO	NIVEL	TOMA DE MUESTRA		
					SI / NO	FRECUENCIA CAMBIO	
MOTOR	ACEITE MOBIL DELVAC 1 ESP 5W40	10	SI	SI	SI	800	
TRANSMISION	ACEITE VOLVO 80W90	5				1200	
DIFERENCIAL DELANTERO	ACEITE SHELL SPIRAX S2 A 85W140	5.5				1600	
M. FINAL DELANTERO RH	ACEITE SHELL SPIRAX S2 A 85W140	0.75				1600	
M. FINAL DELANTERO LH	ACEITE SHELL SPIRAX S2 A 85W140	0.75				1600	
DIFERENCIAL POSTERIOR	ACEITE SHELL SPIRAX S2 A 85W140	4.5				1600	
M. FINAL POSTERIOR RH	ACEITE SHELL SPIRAX S2 A 85W140	0.75				1600	
M. FINAL POSTERIOR LH	ACEITE SHELL SPIRAX S2 A 85W140	0.75				1600	
SISTEMA HIDRAULICO	ACEITE SHELL TELLUS S2 M 68	25				4800	
SISTEMA DE DIRECCION	ACEITE SHELL SPIRAX S2 ATF D 2	1.8				1200	
SISTEMA DE REFRIGERACION	ACEITE NEXO HD ULTRA ELC N° COOLANT 50/50	12				4800	
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	DIESEL D-2	120				4800	
FILTROS							
TIPO DE FILTRO	NUMEROS DE PARTE DE FILTROS					SERVICIOS	
DESCRIPCION	ORIGINAL	FLEETGUARD	DONALSON	PERKINS	CANT	CAMBIO	FRECUENCIA CAMBIO
FILTRO DE ACEITE DE MOTOR LONG LIFE	21707133	0	0	0	2	X	800
FILTRO BY PASS	21707132	0	0	0	1	X	800
FILTRO DE COMBUSTIBLE	21879886	0	0	0	1	X	400
FILTRO COMBUSTIBLE SEPARADOR	21380475	0	0	0	1	X	400
FILTRO AIRE PRIMARIO	21337557	0	0	0	1	X	800
FILTRO AIRE SECUNDARIO	21693755	0	0	0	1		1600
FILTRO DE DIRECCION	21392404	0	0	0	1		1200
FILTRO DE CAJA DE CAMBIOS	20779040	0	0	0	1		1200
FILTRO TANQUE DE COMBUSTIBLE	21743197	0	0	0	1		1200
FILTRO DE CABINA	21758906	0	0	0	1		1200
FILTRO SECADOR DE AIRE	21412848/2223804	0	0	0	1		1200
ELEMENTO FILTRO RETORNO HYD	14896991A	1301037	5335192	0	1		2400
ELEMENTO FILTRO RESPIRADERO HYD	8102117	0	0	0	1		2400
INSPECCIONES Y VERIFICACIONES							
					EJECUTAR EN PLANO		
LAVAR PREFILTROS DE AIRE Y RESPIRADEROS DE MOTOR					400		
REVISAR POLEAS, FAJAS DE ALTERNADOR, BOMBA DE AGUA					400		
REVISAR ESTADO DE CARGA: ALTERNADOR, BATERIAS, CABLES, SWITCH MASTER DE CORRIENTE					400		
REVISAR SISTEMA DE LUCES EN GENERAL					400		
ENGRASE GENERAL DEL EQUIPO					400		
OBSERVACIONES							
TECNICO LUBRICADOR				SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO			

Nota. Tomado del Formato de Plan de Mantenimiento Preventivo, por San Martin Contratistas Generales S.A., 2015a.

Tabla A2

## Formato del Programa de Mantenimiento Preventivo

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO														
DESDE 30/10/2017 AL 05/11/2017														
CODIGO	EQUIPO	PLACA/SERIE	PROPIETARIO	POS	SERVICIO	HOR. PM	HORAS RESTR. ATRIB. S	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
								30-Oct	31-Oct	1-Nov	2-Nov	3-Nov	4-Nov	5-Nov
GE-25	GRUPO ELECTROGENO MODASA	MP67058-1X05353P	SAN MARTIN CGSA	6	SERV-500	4250.00	46.21	SERV-500						
CA-91	CAMIONETA 4X4 PICK UP TOYOTA	R0V8ACD0G14Z1080 / ALX-7	SAN MARTIN CGSA	7	SERV-5000	93098.00	-1387.00	SERV-5000						
C-87	CARGADOR FRONTAL CATERPILLAR	85600395	SAN MARTIN CGSA	8	SERV-3400	5313.70	-9.70		SERV-2400					
V-343	CAMION VOLQUETE VOLVO	K0SW0G0E936270 / ALN-7	SAN MARTIN CGSA	12	SERV-4800	5904.33	0.33		SERV-4800					
V-307	CAMION VOLQUETE VOLVO	K0S0208E177565 / C00-84	SAN MARTIN CGSA	8	SERV-1400	13021.30	22.80			SERV-1800				
CA-90	CAMIONETA 4X4 PICK UP LUBRICACION TOYOTA	R0V8ACD0G14Z1082 / ALN-4	SAN MARTIN CGSA	8	SERV-20000	93405.00	13.00			SERV-20000				
V-289	CAMION VOLQUETE VOLVO	K0SW0G0E933367 / AHW-7	SAN MARTIN CGSA	1	SERV-400	7911.35	24.70			SERV-400				
V-333	CAMION VOLQUETE VOLVO	K0SW0G0E934690 / ALN-7	SAN MARTIN CGSA	11	SERV-400	4999.66	22.98			SERV-400				
V-215	CAMION VOLQUETE VOLVO	K0S02060E805453 / F3H-75	SAN MARTIN CGSA	10	SERV-800	15261.90	16.10			SERV-800				
RO-97	RODILLO VIBRATORIO BOMAG	1015824257	SAN MARTIN CGSA	6	SERV-500	5825.60	25.60			SERV-500				
V-171	CAMION VOLQUETE VOLVO	K0S02058E770168 / C2R-84	SAN MARTIN CGSA	9	SERV-1200	16286.80	10.90					SERV-1200		
V-169	CAMION VOLQUETE VOLVO	K0AS0206E168767 / C2R-84	SAN MARTIN CGSA	9	SERV-1200	16105.80	68.30					SERV-1200	SERV-1200	
V-335	CAMION VOLQUETE VOLVO	K0SW0G0E934853 / ALM-8	SAN MARTIN CGSA	11	SERV-400	5237.63	70.20							SERV-400

  
 RONNY F. BERDA ARIAS  
 JEFE DE EQUIPOS  
 (C) REGISTRO GABRIEL PUYO (BOGARA) SAN MARTIN

Nota. Tomado del Registro de Mantenimiento Preventivo Ejecutado, por San Martín Contratistas Generales S.A., 2015b.

Tabla A3

## Indicadores Financieros de San Martín y Subsidiarias

Indicadores Financieros	Dic. 13	Dic. 14	Dic. 15	Mar. 16	Dic. 16	Mar. 17
<b>Solvencia</b>						
Pasivo / Patrimonio Neto	1.59	2.31	2.97	2.77	2.43	1.78
Pasivo / Capital Social	5.91	3.21	4.66	4.51	4.25	3.14
Pasivo / Activo	0.61	0.70	0.75	0.73	0.71	0.64
Deuda Financiera Total / Pasivo	0.21	0.42	0.44	0.48	0.49	0.46
Deuda Financiera Largo Plazo / Patrimonio	0.18	0.38	0.56	0.59	0.37	0.29
Pasivo Corriente / Pasivo	0.67	0.83	0.81	0.78	0.83	0.78
<b>Liquidez</b>						
Capital de Trabajo	77,999	22,754	11,020	16,139	4,000	6,175
Prueba Ácida	1.22	0.88	0.88	0.90	0.68	0.80
Liquidez Corriente	1.33	1.08	1.03	1.04	1.01	1.02
Activo Corriente / Pasivo	1.15	0.89	0.83	0.81	0.84	0.80
<b>Generación</b>						
FCO Anualizado	116,221	-9,270	89,423	89,165	57,974	104,851
EBIT Anualizado	153,819	64,449	73,401	78,897	51,106	-40,533
EBITDA Anualizado	183,998	100,235	132,762	149,661	123,254	106,976
Margen EBITDA*	20.30%	12.23%	14.45%	15.52%	12.54%	11.74%
EBITDA*/Gasto Financiero*	24.42	8.26	7.54	7.98	6.22	5.42
EBITDA*/Servicio de deuda **	5.45	0.94	0.89	1.08	0.69	0.86
FCO*/Gasto Financiero*	15.43	-0.76	5.08	3.69	2.93	5.32
FCO*/Servicio de deuda*	3.95	-0.21	1.27	0.96	0.77	1.48
Deuda Financiera/EBITDA*	0.31	1.49	1.73	1.62	1.87	1.51
<b>Gestión</b>						
Gastos Operativos / Ventas	4.06%	4.95%	5.13%	6.00%	5.42%	9.59%
Gastos Financieros / Ventas	0.83%	1.48%	1.92%	1.97%	2.02%	2.90%
Rotación de Cuentas por Cobrar (días)	87	95	122	127	87	106
Rotación de Cuentas por Pagar (días)	64	62	80	76	55	63
Rotación de Inventarios (días)	12	13	15	19	15	25
Ciclo de conversión de efectivo (días)	35	46	57	70	47	67
<b>Rentabilidad</b>						
Margen Bruto	21.03%	12.81%	13.12%	12.04%	10.62%	11.00%
Margen Operativo	16.97%	7.86%	7.99%	6.04%	5.20%	1.80%
Margen Neto	11.09%	4.04%	2.14%	3.28%	2.07%	-0.79%
ROAE*	80.90%	20.18%	11.94%	15.89%	11.03%	7.69%
ROAA*	24.76%	6.88%	3.26%	4.49%	2.99%	2.36%

Nota. Tomado de San Martín Contratistas Generales S.A. (p. 10), por Equilibrium Clasificadora de Riesgo, 2017 (<http://www.equilibrium.com.pe/SanMartin.pdf>).

Tabla A4

*Precios y Cantidades de Recursos Requeridos, según Tipo, para el Estudio Definitivo del Proyecto “Mejoramiento de la Carretera Maranura – Mandor – Pavayocc, Distrito de Maranura, Provincia de La Convención, Región Cusco”*

Subpresupuesto	001	ESTUDIO DEFINITIVO: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MARANURA - MANDOR - PAVAYOCC, DISTRITO DE				
Fecha	30/01/2014					
Lugar	080904	CUSCO - LA CONVENCION - MARANURA				
Tipo	Equipo					
Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>EQUIPOS</b>						
0348040003	CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 145 - 165 HP 2,000 gal	hm	1,915.7119	166.06	318,123.12	
0349310004	CAMION IMPRIMADOR 6 X 2 178 - 210 HP 2,000 gal	hm	184.6951	143.03	26,416.94	
0348040036	CAMION VOLQUETE DE 15 M3	hm	22,993.7718	267.56	6,152,213.58	
0332990002	CAMIONETA PICK UP 4X2 C SIMPLE 1 TON	hm	14.6674	52.19	765.49	
0349040010	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yds	hm	1,239.1007	178.60	221,903.39	
0349040012	CARGADOR SOBRE LLANTAS 200-250 HP 4-4.1 yds	hm	6,112.7469	244.91	1,497,072.84	
0349080097	CHANCADORA PRIMARIA SECUNDARIA 5 FAJAS 75 HP 46 - 70 ton/h	hm	1,996.8098	138.91	277,376.85	
0348960005	CIZALLA PARA CORTE DE FIERRO	hm	1,457.9082	1.55	2,259.76	
0349030001	COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4 HP	hm	9.5933	24.72	237.15	
0349030004	COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 7 HP	hm	5,859.0510	29.77	174,423.95	
0349010002	COMPRESORA NEUMATICA 250-330 PCM, 87 HP	hm	490.7531	70.18	34,441.05	
0349010004	COMPRESORA NEUMATICA 600-690 PCM, 196 HP	hm	6,596.7157	173.50	1,144,530.17	
0349180051	CORTADORA DE CONCRETO	hm	10.4172	22.85	238.03	
0348850092	CORTADORA DE PAVIMENTO CON DISCO	hm	430.7949	13.75	5,923.43	
0348070020	EQUIPO DE CORTE Y SOLDEO (OXI-ACET)	hm	30.3200	5.88	178.28	
0337900050	EQUIPO DE PINTURA	hm	23.1616	49.18	1,139.09	
0349960001	ESTACION TOTAL	hm	110.1600	120.00	13,219.20	
0348110006	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP 0.75-1.4 YDS	hm	1,232.7611	230.49	284,139.11	
0349180000	FAJA TRANSPORTADORA 18" X 4' MOTOR ELECTRICO 3 KW 150 ton/h	hm	8,609.2180	6.45	55,529.46	
0349610055	GRUA HIAB SOBRE CAMION DE 5 ton	hm	10.7326	135.00	1,448.90	
0349150000	GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW	hm	2,724.2912	139.19	379,194.09	
0349020093	GRUPO ELECTROGENO 140 HP 90 KW	hm	1,996.8099	154.16	307,828.21	
0349150005	GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW	hm	362.0865	172.23	62,362.16	
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			332,041.70	
0348550002	MAQUINA PINTAR PAVIMENTOS	hm	48.6357	49.18	2,391.90	
0337020047	MARTILLO NEUMATICO DE 29 KG	hm	26,939.1691	6.01	161,904.41	
0348010007	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11p3 18 HP	hm	5,032.7057	12.12	60,996.39	
0349040092	MINICARGADOR 70 HP	hm	283.9970	77.96	22,140.41	
0348080007	MOTOBOMBA 34 HP 8"	hm	358.4126	67.45	24,174.93	
0349090004	MOTONIVELADORA DE 145-150 HP	hm	1,472.2730	211.57	311,488.80	
0337040034	MOTOSIERRA	hm	533.3200	10.00	5,333.20	
0330550056	NIVEL	hm	110.1600	3.75	413.10	
0349050032	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 105 HP 10-16'	hm	278.6604	136.58	38,059.44	
0349260100	PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE 60 - 115 TON/H	hm	362.0865	837.80	303,356.07	
0349040021	RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS 38 HP 1 yds	hm	2,674.0424	105.52	282,164.95	
0349030007	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	3,819.5827	152.20	581,340.49	
0349030074	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 33 HP 2.5 ton	hm	377.5632	137.72	51,998.00	
0349030017	RODILLO LISO VIBRATORIO MANUAL 10.8HP 0.8-1.1 ton	hm	351.2916	33.11	11,631.26	
0349030021	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 135 HP 9-26 ton	hm	278.6604	139.74	38,940.00	
0349030046	RODILLO TANDEM VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 111-130HP 9-11 ton	hm	278.6604	208.62	58,134.13	
0348070021	SOLDADORA ELECTRICA TRIFASICA 400 A	hm	555.6710	11.24	6,245.74	
0348600002	TIRFOR DE 5 ton	hm	20.7437	37.50	777.89	
0349040094	TRACTOR DE ARADO	hm	18.0000	74.50	1,341.00	
0349040033	TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP	hm	4,345.4483	252.94	1,099,137.69	
0349040034	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	12,189.0975	253.87	3,094,446.18	
0349070051	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	5,032.7073	6.03	30,347.23	
0349080098	ZARANDA ESTATICA 3/8"	hm	248.9922	10.00	2,489.92	
0349080010	ZARANDA VIBRATORIA 4" X 6" X 14" MOTOR ELECTRICO 15 HP	hm	2,313.4434	53.86	124,802.06	
					<b>17,606,261.14</b>	
<b>Total</b>				<b>SI.</b>	<b>17,606,261.14</b>	

Tomado del *Listado de Partidas y Equipos de Construcción: Mejoramiento de la Carretera Maranura – Mandor – Pavayocc, Distrito de Maranura, Provincia de La Convención, Región Cusco*, por San Martín Contratistas Generales S.A., 2016c.