

# DIAGNOSTICO, EVALUACION Y MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ABASTECIMIENTO EN PROYECTOS DE INVERSION

Por Luis F. Alarcón C. y Rodrigo Rivas L.

## Resumen

*Se describe una investigación que tuvo como objetivos generar una herramienta para diagnosticar y evaluar el proceso de abastecimiento en proyectos de inversión e impulsar el mejoramiento continuo para el mismo. El análisis se centró en el estudio detallado del proceso de abastecimiento, para lo cual se realizó una extensa revisión bibliográfica, estudios de casos y entrevistas (informales y estructuradas) a profesionales del área y de proyectos; tanto de mandantes como de consultores. De este análisis se obtuvieron conclusiones, herramientas y estrategias para la confección de la metodología definitiva. Posteriormente, se realizó una validación y adaptación de la misma, por medio de una aplicación a casos específicos.*

*Los resultados obtenidos muestran que la problemática del abastecimiento se relaciona con los atrasos en el cumplimiento de la fecha requerida para el suministro o servicio y a la falta de la calidad especificada para el proyecto. Esto obliga a aplicar y desviar recursos (dinero, personal, tiempo, etc.) para evitar que se produzcan estos problemas. Los principales responsables de las "pérdidas" producidas son: la ingeniería, el sistema, los proveedores y las políticas de las empresas. Existe una gran potencialidad de mejoramiento si se incorporan al sistema de abastecimiento tecnologías de información avanzadas, tales como correo electrónico, EDI (del inglés Electronic Data Interchange, Intercambio Electrónico de Datos), código de barras y otras que permitirían eliminar las raíces de gran parte de las causas de pérdidas detectadas.*

*Se proponen dos herramientas para el seguimiento y mejoramiento del proceso: una propuesta de indicadores de desempeño, y una metodología de diagnóstico, evaluación y mejoramiento del proceso que permite determinar los componentes de una estrategia de mejoramiento. Por medio de éstas se busca lograr un impacto positivo en la gestión de los proyectos.*

## 1. INTRODUCCION

En la actualidad, la tendencia suele ser la realización de los proyectos según la modalidad de ejecución acelerada (fast - track) y no secuencial debido a la importancia que se le da a la entrada en operación del proyecto. Con esta realidad, el Abastecimiento en los proyectos debe cumplir con el cometido de entregar a Construcción lo que le pidió Ingeniería, de la manera más expedita y fluida

posible, trabajando siempre contra el tiempo, por ser muy ajustado el programa y por la presencia de muchas actividades críticas.

La importancia del abastecimiento, se expresa básicamente en cinco aspectos:

a) Presión por plazo, como una consecuencia de varias situaciones tales como: necesidad de lograr que el proyecto esté operativo lo antes posible, aprovechar la oportunidad (situación coyuntural del producto del proyecto), evitar excesivos costos financieros, disminuir los gastos de administración y otros costos indirectos del proyecto, acortar los plazos involucrados en cada uno de los procesos, de manera de cumplir con lo planificado o reducir el plazo final de estos, y en definitiva del proyecto.

b) Cooperación con la construcción. Al cumplir con los programas definidos para sus actividades, abastecimiento actuará para construir. Mejorar la eficiencia en el abastecimiento de suministros puede resultar no sólo en grandes ahorros para la gestión de materiales, sino también en importantes ahorros en otros recursos de construcción [Business 83].

c) Alto valor relativo de los suministros respecto al total. Cuando los suministros representan el 50%, 60% y hasta 70% del costo total del proyecto, es imperioso contar con un control estricto y permanente de lo que se está adquiriendo, teniendo presente el alcance financiero que representa dicha situación.

d) Importancia de los equipos de proceso suministrados para el funcionamiento del proyecto. Los equipos de proceso suministrados son tan importantes, que la operación del proyecto depende de su adecuado funcionamiento. En estos casos los equipos poseen, en general, características especiales y alta tecnología.

e) Criticidad potencial de cualquier suministro. Esto producto de las relaciones de precedencia e interrelación entre las diferentes áreas del proyecto.

Este artículo describe la forma en que se aplicaron las nuevas filosofías de "Construcción sin pérdidas" [Alarcón 97], en la generación de estrategias que permitan mejorar el proceso de abastecimiento en proyectos de inversión. Dichas estrategias son el resultado de la aplicación de una metodología que permite diagnosticar y evaluar el proceso de abastecimiento en proyectos, contribuyendo a mejorar la gestión dentro de los proyectos de inversión.

La obtención de las estrategias se logra a través de la aplicación de herramientas de recolección de antecedentes y de análisis, que entregan una visión de lo que sucede en el proceso de abastecimiento. Estas herramientas se aplicaron para estudiar varios proyectos que se habían realizado o se estaban ejecutando en Chile, lográndose importantes antecedentes de la realidad nacional.

## 2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

Los objetivos generales de la investigación realizada fueron:

- generar una herramienta que permita evaluar el proceso de Abastecimiento, e
- impulsar el mejoramiento de los procesos que involucren el Abastecimiento, mediante la aplicación de una metodología de mejoramiento inspirada en los principios y conceptos de las nuevas filosofías de producción.

Para poder cumplir los objetivos generales de esta investigación, se persiguieron los siguientes objetivos específicos:

La investigación se inspiró en las nuevas filosofías de producción, las que aplicadas a la construcción se denominan "Lean Construction" [Alarcón 97]. En "Lean Construction" la producción se considera constituida por conversiones y flujos, donde existen actividades que agregan valor y otras que no agregan valor. El mejoramiento se enfoca a eliminar y/o reducir las actividades que no agregan valor, repensando las que agregan valor y adoptando tecnologías en las diferentes etapas del proceso. El enfoque del control se dirige tanto al costo, como al tiempo y al valor de los flujos, buscando la mínima variabilidad; con ello se introduce un concepto ampliado de pérdidas. Se propende el mejoramiento continuo de los flujos, enfocándose en el mejoramiento medible para su consecución [Koskela 93].

## 3. METODOLOGIA DE INVESTIGACION

La gestación de la metodología de trabajo se basó en cinco elementos: revisión bibliográfica, estudio de casos, entrevistas informales, entrevistas estructuradas usando un cuestionario base y análisis de las fuentes de información. Un esquema de la metodología se muestra en la Figura 1.

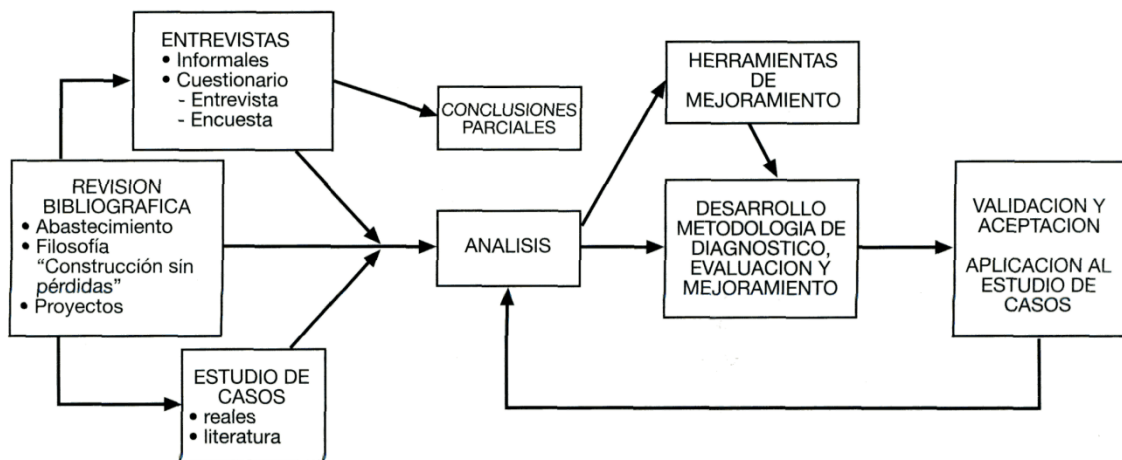


Figura 1. Diagrama de la Metodología de Investigación.

- Entender el proceso de abastecimiento en los proyectos, con énfasis en los equipos de proceso.
- Estudiar variabilidades y problemas en el proceso de Abastecimiento.
- Determinar causas de variabilidades y de problemas en los flujos de información y de materiales.
- Proponer indicadores de desempeño, tanto a nivel gerencial como operacional, para el proceso y los subprocesos relacionados con el abastecimiento.
- Entregar herramientas que permitan mejorar continuamente el proceso y disminuir los tiempos de ciclo.
- Encontrar datos de la realidad nacional que ejemplifiquen la importancia del abastecimiento de los equipos para los proyectos de inversión.

De la información recopilada de estas cuatro fuentes, y luego de un análisis, se obtuvieron las estrategias de mejoramiento sobre las cuales se basa el desarrollo de una metodología de diagnóstico, evaluación y mejoramiento del abastecimiento en proyectos de inversión. Posteriormente, se realizó una validación y adaptación del modelo; aplicándolo al estudio de los casos reales en que se tuvo acceso a información.

A continuación, se describe cada una de las etapas presentes en la investigación y los aportes de cada una de ellas.

### 3.1. Revisión Bibliográfica

La revisión bibliográfica se efectuó en las siguientes áreas del conocimiento:



- administración de proyectos,
- proceso de abastecimiento,
- nuevas filosofías de producción, "Construcción sin pérdidas",
- administración de materiales y tecnologías disponibles en la industria, y
- mejoramientos en proceso de abastecimiento.

La revisión bibliográfica sirvió principalmente para entender el proceso de abastecimiento y revisar las investigaciones y estudios relacionadas que se encuentran en la literatura, permitiendo confeccionar las herramientas necesarias para el análisis. Así mismo, el estudio de las nuevas filosofías aportó a la abstracción necesaria para el análisis del proceso de abastecimiento.

### 3.2. Entrevistas

Las entrevistas se realizaron de dos maneras: informales y estructuradas, en base a un cuestionario que fue parte medular del trabajo en terreno de la investigación.

#### a) Entrevistas informales

Se realizaron con preguntas abiertas a personas relacionadas con el abastecimiento, de manera de apoyar la revisión bibliográfica y el estudio preliminar del proceso para la confección del cuestionario base.

#### b) Entrevistas estructuradas

La estructura del cuestionario contó con preguntas que guiaban una entrevista y con ítems que encauzan encuestas parciales.

El cuestionario se divide en cuatro áreas: la primera indaga sobre la empresa en general; la segunda sobre un proyecto o grupo de proyectos de la empresa; la tercera sobre el proceso de abastecimiento en los proyectos realizados por la empresa; y por último, sobre el desempeño de las diferentes áreas del proceso de abastecimiento en los proyectos, así como la selección de indicadores que reflejen lo que sucede en el proceso.

Se consideraron empresas del ámbito minero, industrial y energético, tanto mandantes como consultores (empresas de ingeniería), y también expertos en el tema. En total, el cuestionario base se aplicó en 12 proyectos, entrevistando a 22 personas, que pertenecían a 11 empresas (considerando a los consultores independientes como una empresa). Las entrevistas-encuestas se realizaron entre abril de 1997 y enero de 1998.

### 3.3. Estudio de Casos

El estudio de casos estuvo enfocado a proyectos ya realizados o por finalizar (empresa industrial, empresa minera, empresa consultora de ingeniería), desde los cuales se pudiera extraer información específica respecto al proceso de abastecimiento. La manera de realizar el análisis de los casos consistió en:

- aplicar el cuestionario a personas que participaron del proceso de abastecimiento (abarcando las áreas del cuestionario sobre las cuales tenían alguna opinión),

- revisión de la información histórica y/o actual en proyectos, en especial en lo relativo al abastecimiento tales como: informes de compras, informes de seguimiento, informes de reclamos, informes de suministros, etc.,

- análisis de la información recolectada, expresada en gráficos y tablas, y otros documentos.

Además se realizaron estudios de dos casos presentes en la literatura: el estudio de la aplicación de la filosofía de Construcción sin pérdidas a proyectos EPC realizado por Ballard [Ballard 93]; y el estudio de los antecedentes del abastecimiento en el proyecto Oakland [Apuntes 89].

Se utilizó la información y el análisis del estudio de casos, como elementos para validar de manera preliminar la metodología de diagnóstico, evaluación y mejoramiento definitiva.

### 3.4. Análisis

Del proceso de recolección de la información en las etapas anteriormente descritas (revisión bibliográfica, entrevistas previas, entrevistas sobre la base de cuestionario, estudio de casos), se encontraron los patrones de comportamiento en las diferentes áreas del proceso de abastecimiento, además de las interrelaciones con los demás entes relacionados con él, tanto internos al proyecto (administración de proyecto, ingeniería, construcción) como externos (proveedor, agente de aduana, embarcador, agente de seguros, banco comercial, transporte internacional, transporte nacional).

Parte importante del análisis consistió en determinar los principales problemas mencionados en las distintas etapas de recolección de información, así como las estrategias utilizadas para enfrentarlos, constituyéndose en uno de los antecedentes para la confección de las herramientas y estrategias de mejoramiento propuestas.

### 3.5. Herramientas y Estrategias de Mejoramiento

Al realizarse el estudio de la realidad chilena, se buscó una manera ordenada de generar las alternativas de mejoramiento para las "pérdidas" detectadas con las diferentes herramientas de análisis. Para esto se identificaron diversas "herramientas" o acciones específicas de mejoramiento que se convertirían en componentes de potenciales estrategias de mejoramiento.

### 3.6. Metodología de Diagnóstico, Evaluación y Mejoramiento

La metodología contempla las siguientes etapas: la empresa y el abastecimiento, proyecto en estudio, el proceso de abastecimiento (diagnóstico), indicadores de gestión y desempeño, evaluación del proceso de abastecimiento, herramientas y estrategias de mejoramiento. Cada una de estas etapas se explica en detalle más adelante.

### 3.7. Validación y Adaptación

La validación se realizó en proyectos ya realizados. Sin duda, que aplicar la metodología a un caso real, en

tiempo real, debería permitir una adaptación a las necesidades específicas del proyecto y obtener una metodología perfeccionada para futuros proyectos.

La adaptación debe considerar que la metodología se generó para proyectos de mediana y gran envergadura. Para proyectos más pequeños, es probable que no sean aplicables algunas de las recomendaciones, las que deben estudiarse caso a caso.

Se estudió el proceso de abastecimiento en su conjunto, desde que se genera la idea del suministro en el proyecto, hasta que llega al sitio de construcción el producto abastecido. El estudio se ha focalizado en suministros que asume el mandante o consultor, sin adentrarse en los suministros aportados por el contratista de construcción (considerando la forma en que comúnmente se realiza en Chile).

#### **4. METODOLOGIA DE DIAGNOSTICO, EVALUACION Y MEJORAMIENTO**

##### **4.1. Generalidades**

La metodología que se propone para diagnosticar, evaluar y mejorar el proceso de abastecimiento en proyectos está compuesta por cinco fases: la primera Fase caracteriza a la empresa y el proyecto; la segunda Fase, verifica la utilización de tal o cual sistema, que se desprende del análisis de las encuestas, entrevistas, estudio de casos y estrategias propuestas; la tercera, los indicadores de desempeño; la cuarta, la evaluación del proceso de abastecimiento; la quinta y última Fase, describe los pasos para conseguir e implementar estrategias de mejoramiento.

##### **4.2. Fases de la metodología**

A continuación realizaremos una descripción de los elementos que constituyen cada una de las Fases de la metodología:

a) FASE I: Caracterización de la empresa y el proyecto en estudio

Esta Fase pretende caracterizar a la empresa, de manera de facilitar el proceso de revisión de problemas y de análisis posterior dentro de la metodología. Esta etapa comprende los siguientes ítems: Empresa (Generalidades de la empresa, Descripción de la forma como enfrentan los proyectos, Manejo del conocimiento y experiencia dentro de la empresa), Proyecto y Abastecimiento (Descripción del proyecto, Desglose de la participación de las áreas proyecto, Políticas del proyecto que afectan el abastecimiento, Organización del proyecto), Abastecimiento (Organización del abastecimiento, Personal de abastecimiento).

b) FASE II: Diagnóstico General

En esta etapa, se debe chequear ciertos elementos en el proceso, con el fin de diagnosticar en qué estado se encuentra el proceso en relación con algunas de las estrategias planteadas o consideraciones detectadas como correc-

tas durante la presente investigación. Esta etapa comprende los siguientes ítems: Procedimientos utilizados, Gestión de Compras, Proveedor, Programas, Flujo de la información, Herramientas tecnológicas.

c) FASE III: Indicadores de Desempeño

Los indicadores merecen un tratamiento aparte, por ser parte importante de la metodología en sí. Estos entregarán "señales" a la administración respecto a como se desarrolla el proceso, facilitando la labor de evaluación dentro de la metodología.

Dentro de los pasos previos al proyecto y primeros en la Fase, se encuentran la selección de los indicadores a utilizar y la verificación de que los sistemas utilizados para dirigir el proyecto entreguen los antecedentes (directa o indirectamente) que permitan hacer fácil la recepción de los indicadores que finalmente se utilizarán y que servirán de entrada en la Fase IV.

d) FASE IV: Evaluación del proceso de Abastecimiento

Esta etapa se divide en dos subetapas: la evaluación propiamente tal y la obtención de estrategias para el caso particular del proyecto o empresa.

La etapa de evaluación comprende los siguientes pasos: Confección del grupo de entrevistados, Diagrama de flujo, general y detallado, Encuesta de percepción del desempeño, Entrada de indicadores de desempeño, Encuesta de problemas dentro del proceso, Encuesta de soluciones posibles a problemas dentro del proceso, Encuesta de fortalezas dentro del proceso (ver anexo de encuestas metodología), Estudio del proceso (Estudio de valor, Análisis de desconformidades, Análisis de responsabilidad en problemas, Análisis Causa - Efecto para atrasos, costos, tiempo de ciclo u otro).

e) FASE V: Herramientas y Estrategias de Mejoramiento

Es la Fase de la búsqueda de solución adecuada a las "pérdidas" detectadas en el proceso, comprendiendo las siguientes etapas: Generación de Herramientas y Estrategias (como grupo de herramientas similares o afines), Priorización de Herramientas propuestas, Implementación de estrategias y herramientas de mejoramiento del abastecimiento.

##### **4.3. Aplicación de la Metodología**

En la Figura 2, se muestra la secuencia de aplicación de la metodología de diagnóstico, evaluación y mejoramiento del proceso de abastecimiento en proyectos de inversión. En primer lugar, se decide y se aplican los indicadores de desempeño de manera de contar con parámetros que ayuden a detectar las áreas y actividades problema. Luego, corresponde caracterizar a la empresa, al proyecto y al abastecimiento, como punto de partida para la aplicación formal. Posteriormente, se procede a diagnosticar de acuerdo a parámetros de preguntas predefinidas que recogen las inquietudes planteadas como resultado de esta investigación. La siguiente fase, de evaluación, recoge las "pérdidas" desde distintas fuentes y las analiza. Por



último, en la quinta fase, se generan y trazan ideas para implementar las estrategias de mejoramiento del proceso.

hacer el diagnóstico, estas son: el catastro de problemas (todos los proyectos), las causas de los atrasos, costos y

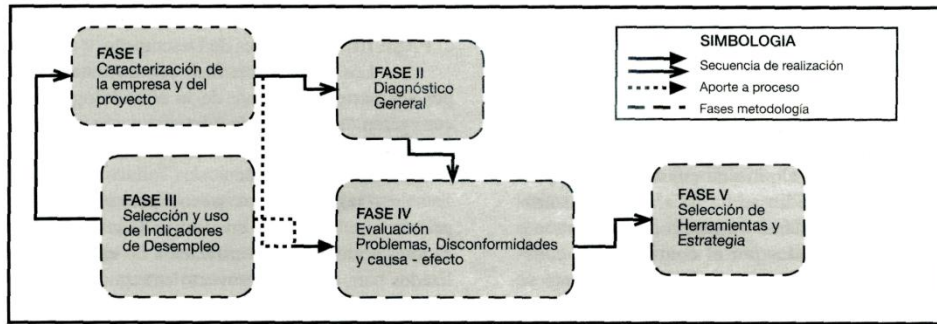


Figura 2. Diagrama de Aplicación de la Metodología de Diagnóstico, Evaluación y Mejoramiento del Abastecimiento.

### 5. DIAGNOSTICO GLOBAL DEL PROCESO DE ABASTECIMIENTO

La metodología se probó en parte, de manera preliminar para diagnosticar el proceso de abastecimiento en diversos proyectos de la realidad nacional. Se usaron tres de las herramientas propuestas en la metodología para

tiempos de ciclo (todos los proyectos) y las disconformidades en la recepción (caso proyecto industrial).

En la Tabla 1 se aprecian los problemas más nombrados por los entrevistados. En primer término, se encuentran los atrasos, seguido de problemas con los equipos, la activación, la bodega, el proveedor, la planificación. El área suministro es la que más problemas fre-

Tabla 1. Principales problemas detectados.

| GRUPO        | AREA                      | DESCRIPCION  | Peso |
|--------------|---------------------------|--|------|
| Suministro   | ESTRUC. MET. (mat. fabr.) | Atrasos en entrega de suministro   | 7    |
| Suministro   | EQUIPOS                   | Equipos medianos con pedido atrasado, negociar por plazo forzado                         | 5    |
| Suministro   | EQUIPOS                   | Dedicar tiempo a cambiar o reparar piezas de equipo, por subproveedores                  | 5    |
| Suministro   | EQUIPOS                   | Necesidad inspección preparada, le haga el peso a proveedores                            | 4    |
| Suministro   | EQUIPOS                   | Equipo mal diseñado, no cumple con requerimientos técnicos, por confiar                  | 3    |
| Suministro   | EQUIPOS                   | Problemas de cierres, fusiones, reorganización proveedores                               | 3    |
| Suministro   | MATERIALES A GRANEL       | En general ruta crítica proyectos  | 3    |
| Suministro   | MATERIALES A GRANEL       | Falta de experiencia o de personal capacitado para diseño, demoras, cambios              | 3    |
| Suministro   | MATERIALES A GRANEL       | Demasiada variedad al diseñar, estandarizar más  | 3    |
| Proc. Abast. | ACTIVACION Y SEG.         | Desinformación o falta de claridad de la gente de terreno respecto a lo que llega        | 4    |
| Proc. Abast. | BODEGA Y RECEPCION        | Necesidad de planificación de pedidos para facilidad de manejo en bodega                 | 4    |
| Proc. Abast. | SOLICITUD COTIZACION      | Atraso por falta información ingeniería  | 3    |
| Proc. Abast. | NEGOCIACION               | Demasiadas trabas y cláusulas atrasan negociaciones                                      | 3    |
| Proc. Abast. | TRPTE. Y LOGISTICA        | Tarde en comprar, encarece sistema, con flete aéreo y urgencias en procedimiento         | 3    |
| Proc. Abast. | BODEGA Y RECEPCION        | Desglose de ítems es insuficiente, por venir suministro más atomizado que en descripción | 3    |
| Proc. Abast. | BODEGA Y RECEPCION        | Tiempo espera por recepción gruesa   | 3    |
| Proyecto     | PROGR. Y PLANIF.          | Atrasos ingeniería   | 4    |
| Proyecto     | PROGR. Y PLANIF.          | Programación obliga cambio transporte aéreo  | 4    |
| Proyecto     | INGENIERIA                | Demoras en emisión especificaciones para cotizaciones                                    | 3    |
| Proyecto     | PROGR. Y PLANIF.          | Programación obliga a acortar plazos normales del suministro                             | 3    |
| Proyecto     | PROGR. Y PLANIF.          | Falta mirar hacia adelante, se verifica tarde que queda poco tiempo                      | 3    |
| Proyecto     | PROGR. Y PLANIF.          | Atraso en información proveedor  | 3    |
| Externo      | PROVEEDOR                 | Necesidad inspección preparada, le haga el peso a proveedores                            | 4    |
| Externo      | PROVEEDOR                 | Falta claridad mercado de proveedores, estudio del momento                               | 3    |
| Externo      | PROVEEDOR                 | Falta cumplimiento de requerimientos   | 3    |
| Sistema      | PROCEDIMIENTOS            | Demasiadas trabas y cláusulas atrasan negociaciones                                      | 3    |

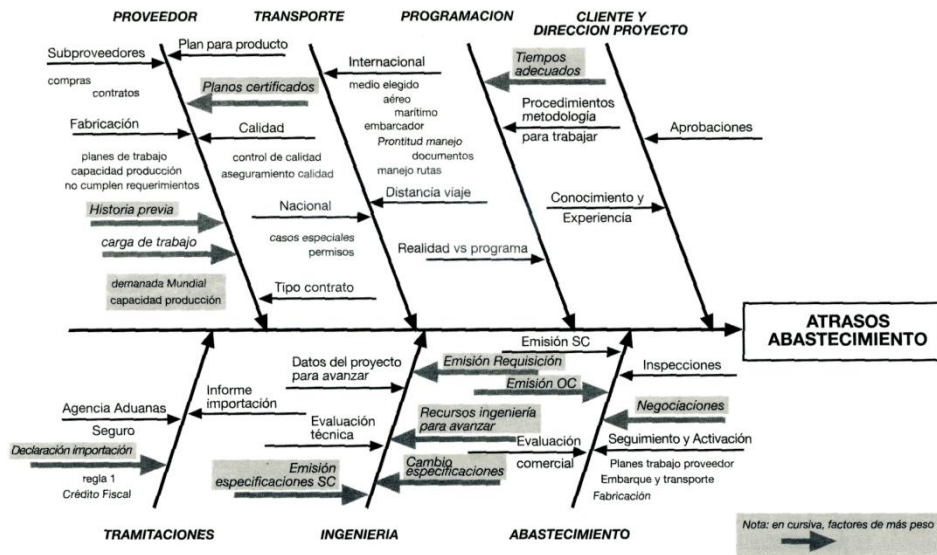


Figura 3. Diagrama causa-efecto para Atrasos en el proceso de abastecimiento en proyectos.

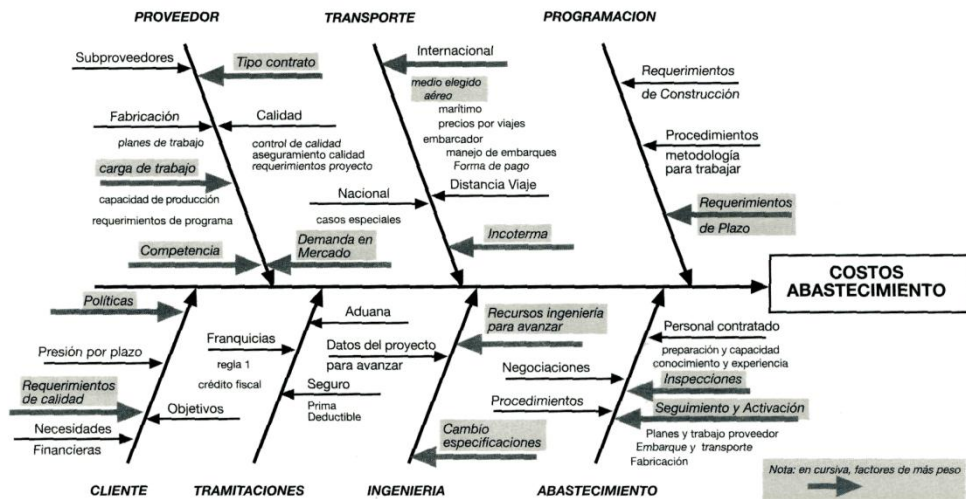


Figura 4. Diagrama causa-efecto para Costos en el proceso de abastecimiento en proyectos.

cuentas presenta, seguida de las etapas en el proceso de abastecimiento.

Para analizar tres aspectos fundamentales dentro del proceso de abastecimiento: tiempo de ciclo, costos, atrasos (asociados con variabilidad), se usó el diagrama de espina de pescado o causa - efecto. Los diagramas ayudaron a sintetizar las principales causas atribuidas a pérdidas en el proceso de abastecimiento para esos tres aspectos, que se presentan en las Figuras 3, 4 y 5. En los diagramas fueron resaltadas las causas más importantes, de acuerdo a la opinión de los entrevistados y a la apreciación de los autores. Para los atrasos, los más importantes son los

provocados por el proveedor (carga de trabajo, planos certificados, historia previa), la programación (tiempos adecuados), las tramitaciones (declaración de importación), la ingeniería (emisión de especificaciones de solicitud de cotización y requisición, recursos de ingeniería y cambios en las especificaciones) y el abastecimiento (emisión orden de compra, negociaciones). En relación a los costos, los más influyentes son el proveedor (carga de trabajo, tipo de contrato, demanda mundial, competencia), el transporte (forma comprar, medio elegido), la programación (requerimientos de plazo), el cliente (requerimientos de calidad, políticas), la ingeniería (recursos de ingeniería y cambios

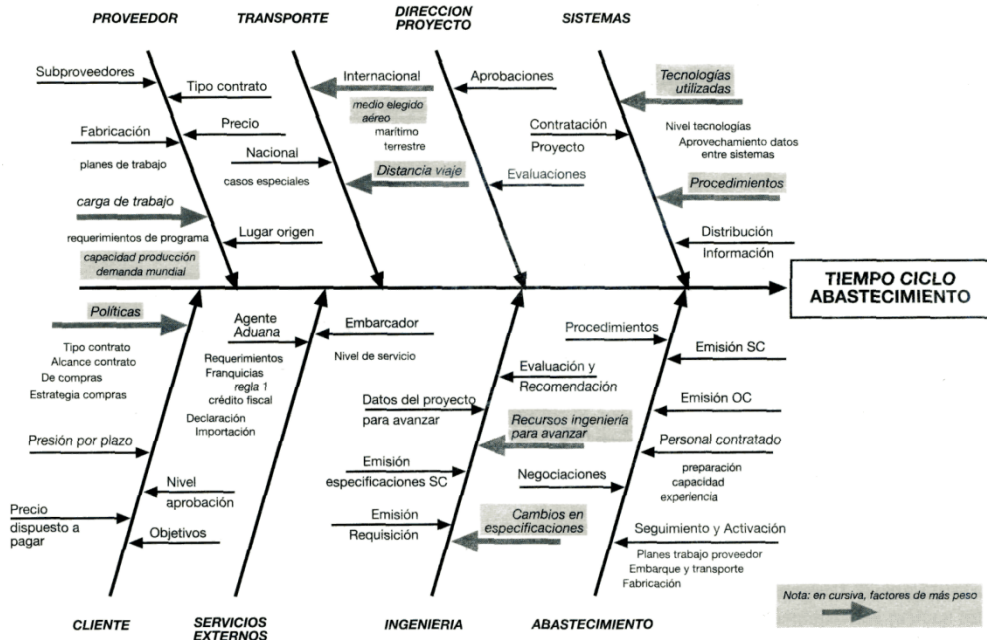


Figura 5. Diagrama causa-efecto para Tiempos de Ciclo del proceso de abastecimiento en proyectos.

en las especificaciones) y el abastecimiento (inspecciones y activación). Por su parte, los tiempos de ciclo se ven influenciados por el proveedor (carga de trabajo, demanda mundial), el transporte (distancia viaje, medio elegido), el sistema (tecnologías y procedimientos), el cliente (políticas), la ingeniería (recursos de ingeniería y cambios en las especificaciones).

Respecto a los informes de disconformidad en la recepción emitidos durante la ejecución de un proyecto industrial (62 durante 14 meses), afectaban mayoritariamente a los materiales a granel, con problemas ligados a este tipo de suministro (falta, exceso, fuera especificación), según se aprecia en la Figura 6.

De los resultados obtenidos al aplicar las diferentes herramientas (cuestionario, estudio de casos y análisis posterior), se puede concluir lo siguiente:

- I. Cada mandante presenta una organización de proyectos que se adapta a su propia realidad, variando de empresa a empresa y aún, de proyecto en proyecto. Esto tiene especial relevancia, ya que afecta al abastecimiento y la forma de enfrentarlo.
- II. Los problemas que se presentan en el abastecimiento son de diversa índole y origen. La forma en que fue realizada la investigación permitió determinar los principales problemas que ocurren para las diferentes áreas de

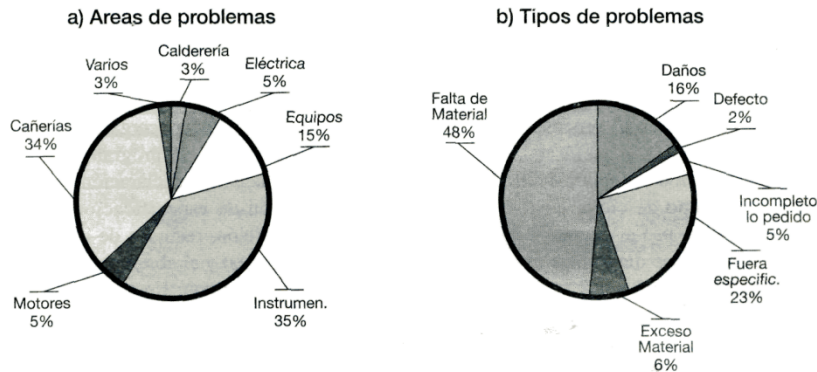


Figura 6. Disconformidades en la recepción en proyecto industrial.



proyecto. Los problemas que se enuncian están mirados bajo la perspectiva de las nuevas filosofías de gestión, por lo que más que problemas, son “pérdidas” en el proceso. Las más frecuentes son: atrasos en la entrega (estructuras), atrasos en los pedidos (equipos), reparaciones y cambios en terreno (equipos), inspección poco preparada (equipos, proveedor), falta de información a terreno de la llegada de ciertos suministros (activación), atrasos en la ingeniería (programación), cambios a transporte aéreo para acelerar envíos (programación), entre otros. Los grupos que presentan los problemas más citados son los suministros y las etapas dentro del proceso de abastecimiento.

III. La problemática del abastecimiento se relaciona básicamente con los atrasos (cumplimiento de la fecha requerida por el proyecto para el suministro o servicio) y la falta de calidad (especificada para el proyecto), provocando la necesidad de aplicar y desviar recursos (dinero, personal, tiempo, etc.) para evitar o recuperar los atrasos producidos.

IV. Los principales responsables o causantes de los problemas que se presentan son: el sistema en sí (forma y procedimientos para manejar y realizar las cosas), la ingeniería (por sus atrasos, equivocaciones y dinámica del fast-track), las políticas y el proveedor.

V. Las etapas dentro del proceso de abastecimiento que concentran la mayor participación dentro del intercambio y transmisión de información son la licitación y el seguimiento (proyecto industrial). Sobre el 50% del intercambio de información se realiza con externos al proyecto, seguido del intercambio interno y con los servicios al proyecto.

VI. Al realizar el análisis de valor a las actividades del proceso de un proyecto industrial, se detectó un alto porcentaje de actividades que no agregan valor (38%), con sólo un 18% de ellas que sí agregan valor. El resto de las actividades son contributorias, pero no resulta claro que sean necesarias para agregar valor al proyecto.

VII. Las disconformidades en la recepción, para el proyecto industrial analizado, afectaron principalmente a los materiales a granel (cañerías e instrumentación); por lo mismo, los principales tipos de problemas son la falta de material y la falta de cumplimiento de las especificaciones. El principal responsable y quien entregaba generalmente las soluciones era el proveedor. Dentro de los problemas más importantes para otro tipo de suministros, como equipos y motores están los daños. Dentro de las soluciones dadas, la segunda en importancia era reparar en Chile, cuestión atendible, producto del apremio por el plazo.

VIII. Los sistemas tradicionales (teléfono, fax, correo), se encuentran ampliamente difundidos y utilizados. Existe una baja proporción de proyectos que utilizan herramientas electrónicas en la gestión del abastecimiento en proyectos.

## 6. INDICADORES DE DESEMPEÑO

Al pensar en indicadores para evaluar el proceso de abastecimiento, necesariamente debemos pensar en la

forma en que estamos controlando y en la manera en que vamos a representar nuestro control. Los indicadores deben ser una herramienta del manejo de procesos, que refleje cuantitativamente el cómo se está realizando la gestión. Reflejarán una forma de trabajo, entregando información preferentemente a las planas directivas del proyecto, del consultor, del cliente y de los proveedores.

Asimismo, al considerar la estructura organizacional y la estrategia de contratación elegida para el proyecto, las necesidades de información serán diferentes y serán de interés en la medida que se asuma su costo o se afecte los objetivos del proyecto.

Los indicadores propuestos se dividieron según su tipo como se muestra a continuación:

- Tiempos de ciclo: indican los tiempos ocupados en la realización de las diferentes actividades dentro del proceso de abastecimiento.
- Indicadores de eventos o cumplimiento de hitos: chequean el cumplimiento de las fechas previstas para cada uno de los eventos relacionados con el suministro de un equipo o material. Evidencian el no-cumplimiento del programa y/o no-cumplimiento del tiempo asignado, diferenciando por especialidad.
- Indicadores de gestión: evidencian problemas de planificación o en el suministro en sí. Se calculan cada semana o mensualmente.
- Indicadores de costos: evidencian situaciones que hacen incurrir en un costo adicional para el área de abastecimiento. Se obtienen a medida que van llegando los envíos, pueden calcularse mensualmente.
- Valores referenciales: dan una idea de lo que esta sucediendo dentro del proceso, y entregan información para generar informes mensuales.

Para escoger los indicadores se debe contar con alguna diferenciación de los suministros que son más críticos, ya sea por plazo o por las características de complejidad y/o montos involucrados. En la Tabla 2 se entrega un detalle de los indicadores propuestos, luego del trabajo realizado. Para probar la utilidad de los indicadores propuestos, se enfrentaron los indicadores y los problemas detectados en las entrevistas, de manera de probar cuales de ellos eran capaces de evidenciar algunos de los problemas que se detectaron en el abastecimiento.

## 7. HERRAMIENTAS Y ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO

### 7.1. Generación de las Herramientas y Estrategias de Mejoramiento

Las herramientas y estrategias de mejoramiento se generan en base a un proceso de “lluvia de ideas”, que nace del análisis y estudio de quienes aplican la metodología. Las estrategias de mejoramiento, por su parte, son el conjunto de ciertas herramientas o acciones afines.

Las herramientas se agruparon en diferentes áreas, dependiendo de donde buscan producir el mejoramiento: sistema, organización, programación, áreas del proyecto, servi-



**Tabla 2. Indicadores de desempeño propuestos para el proceso de abastecimiento en proyectos.**

|   |  |                                 |   |
|---|--|---------------------------------|---|
| <b>1 TIEMPOS DE CICLO</b>   |  | <b>3 INDICADORES DE GESTION</b> |   |
| 1.1   | Tiempos de ciclo para diferentes actividades del proceso #     | 3.1                             | Frecuencia de días de atraso/adelanto respecto a hito                           |
| <b>2 INDICADORES DE EVENTOS</b>   |  | 3.2                             | N° de casos de falta de suministro en fecha planeada para utilizar en constr. # |
| ( % No cumple programa, % no cumple tiempo asignado, desglose por especialidad) |  | 3.3                             | N° de cambios en las especificaciones   |
| 2.1.1   | Emisión de la especialidad de la S.C. por ingeniería #         | 3.4                             | N° de órdenes de cambio #   |
| 2.1.2   | Recibe abastecimiento la especificación de la S.C.             | 3.5                             | N° despachos expresos #   |
|   | 2.2.1 Emisión S.C. para proveedores                            | 3.6                             | % de transporte por avión   |
| 2.1.3   | Envíos S.C. a proveedores                                      | 3.7                             | N° de cambios a transporte por avión #  |
| 2.1.4   | Recepción de propuestas  | 3.8                             | Cantidad de suministros con problemas de recepción #                            |
|   | 2.2.2 Envío de propuestas para evaluación Técnica              | 3.9                             | Casos con problemas de recepción, bajo y sobre deducible seguro                 |
| 2.1.5   | Evaluación ofertas #   | 3.10                            | Casos carga no embarcada  |
|   | 2.2.3 Negociación  | 3.11                            | Siniestros en transporte  |
| 2.1.6   | Envío evaluaciones a cliente (o responsable en organización) # | 3.12                            | N° declaración de importación (D.I.) rechazadas por periodo #                   |
| 2.1.7   | Recepción desde cliente (o responsable en organización)        | 3.13                            | Días de desfase entre recepción gruesa y fina #                                 |
| 2.1.8   | Decisión y Adjudicación  | <b>4 INDICADORES DE COSTOS</b>  |   |
| 2.1.9   | Aviso de Adjudicación  | 4.1                             | N° caídas a Piso / mes (barco)  |
|   | 2.2.4 Aceptación aviso de Adjudicación                         | 4.2                             | N° de días almacén (en aduana) / envío (avión)                                  |
|   | 2.2.5 Envío cartas agradecimiento                              | 4.3                             | N° de días en aduana/envío #  |
| .1.10   | Emisión Requisición por ingeniería #                           | 4.4                             | N° reglas 1 tramitadas / N° reglas 1 posibles #                                 |
|   | 2.2.6 Recepción de requisición por abastecimiento              | 4.5                             | N° créditos fiscales tramitados / N° créditos fiscales posibles #               |
| .1.11   | Emisión Orden de compra (O.C.) #                               | 4.6                             | N° (días dedicados) correcciones, reparaciones                                  |
|   | 2.2.7 Entrega de Planos para revisión                          | 4.7                             | N° de transportes especiales / periodo y acumuladas                             |
|   | 2.2.8 Entrega Planos Aprobados #                               | 4.8                             | Tiempo hasta liberación container, para container en obra #                     |
| .1.12   | Planos Aprobados Certificados #                                | <b>5 VALORES REFERENCIALES</b>  |   |
|   | 2.2.9 Término Compra de materiales para fabricación            | 5.1                             | Cantidad de S.C. emitidas / periodo y acumuladas                                |
|   | 2.2.10 Emisión órdenes subproveedores                          | 5.2                             | Cantidad de O.C. emitidas / periodo y acumuladas                                |
|   | 2.2.11 Salida de fábrica de suministro                         | 5.3                             | Cantidad de Ordenes de Cambio emitidas / periodo y acumuladas #                 |
|   | 2.2.12 Entrega FOB   | 5.4                             | Montos comprometidos en órdenes / periodo y acumulados                          |
| .1.13   | Embarque #   | 5.5                             | Embarques por periodo (general y detalle)                                       |
|   | 2.2.13 Llegada a puerto CIF                                    | 5.6                             | Embarques en tránsito por periodo (general y detalle) #                         |
|   | 2.2.14 Despacho desde aduana                                   | 5.7                             | Monto en dinero de Embarques por periodo #                                      |
| .1.14   | En terreno #   | 5.8                             | Recepciones gruesas realizadas #  |
|   |  | 5.9                             | Recepciones finas realizadas #  |
|   |  | 5.10                            | % avance ingeniería (verificación correlación ing.- abast. #                    |
|   |  | 5.11                            | Compras locales / compras importadas #  |
|   |  | 5.12                            | N° Suministros de acuerdo a nivel de criticidad (relación ind. eventos) #       |
|   |  | 5.13                            | Monto inspección por orden  |
|   |  | 5.14                            | Monto final suministro / monto presupuestado                                    |

*Nota:* S.C.: solicitud de cotización; orden de compra.  
Con símbolo #, reflejan ciertos problemas detectados

cios al proyecto, gestión de compra, gestión de tráfico y tramitaciones y proveedor. La Figura 6. ilustra en forma esquemática la forma de generar las herramientas y estrategias.

Con los antecedentes de los problemas y fortalezas, del análisis de casos, de las herramientas de análisis y de la evaluación general de las encuestas y sugerencias de los entrevistados, se generó la "lluvia de ideas", usada en este caso para ilustrar la metodología. De esta manera se genera una serie de herramientas y acciones específicas, las que son posteriormente evaluadas para seleccionar aquellas que presentan un mayor impacto potencial para reducir o eliminar las pérdidas identificadas en el proyecto analizado. La Tabla 3 muestra las herramientas y acciones propuestas en la lluvia de ideas.

Las herramientas se agruparon en áreas diferentes, dependiendo de donde buscan producir el mejoramiento: sistema, organización, programación, áreas del proyecto, servicios al proyecto, gestión de compra, gestión de tráfico y tramitaciones y proveedor.

Como una primera verificación, se comprobó la relación entre las herramientas propuestas para su posible implementación. Por un lado, se verificó el efecto de unas sobre otras, ya sea positivo (al complementar y/o reforzar) o negativo (excluyentes o contradictorias); y por otro, se agruparon y formularon las estrategias preliminares de mejoramiento.

Dentro de las estrategias que resultan más evidentes están: implementación de tecnologías de información en el proceso (EDI, e-mail, código de barras); creación de canales de comunicación para hacer más expedita la comunicación con el (los) proveedor (es); seguimiento acucioso a los actores del proceso y sus acciones; sistema predefinido, claro y probado.

## 7.2. Priorización de las Herramientas

Para determinar cuál (o cuáles) de las herramientas propuestas eliminan o disminuyen de mejor manera las "pérdidas" se propone la utilización de la

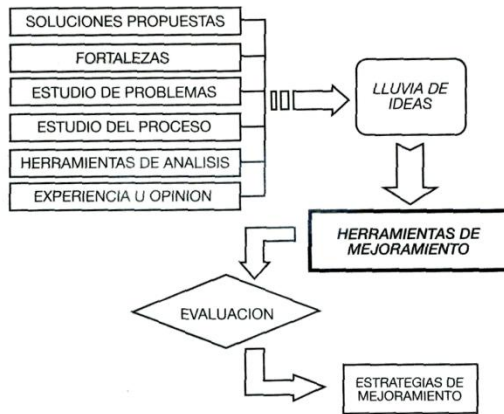


Figura 7. Diagrama de generación de las Herramientas y Estrategias de Mejoramiento.

Tabla 3. Herramientas de mejoramiento propuestas.

| Nº | AREA                  | HERRAMIENTAS PROPUESTAS   |
|----|-----------------------|---|
| 1  | sistema               | Correo Electrónico interno  |
| 2  | sistema               | Correo Electrónico externo  |
| 3  | sistema               | EDI (tradicional y/o propietario)   |
| 4  | sistema               | Sistemas integrados, base de datos  |
| 5  | sistema               | CAD 3D  |
| 6  | sistema               | Código de Barras, identificación automatizada                                 |
| 7  | sistema               | Filtro estabilización de compras realizadas y por realizar                    |
| 8  | sistema               | Control diferenciado para suministro  |
| 9  | sistema               | Procedimiento y reglas claras   |
| 10 | organización          | Canales de transferencia del know-how en empresa                              |
| 11 | organización          | Entrenamiento y "puesta en marcha" de procedimientos y sistemas               |
| 12 | organización          | Experiencia, capacidad y preparación del personal de abastecimiento           |
| 13 | programación          | Tiempos adecuados al programar  |
| 14 | programación          | Ingeniería cumpla fechas; aplique recursos                                    |
| 15 | programación          | Incluir holguras de seguridad   |
| 16 | programación          | Actitud proactiva   |
| 17 | áreas proyecto        | Aplicar ingeniería concurrente y de valor                                     |
| 18 | áreas proyecto        | Buscar claridad de equipos y suministros a comprar (cual es mercado objetivo) |
| 19 | áreas proyecto        | Listas chequeo especificaciones   |
| 20 | áreas proyecto        | Estandarizar dentro de lo posible   |
| 21 | áreas proyecto        | Trabajo en equipo, trabajar en función de los intereses proyecto              |
| 22 | servicios al proyecto | Inspección adecuada, preparación de fondo y forma. Haga el peso a proveedor   |
| 23 | servicios al proyecto | Simplificar y subcontratar servicios para acelerar                            |
| 24 | gestión compra        | Prenegociaciones, plazo y condiciones con proveedor (es)                      |
| 25 | gestión compra        | Evitar cambios innecesarios, verificar trascendencia comercial                |
| 26 | gestión compra        | Comprar en función de facilitar recepción, contratos, seguimiento             |
| 27 | g. Tráfico y trámites | Licitación servicios  |
| 28 | g. Tráfico y trámites | Precios preestablecidos para fletes, servicios                                |
| 29 | gestión seguimiento   | Seguimiento y control de hitos de internos al proyecto                        |
| 30 | gestión seguimiento   | Seguimiento y control de hitos de externos al proyecto                        |
| 31 | gestión seguimiento   | Seguimiento actividades proveedor (énfasis planos)                            |
| 32 | proveedor             | Sistemas de chequeo, aseguramiento de calidad, ISO                            |
| 33 | proveedor             | Experiencia previa, historia del proveedor                                    |
| 34 | proveedor             | Estudio del mercado de proveedores, "fotografía" del proveedor                |
| 35 | proveedor             | Estrecho contacto con proveedor (es)  |
| 36 | proveedor             | Promover alianzas locales / extranjeros                                       |





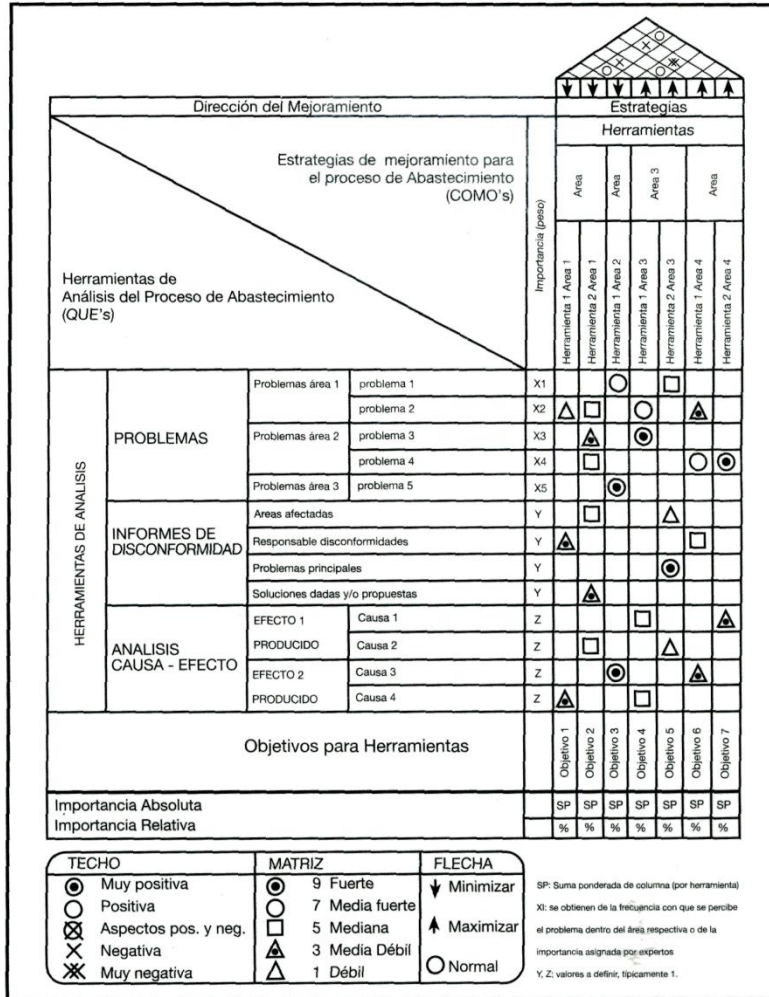


Figura 8. Priorización de Herramientas de mejoramiento (adaptada de [Rolstadas 95]).

“Casa de la Calidad”, [Aka0 90][Lautanala 97] como instrumento de análisis. La Casa de la Calidad, que se muestra esquemáticamente en la Figura 7, es una matriz que despliega los requerimientos o necesidades en las filas (QUE’s) y las respuestas técnicas que satisfacen dichos requerimientos en las columnas (COMO’s). Tanto las entradas de las filas (QUE’s) como las de las columnas (COMO’s) son obtenidas de la metodología de evaluación. Las entradas de las columnas son las herramientas y acciones antes descritas. Las entradas de las filas son: a) un listado priorizado de los problemas o pérdidas detectadas en la evaluación, b) informes de disconformidades (cuantificado) del proyecto, y c) un

análisis de las causas de los principales problemas y disconformidades.

La matriz se completa indicando en qué medida las respuestas técnicas (columnas) contribuyen a reducir o eliminar las pérdidas mostradas en las filas. El resultado es una priorización de la importancia de las herramientas, en base a ponderar las diversas interacciones, que se registra en las últimas filas.

El análisis usando la Casa de la Calidad debería hacerse por separado para cada uno de los resultados de las herramientas de análisis, es decir, es posible que se obtenga una distinta priorización para cada una de las entradas.



### 7.3. Consolidación de la priorización de las Herramientas

En la Figura 8. se presenta una guía para la consolidación de las priorizaciones y la búsqueda de una solución adecuada al caso en estudio. En general, se recomienda privilegiar un análisis que combine aspectos cualitativos y cuantitativos.

En la figura se ilustran dos enfoques de análisis. El primero considera, por ejemplo, seleccionar la intersección de las herramientas que aparecen en las más altas prioridades de cada base de priorización. El segundo considera la combinación ponderada de las priorizaciones en que los ponderadores deberían ser determinadas según aspectos tales como la confiabilidad y alcance de la información disponible en cada base. Sin embargo, no hay que olvidar que estas son sólo herramientas de análisis que deben proporcionar información al tomador de decisiones quien debe seleccionar las estrategias incorporando además aspectos de costo, tiempo y factibilidad de implementación.

## 8. CONCLUSIONES

### 8.1. Comentarios y Recomendaciones

Como resultado de la investigación se entregan las siguientes recomendaciones:

#### I. Respecto al proyecto

- Resulta adecuado contar con un estudio de la realidad de la empresa para implementar herramientas electrónicas que permitan hacer más eficiente y efectivo el proceso de abastecimiento, tales como correo electrónico interno, correo electrónico externo, EDI (tradicional y/o propietario), código de barras, sistemas integrados, programas de diseño en tres dimensiones (CAD 3D), o alguna otra tecnología probada y con costos razonables de acuerdo a la inversión que se realiza.

- La puesta en marcha de los procedimientos y los sistemas del funcionamiento, tanto del proyecto como del abastecimiento, facilita el trabajo cuando el proyecto ya debe partir.

- La Ingeniería, como motor del proyecto, debe alimentar de información de manera adecuada al abastecimiento. La falta de recursos de ingeniería, y la calidad de la misma, repercute directamente en el abastecimiento, en el programa, en la construcción, y en general, sobre el proyecto.

#### II. Respecto a los sistemas de control del abastecimiento

- El uso de indicadores de desempeño complementa la labor de los sistemas tradicionales de manejo del proceso de abastecimiento, al introducir conceptos de mejoramiento continuo y herramientas de fácil visualización.

- Se recomienda que al utilizar los indicadores, se manejen cada uno de acuerdo a los sistemas de mejoramiento de

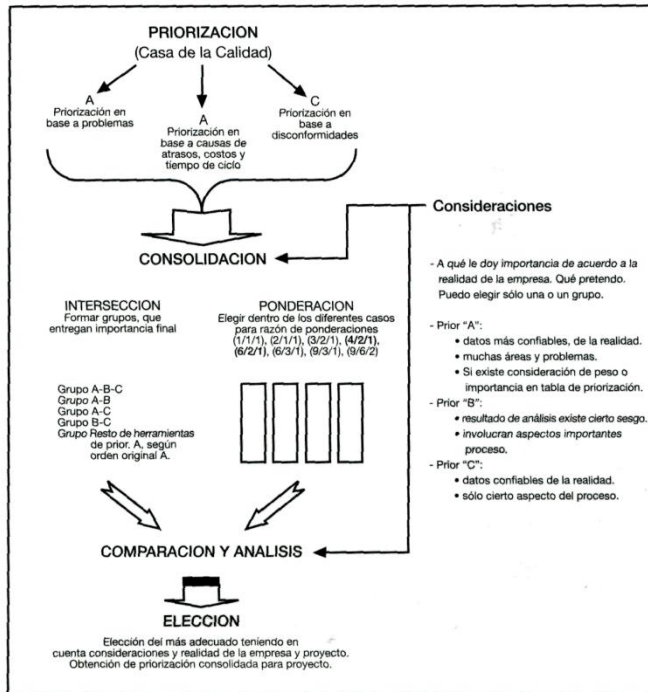


Figura 9. Guía para generar una priorización consolidada.

procesos tradicionales (PDCA especialmente), de manera de contar con un seguimiento permanente del indicador y de esta manera facilitar el "input" del indicador al evaluar el proceso con la metodología propuesta.

- Se debe diferenciar el control sobre los suministros críticos, de manera de facilitar la priorización.
- Cualquier innovación que afecte los sistemas de control y de administración del abastecimiento, y en general del proyecto, requiere del compromiso de la alta gerencia y en especial del personal de abastecimiento y del proyecto. Instruir respecto a las filosofías, las herramientas y los nuevos sistemas es un tema muy importante.

III. Respecto a la aplicación de la metodología

- La metodología entrega pautas para el diagnóstico, evaluación y mejoramiento del proceso de abastecimiento en proyectos y requiere de la participación de los distintos involucrados, para trabajar sobre bases sólidas y lograr su colaboración.
- Lo ideal es aplicar la metodología a la empresa en general, de manera de trabajar sobre los antecedentes y experiencia de la empresa. Luego, trabajar durante el proyecto con los indicadores de desempeño, realizando una nueva evaluación durante la ejecución del proyecto, y otra al final.

IV. Respecto al proveedor

- En general, existe la tendencia a evitar alianzas con el proveedor, pues se limita la competencia. Esta visión puede ser válida, pero si se cuenta con licitaciones adelantadas y prenegociaciones, se facilitará mucho el proceso de compra durante la ejecución del proyecto, sobretodo en la etapa "peak" o al término del mismo.
- Un estudio del mercado de los proveedores y la proyección del mismo a la hora de realizarse el proyecto, disminuye la incertidumbre al asignar la provisión de un determinado suministro o servicio.
- Una estrecha relación con el (los) proveedor (es) permite una colaboración e involucramiento mayor en el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

## 8.2. Contribución Específica de esta Investigación

Los sistemas tradicionales de gestión de proyectos no entregan una visión clara en términos globales respecto a como se está desarrollando el proceso de abastecimiento; los criterios de órdenes emitidas - órdenes programadas (históricas), o monto gastado - monto presupuestado, pueden ser demasiado generales. Se proponen dos armas para el seguimiento y mejoramiento del proceso: una metodología de diagnóstico, evaluación y mejoramiento y una propuesta de indicadores de desempeño para el proceso.

Quizás tan importante como lo anterior es la gran cantidad de información recolectada a través de una recolección sistemática y estructurada de información de diversas fuentes. Esta información ha sido estructurada y documentada lo que permite que su análisis no se agote en esta etapa, sino que puede servir de base a trabajos futuros.

## 8.3. Perspectivas para Futuras Investigaciones

La aplicación de la metodología propuesta en nuevos proyectos permitiría evaluar el impacto de su apli-

cación en las diversas áreas y dimensionar mejor la utilidad de las herramientas propuestas. En especial, la incorporación en la gestión del proyecto de los indicadores de desempeño y gestión propuestos.

Dado que la muestra de la investigación estuvo centrada en profesionales ligados al abastecimiento o a la administración del proyecto, convendría incorporar la visión de los demás actores del proceso de abastecimiento, tales como proveedores nacionales y extranjeros, otras áreas del proyecto (áreas de ingeniería, bodega, construcción, etc.), servicios (embarcador, agente de aduanas, corredor de seguros), transporte (marítimo, aéreo y terrestre), entre otros.

Finalmente, existen algunas áreas en las cuales se podría implementar una estructura de evaluación y mejoramiento similar, como son:

- I. La administración de suministros en obra, desde su llegada a terreno a la utilización final por parte del área de construcción.
- II. La gestión de materiales y suministros por parte del contratista de construcción.
- III. La ingeniería de diseño, en cuanto a su oportunidad y calidad, en los proyectos de inversión.



## REFERENCIAS

AKAO, Y., ed.(1990)

### **Quality Function Development.**

Productivity Press, Cambridge, MA, USA.

ALARCON, LUIS FERNANDO (1994)

### **Construcción sin Pérdidas: la Aplicación de Nuevas Filosofías de Producción en la Construcción.**

Revista BIT, Corporación de investigación de la Construcción,

Vol. 1, Nº 2, Mayo 1995.

ALARCON, LUIS FERNANDO, editor

(1997) **Lean Construction**, Published by Balkema, Rotterdam, Netherlands. 1997. 497 pp.

APUNTES NO PUBLICADOS (1989).

**Proyecto Oakland.** Departamento de Ingeniería Civil. Berkeley.

BALLARD, GLENN (1993)

### **Lean Construction and EPC performance**

### **improvement.** LEAN CONSTRUCTION,

editor L.F. Alarcón. Published by Balkema, Rotterdam, Netherlands. 1997. Págs. 79 - 92.

THE BUSINESS ROUDTABLE (1983)

### **More Construction for the Money:**

### **Summary of the Construction**

### **Industry Cost Effectiveness Project.** UK.

KOSKELA, LAURI (1993)

### **Lean production in Construction.**

LEAN CONSTRUCTION, editor L.F. Alarcón.

Published by Balkema, Rotterdam,

Netherlands. 1997. Págs. 1 - 10.

LAUTANALA, MIKA (1997)

### **A Process Approach to Design for Construction.**

LEAN CONSTRUCTION, editor L.F. Alarcón.

Published by Balkema, Rotterdam, Netherlands.

1997.Págs. 237 - 248.

RIVAS L., RODRIGO (1998)

### **Metodología de Diagnóstico, Evaluación y Mejoramiento del Abastecimiento en proyectos de inversión.**

Tesis de Magister.

Pontificia Universidad Católica de Chile.

ROLSTADAS, A. (1995)

### **Performance Management. A Business Process Benchmarking Approach.**

Chapman & Hall, London.

---

### **Luis Fernando Alarcón.**

*MSc, PhD.*

*Profesor Departamento Ingeniería*

*y Gestión de la Construcción.*

*Pontificia Universidad Católica de Chile.*

*e-mail: lalarcon@ing.puc.cl.*

### **Rodrigo Rivas**

*Magister en Ciencias de la Ingeniería.*

*Pontificia Universidad Católica de Chile*

● Para formar Ingenieros y Constructores del más alto nivel, la Universidad Católica cuenta con una vasta experiencia.

● Para producir Hormigones Premezclados de la más alta calidad y tecnología, Pétreos cuenta con más de veinte años de experiencia.



Oficinas Comerciales: Av. El Bosque Norte 0177, 5º Piso - Fono: 332 0846 - Fax: 332 0854 - Santiago