

***Implementación en  
procesos constructivos  
de métodos de calidad  
utilizados a nivel industrial***



## **Dedicatoria**

Dedico este proyecto a mis padres, a quienes todo debo. El esfuerzo de todos estos años para ustedes.

# Abstract

This work is of nature investigative and practice, the same one treats on a diagnosis of the qualities processes that they are applied to constructive level in building firms of housings in series, to implement procedures of control that normally are applied in industrial processes of massive production.

In spite of applying this type of methodologies, there is tried to obtain a new way of handling projects of construction, trying to do the activities with the minor quantity of necessary resources and with(in spite of) the minor quantity of products in inventories, looking that these contribute value to the project, which gives as result a decrease of losses or wastes of resources. The center of attention of this project is going to be basically the losses produced in the constructive processes. Initially there will be identified those activities that show major(bigger) frequency of occurrence, the above mentioned activities will be evaluated in a sample of 5 houses of the project Lilia Condominium of the company Vivicon S.A. This compilation of information will serve to locate graphically by means of methods very used in industrial control (Classification ABC, Pareto's graph) the reasons and the effects that they present in a problematic activity in its processes.

The interpretation of this information, it will propitiate(cause) to elaborating offers

of improvement to avoid losses in the constructive processes, also it will be possible to create tools of monitoring and control of procedures of the problematic activities that eventually will help the governing engineer to evaluate that the quality of the processes is the suitable one.

Words key: Diagnosis, building firms, housing in series, constructive processes, construction without loss(lost).

# Resumen

El trabajo que se presenta a continuación es de índole investigativa y práctica. Trata sobre un diagnóstico de los procesos de calidad que se aplican a nivel constructivo en empresas constructoras de viviendas en serie, para implementar procedimientos de control que normalmente se aplican en procesos industriales de producción masiva.

Con la aplicación de este tipo de metodologías, se pretende obtener una nueva forma de manejar proyectos de construcción, haciendo las actividades con la menor cantidad de recursos necesarios y con la menor cantidad de productos en inventario y buscando que estas aporten valor al proyecto, lo que da como resultado una disminución de pérdidas o desperdicios de recursos. El centro de atención de este proyecto serán básicamente las pérdidas producidas en los procesos constructivos. Inicialmente se

identificarán aquellas actividades que muestran la mayor frecuencia. Estas actividades serán evaluadas en una muestra de cinco casas del proyecto Lilia Condominio, de la empresa Vivicon S.A. Esta recolección de datos servirá para ubicar gráficamente, mediante métodos muy utilizados en control industrial (Clasificación ABC, Diagrama de Pareto), las causas y los efectos que se presentan en una actividad problemática en sus procesos. La interpretación de esta información propiciará la elaboración de propuestas de mejora

para evitar pérdidas en los procesos constructivos. También será posible crear herramientas de verificación y control de procedimientos de las actividades problemáticas que eventualmente ayudarán al ingeniero inspector a evaluar que la calidad de los procesos sea la adecuada.

Palabras clave: Diagnóstico, empresas constructoras, vivienda en serie, procesos constructivos, construcción sin pérdidas.

# ***Implementación en procesos constructivos de métodos de calidad utilizados a nivel industrial***

GUSTAVO BARRANTES AVENDAÑO

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Mayo del 2007

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Contenido

Prefacio .....	1
Resumen ejecutivo.....	2
Introducción.....	3
Metodología .....	5
Sistemas de Producción Industrializada .....	6
Resultados .....	29
Análisis de los resultados .....	58
Conclusiones.....	63
Apéndices .....	65
Anexos .....	66
Referencias .....	67

# Prefacio

La industria de la construcción es uno de los sectores de mayor importancia en el desarrollo de un país y, al igual que otros sectores de la economía nacional, se desarrolla en un campo donde la competencia es cada día más fuerte, por lo que el sector constructivo se ve en la necesidad de mejorar sus procesos productivos y la forma de administrar sus proyectos. Esto con el fin de lograr una mayor eficiencia en su desempeño, y ofrecer un mejor servicio a sus clientes.

La administración de proyectos como se aplica actualmente debe ser reformada porque es inadecuada, y su desempeño continuará decayendo mientras los proyectos se sigan haciendo más inciertos, más complejos y con mayores presiones en los tiempo de entrega. Debe entenderse por administración de proyectos se debe entender las formas de administración de proyectos que se usan actualmente y que se enseñan en las universidades. Estas formas de administración están fallando porque descansan en una comprensión errónea de la naturaleza de los proyectos, y debido a una equivocada definición del concepto de control. El control de proyectos, como se conoce actualmente, no es capaz de predecir resultados y no tiene control sobre sí mismo. Es más, el control actual de

proyectos esconde el desperdicio que en estos se genera.

En Costa Rica, a pesar de los esfuerzos por refinar la administración de construcciones a través de los años, la industria de la construcción continúa sufriendo de sobrecostos, del incumplimiento de fechas de entrega estipuladas y de expectativas no alcanzadas.

Además, la industria de la construcción ha sido históricamente reacia para cambiar en muchos aspectos, por lo que se hace necesario introducir nuevas ideas a la industria, que permitan darle un nuevo enfoque a la administración de proyectos de construcción.

Son aspectos fundamentales de métodos de calidad utilizados a nivel industrial son el determinar una serie de objetivos para el proceso de entrega de los productos, maximizar el desempeño de los participantes de los proyectos, de los diseños de procesos de trabajo y de las aplicaciones del control de producto a lo largo de toda la vida de los proyectos. Esto al contrario del punto de vista actual, en el que solo se enfoca en el producto final. Debido a la teoría detrás del concepto de la calidad en los procesos de construcción, esta nueva metodología es ideal para proyectos complejos.

Un especial agradecimiento al Ingeniero Gustavo Rojas Moya, por su guía y ayuda para realizar este trabajo y a todo el personal de proyectos de la empresa VIVICON CONSTRUCCIÓN, por su disposición a colaborar conmigo en todo momento.

# Resumen ejecutivo

La calidad de los procesos constructivos está directamente ligada a disminuir al máximo las pérdidas. Es por eso que es necesario explorar las teorías relacionadas con este tema, lo cual hizo a este proyecto ser de índole investigativa y práctica. El mismo trató el tema del diagnóstico de una empresa constructora de viviendas en serie, utilizando conceptos de producción industrial.

En la primera parte de este trabajo, la cual es más investigativa, se ha desarrollado con amplitud el concepto de calidad ligado básicamente a los procesos, de manera que se exploraron temas como la administración de proyectos, filosofías de manejo de recursos, producción, producción en masa, producción enfocada a la construcción, pérdidas y construcción sin pérdidas, con el fin de comprender teóricamente los ideales que busca un sistema de producción en serie adecuado.

De acuerdo con los objetivos de este proyecto de centrarse solamente en la identificación de pérdidas a nivel de ejecución de actividades, es necesario hacer una selección de actividades constructivas que se consideren más problemáticas en el desarrollo de un proyecto.

Se presentó el procedimiento que se utilizó para realizar el diagnóstico de las viviendas en serie durante aproximadamente tres meses en un mismo proyecto. Éste se realizó en el proyecto Lilia Condominio, desarrollado por la empresa VIVICON. Para esta parte del proyecto fue necesario recurrir a ciertas técnicas de recolección de información, con el fin de discriminar aquellas actividades que no sean tan relevantes, en comparación con las actividades que eventualmente producen pérdidas las cuales se ven reflejadas en el proceso constructivo como tal. De esta manera se presentan las descripciones de los métodos considerados para utilizar en la recolección de datos. Esta recolección de datos puede ser de manera cualitativa o cuantitativa. Para efectos de este proyecto se consideró tomar datos de ambas

formas para formar un panorama más completo de cada situación.

De acuerdo con a la información recolectada, se analizaron las cinco actividades de mayor problemática en los procesos constructivos, a saber: Instalación de mueble de cocina, repellos, fontanerías, formaletas y pega de bloques. Esta información fue procesada y puesta en los diagramas de Pareto y de Causa- Efecto, con el fin de poder visualizar las diferentes cadenas Causa y Efecto, que pueden estar presentes en un problema, facilitando los estudios posteriores de evaluación del grado de aporte de cada una de estas causas. Con esto podemos conocer cuales son las partes que inciden más en la calidad de la actividad, por lo que se pueden establecer criterios más saludables para la inspección o construcción. Dentro de las conclusiones más destacadas de este proyecto se obtuvo que pérdidas como “tiempos de espera” y “demoras para realizar actividades” se deben a causas como personal no calificado, o falta de comunicación entre las partes. Del diagnóstico realizado en las actividades más críticas luego de su análisis gráfico de causa efecto, se obtuvieron como resultado listas de verificación que sirven de gran ayuda al inspector o encargado de proyecto, para no tener problemas que afecten la calidad del proceso constructivo como tal.



# Introducción

El presente proyecto de graduación consiste en realizar un diagnóstico de los procesos de construcción del proyecto Lilia Condominio, de la empresa VIVICON, utilizando conceptos de Producción industrial.

Normalmente las industrias de producción masiva tienen como objetivo hacer más cosas con menos recursos, sin descuidar los requerimientos del cliente. Es decir, esta metodología de trabajo busca la eliminación o reducción de las actividades que no agregan valor al proceso, las cuales se denominan pérdidas o desperdicios. Se requieren técnicas de control y evaluación para facilitar el cumplimiento de los objetivos antes mencionados.

Algunas de ellas son:

- Clasificación ABC o Diagrama de Pareto
- Diagramas de Ishikawa o Causa Efecto
- Listas de verificación o check list

Su función principal es ofrecer un acercamiento para reunir información, ayuda a determinar cómo se está progresando al referirse a lo actuado y establecer los objetivos del proyecto. Cuando hay fallas, algunas de estas herramientas permiten recolectar la información sobre todas las características de calidad generadas en la fabricación del producto y ordenarlas en categorías, de manera que se pueda centrar la atención solamente sobre aquellas características que sean importantes. Esto ayuda a solucionar problemas y mejorar continuamente.

Para ahondar en el tema de la calidad, antes es necesario investigar el tema de los problemas constructivos ligados a ese tema, de manera que se conozcan con amplitud los conceptos de calidad relacionados básicamente a los procesos, y así explorar otros temas como la administración de proyectos, filosofías de manejo de recursos, producción, producción en masa,

producción enfocada a la construcción, pérdidas y construcción sin perdidas, con el fin de comprender teóricamente los ideales que busca un sistema de producción en serie adecuado.

Este proyecto resulta ideal para aplicarlo en sistemas constructivos habitacionales en serie, por el hecho de que, al ser repetitivos, permiten un mayor control sobre las actividades y por lo tanto de los procesos. Es por esto que se optó por realizar dicho diagnóstico en la compañía Vivicon Construcción.

La empresa VIVICON nació en 1969, año en que realizó el primer proyecto habitacional a gran escala del país con la ayuda de un préstamo del AID. Para el año 1978 se crea Inmobiliaria Habitacional S.A., compañía dedicada a la comercialización de proyectos inmobiliarios promovidos y construidos por empresas de VIVICON S.A. Dos años más tarde, en 1980, se crea la Guaymi Empresas Unidas S.A., encargada de llevar un mejor control de la calidad de los desarrollos que se ofrecían al mercado. Casi dos décadas después, en 1999, se decide adoptar el nombre de VIVICON Grupo Inmobiliario, que abriga las tres empresas que se manejaban hasta el momento, las cuales eran: Dika Internacional S.A., Guaymi Empresas Unidas S.A. e Inmobiliaria Habitacional S.A. Para el año 2004 se crea una nueva identidad e imagen, con la cual se da a conocer actualmente la empresa: VIVICON.

El diagnóstico será llevado a cabo en el proyecto Lilia Condominio, ubicado en San Francisco de Heredia. Este proyecto es de nivel medio-alto y se desarrolla bajo el método de construcción en serie. Aunque el proyecto cuente con cuatro modelos distintos de casas, éstas siempre van a tener en común una cantidad igual de actividades en su proceso y una misma calidad de mano de obra, bajo un esquema de trabajo organizado y planificado que despliegue una gran cantidad de información, la cual será seleccionada para el objeto de estudio propuesto. De la información recolectada en campo, será necesario ejecutar una nueva clasificación de información mas específica que saldrá directamente de la observación de campo, en un conjunto seleccionado de viviendas que se presten para ser analizadas de acuerdo con el programa de trabajo. Esto el fin de determinar aquellas características relacionadas con pérdidas y con la calidad de los procesos constructivos más importantes y relevantes, para

enfocar el estudio, de manera que sirvan como herramientas de diagnóstico de la situación actual o problemática. Una vez entendida esa nueva información podemos realizar un análisis de los datos sacados de campo para obtener información sobre la calidad del producto, y para estudiar y corregir el funcionamiento del Proceso.

# Metodología

la calidad de la actividad por lo que se pueden establecer criterios más saludables para la inspección o construcción.

## **Análisis de los procesos de trabajo**

En esta etapa se analizan los procesos de trabajo en el área de ejecución del proyecto. Lo anterior con el fin de identificar las actividades que agregan o no, valor al proceso de trabajo.

La metodología seguida para realizar este proyecto de graduación sigue tres direcciones de trabajo: la investigación en campo, utilizando para ello entrevistas; mediciones de campo de actividades que presenten problemas y sus causantes, y el análisis de los procesos de trabajo que desarrolla VIVICON CONSTRUCCIÓN. Es necesario ejecutar una clasificación con el fin de determinar aquellas características relacionadas con pérdidas y con la calidad de los procesos constructivos más importantes y relevantes. Lo anterior se desarrolla en etapas las cuales son:

### **Presentación del proyecto a la empresa VIVICON CONSTRUCCIÓN**

En esta etapa se presenta el proyecto a VIVICON CONSTRUCCIÓN. Para ello se explica la metodología por usar y se explica el concepto de la Construcción sin Pérdidas, y su aplicabilidad a los proyectos de construcción de vivienda en serie.

### **Análisis de los tipos de pérdidas y/o desperdicios y sus causas**

En esta etapa se lleva a cabo la realización de una encuesta en el lugar de construcción de la empresa en estudio, como medio para identificar las pérdidas que se dan en el proyecto; asimismo, se identifican las causas relacionadas con esas pérdidas.

### **Visitas al sitio de construcción y a las oficinas de la empresa**

En esta etapa se realizan visitas al sitio de construcción con el fin de analizar los procesos de trabajo que se siguen. Se seleccionarán **algunas** de las actividades más importantes de la construcción de una vivienda y de cada una de esas actividades se denotarán sus características de calidad. Con una muestra de cinco viviendas se verán y medirán esos aspectos para conocer su incidencia en el proceso. Con esto se puede conocer cuáles son las partes que inciden más en

# Sistemas de Producción Industrializada

## Producción Artesanal y Producción en Masa

Para explicar de mejor manera los tipos de producción, a continuación se presentan los métodos de producción más usados, como son el Artesanal y en Masa.

En el sistema artesanal el productor emplea trabajadores calificados y herramientas simples para cumplir con lo que un cliente solicita en particular. Se elabora un producto único e irrepetible. El problema de este sistema es que el costo final de los bienes es alto y su volumen de producción bajo. Sin embargo, presenta varias ventajas competitivas como la satisfacción total del cliente, la flexibilidad de las herramientas y de la producción y el uso de trabajadores especializados. Ejemplos de producción artesanal son la producción y lanzamiento de satélites, la industria suiza de relojes, la industria zapatera y la industria de la construcción.

Por otro lado, la producción en masa utiliza profesionales poco calificados para que diseñen productos que son construidos por trabajadores no calificados o semi calificados utilizando máquinas diseñadas para un solo propósito. En este sistema, aparte de la utilización de máquinas se involucran otros aspectos como suministros, trabajadores y espacio para asegurarse que la producción se lleve a cabo sin problemas. En este tipo de sistema realizar un cambio a un producto cuesta más que en el sistema artesanal por lo que la producción y diseño se debe realizar de manera estandarizada. Como resultado de la producción estandarizada el producto final le cuesta menos al consumidor, pero se sacrifica la

variedad. En este sistema muchas veces los empleados encuentran los métodos de producción aburridos y desalentadores.

Adicionalmente, muchas compañías a nivel mundial, están poniendo en práctica la llamada producción sin pérdidas, el productor sin pérdidas combina las ventajas de la producción artesanal y en masa evitando la rigidez del sistema en masa y los altos costos de la producción en masa. Es decir, los productores sin pérdidas utilizan grupos de trabajadores que puedan realizar diferentes actividades en todos los niveles de la organización y máquinas que pueden producir grandes volúmenes de productos de gran variedad. La Producción sin Pérdidas se llama “sin Pérdidas” porque utiliza menos de los recursos necesarios en comparación con la producción en masa, no requiere mantener tantos productos en inventario, lleva a cabo la fabricación con menos defectos y produce una gran variedad de productos.

Una de las diferencias más notables entre la producción en masa y la producción sin pérdidas son los objetivos finales de cada sistema de producción. En la producción en masa se planea producir productos aceptables con cierto número de defectos, hay un nivel máximo de exigencia a la hora de producir y la variedad de productos estandarizados es pequeña. Producir con un grado de perfeccionamiento mayor implicaría mayores costos y en algunos casos excedería la capacidad de los trabajadores. En cambio, los productores sin pérdidas tienen como única meta la perfección por medio de la reducción de costos, de producir sin defectos, de no tener inventarios y de producir la mayor variedad de productos posibles.

En la Tabla 1.1 se muestran las principales diferencias entre los tres sistemas de producción expuestos en esta sección.

**Tabla 1.1 Diferencias entre la producción artesanal, en masa y sin pérdidas. (Gasca, 2000)**

	Producción artesanal	Producción en masa	Producción sin Pérdidas
<b>Mano de obra</b>	Trabajadores altamente calificados.	Trabajadores no calificados o semi-calificados.	Trabajadores multicalificados o multifuncionales.
<b>Herramientas, maquinaria y equipo</b>	Herramientas sencillas y flexibles.	Máquinas costosas y unipropósito.	Máquinas altamente flexibles y automatizadas.
<b>Sistema de producción</b>	Sistema de producción flexible (al proporcionar exactamente lo que el cliente desea).	Sistema de producción rígida (producción de ejemplares estandarizados).	Sistema de producción flexible (variedad de productos).
<b>Volumen de producción</b>	Producción de un ejemplar a la vez, único e irrepetible.	Producción de grandes volúmenes estandarizados.	Producción de grandes volúmenes enormemente variados.
<b>Relación con clientes</b>	Se provee al cliente exactamente con el producto y/o servicio que quiere (énfasis en sus necesidades y valor).	Se sacrifican los gustos y necesidades del cliente con el fin de estandarizar procesos y reducir costos.	Infinita variedad de productos con base en las necesidades (valor) del cliente.
<b>Costos de producción</b>	Altos costos de producción por unidad.	Costos bajos de producción por unidad.	Reducción continua de costos.
<b>Volumen de producción</b>	Volúmenes de producción reducidos, necesidades mínimas de inventario.	Gran cantidad de inventarios y espacios físicos en exceso para su almacenamiento y manejo.	Cero inventarios y reducción de espacios para su almacenamiento y manejo.
<b>Desempeño</b>	Énfasis en la perfección del más mínimo detalle.	Gran cantidad de defectos los cuales son corregidos al final de la línea de producción con la finalidad de no detener el proceso.	Cultura de cero defectos (si se detecta algún defecto, la línea de producción se detiene para detectar el problema y corregirlo).

implementar acciones correctivas, preventivas y proyectivas que eviten futuros problemas.

En tanto, el control de atributos, se recolecta información contando la cantidad de unidades que no cumplen con las condiciones establecidas. Se toma nota de posibles causas y se toman decisiones para disminuir tanto la cantidad como la variedad de problemas de calidad.

Un producto tiene gran cantidad y variedad de características, por ello, es necesario ejecutar una clasificación con el fin de determinar aquellas más importantes y relevantes. Para efectuar esta clasificación se hace uso de tres diagramas que son el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto y el diagrama de causa – efecto. La clasificación consiste en recolectar todas las características y ponerlas en el diagrama de Ishikawa, posteriormente clasificarlas de acuerdo con su frecuencia e importancia en un diagrama de Pareto y finalmente encontrar las causas y efectos ocasionados por la falla de las características seleccionadas, usando diagramas causa – efecto.

## Administración de calidad

### Características

El control de un producto en su etapa de producción se ejecuta sobre la base de características de calidad que se generan en las diferentes operaciones de fabricación.

Una característica de calidad es una variable o un atributo generada en una operación de producción y que debe cumplir con los requisitos del cliente y de manufactura previamente fijados. Si la característica es una variable significa que es medible, por el contrario, si la característica corresponde a un atributo significa que es no medible.

En el control de variables, se deben de ejecutar una serie de mediciones con un instrumento adecuado seleccionado y siguiendo los procedimientos establecidos para cuidar la calidad de la información recolectada, posibilitando concluir efectivamente para

### Gestión de Calidad

Para conducir y operar una organización en forma exitosa se requiere que ésta se dirija y controle en forma sistemática y transparente. Se puede lograr el éxito implementando y manteniendo un sistema de gestión que esté diseñado para mejorar continuamente su desempeño mediante la consideración de las necesidades de todas las partes interesadas. La gestión de una organización comprende la gestión de la calidad entre otras disciplinas de gestión.

Aquella parte del sistema de gestión de la organización enfocada en el logro de los resultados, en relación con los objetivos de la calidad, para satisfacer las necesidades, expectativas y requisitos de las partes interesadas, es lo que se conoce como Sistemas de Gestión de Calidad.

En general, la gestión de la calidad, hace uso de ocho principios con el fin de conducir a la organización hacia una mejora en el desempeño, y en los cuales constituyen la base de las normas de sistemas de gestión de la calidad de la familia de normas ISO 9000, estos son:

- a) *Enfoque al cliente*: Comprende las necesidades actuales y futuras de los clientes, satisfacer los requisitos de los clientes y esforzarse en exceder las expectativas de los clientes.
- b) *Liderazgo*: los líderes establecen la unidad de propósito y la orientación de la organización. Ellos deberían crear y mantener un ambiente interno en el cual el personal pueda llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos de la organización.
- c) *Participación del personal*: el personal es la esencia de una organización y su total compromiso posibilita que sus habilidades sean usadas para el beneficio de la organización.
- d) *Enfoques basados en procesos*: un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso.
- e) *Enfoque de sistema para la gestión*: identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema, contribuye a la eficacia y eficiencia de una organización en el logro de sus objetivos.
- f) *Mejora continua*: la mejora continua del desempeño global de la organización debería ser un objetivo permanente de ésta.
- g) *Enfoques basados en hechos para la toma de decisión*: las decisiones eficaces se basan en el análisis de los datos y la información.
- h) *Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor*: una organización y sus proveedores son interdependientes y una relación mutuamente beneficiosa aumenta la capacidad de ambos para crear valor.

Los sistemas de gestión de la calidad pueden ayudar a las organizaciones a aumentar la satisfacción del cliente. Estas necesidades y expectativas se expresan en la especificación del producto y son generalmente como requisitos del cliente, estos pueden estar especificados por el cliente de forma contractual o pueden ser determinados por la propia organización, sin

embargo, es finalmente el cliente quién determina la aceptabilidad del producto.

Un sistema de gestión de la calidad anima a las organizaciones a analizar los requisitos del cliente, definir los procesos que contribuyen al logro de productos aceptables para el cliente y a mantener estos procesos bajo control.

La familia de Normas ISO distingue entre requisitos para los sistemas de gestión de la calidad y requisitos para los productos. Los requisitos para los sistemas de gestión de la calidad se especifican en la Norma ISO 9001. Estos requisitos son genéricos y aplicables a organizaciones de cualquier sector económico e industrial con independencia de la categoría del producto ofrecido.

Un enfoque para desarrollar e implementar un sistema de gestión de la calidad comprende diferentes etapas tales como:

- 1) Determinar las necesidades y expectativas de los clientes y de otras partes interesadas.
- 2) Establecer la política y objetivos de la calidad de la organización.
- 3) Determinar los procesos y las responsabilidades necesarias para el logro de los objetivos de calidad.
- 4) Determinar y proporcionar los recursos necesarios para el logro de los objetivos de la calidad.
- 5) Establecer métodos para medir la eficacia y eficiencia de cada proceso.
- 6) Aplicar estas medidas para determinar la eficacia y eficiencia de cada proceso.
- 7) Determinar los medios para prevenir no conformidades y eliminar sus causas.
- 8) Establecer y aplicar un proceso para la mejora continua del sistema de gestión de la calidad

## Calidad Total

En un principio el concepto de calidad se refería a una simple inspección. Posteriormente, el concepto abarcó un proceso de control de producción utilizando las llamadas 7 herramientas

de control estadístico de la calidad: los diagramas de Pareto, los diagramas causa-efecto, los histogramas, los cuadros de control, los diagramas de dispersión, las gráficas y las hojas de verificación. Dicho proceso de control fue aplicado a todos los procesos de la empresa, naciendo así el Control de Calidad Total. Por último, el concepto cambió al tomar en cuenta no solo los procesos de gestión de la empresa sino también la participación de los trabajadores, naciendo así la idea de “hacer las cosas bien la primer vez” mediante los procesos de mejora continua, que utiliza las denominadas “nuevas 7 herramientas de control estadístico de la calidad”: los diagramas de relaciones, los diagramas de afinidad, los diagramas de árbol, los diagramas matriciales, los diagramas matriciales de análisis de datos, los gráficos de programa de decisiones de proceso y los diagramas de flechas. Hoy en día el concepto de calidad abarca la satisfacción del cliente y la prevención de ocurrencia de errores, principios básicos de la Administración de la Calidad Total.

La filosofía de la llamada Administración de la Calidad Total se fundamenta en un enfoque a la atención de los requerimientos del cliente y en la mejora continua. Según Gasca (2000) el término “total” se refiere a:

- Pensar en la calidad en términos de todas las funciones de la empresa,
- Es un proceso de principio a fin, donde se integran las funciones relacionadas entre sí en todos los niveles,
- Es un enfoque de sistemas que considera todas las interacciones entre los diversos elementos de la organización que intervienen en el ciclo de vida de un producto: diseño, planeación, producción, distribución y servicio al cliente,
- Integra la estrategia enfocada en el cliente, los instrumentos de la calidad y la participación del empleado.

La Administración de la Calidad Total busca reestructurar las prácticas ordinarias de la administración con el fin de mejorar la calidad de un producto o servicio y la satisfacción del cliente. Para ello, Gasca (2000) propone seguir los siguientes principios:

- Preguntar al cliente qué es lo que quiere,
- Establecer el estándar de “cero defectos”,
- Completar el trabajo en el menor tiempo posible,

- Establecer medidas de desempeño del sistema,
- Asegurar la participación de todos en el proceso,
- Mejora continua de procesos.

## **Adaptación, conceptos de Producción a la construcción**

Los problemas en la industria de la construcción son casi siempre los mismos: baja productividad, condiciones no óptimas de trabajo y seguridad, y baja calidad de los productos terminados. Abonado a esto, se debe considerar que casi todos los proyectos de construcción son únicos e involucran una gran cantidad de variables y participantes en un solo espacio (sitio de la obra) y en un mismo tiempo. Sin embargo, para estos problemas se han planteado soluciones. Para proyectos únicos y no repetitivos se ha implementado la estandarización y la modulación, las dificultades en los sitios de obra se han solucionado con cuadrillas especializadas y la introducción de la prefabricación, y la coordinación de los diferentes actores en un proyecto (contratista y subcontratista) se ha manejado con estrategias de coordinación y herramientas como el Partnering.

Muchas veces la industria de la construcción ha rechazado ideas de la industria manufacturera bajo la excusa de que ambas son muy diferentes. Sin embargo, se puede apreciar la influencia de la industria manufacturera sobre la de la construcción en aspectos como la industrialización y prefabricación de productos finales o intermedios.

Llevar la construcción a metodologías semejantes de la industria va de la mano con la producción sin pérdidas, de manera que se puede ver la tendencia en la construcción de aplicar estos conceptos, los cuales se dirigen a producir bajo sistemas que entreguen al cliente un producto ordenado al instante y que cumpla con las especificaciones pedidas, todo ello sin la necesidad de mantener inventarios. Se puede adaptar la Producción sin Pérdidas a la construcción a través de (Howell, 1999; Gasca, 2000):

- La identificación de la cadena de valor del proceso desde el punto de vista del cliente y la eliminación de todo aquello que no agregue valor al mismo (considerado como pérdida y/o desperdicio en el proceso),
- La organización de la producción bajo el concepto de flujo continuo,
- La implementación de un sistema de inventarios tipo "Pull", una distribución adecuada y a tiempo de información y la descentralización en la toma de decisiones,
- La búsqueda de la perfección y transparencia del proceso mediante la satisfacción de los requerimientos del cliente y la participación de los empleados.

La administración de la construcción, tal como se conoce hoy en día, se enfoca en desglosar los proyectos en actividades o tareas a las cuales se les asigna una duración, un costo y unos recursos. Sin embargo, como se trabaja en la actualidad, dichas actividades o tareas atribuyen al flujo de trabajo gran cantidad de interrupciones, una alta variabilidad a los procesos y una gran cantidad de pérdidas y/o desperdicios al proyecto, lo que en total equivale a una pérdida al aporte de valor del proyecto de construcción.

## Actividades, valor y flujo de procesos

La administración de la construcción, en la manera como se conoce actualmente, desglosa los proyectos en actividades a las cuales se les asignan un costo, una duración y una calidad. Para optimizar el proyecto, se debe optimizar cada actividad individualmente, aumentando de esta forma el valor del proyecto como tal.

En resumen, la administración de proyectos tradicional separa el proyecto en actividades, las ordena en una secuencia lógica y les asigna un costo y una duración para llevarlas a cabo. A su vez, esas actividades se desglosan en pequeños paquetes a los cuales se les designa recurso humano para desarrollarlas. El control del proyecto se lleva a través del control de cada actividad, controlando el tiempo, el costo y la calidad real con lo que se había proyectado. En

caso de que exista una diferencia, se busca ajustar la actividad que presenta variaciones para así ajustar el proyecto.

A la manera tradicional de administrar los proyectos se le puede criticar que al segmentar el proyecto en actividades no considera los principios de diseño de flujo de procesos y no propicia la mejora continua, ya que crea flujos por debajo del óptimo y las actividades no generan valor al proceso. Lo anterior se debe a (Koskela, 1992; Gasca, 2000):

- Método secuencial en la concepción y realización del proyecto,
- Falta de consideraciones de calidad en el proyecto (satisfacción de las necesidades del cliente),
- Control segmentado del proyecto,
- Métodos tradicionales de programación (Ruta Crítica o CPM – Critic Path Method).

Además se debe tomar en cuenta las particularidades presentes en cada proyecto de construcción:

- Cada proyecto es diferente,
- La producción (construcción) del producto se hace en el sitio,
- Se trabaja con una organización temporal y múltiple (involucra gran cantidad de participantes de diferente procedencia).

Se puede decir que al haber una serie de actividades que se realizan por diferentes participantes se produce una segmentación del proyecto, lo que no permite una revisión o iteración de los procesos y no considera las solicitudes inmediatas del cliente, no se produce un intercambio de información entre las partes y hay falta de liderazgo y responsabilidad sobre todo el proyecto. Abonado a esto, el control de la calidad no se lleva al máximo, ya que se trabaja con un nivel aceptable de calidad y no hay un esfuerzo real de eliminar defectos o de detectarlos a tiempo.

En lo que respecta al control segmentado de un proyecto, un ejemplo de esto es el suministro de materiales al sitio de obra. En la mayoría de los casos, no existe un plan de administración de los materiales en lo que respecta a solicitud, suministro y tiempos de entrega. La administración de los materiales la realiza un departamento, el cual solamente se dedica a la compra de los materiales y se maneja con los tiempos de entrega de los proveedores, por lo que permanece desligado del proceso de



construcción como tal. De esta manera, son los trabajos en el campo los que se tienen que adaptar al tiempo de entrega de los materiales y no al ritmo de desarrollo de la obra. Por otra parte, el uso del método de programación de la ruta crítica define un inicio y un fin del proyecto y las holguras de las actividades, pero no define el flujo de materiales y de información que debe darse para llevarlas a cabo. Además el uso del método de la ruta crítica busca dar a cada actividad el inicio más pronto posible o la mayor holgura posible, sin tomar en cuenta la secuencia de trabajo ejecutado para pasar de una actividad a otra.

A pesar de que cada proyecto es único y que surge de una necesidad también única, en condiciones y sitios diferentes y con una solución única, hay ciertas actividades que se repiten para el diseñador y el constructor.

En lo que respecta a la producción en sitio se deben considerar ciertos factores, como son (Howell, 1998; Gasca, 2000):

- Variabilidad, en la mano de obra, medio ambiente en constante cambio, condiciones de seguridad, características del terreno, condiciones climáticas, etc.,
- Complejidad, en cuanto a la coordinación del flujo de materiales, información y mano de obra en el sitio,
- Transparencia, en cuanto a la dificultad de la planeación de la logística de operaciones en obra debido al constante cambio de sitio de construcción,
- Transferencia de conocimiento, en cuanto a la dificultad de transferir procedimientos y prácticas de un proyecto a otro.

En cuanto al recurso humano que interviene en un proyecto, este se caracteriza por ser temporal y múltiple, es decir, en un proyecto intervienen varios subcontratistas que ejecutan un trabajo para un mismo contratista bajo procedimientos y condiciones diferentes. Muchas veces la escogencia de un subcontratista se hace en función del menor precio ofrecido por un servicio sin considerar la calidad y la duración de la actividad. Abonado a esto, se puede decir que cuando hay presencia de varios subcontratistas en un proyecto, la comunicación, la transferencia de información y la mejora continua se hace difícil. Además, debido a los procedimientos que deben seguirse a lo interno del proyecto, muchas veces el tiempo de ejecución de actividades se atrasa. Un ejemplo de esto puede ser la

obtención por parte de un subcontratista de un permiso para realizar una actividad que tiene como predecesora otra actividad realizada por otro subcontratista.

A esto se le puede sumar la incertidumbre y la falta de administración en la industria de la construcción. Según Gasca (2000), se puede decir que los proyectos de construcción se caracterizan por:

- Soluciones por abajo del óptimo en cuanto a diseño e ingeniería,
- Falta de constructibilidad,
- Dificultades en la operación de la facilidad constructiva,
- Alto número de órdenes de cambio,
- Falta de innovación y mejora continua,
- Excesiva variabilidad y complejidad en el proyecto,
- Falta de detección de variaciones en el proyecto,
- Consideración insuficiente de los requerimientos de cliente,
- Acumulación de trabajo en proceso (trabajo ejecutado en inventario) entre actividades y operaciones,
- Interrupciones generadas por la falta de información y/o materiales,
- Falta de transparencia en los procesos,
- Carencia de mejora continua en los procesos.

Desde la perspectiva de la Construcción a nivel industrial, los proyectos de construcción se caracterizan por ser un flujo de información y materiales que unen actividades que agregan o no valor al proceso y al producto final, más que por ser una serie de actividades que se deben realizar en cierto orden. El valor que se le da a un proyecto se da desde la satisfacción del cliente y por el cumplimiento de las expectativas de este último a través de todo el proceso de construcción. De ahí que el costo y duración de proyecto dependen de las actividades que agreguen o no valor al proyecto.

## **Sistemas de planeación y control de proyectos**

En la industria de la construcción, la planeación de los proyectos se lleva a cabo mediante la elaboración de programas de obra, presupuestos,

etc. que señalan el trabajo por realizar. La administración del proyecto compara lo planeado con lo realizado en el sitio de obra. Se lleva un control de lo ejecutado en el proyecto para comparar el tiempo y el costo real contra el tiempo y costo planeado. Este control es necesario para poder trabajar con variables como el medio de trabajo, rendimientos de labores realizadas, etc.

Bajo esta modalidad de administración, el proyecto se lleva de manera normal hasta que se da un evento que interrumpe, atrasa o para el proceso, lo que produce una reacción en cadena. Un ejemplo de esto es cuando falta información sobre un elemento estructural en los planos o especificaciones. Esto produce un atraso en el proceso de fabricación del mismo y por ende en todo el proyecto. A partir de ahí, se debe ajustar el programa de la obra para cumplir con los tiempos y costos establecidos en un principio. Es decir, en lugar de identificar desde un principio las causas y orígenes de posibles desperdicios o pérdidas, lo que se hace es ir resolviendo los problemas sobre la marcha. Todo esto no aporta en la búsqueda de la mejora continua del proceso de construcción (planeación, diseño, construcción y operación).

Mediciones actuales relacionadas a lo planeado y realmente realizado, establecen que el 33% del tiempo lo planeado no concuerda con lo realizado y que solo el 64% del tiempo las actividades que sí se realizan se ajustan al tiempo y costo planeado (Howell & Ballard, 1997; Gasca, 2000). Viendo estas cifras, es necesario desarrollar un sistema de planeación que permita reducir las variaciones que se puedan presentar en una obra y que a su vez mejore el rendimiento del trabajo realizado. Entre los factores que pueden producir variaciones en el proceso están una mala definición de objetivos, una mala planeación, falta de información y la falta de dedicación de tiempo para realizar una adecuada planeación.

Por su parte, la construcción sin pérdidas propone un sistema de planeación que abarca todo el proyecto y en todos los niveles, y el cual define las actividades a realizar, su orden y los recursos y métodos asociados para poder llevarlas a cabo. Esta planeación arranca antes de haber iniciado cualquier tipo de producción en el sitio de obra. El encargado de realizar esta planeación es un planeador final y como resultado se tiene la producción directa o trabajo

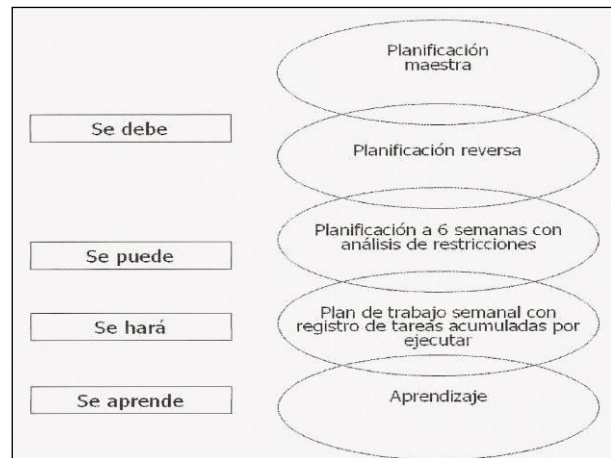
a ejecutar. Las variables de este proceso de planeación son (Ballard, 1994; Gasca, 2000):

1. Trabajo que debe ejecutarse (definido por los requerimientos de costo, tiempo y calidad del proyecto),
2. Trabajo que puede ejecutarse (en función de los recursos e información disponibles),
3. Trabajo a ejecutar (en función del compromiso de ejecutar el trabajo que debe ejecutarse sólo si éste puede ejecutarse).

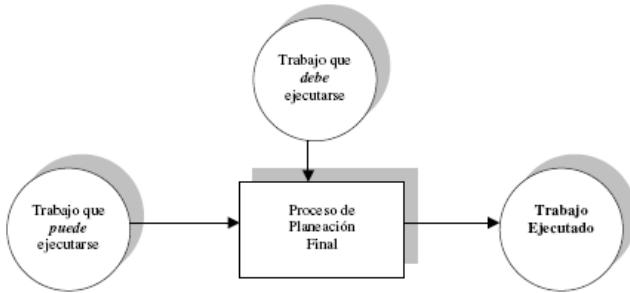
Las relaciones de las variables del proceso de planeación se ilustran en las Figuras 1.1 y 1.2.

Conforme avanza el proyecto de construcción, este proceso de planeación se ajusta ante las situaciones que vayan surgiendo. De esta manera se tiene una planeación inicial que va cambiando hasta llegar a una planeación final que define el trabajo a realizar. Este proceso se muestra en la figura 1.3.

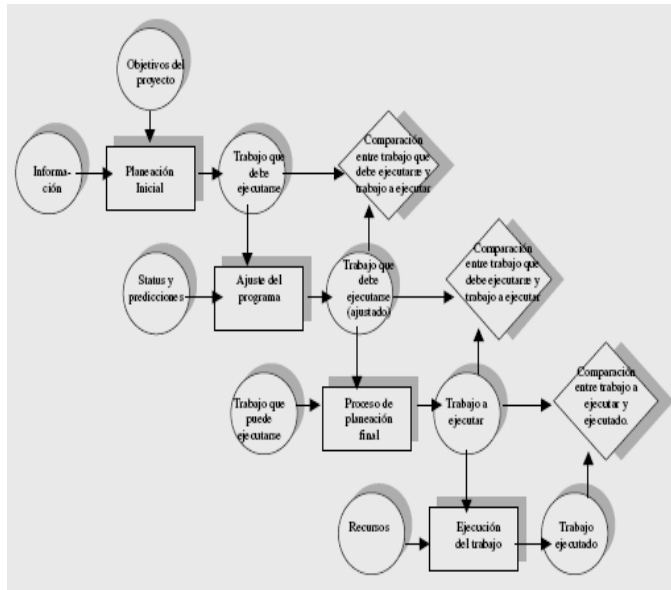
**Figura 2.1 Proceso de planeación final. (Howell, 2006; Fernández, 2006)**



**Figura 2.2 Proceso de planeación final.**  
(Ballard, 1994; Gasca, 2000)



**Figura 2.3 Proceso de planeación.**  
(Ballard, 1994; Gasca, 2000)



Para lograr el sistema de planeación antes señalado, Gasca (2000) propone seguir los siguientes pasos:

- Establecer como base del sistema de planeación el proceso de planeación final,
- Incluir en el sistema de planeación ciclos de ajuste del sistema para detectar y corregir variaciones,
- Determinar la secuencia, cantidad y selección de trabajo a ejecutar con base al proceso de planeación final,
- Establecer planes de trabajo semanales con las siguientes características (Howell & Ballard, 1997; Gasca, 2000):

- Trabajo seleccionado en la secuencia correcta,
- Selección de la cantidad adecuada de trabajo,
- El trabajo seleccionado puede ejecutarse.

Para Gasca (2000), entre las ventajas de aplicar el sistema de planeación se encuentran:

- Proceso de planeación iterativo y ajustable con una clara identificación de las causas de las variaciones del proyecto y corrección de las misma,
- Proceso de planeación con base en los requerimientos de operación de primera línea, es decir, con base a las necesidades de quien ejecuta realmente trabajo.

## Enfoque de procesos

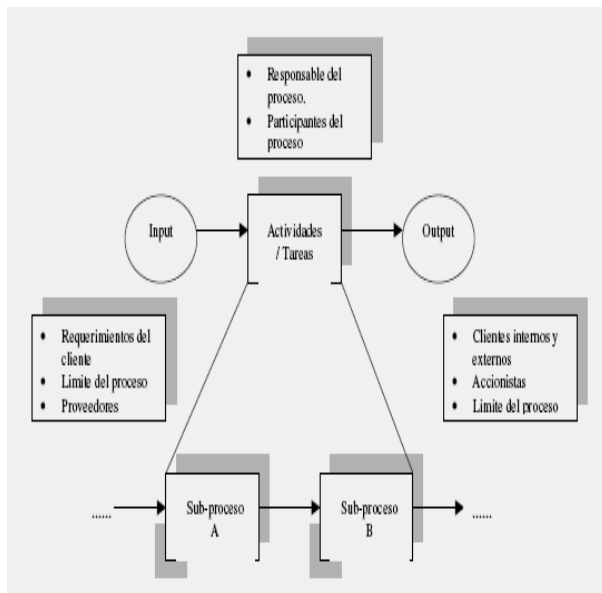
La teoría de procesos establece que un proceso es una sucesión de pasos, tareas o actividades que transforman entradas en un producto y/o servicio (salida). De aquí que para Gasca (2000) se pueda definir tres componentes básicos en todo proceso (Ver Figura 3.5):

1. Elementos de entrada,
2. Actividades que integran el proceso, las cuales pueden incluir actividades de otros subprocesos,
3. Elementos de salida.

Existen también otros componentes a considerar que son parte importante del proceso, aunque según Gasca (2000) no siempre tienen que estar presentes:

- Clientes internos y externos del proceso,
- Requerimientos de los clientes del proceso,
- Participantes en el proceso,
- Responsables del proceso,
- Otras personas involucradas en el proceso denominadas accionistas,
- Límites del proceso, ya sea en la etapa inicial o final,
- Proveedores

**Figura 2.4 Modelo tradicional de procesos.**  
(Gasca, 2000)



## Valor y cadena de valor

El valor como una característica de un servicio o producto dado al cliente en un tiempo y con un precio justo. El valor se asocia a si el producto o servicio satisface los requerimientos del cliente o no. Además del valor como concepto, existe también el concepto de cadena de valor, la cual es el proceso que tiene cada producto desde la conceptualización del mismo hasta que es terminado. El control de la cadena de valor se lleva con el uso de diagramas de flujo, donde se debe indicar la información y materiales necesarios en cada etapa del proyecto así como la manera en que se transmite el trabajo realizado de una etapa a otra.

La cadena de valor está formada por actividades de conversión y actividades de flujo, las cuales unen las actividades de conversión. Además, en todo proceso hay actividades que generan valor al mismo (actividades de conversión) y actividades que no generan valor (actividades de flujo) que se consideran como pérdidas y/o desperdicios.

Las diferentes que componen una cadena de valor se pueden clasificar en (Koskela, 1997; Gasca, 2000):

- Actividades que generan valor al proceso. Estas son llamadas actividades

de conversión porque transforman materias primas en productos terminados o en la prestación de un servicio.

- Actividades que no generan valor al proceso pero son inevitables de acuerdo a la tecnología actual o características particulares del proceso en sí, es decir, no pueden ser eliminadas.
- Actividades que no agregan valor al proceso y pueden ser reducidas o eliminadas. Generalmente, estas actividades están relacionadas con acciones como supervisión, inspección, etc.

Con lo que respecta al tiempo empleado en cada actividad en un proyecto de construcción se tiene que un 26% del tiempo de trabajo se emplea en actividades que no contribuyen o agregan valor al proceso, por ejemplo: tiempos de espera, traslado, re-trabajo, descanso y ocio. El 38% del tiempo de trabajo en obra se emplea en actividades que contribuyen en la generación del valor al proceso (trabajo productivo) como por ejemplo: limpieza, mediciones, instrucción, transporte de material y/o mano de obra. El tiempo restante, 36%, se emplea en actividades productivas o de conversión (transformación de materias primas en producto o servicio) las cuales son las que agregan valor al proceso (Serpell, 2002). De lo anterior se observa que en total se utiliza un 53% del tiempo en actividades que no agregan valor al proyecto (Ver Figura 2.7).

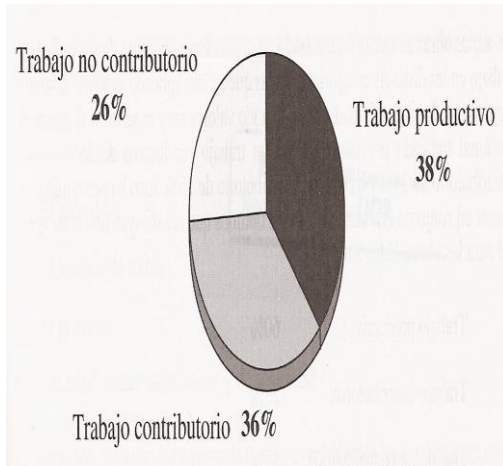
Entre las actividades que no agregan valor y el tiempo que se dedica a ellas se tiene (Serpell, 1997; Gasca, 2000):

- |                          |      |
|--------------------------|------|
| • Tiempos de espera      | 36%  |
| • Tiempos muertos        | 27%  |
| • Traslado               | 24%  |
| • Descanso               | 8%   |
| • Necesidades personales | 2,4% |
| • Re-trabajos            | 1,6% |

Entre las actividades que general valor a un proyecto y el tiempo que se les dedica están (Serpell, 1997; Gasca, 2000):

- |               |       |
|---------------|-------|
| • Transporte  | 49%   |
| • Instrucción | 15%   |
| • Mediciones  | 12,5% |
| • Limpieza    | 11%   |
| • Otros       | 12,5% |

**Figura 2.7 Promedio de tiempo (%) dedicada a actividades que agregan o no valor al proceso.**  
(Serpell, 2002)



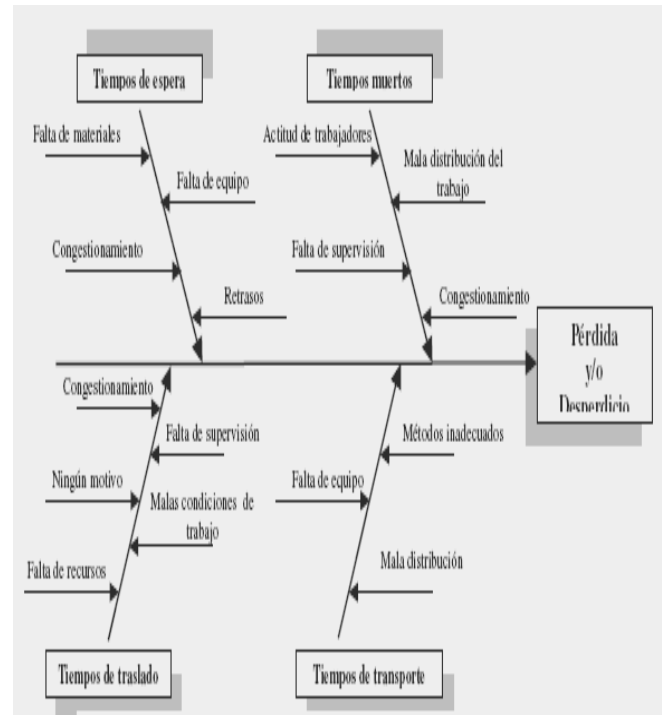
La Figura 2.8 muestra diferentes causas de actividades que no generan valor en un proyecto.

La introducción del valor en un proceso se debe hacer en las etapas iniciales de un proyecto (concepción y diseño), de esta manera se puede atender las necesidades y preferencias del cliente (Ver Figura 2.9). Estos requerimientos del cliente se pueden clasificar en:

- Requerimientos expresados abiertamente por el cliente,
- Requerimientos no expresados abiertamente por el cliente pero que se asume obtener,
- Requerimientos que el cliente no espera obtener pero se siente satisfecho al obtenerlos.

Generalmente, la industria de la construcción se ha enfocado más en inspeccionar la calidad del producto que de incorporarla al proceso de diseño y de construcción (Howell & Ballard, 1997; Gasca, 2000). Introduciendo la calidad desde el principio del proceso se reducen los cambios en un futuro y de esa manera se reducen los costos del proyecto.

**Figura 2.8 Diagrama causa-efecto de las principales causas de desperdicios.**  
(Serpell, 1997; Gasca, 2000)



**Figura 2.9 Diseño como un proceso generador de valor.**  
(Gasca, 2000)

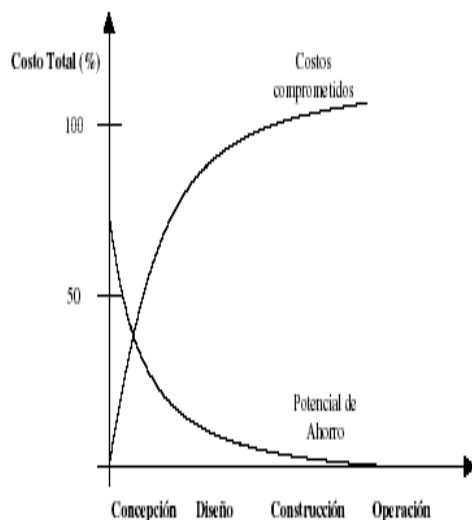


La calidad se puede implementar definiendo claramente lo que el cliente quiere, planeando el proceso de diseño y lo necesario para llevarlo a cabo. Lo anterior se ilustra en la Figura 2.10.

Existen varias herramientas que permiten presentar soluciones de diseño a partir de lo que el cliente pide. Una de ellas es el Despliegue de la Función de Calidad, la cual permite incorporar

las ideas y necesidades del cliente en las etapas de concepción y diseño de un producto (Bossert, 1991; Gasca, 2000). Esta herramienta permite hacer una ponderación entre lo que se espera del producto (demanda) y lo que el producto puede ofrecer (oferta). Una ponderación alta indica que el impacto que pueda tener el producto para satisfacer al cliente es aceptable. Esta herramienta también permite analizar las propiedades de un producto y compararlo con los ofrecidos por la competencia.

**Figura 2.10 Potencial de ahorros en costo en las etapas de un proyecto. (Gasca, 2000)**



Los elementos que se incluyen en el Despliegue de la Función de Calidad (Houvila, 1997; Gasca, 2000) (Ver Figura 2.11):

- Requerimientos del cliente,
- Importancia/prioridad de los requerimientos del cliente,
- Propiedades del producto/servicio,
- Dependencias entre requerimientos del cliente y propiedades del producto/servicio,
- Dependencias entre propiedades del producto/servicio,
- Análisis de la competencia,
- Ponderación y selección de alternativas.

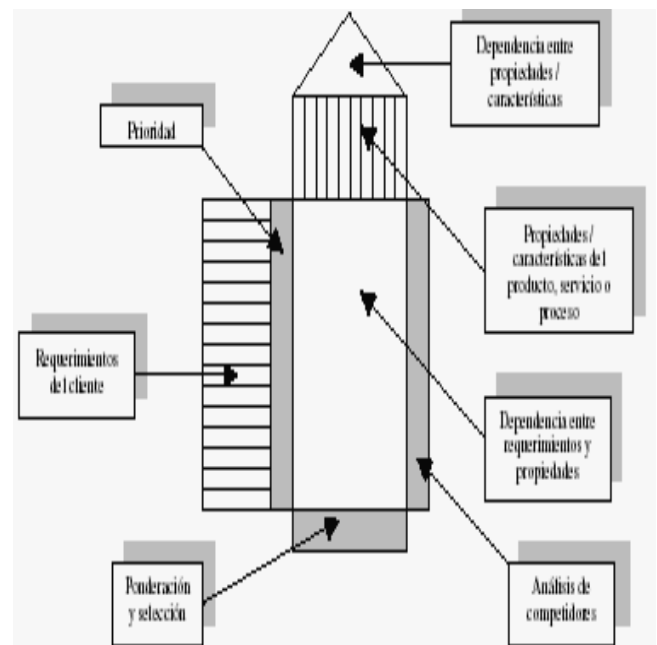
La aplicación del Despliegue de la Función de Calidad en las etapas de planeación, diseño, producción y construcción se muestran en la Figura 2.12.

Además de la herramienta ya mencionada, existen otras como la Constructibilidad en los proyectos, la cual permite agregar valor al producto y reducir las pérdidas en etapas posteriores a la construcción. La Constructibilidad se trata de que en la etapa de diseño todo se diseñe de la mejor manera y que se definan lo más claro posible las especificaciones técnicas y los detalles de construcción, para que en la etapa de construcción la ejecución de la obra se haga lo más clara y fácil posible. Según Martínez (2006), se puede entender la Constructibilidad como un compromiso de obtener los mejores costos, tomando en cuenta en el diseño los procesos constructivos sin comprometer la calidad, utilizando personal con experiencia en las etapas del proyecto y analizando e incorporando la información sobre constructibilidad del proyecto.

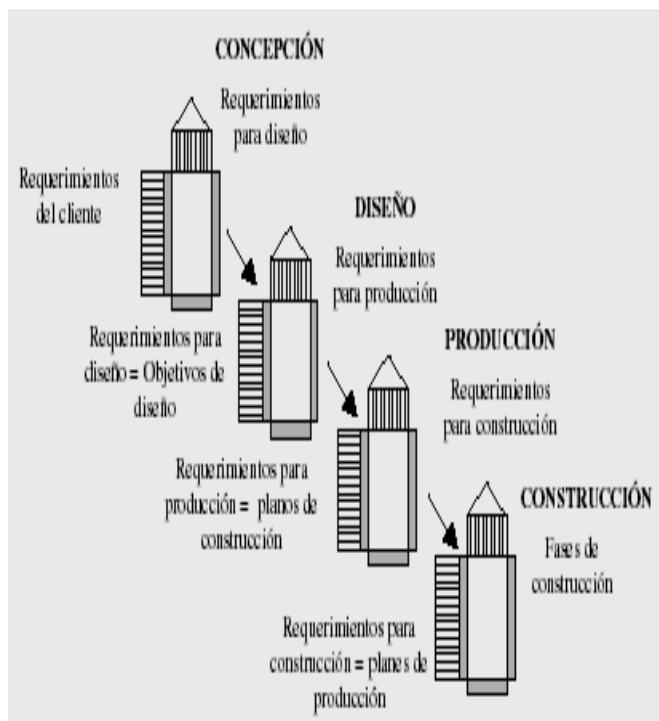
Para poder implementar la constructibilidad se requiere de conocimiento de varios conceptos, los cuales son (García, 1999; Gasca, 2000):

- Simplicidad,
- Normalización (reducción de variaciones),
- Comunicación y especificaciones claras.

**Figura 2.11 Elementos del Despliegue de la Función de Calidad. (Gasca, 2000)**



**Figura 2.12 Despliegue de la Función de Calidad (enfoque de procesos). (Gasca, 2000)**



Algunos principios de la constructibilidad que según Gasca (2000) se deben aplicar para su buen funcionamiento son:

1. Investigación exhaustiva de los requerimientos de construcción,
2. Solución de los accesos en la fase de anteproyecto,
3. Estudio de la administración de materiales en la fase de anteproyecto,
4. Selección de materiales apropiada,
5. Procurar la simplificación de la construcción,
6. Planeación de la máxima repetición/normalización,
7. Utilización de la maquinaria al máximo,
8. Permision de tolerancias razonables,
9. Previsión y planeación de las operaciones en una secuencia práctica,
10. Evitar que el trabajo terminado sufra daños,
11. Previsión de la seguridad en la obra,
12. Comunicación clara.

Hay que tener claro que en el proceso de diseño hay actividades que generan valor y otras que no (autorizaciones excesivas del diseño,

transferencia de información, rediseños causados por cambios pedidos por el cliente, falta o retraso de información, etc.). Considerar que el proceso de diseño está integrado por actividades de conversión y de flujos de información y materiales que unen esas actividades permite separar las actividades que genera valor a las que no lo hacen. Esta separación permite hacer al proceso más eficiente y reducir los desperdicios que se puedan generar.

## Pérdida o desperdicio

Un desperdicio es una pérdida que se genera al consumirse recursos de forma directa o indirecta, al realizarse cualquier actividad, siempre que esta no agregue valor al proceso. En un sistema, el desperdicio se mide a través de la definición de indicadores de desempeño. Las pérdidas por su parte se asocian a la eficiencia que tenga el equipo y la mano de obra en el proceso de un proyecto. En la industria de la construcción se ven todos los días ejemplos de pérdidas y/o desperdicios, como son la tenencia de máquinas y equipos ociosos, tiempos muertos entre trabajos, retraso de entrega de productos o servicios (puede ser el mismo proyecto), ordenes de cambio debido al incumplimiento de las solicitudes del cliente, etc. Estas actividades que no generan valor no son exclusivas de la construcción en su trabajo en campo, también puede darse en la parte administrativa.

Estudios de varios países muestran la relación de costo y pérdidas y/o desperdicios que se dan en la industria de la construcción (Koskela, 1992; Gasca, 2000):

**Tabla 2.3. Relación costo/pérdidas y/o desperdicio en proyectos de construcción. (Koskela, 1992; Gasca, 2000)**

Perdida y/o desperdicio	Costo	País
Costos de calidad (no satisfacción del cliente).	12% del costo total del proyecto.	Estados Unidos
Costo de calidad externa (durante el uso de la construcción).	4% del costo total del proyecto.	Suecia
Falta de constructabilidad.	6 al 10% del costo total del proyecto.	Estados Unidos
Mala administración de materiales.	10 al 12% de los costos de mano de obra.	Estados Unidos
Uso excesivo de materiales en el sitio de la obra.	10% en promedio.	Suecia
Tiempo empleado en actividades que no generan valor en el sitio de la obra.	Aproximadamente 2/3 del tiempo total.	Estados Unidos
Falta de seguridad.	6% del costo total del proyecto.	Estados Unidos

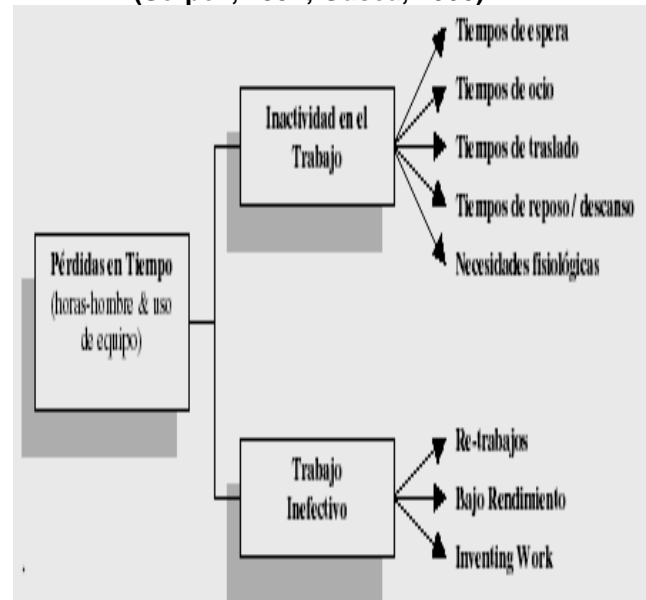
En investigaciones realizadas para la industria manufacturera (Shingo, 1997; Gasca, 2000) se ha podido identificar diferentes tipos de desperdicios (Ver Tabla 2.4). Estos tipos de desperdicios se encuentran en la industria de la construcción de igual manera, es ahí donde la Industria de la Construcción entra en juego, para poder identificar cuando sucedan, reducir su presencia y de ser posible eliminarlas.

**Tabla 2.4 Clasificación de pérdidas y/o desperdicios.**  
(Shingo, 1997; Gasca, 2000)

Tipos y causas de desperdicios
1. Desperdicio causado por sobreproducción.
2. Desperdicio asociado a periodos de espera.
3. Desperdicio asociado al transporte.
4. Desperdicio causado por el propio sistema.
5. Desperdicio asociado al inventario.
6. Desperdicio asociado a las operaciones del proceso.
7. Desperdicio asociado a defectos.
8. Desperdicio asociado al tiempo.
9. Desperdicio asociado a la mano de obra.
10. Desperdicio asociado a la burocracia.

Otros estudios muestran que las pérdidas y/o desperdicios se generan en situaciones donde las actividades no generan valor al proyecto. Algunas categorías de desperdicios y/o pérdidas se mencionan en la Figura 2.5.

**Figura 2.5 Categoría de pérdidas en tiempo productivo.**  
(Serpell, 1997; Gasca, 2000)



Asimismo, se puede asociar causas a cada tipo de pérdidas y/o desperdicios. (Ver Figura 2.6 y 2.7). Para los re-trabajos se tiene que las causas son (Howell & Ballard, 1997; Gasca, 2000):

- Errores de diseño,
- Cambios en el diseño,
- Errores en el suministro de materiales (asociado a proveedores),
- Errores de instalación o construcción,
- Daño al trabajo ejecutado por parte de otras cuadrillas,
- Instalación incompleta,
- Manejo de materiales en exceso.

Por su parte, estas causas pueden ser controlables o no controlables. Entre las controlables están (Serpell, 1997; Gasca, 2000):

- Recursos Materiales: falta de materiales en el área de trabajo, mala distribución de materiales, transportación inadecuada de los mismos.
- Equipo: no disponibilidad, uso ineficiente, equipo inadecuado.
- Mano de obra: actitud de los trabajadores, para del trabajo.
- Información: falta de información, baja calidad de la información, información tardía.

Entre las causas controlables se encuentran:



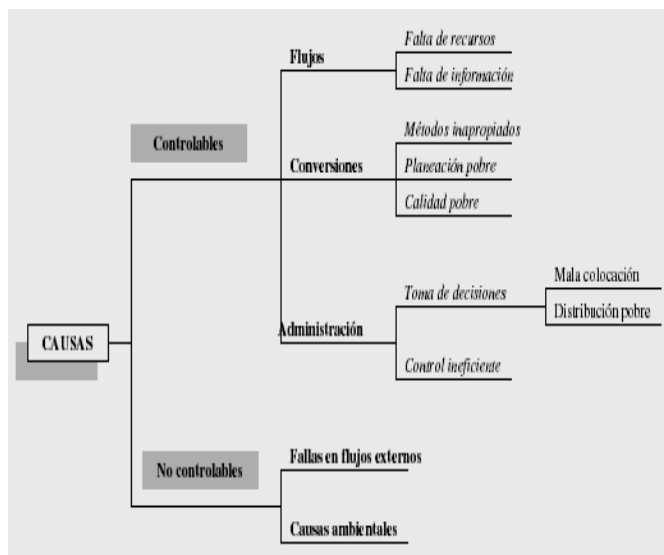
- Método: diseño deficiente de las cuadrillas de trabajo, procedimientos inadecuados, soporte inadecuado a actividades.
- Planeación: falta de espacio en área de trabajo. aglomeración de trabajadores, condiciones pobres de trabajo,
- Calidad: mala ejecución del trabajo, daños a trabajo ejecutado.

Entre las causas controlables a nivel administrativo están:

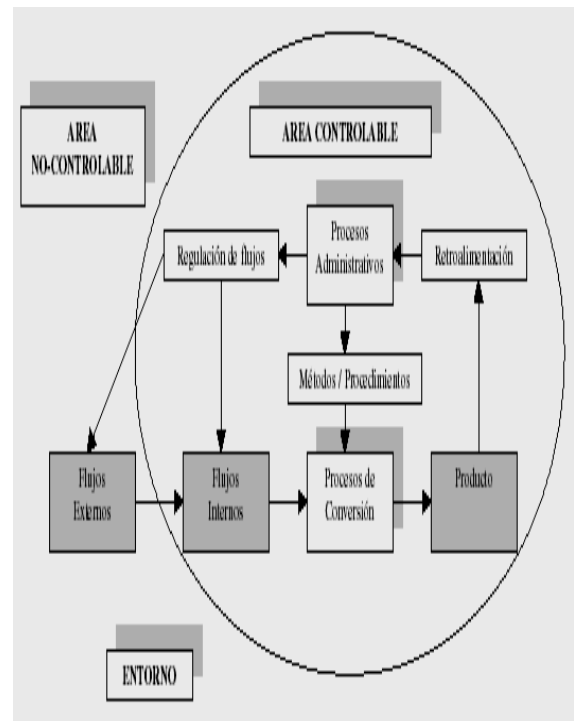
- Toma de decisiones: deficiente distribución del trabajo, deficiente distribución del personal.
- Supervisión: deficiente supervisión o carencia de ella.

También es importante considerar que las pérdidas o desperdicios se dan debido a los diferentes subcontratistas que forman parte de un proyecto, al medio ambiente de trabajo, condiciones ambientales, etc.

**Figura 2.6 Clasificación de las causas de pérdidas en el tiempo.**  
(Serpell, 1997; Gasca, 2000)



**Figura 2.7 Modelo del proceso de construcción.**  
(Serpell, 1997; Gasca, 2000)



## Construcción sin Pérdidas

La Construcción sin Pérdidas busca identificar y eliminar las pérdidas y/o desperdicios y administrar el flujo de los procesos en los proyectos de construcción. Es necesario conocer los tipos y causas de desperdicios y/o pérdidas en los proyectos de construcción para poder implementar instrumentos de medición y metodologías para eliminarlos. De la misma manera, es necesario identificar y conocer la cadena de valor del proceso para así poder incorporar ese valor al proyecto a través de los flujos de proceso. Por último, es igualmente importante eliminar las fuentes de variabilidad en los proyectos y disminuir los costos y duración de las actividades.

Es así como la Construcción sin Pérdidas se enfoca en la identificación y administración de (Koskela, 1992; Gasca, 2000):

- Pérdidas y/o desperdicios,
- Valor y cadena de valor,
- Ciclos de tiempo de proyecto,
- Variabilidad del proceso.

Para esto, Gasca (2000) propone que se deben considerar los siguientes factores en el proyecto:

- Efectividad,
- Eficiencia,
- Calidad,
- Productividad,
- Calidad de vida en el trabajo,
- Innovación,
- Utilidad.

## Diferencias entre construcción tradicional y sin pérdidas

Existen diferencias entre la construcción tradicional y la Construcción sin Pérdidas, las cuales se pueden identificar en la manera en como enfoca la concepción del proyecto, su organización y cómo se toman las decisiones, la estructura conceptual del proyecto y consideraciones para la mejora continua como son el costo y el tiempo. En la siguiente tabla se resume las diferencias entre la Construcción Tradicional y la Construcción sin Pérdidas, según Gasca (2000):

**Tabla 2.1. Diferencias entre la construcción tradicional y la Construcción sin Pérdidas. (Gasca, 2000)**

Construcción tradicional	Construcción sin Pérdidas
Considera a todas las actividades de un proyecto como actividades que aportan valor al mismo.	Distingue entre actividades que agregan valor (conversiones), actividades que no agregan valor al proceso (pérdidas y/o desperdicios) y flujos de proceso (recursos e información).
Organización jerárquica y centralización de la toma de decisiones.	Organización con base a flujos y descentralización de la toma de decisiones (participación de empleados).
Enfoque de proyecto como una combinación de actividades secuenciales.	Enfoque de proyecto con base a proceso o sistema de producción e identificación de la cadena de valor.
Estructura contractual transaccional basadas en el mejor precio/mejor postor.	Estructura contractual relacional (relaciones a largo plazo) y de cooperación mutua.
Aceleración del tiempo de ejecución de actividades.	Programación concurrente de actividades para la reducción de ciclos de tiempo del proyecto.
Reducción de costos con base a mejoras de productividad.	Reducción de costos con base a la reducción de pérdidas y/o desperdicios (actividades que no generan valor al proceso).

Asimismo, se han presentado soluciones en cuanto a las malas prácticas que se presentan en la construcción actual. Gasca (2000) propone las soluciones que se muestran en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2 Soluciones a la problemática actual de la industria de la construcción. (Koskela, 1992; Gasca, 2000)**

Proyectos únicos	
<b>Problemática generada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existe la posibilidad de incluir ciclos de prueba de prototipos, es decir, el proyecto se construye de inicio a fin una sola vez.</li> <li>• No existe un enfoque sistematizado para integrar los requerimientos del cliente en cada proyecto.</li> <li>• Coordinación de actividades con alto grado de incertidumbre al efectuarse por primera y única vez.</li> </ul>
<b>Solución estructural</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar el número de soluciones únicas en el proyecto.</li> </ul>
<b>Soluciones operativas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llevar a cabo un análisis de los requerimientos en las etapas posteriores al proyecto.</li> <li>• Establecer ciclos de prueba artificiales.</li> <li>• Prevenir actividades con alta incertidumbre.</li> <li>• Sistematizar el registro de la información de proyectos previos.</li> <li>• Ofrecer productos y servicios flexibles para enfrentar las diferentes necesidades del cliente.</li> </ul>
Producción en sitio	
<b>Problemática generada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factores externos no controlables como condiciones climáticas, condiciones del terreno, etc., los cuales introducen incertidumbre al proceso.</li> <li>• Interdependencia de los actores en el proceso, la cual introduce variabilidad en el flujo y complejidad en la coordinación.</li> <li>• Constante cambio del sitio de construcción.</li> <li>• Variabilidad de la productividad en la mano de obra.</li> <li>• Dificultad para transferir conocimientos y procedimientos constructivos de un sitio a otro.</li> </ul>
<b>Solución estructural</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar las actividades en el sitio de obra.</li> </ul>
<b>Soluciones operativas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar.</li> <li>• Planeación detallada y continua.</li> <li>• Utilizar equipo o cuadrillas multi-capacidades.</li> <li>• Llevar a cabo un exhaustivo análisis y planeación del riesgo.</li> <li>• Sistematizar y documentar los procedimientos constructivos.</li> </ul>
Organización temporal y múltiple	
<b>Problemática generada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intercambio de información y comunicación deficiente entre los diferentes actores en el proceso.</li> <li>• Dificultad en la implementación de un proceso de mejora continua.</li> </ul>
<b>Solución estructural</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar la interdependencia temporal en el proyecto o proceso.</li> </ul>
<b>Soluciones operativas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo en equipo durante la ejecución del proyecto en todas sus etapas.</li> <li>• Relaciones a largo plazo con los diferentes actores en el proceso.</li> </ul>

Regulaciones en la industria	
Problemática generada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demora en obtención de permisos y licencias de construcción y otros trámites.</li> <li>• Demora en aprobación de diseños y planos de construcción.</li> </ul>
Solución estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar burocracia interna y agilizar trámites externos.</li> </ul>
Soluciones operativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de tiempos de aprobación.</li> </ul>

Falta de consideraciones de calidad en el proyecto (satisfacción de las necesidades del cliente)	
Problemática generada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excesiva variabilidad en los procesos.</li> <li>• Pobre detección de defectos y desviaciones.</li> <li>• Insuficiente consideración de las necesidades de cliente.</li> </ul>
Solución estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Satisfacción de las necesidades del cliente y énfasis en el valor agregado del proyecto.</li> </ul>
Soluciones operativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar y mejorar procesos para reducir la variabilidad de los mismos.</li> <li>• Establecer los medios para la detección rápida y corrección de defectos o desviaciones de los estándares establecidos.</li> <li>• Mejorar el mecanismo a través del cual son definidas las especificaciones de cada actividad.</li> </ul>

Control segmentado del proyecto	
Problemática generada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organización con base en tareas, actividades y/o funciones lo que da lugar a organizaciones con múltiples niveles jerárquicos.</li> <li>• Acumulación de trabajo en proceso entre actividades.</li> <li>• Acumulación o escasez de inventario.</li> <li>• Segmentación de flujos.</li> </ul>
Solución estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descentralización y consideración de flujos para el control del proyecto.</li> </ul>
Soluciones operativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descentralización de la toma de decisiones y control del proyecto.</li> <li>• Organización con base a flujos.</li> <li>• Control de la totalidad del proyecto (enfoque de sistemas).</li> </ul>

Métodos tradicionales de programación (Ruta Crítica)	
Problemática generada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dichos métodos determinan el inicio y final de una actividad pero no determinan o consideran el flujo de material o información para llevar a cabo dicha actividad.</li> </ul>
Solución estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consideración de los requerimientos en cuanto a información y materiales necesarios para llevar a cabo cada actividad.</li> </ul>
Soluciones operativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llevar a cabo una planeación de los flujos de información y materiales requeridos para cada actividad.</li> </ul>

En resumen, la diferencia entre la construcción tradicional y la Construcción sin Pérdidas radica en que esta última contempla la construcción como un sistema de producción que necesita de un flujo permanente de información y materiales, el cual identifica y reduce fuentes de desperdicios, busca que los procesos sean lo más invariables posible, identifica las actividades que agregan valor al proceso, descentraliza la toma de decisiones, utiliza inventarios de tipo pull el cual significa no tener productos almacenados, y por último busca la satisfacción del cliente.

## Métodos para la recolección de información

A continuación se presentan las descripciones de los métodos considerados para utilizar en la recolección de datos.

La recolección puede ser de manera cualitativa o cuantitativa, y para efectos de este proyecto se considerará tomar datos de ambas formas para formar un panorama más completo de cada situación. Esta información luego será procesada en tablas y figuras, y será puesta en los diagramas de ABC y de Causa- Efecto con el fin de poder visualizar las diferentes cadenas de causas de un determinado problema y efecto sobre el proceso, que pueden estar presentes en un problema, facilitando los estudios posteriores de evaluación del grado de aporte de cada una de estas causas.

## Checklist para la reunión de datos

Un Checklist para la Reunión de Datos ofrece un acercamiento para reunir datos para poder cumplir con una necesidad específica. Un Checklist para la Reunión de Datos es una herramienta que nos ayuda a determinar cómo estamos progresando en nuestro proceso de reunión de datos. El Checklist se utiliza en cualquier momento que necesitemos asegurar que se han tomado todos los pasos o acciones necesarios para facilitar la reunión apropiada de datos. Se debe revisar las 10 preguntas en el Checklist en equipo para determinar el nivel o la falta de progreso en cada una de las Áreas de Reunión de Datos. Algunas sugerencias para la Construcción - Interpretación, son:

1. Tiempo – Reunir información sobre cuándo ocurre el problema (ej. hora del día, semana, mes, turno, estación).
2. Ubicación – Reunir información sobre dónde ocurre el problema (ej. débitos, crédito, dentro de un departamento, en un punto

de procesamiento o de ventas).

3. Tipo – Reunir información por características únicas (ej. ítems mal escrito, direcciones incorrectas, número errado de cuenta, error en la suma).

4. Categoría – Reunir información por categoría (ej. producto o servicio bancario).

En cuanto a la relación con otras herramientas, un Checklist para la Reunión de Datos normalmente se relaciona con:

- Lluvia de Ideas
- Cuestionarios
- Checklist para la Definición de Problemas
- Multivotación
- Diagrama de Causa y Efecto
- Tablas de Control
- Gráfica Pareto
- Gráfica de Comportamiento (Run Chart)
- Histograma
- Hoja de Revisión

6.Determinado los métodos/herramientas que se utilizarán para reunir los datos?			
7.Determinado que tantos datos quiere reunir?			
8.Decidido quién reunirá los datos?			
9.Determinado cuándo los datos serán reunidos (periodo de tiempo de estudio)?			
10.Decidido cómo se van a analizar los datos?			

### Checklist para la Reunión de Datos

¿SU ORGANIZACIÓN/EQUIPO HA:	NO EFECTUADO	EN PROGRESO	EFECTUADO
1.Determinado el propósito de los datos que están tratando de reunir?			
2.Definido el tipo de datos que son necesarios?			
3.Identificado dónde se deben reunir los datos?			
4.Identificado de quién deben obtenerse los datos?			
5.Investigado si los datos están disponibles?			

El Checklist para la Reunión de Datos se propone lo siguiente:

1. Determinar el propósito de los datos que se están tratando de reunir:  
Determinar la causa principal de los problemas.  
Determinar la causa principal de los reclamos de los clientes.
2. Definir el tipo de datos necesarios:  
Datos que ayudarán a comprender las causas potenciales y las categorías de los problemas.
3. Identificar dónde se deben reunir los datos:  
Sitios  
Departamento de Servicio al Cliente
4. Identificar de quién deben reunirse los datos:  
Personal  
Representantes  
Clientes
5. Determinar si los datos están disponibles:  
En caso negativo, desarrollar un "baseline".
6. Determinar los métodos/herramientas que se utilizarán para reunir los datos:  
Hojas de Revisión (Check Sheets) utilizadas por los representantes de área para reunir datos  
Focus Groups conformados por clientes internos o externos

Cuestionario desarrollado para reunir información del cliente  
Reportes basados en computadora.

7. Determinar qué tantos datos se quieren reunir:  
Identificar los datos que el equipo ya posee  
Determinar qué tantos datos el equipo cree que serán necesarios para detectar patrones/ tendencias  
Determinar qué limitaciones de recursos existen.

8. Decidir quién reúne los datos:  
Miembros del equipo  
Personal designado de la línea u organización

9. Determinar el periodo de tiempo de estudio:  
Reunir información sobre cuándo ocurre el problema, hora del día, semana, mes, turno, estación

10. Decidir cómo se van a analizar los datos:  
Gráfica de Comportamiento (Run Chart)  
Gráficas de Control  
Histogramas  
Diagramas de Distribución (Scatter Diagrams)  
Gráfica Pareto  
Diagrama de Causa y Efecto  
Diagrama de interrelaciones

### Hoja de Revisión y Fuente de los Datos

- Reportes de Computadoras
- Reportes Manuales
- Reportes Financieros
- Libros de Registro
- Estudios Especiales
- Memorandos y Notas
- Memorias de Personas
- Observaciones
- Datos del Proveedor
- Cuestionarios
- Encuestas
- Empleados de Contacto con el Cliente
- Quejas
- Entrevistas
- Publicaciones de Trade
- Web Sites
- Periódicos
- Revistas
- Benchmarking/ Esfuerzos de Mejores Prácticas
- Libros - Referencias
- Focus Groups

### Selección de un Método para la Reunión de Datos

Método para Reunión de Datos	Tiempo para Recolección			Costo de la Recolección			Confiabilidad de los Datos			Acceso a los Datos		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H

Un método "ideal" para la recolección de datos sería uno con poco tiempo para recolección, bajo costo y de alta confiabilidad y facilidad de acceso a los datos.

Cada miembro del equipo inicialmente califica cada una de las cuatro categorías. Una discusión en grupo sigue al inicio con los miembros del equipo con calificación alta y baja para dar información de porqué se calificaron de esa forma. Después de que la discusión para cada categoría ha concluido, el grupo tiene la oportunidad de volver a votar en base a la nueva información suministrada.

La reunión de los datos se realiza de la siguiente manera:

1. Hacer buenas preguntas  
Las buenas preguntas de información son enfocadas y específicas. Indican con claridad los datos que deben ser reunidos.
2. Definir el tipo de datos que se quieren reunir
3. Definir un punto de recolección comprensivo
4. Seleccionar recolectores imparciales
5. Comprender a los recolectores de datos y su medio
6. Designar un formato sencillo para la reunión de datos
7. Preparar las instrucciones para su uso
8. Probar los formatos y las instrucciones
9. Entrenar a los recolectores de datos
10. Auditar el proceso de recolección y validar los resultados

## Hoja de Trabajo para la Reunión de Datos

Datos/Información Necesaria	Status	Responsabilidad	Método utilizado para recolectar	Herramienta utilizada

### Checklist: definición de problemas

La definición de un problema es considerada universalmente como el paso inicial de cualquier actividad para solucionar problemas o mejorar continuamente. Si un problema puede definirse claramente y con suficientes detalles, las causas y las soluciones empiezan a ser evidentes. Cada vez que un equipo inicia un esfuerzo de resolución de problemas. Esta herramienta puede utilizarse durante las fases de definición, medición y análisis del ciclo para mejorar el proceso.

El Checklist para la Definición de Problemas se utiliza para identificar información específica que se requiere para completar la descripción de un problema, esto se efectúa de la siguiente manera:

1. El equipo debe completar el Checklist para la Definición de Problemas.
2. Una vez que el equipo tenga suficiente información, se deben responder las preguntas en la Hoja para la Definición de Problemas.
3. Redactar y acordar una descripción efectiva del problema. Una descripción efectiva del problema es:
  - Específica: que explique exactamente qué está mal y distinga la deficiencia de otros problemas en la organización.
  - Observable: que describa la evidencia visible del problema.
  - Medible: que indique el alcance del problema en términos cuantificables.
  - Manejable: que significa que:
    - a. Se puede resolver dentro de la esfera de influencia del equipo.
    - b. Se puede resolver en un plazo de tiempo razonable.

		NO EFECTUADO	EN PROGRESO	EFECTUADO
<b>HEMOS DETERMINADO:</b>				
1.	Quién se afecta?			
2.	Cuál es el problema específico?			
3.	Cuándo ocurre?			
4.	Dónde ocurre?			
5.	Con qué frecuencia ocurre?			
6.	Cuál es la magnitud del impacto? *			
* Por ejemplo: impacto monetario, tiempo de los ciclo /cycle time, defectos, etc.				
<b>Notas:</b>				

### Hoja para Descripción de Problemas

Preguntas a formular:	Respuestas y datos:
1. ¿Quién se afecta?	
2. ¿Cuál es el problema específico?	
3. ¿Cuándo ocurre?	
4. ¿Dónde ocurre?	
5. ¿Con qué frecuencia ocurre?	
6. ¿Cuál es la magnitud del impacto?*	
* Por ejemplo: impacto monetario, tiempo de los ciclos, defectos, etc.	

Algunas sugerencias para la Construcción - Interpretación:

El objetivo del equipo debe basarse en lo que la organización quiere cumplir (ej. el aspecto del problema que es más importante para la organización).

Relación con otras Herramientas:

Un Checklist para la Definición de Problemas generalmente está relacionado con:

Cuadrícula de selección

Checklist para la Reunión de Datos  
Análisis de Costo – Beneficio

## Hoja de Revisión

Una Hoja de Revisión es una herramienta para recolectar y registrar datos. Las Hojas de Revisión son diseñadas y utilizadas para responder la pregunta “¿Con qué frecuencia ocurren ciertos eventos?” Una Hoja de Revisión efectiva depende de que se conozca: (1) ¿Por qué se están reuniendo los datos?; (2) ¿Qué datos se van a reunir?; (3) ¿Cómo se utilizarán los datos?; (4) ¿Qué se quiere aprender de los datos?; (5) ¿Quién reunirá los datos?; y (6) ¿Dónde y cuándo se reunirán los datos?

Una Hoja de Revisión es utilizada cada vez que se deban reunir datos para ayudar a identificar y a cuantificar problemas y oportunidades para mejorar. Las Hojas de Revisión son utilizadas para registrar eventos que ya han ocurrido.

Aunque su propósito es rastrear los datos, una Hoja de Revisión a menudo sirve de ayuda en el análisis de datos indicando cual es el problema. Los tipos de datos que pueden ser rastreados utilizando las Hojas de Revisión son: Número de veces que algo ocurre. Tiempo que se toma para hacer algo. Costo de cierta operación durante un período de tiempo.

Una Hoja de Revisión es utilizada cada vez que se deban reunir datos para ayudar a identificar y a cuantificar problemas y oportunidades para mejorar. Las Hojas de Revisión son utilizadas para registrar eventos que ya han ocurrido.

Aunque su propósito es rastrear los datos, una Hoja de Revisión a menudo sirve de ayuda en el análisis de datos indicando cual es el

problema. Los tipos de datos que pueden ser rastreados utilizando las Hojas de Revisión son: Número de veces que algo ocurre. Tiempo que se toma para hacer algo. Costo de cierta operación durante un período de tiempo

1. Hacer una lista de todos los requisitos de datos. Hacer preguntas tales como:

¿Qué pasa? ¿Quién lo hace, lo recibe, es responsable? ¿Dónde ocurre?

¿Cuándo (en qué hora del día, con qué frecuencia)? ¿Cómo (ocurre, cuánto, qué tanto)?

2. Determinar el formato de la Hoja de Revisión (ver el ejemplo de hoja de revisión).

3. Crear la Hoja de Revisión.

4. Revisar el diseño. Hacer cualquier cambio que el equipo sienta que es apropiado.

5. Ensayar / probar la Hoja de Revisión por medio de la recolección de una pequeña cantidad de datos. Analizar las Hojas de Revisión iniciales y los datos para ver si cumplen con las metas del plan para la Reunión de Datos.

6. Si es necesario, hacer cualquier ajuste a la Hoja de Revisión con base en los datos pilotos.

7. Empezar a reunir datos.

Algunas sugerencias para la construcción - interpretación:

1. Una Hoja de Revisión ofrece un formato para la recolección de datos.

2. Una Hoja de Revisión hace que la recolección y análisis de datos sea más fácil.

3. Existen múltiples variaciones en el diseño de las Hojas de Revisión.

Una Hoja de Revisión generalmente se relaciona con:

Gráfica de Pareto  
Diagrama de Causa y Efecto  
Histograma

Gráfica de Comportamiento (Run Chart)

Gráficas de Control

Ejemplo de Hoja de Revisión

**TRANSFERENCIAS FONDOS RECHAZADAS**

Fecha: Diciembre 18, 1998  
 Observador: Jose Miguel  
 Ubicación: Cochabamba, CI  
 Número de defectos: 36

Tipos de Defecto		Conteo	Total
Número de cuenta incorrecto	xxxxx	5	
Nombre incorrecto	xxx	3	
Cantidad de fondos ilegible	xxxx	4	
Fondos insuficientes	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	20	
Dirección incorrecta	xx	2	
Otros	xx	2	

*Notas del observador:*

**Diagrama de Ishikawa**

También conocido como diagrama de espina de pescado, es un medio de recolectar la información sobre todas las características de calidad generadas en la fabricación del producto y ordenadas en categorías.

Existen tres tipos de diagramas de Ishikawa: el diagrama de procesos en el que se colocan los diversos procesos requeridos para la

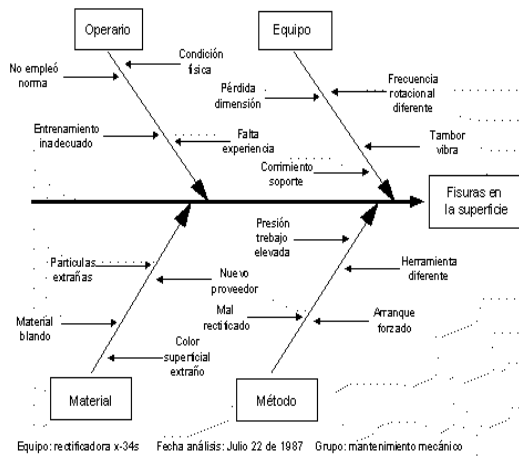
fabricación del producto en las ramas, el diagrama de producto en el que se colocan las partes o componentes del producto en ramas y el diagrama general en el que se colocan todas las características directamente en las ramas.

El procedimiento para construir cualquiera de estos diagramas es el siguiente:

1. Elegir el producto o proceso que será objeto de estudio, en base de las quejas recibidas de los clientes y los informes de producción que reflejen condiciones desfavorables.
2. Colocar la frase procesos para fabricar el producto X o el nombre del producto en el extremo derecho de una flecha horizontal.
3. Hacer una lista de todas las características de calidad que se generan. Se efectúa para cada parte del producto, cada etapa del proceso o en forma general. Se debe tomar en cuenta al operario, inspectores experimentados con el fin de no dejar por fuera aquellas características que tengan una periodicidad muy irregular. Esta lista no debe ser el producto de un análisis individual.
4. Ordenar la información en forma secuencial, de acuerdo con las partes que componen al producto o las etapas que conforman el proceso. En el caso del diagrama general se deben ordenar cronológicamente.
5. Dibujar las flechas diagonales, sobre las que se representarán las partes del proceso, las partes del producto o las características de calidad.
6. Dibujar subramas y anotar en ellas las causas de cada característica de calidad anotada en la rama, para el caso del diagrama general. En el caso del diagrama de producto se deben anotar las características de calidad o asociada a la parte o componente anotado en la rama. Para efectos del diagrama de proceso se deben de anotar las características de calidad generadas en el proceso anotado en la rama, se pueden anotar las causas sobre pequeñas ramas de cada subrama, si el diagrama se hace muy grande se debe construir en partes.



7. Verificar que todas las características han sido anotadas.



### Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto ayuda a clasificar las características de calidad de acuerdo con su frecuencia de ocurrencia y su importancia. Esta acción permite centrar la atención solamente sobre aquellas características que sean importantes, este diagrama también se conoce como clasificación ABC.

Por lo tanto, el Análisis de Pareto es una técnica que separa los “pocos vitales” de los “muchos triviales”. Una Gráfica Pareto es utilizada para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema desde los triviales de manera que un equipo sepa dónde dirigir sus esfuerzos para mejorar. Reducir los problemas más significativos (las barras más largas en una Gráfica Pareto) servirá más para una mejora general que reducir los más pequeños. Con frecuencia, un aspecto tendrá el 80% de los problemas. En el resto de los casos, entre 2 y 3 aspectos serán responsables por el 80% de los problemas.

La grafica de pareto se utiliza:

Al identificar un producto o servicio para el análisis para mejorar calidad.

Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problemas o causas de una forma sistemática.

Al identificar oportunidades para mejorar

Al analizar las diferentes agrupaciones de datos (ej. por producto, segmento del mercado, área geográfica, etc.)

Al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones

Al evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso (antes y después)

Cuando los datos puedan clasificarse en categorías Cuando el rango de cada categoría es importante.

En la aplicación de esta técnica se hace uso de la siguiente clasificación de características:

**Característica crítica (A):** característica cuya falla puede provocar la pérdida de vida de personas, daño a la propiedad privada o hace que el producto no cumpla con el fin para el cual fue creado. Su ocurrencia debe ser eliminada.

**Característica principal o mayor (B):** es aquella que hace que el producto deje de cumplir con la función intentada si cae fuera de los límites prescritos. El cliente se queja por este tipo de falla.

**Característica menor (C):** misma que hace que el producto tenga fallas de poca importancia si cae fuera de los límites prescritos. Pocos clientes se quejan por este tipo de falla.

**Característica incidental o irrelevante (D):** aquella cuya falla no provoca problemas importantes y en muchos casos para desapercibida ante el cliente.

La clasificación de características obedece a una política de eliminación de problemas. La regla más usada es la del 80% y consiste en identificar las características que provocan el 80% de los problemas de validez la regla es la siguiente:

De 0% a 80%	Características críticas
De más de 80% a 95%	Características mayores
De más de 95% a 98%	Características menores
De más de 98% a 100%	Características incidentales

Un equipo puede utilizar la Gráfica Pareto para varios propósitos durante un proyecto para lograr mejoras:

- Para analizar las causas
- Para estudiar los resultados
- Para planear una mejoría continua
- Las Gráficas Pareto son especialmente valiosas como fotos de “antes y después” para demostrar

qué progreso se ha logrado. Como tal, la Gráfica Pareto es una herramienta de análisis sencilla pero poderosa.

La interpretación de una Gráfica Pareto se puede definir completando las siguientes oraciones: “Existen (número) contribuyentes relacionados con (efecto). Pero estos (número) (enumerar los pocos vitales) corresponden a (número) % del total (efecto). Debemos procurar estas (número) categorías poco vitales ya que representan la mayor ganancia potencial para nuestros esfuerzos.”

Una Gráfica Pareto generalmente se relaciona con:

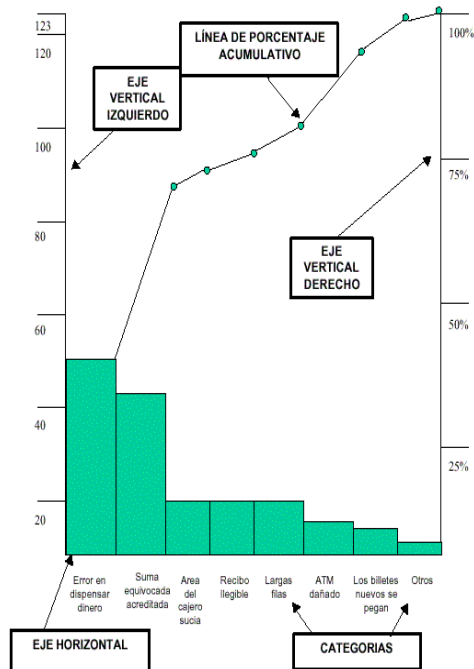
Diagrama de Cause y Efecto

Hoja de Revisión

Checklist para la Reunión de Datos

Matriz para la Planeación de Acciones

Ejemplo Pareto:



# Resultados

## **Encuesta para identificar pérdidas y sus causas en VIVICON CONSTRUCCIÓN.**

En esta etapa participaron dieciocho miembros de VIVICON CONSTRUCCIÓN, los cuales corresponden a personal de campo de VIVICON.

Se les preguntó a los entrevistados (Fig. 3.1) para que indicaran el número de veces que se presentaba cada tipo de pérdida por semana (frecuencia). De la misma manera, se les pidió que indicaran las razones o causas para las pérdidas indicadas (Fig. 3.2). La idea de hacer esta encuesta es brindar un panorama general sobre problemas en la efectividad de los procesos constructivos. Posteriormente se analizarán actividades específicas que serían consideradas como más críticas.

Se hace la aclaración de que la frecuencia mencionada en las tablas y gráficos siguientes fue consultada a cada entrevistado y las respuestas a la pregunta fueron hechas según criterio de cada persona consultada. Para tener más certeza de la frecuencia, ésta se debe medir en el campo. Aunque ese es uno de los objetivos de este proyecto, se dictaminará inicialmente de esta manera, como forma de arranque para entender la situación.

## Encuesta para analizar pérdidas y/o desperdicios

VMICON Construcción S.A.

Personal de campo

<p><b>1) Posición</b>          Por favor indique su puesto de trabajo</p> <p>_____</p>
--

<p><b>2) Tipo y frecuencia de pérdidas y/o desperdicios</b>          Por favor marque con una equis (X) las pérdidas y/o desperdicios que ud considera se dan en su sitio de trabajo e indique el numero de ocasiones que se dan por semana</p>		
	Frecuencia	
Tipo de pérdida y/o desperdicio		(veces/semana)
Trabajo no realizado	( )	_____
Realización de una actividad varias veces	( )	_____
Realización de trabajo adicional al necesario	( )	_____
Errores en el trabajo	( )	_____
Paro en el proceso de trabajo	( )	_____
Demoras para realizar actividades	( )	_____
Movimiento innecesario de personal	( )	_____
Movimiento innecesario de materiales	( )	_____
Movimiento innecesario de maquinaria	( )	_____
Supervisión excesiva	( )	_____
Tiempo perdido pero justificado	( )	_____
Tiempos de espera	( )	_____
Pérdida de materiales	( )	_____
Deterioro de materiales	( )	_____
Desperdicio de materiales	( )	_____
Desgaste anormal de equipo	( )	_____
Requerimiento de espacio adicional	( )	_____
Aclaramientos	( )	_____
Otros (por favor indique en el espacio de abajo)	( )	_____
_____	( )	_____

Figura 3.1. Encuesta para analizar perdidas y/o desperdicios

Vivicon Construcción S.A. (Campo)

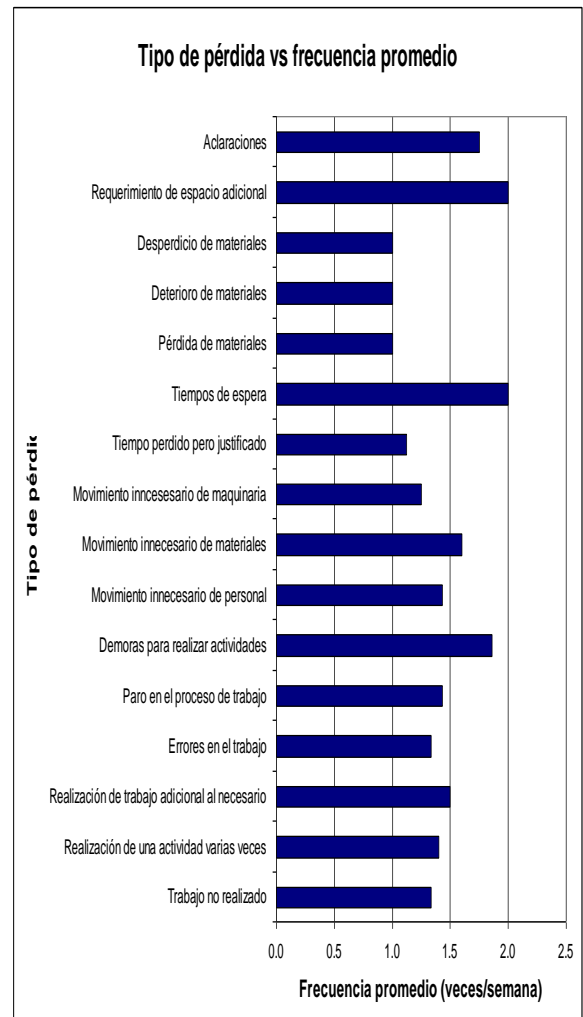
Tipo de pérdida y/o desperdicio	Causa de pérdida y/o desperdicio																													
	Ambiente de trabajo				Materiales /equipo /maq.				Mano de obra																					
	Falta de comunicación	Sistema de planillas y de pago	Objetivos no claros	Mal ambiente de trabajo	Falta de trabajo en equipo	Falta de coordinación entre partes	Falta de información correcta	Falta de recursos para trabajar	Falta de espacio físico adecuado	Falta de materiales de oficina	No hay motivación para mejorar	Existe sobrante	Falta del recurso adecuado	Hay faltante	Por mal uso	Mala distribución o asignación	Falta de información técnica	Mala calidad	Poca disponibilidad	Por robo	Rotación del personal	Faltas a trabajar	Personal no calificado	Mala distribución del trabajo	Falta de experiencia	Interferencia entre cuadrillas	Espera de instrucciones	Tiempo para la entrega de materiales y/o equipo	Baja productividad	
Trabajo no realizado																														
Realización de una actividad varias veces																														
Realización de trabajo adicional al necesario																														
Errores en el trabajo																														
Paro en el proceso de trabajo																														
Demoras para realizar actividades																														
Movimiento innecesario de personal																														
Movimiento innecesario de materiales																														
Movimiento innecesario de maquinaria																														
Supervisión excesiva																														
Tiempo perdido pero justificado																														
Tiempos de espera																														
Pérdida de materiales																														
Deterioro de materiales																														
Desperdicio de materiales																														
Desgaste anormal de equipo																														
Requerimiento de espacio adicional																														
Adaraciones																														
Otros																														

Figura 3.2. Encuesta de causas de pérdidas y/o desperdicios

**Tabla 3.1 Tipo de pérdida y su frecuencia promedio, según consulta a Personal de campo de VIVICON Construcción S.A.**

Tipo de pérdidas presente	Número de menciones	Frecuencia promedio (veces/semana)
Trabajo no realizado	9	1.3
Realización de una actividad varias veces	10	1.4
Realización de trabajo adicional al necesario	8	1.5
Errores en el trabajo	6	1.3
Paro en el proceso de trabajo	14	1.4
Demoras para realizar actividades	7	1.9
Movimiento innecesario de personal	14	1.4
Movimiento innecesario de materiales	5	1.6
Movimiento innecesario de maquinaria	4	1.3
Tiempo perdido pero justificado	8	1.1
Tiempos de espera	2	2.0
Pérdida de materiales	4	1.0
Deterioro de materiales	4	1.0
Desperdicio de materiales	2	1.0
Requerimiento de espacio adicional	2	2.0
Aclaraciones	4	1.8

**Gráfico 3.1 Tipo de pérdida y su frecuencia promedio, según consulta a Personal de campo de VIVICON Construcción S.A.**



La encuesta al personal de campo de VIVICON Construcción S.A. fue realizada a operarios de la encuesta (albañiles, electricistas, armadores, etc.) con el fin de analizar las pérdidas que consideran que se dan. De los resultados de la misma se desprende que entre las pérdidas que ellos más identifican ellos, están el requerimiento de espacio adicional para realizar sus labores y los tiempos de espera.

Es importante resaltar el interés de los integrantes del personal de campo, pues son ellos los que identifican que su trabajo se paraliza y se sienten inconformes. Esto debido al sistema de pago por actividad

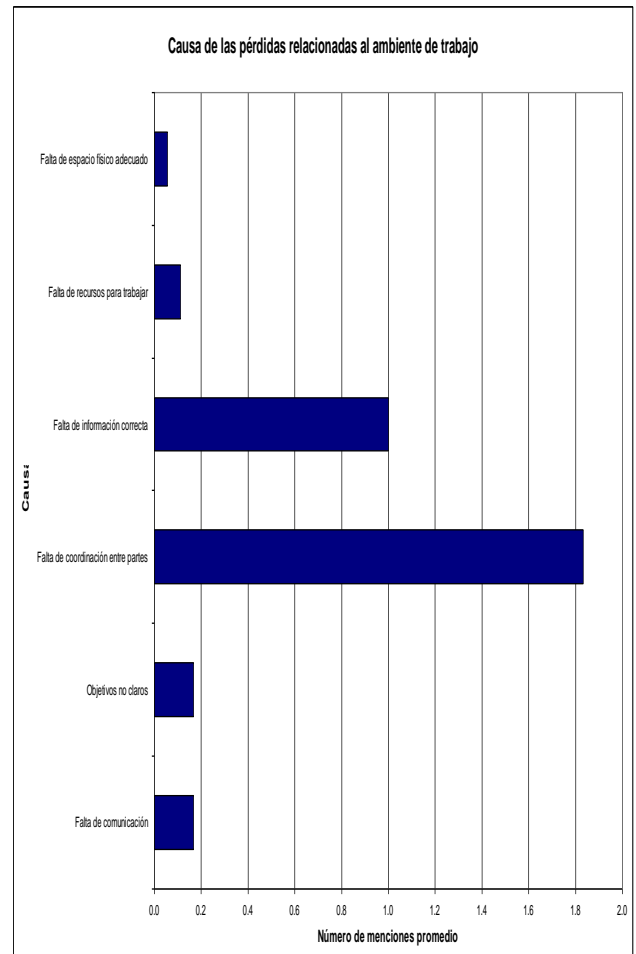
que maneja la empresa VIVICON. Es decir, entre más actividades realicen los trabajadores por día más se les paga, y el estar ociosos les afecta.

La otra pérdida identificada y de importancia fue la falta de espacio para realizar las actividades, y en especial se identificó esta pérdida con los armadores. Ellos trabajan con equipos y materiales de gran tamaño, y el poco espacio con que cuentan en el Proyecto Lilia Condominio les dificulta mover las varillas de refuerzo y la realización de la armadura.

**Tabla 3.2 Causa de las pérdidas relacionadas al ambiente de trabajo y número de menciones promedio, según consulta a personal de campo de VIVICON Construcción S.A.**

Causa de las pérdidas mencionadas	Número de menciones promedio
<b>Ambiente de trabajo</b>	
Falta de comunicación	0,2
Sistema de planillas y pago	-
Objetivos no claros	0,2
Mal ambiente de trabajo	-
Falta de trabajo en equipo	-
Falta de coordinación entre partes	1,8
Falta de información correcta	1,0
Falta de recursos para trabajar	0,1
Falta de espacio físico adecuado	0,1
Falta de materiales de oficina	-
No hay motivación para mejorar	-

**Gráfico 3.2 Causa de las pérdidas relacionadas al ambiente de trabajo y número de menciones promedio, según consulta a personal de campo de VIVICON Construcción S.A.**



Entre las causas de pérdidas más importantes identificadas por el personal de campo están la falta de información correcta y la falta de coordinación entre las cuadrillas. Esto es importante analizarlo, pues la falta de información correcta corresponde a la falta de definición del diseño definitivo, lo que lleva a paros en el proceso de trabajo y a la realización de trabajos varias veces, cuando lo que se presentan son cambios.

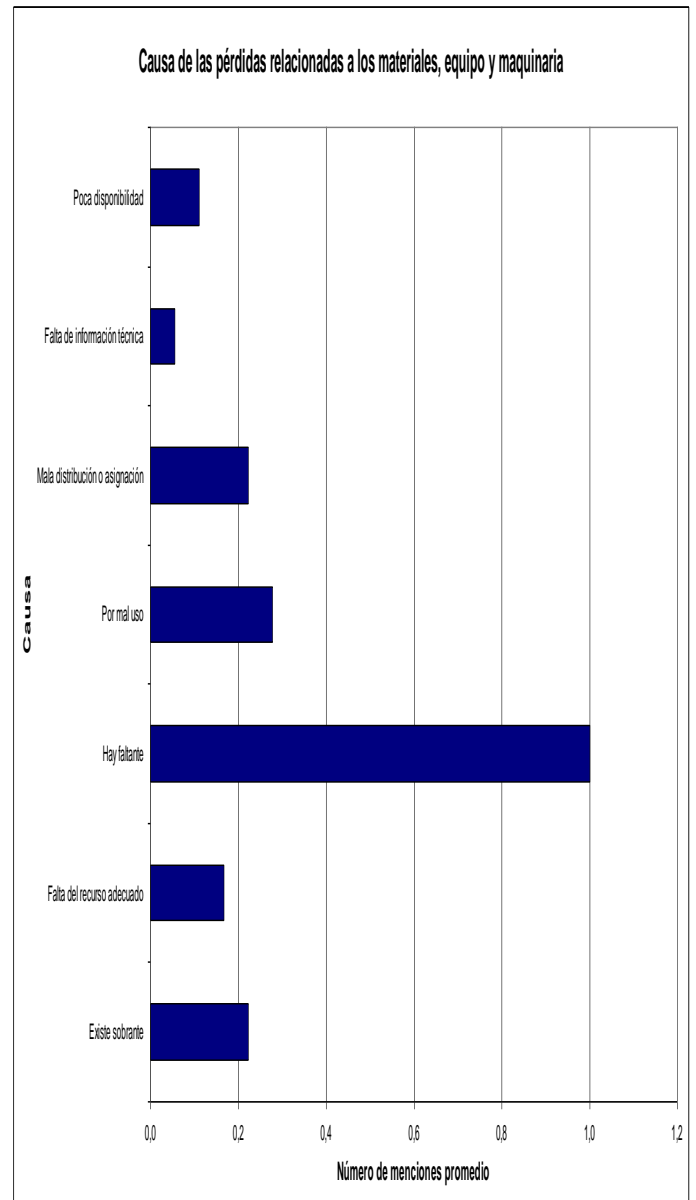
Por su parte, la falta de coordinación entre partes se puede deber a una mala planificación de las labores por realizar, por parte de los diferentes trabajadores o cuadrillas, lo que puede llevar al paro de

actividades, a tiempos de espera para que se terminen ciertas actividades, o bien a no realizar actividades del todo en un día de trabajo.

**Tabla 3.3 Causa de las pérdidas relacionadas a los materiales, equipo y maquinaria y número de menciones promedio, según consulta a personal de campo de VIVICON Construcción S.A**

Causa de las pérdidas mencionadas	Número de menciones promedio
<b>Materiales / equipo /maquinaria</b>	
Existe sobrante	0,2
Falta del recurso adecuado	0,2
Hay faltante	1,0
Por mal uso	0,3
Mala distribución o asignación	0,2
Falta de información técnica	0,1
Mala calidad	-
Poca disponibilidad	0,1
Por robo	-

**Gráfico 3.3 Causa de las pérdidas relacionadas a los materiales, equipo y maquinaria y número de menciones promedio, según consulta a personal de campo de VIVICON Construcción S.A.**



La principal causa de pérdidas relacionadas con los materiales, equipo y maquinaria, es el faltante de recursos que se presenta en ocasiones. Según los entrevistados hay momentos en los que no hay suficiente cantidad de un material en bodega, lo que



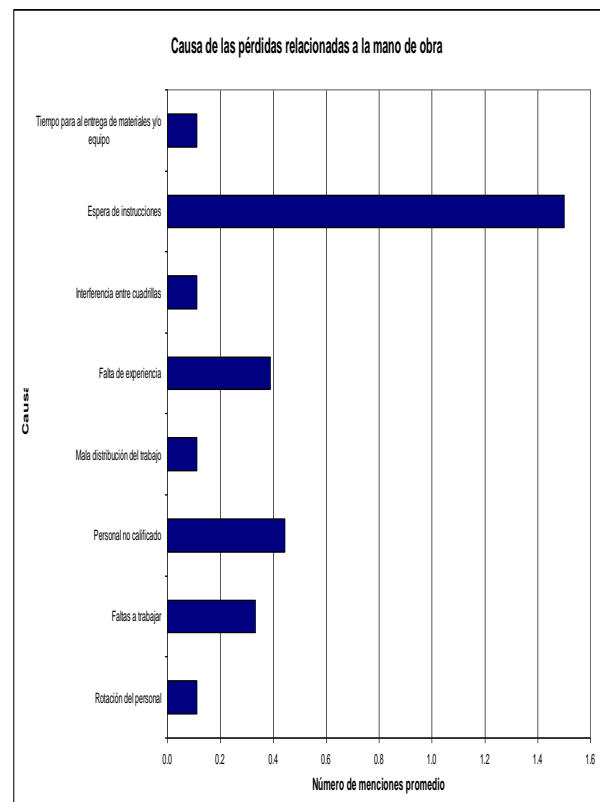
lleva al paro de las labores hasta que se compre más de ese material y se traiga al proyecto.

Se recomienda fomentar prácticas de comunicación constantes con los proveedores para eliminar el posible faltante de algún material, de modo que cuando un proveedor identifique que en cierto tiempo la empresa VIVICON no ha pedido un material para su proyecto se lo haga saber, y así analizar si fue que se olvidó pedirlo o bien que no ha necesitado en ese periodo de tiempo.

**Tabla 3.4 Causa de las pérdidas relacionadas a la mano de obra y número de menciones promedio, según consulta a personal de campo de VIVICON Construcción S.A**

Causa de las pérdidas mencionadas	Número de menciones promedio
<b>Mano de obra</b>	
Rotación del personal	0,1
Faltas a trabajar	0,3
Personal no calificado	0,4
Mala distribución del trabajo	0,1
Falta de experiencia	0,4
Interferencia entre cuadrillas	0,1
Espera de instrucciones	1,5
Tiempo para al entrega de materiales y/o equipo	0,1
Baja productividad	-

**Gráfico 3.4 Causa de las pérdidas relacionadas a la mano de obra y número de menciones promedio, según consulta a personal de campo de VIVICON Construcción S.A**



En lo que respecta a la principal causa de pérdidas por los trabajadores de la mano de obra, se identificó la espera de instrucciones como la más importante. Esta causa ya se ha analizado anteriormente, identificando como principales razones para que se dé a la falta de un diseño definitivo, el hecho de no haber planeado el proceso de trabajo para cada trabajador, o bien que se discutan aspectos de diseño entre el maestro de obras y el arquitecto y que el trabajador deba esperar a que esto se resuelva.

El comentario que se obtuvo de los trabajadores es que a ellos les preocupa tener tiempos de espera o “muertos”, pues les afecta el total de actividades que pueden realizar por día, lo que al final repercute en el monto por cobrar.

Si bien los intereses por parte de los trabajadores de campo y los administrativos en

cuento a tener tiempos muertos o de espera (económicos por parte de los trabajadores de campo y eficiencia por parte de los administrativos ), es importante resaltar que por las dos partes es identificada esta causa.

Se recomienda usar la Administración Visual a través de tabla donde se indiquen las actividades por realizar al día. En caso de que un trabajador se encuentre ocioso puede consultar la tabla y así disminuir las interrupciones a su proceso de trabajo.

La segunda parte del estudio de campo se hizo a través de una entrevista que tenía el fin de recolectar la información referida a cuál o cuáles actividades del proceso constructivo se veían interrumpidas con mayor frecuencia, dicha entrevista fue aplicada a las personas que se relacionan día a día directamente con los problemas o inconvenientes que crean una falla y atraso en los procesos constructivos. Las personas que aplicaron esta encuesta fueron básicamente los maestros de obra y los ingenieros, ya que estas personas además de

enfrentarse con situaciones problemáticas, deben de encontrar las posibles soluciones a esos problemas de acuerdo a una importante experiencia que han adquirido a través de los años de trabajar con Vivicon Construcción.



**IDENTIFICACION DE PROBLEMAS**  
CALIDAD EN LOS PROCESOS

Elaborado por:

Proyecto:

Fecha:  día  mes  año

Actividad:  Código de la actividad:

1 Persona que identifica problema:

2 Oficio del trabajador:

3 Cite una explicación del problema o error identificado recientemente

- 2 Problema relacionado con
- Trazado
  - Zanjeo
  - Armaduras
  - Fontanerias
  - Chorreas de concreto
  - Formaletas
  - Pega de Bloques
  - Estructuras de techo
  - Repellos
  - Cielos livianos
  - Enchapes
  - Paredes livianas
  - Losa Sanitaria
  - Ventaneria
  - Electricidad
  - Closets
  - Mueble de Cocina
  - Pintura

4 Solución a implementar

1

2

3

4

5

6

Dibujo o diagrama (opcional)

5 Proponga los responsables de los cambios

1

2

3

4

5

6

El objetivo de esta ficha es documentar los problemas en el sitio de trabajo y generar posibles soluciones.

En esta etapa participaron 7 miembros de VIVICON CONSTRUCCIÓN, los cuales corresponden a personal administrativo de proyecto de VIVICON. VIVICON cuenta con 5 maestros de obra, y aunque no todos estuvieron al mismo tiempo en el proyecto Lilia Condominio, todos estuvieron y participaron en algunas etapas de la totalidad del proyecto; también cuenta con dos ingenieros participantes, uno el cual es director de proyectos, y el otro ingeniero de proyectos.

Se les preguntó a cada entrevistado que indicaran una explicación de problema o error identificado últimamente. De la misma manera, se les pidió que indicaran la actividad en la que se ubica dicho problema la solución a implementar y los responsables de los cambios. De esta manera se recolectaron cerca de 25 problemas destacados los cuales se relacionan directamente con actividades específicas que tuvieron pérdidas reciente mente. La idea de hacer esta encuesta es brindar un panorama general sobre la valoración de cuales son las actividades que mayor influencia tienen en los problemas relacionados con la calidad de los procesos constructivos. Posteriormente se analizarán actividades específicas que serían consideradas como más críticas.

De los resultados de la encuesta se desprende que entre las actividades que se desarrollan en el proceso constructivo, las más destacadas son las de Mueble de cocina, Fontanería, Repellos, Pega de bloques y Formaletas. Dichas actividades se ubican dentro del 80% de las actividades que tienen mayor peso respecto a frecuencia de ocurrencia de problemas que detienen o afectan la calidad en los procesos sobre todas la demás actividades que conforman la construcción de una casa.

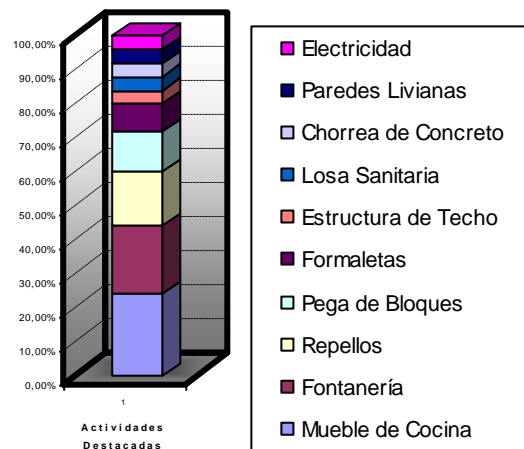
Estas 5 actividades serán estudiadas en campo en 5 casas que se encuentren en un estado de avance adecuado que permita la evaluación de cada una de estas actividades críticas para identificar causas y efectos que representan los problemas en la calidad de un proceso constructivo.

**Tabla 3.5. Clasificación ABC de las Actividades que presentan problemas o perdidas en su proceso constructivo**

PROBLEMAS EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA 2 NIVELES EN MES DE FEBRERO, 2007		LILIA CONDOMINIO					
ACTIVIDADES	Numero de menciones	Clasificación ABC					
		%Relativo	%Acumulado de Problemas	Numero de Actividades	%Cant. Actividades.		
Mueble de Cocina	6,00	24,00%	A				
Fontanería	5,00	20,00%	A				
Repellos	4,00	16,00%	A				
Pega de Bloques	3,00	12,00%	A				
Formaletas	2,00	8,00%	80%			5	15%
Estructura de Techo	1,00	4,00%	B				
Losa Sanitaria	1,00	4,00%	B				
Chorrea de Concreto	1,00	4,00%	B				
Paredes Livianas	1,00	4,00%	B				
Electricidad	1,00	4,00%	100%			10	30%
Armaduras	0,00	0,00%	c				
Cielos Livianos	0,00	0,00%	c				
Enchapes	0,00	0,00%	c				
Ventanería	0,00	0,00%	c				
Closets	0,00	0,00%	c				
Trazado	0,00	0,00%	c				
Pintura	0,00	0,00%	c				
Zanjeado	0,00	0,00%	100%			18	55%
Total	25,00	100,00%				33	100%

**Grafico 3.5: Clasificación ABC de actividades con mayores problemas o perdidas durante su ejecución.**

Clasificación ABC sobre problemas identificados en diversas actividades del proceso constructivo



Se realizó una recolección de datos de cada una de las 5 actividades seleccionadas como mas críticas, dicha recolección de datos se desarrollaron en una muestra de 5 casas, las casas numero 30, 28, 29, 36 y 35, las cuales se ajustaron según su avance constructivo, para realizar observaciones relacionadas con estas 5 actividades mas críticas (Mueble de cocina, Fontanerías, Repellos, Pega de Bloques y Formaleta), esta reunión de datos en el campo, propició la realización de diagramas de causa-efecto para cada actividad, de manera que se pueda visualizar fácilmente causas versus consecuencias que pueden acarrear problemas o perdidas durante alguno de estos procesos.

A continuación se presentarán las hojas de recolección de información y los respectivos diagramas obtenidos de estas observaciones, las cuales están basadas en problemas que se presentaron (Datos recolectados en las fichas de recolección de datos) y en posibles problemas que se pudieron haber presentado (Observaciones de acuerdo a los procedimientos).

Figura 3.3: Ficha de recolección de información en Repellos


 <div style="text-align: right; font-weight: bold;">Recolección de Datos</div>	
<p>Elaborado por: <input style="width: 150px;" type="text"/></p> <p>Proyecto: <input style="width: 150px;" type="text"/>      Numero de casa: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>Fecha: <input style="width: 40px;" type="text"/> día    <input style="width: 40px;" type="text"/> mes    <input style="width: 40px;" type="text"/> año</p> <p><b>Problemas en Repellos</b>      Código de la actividad: <input style="width: 50px;" type="text"/></p>	
1	<p>Tipo de repello en que se dió problemas</p> <p>( ) Repello paredes IP    ( ) Repello cielos    ( ) Repello laterales                  ( ) Repello Paredes 2P    ( ) Repello Pisos    ( ) Repello baños y cocina</p>
2	<p>Tipo de problema(s) que se presenta(n) (Se puede marcar <b>mas de una</b> opción)</p> <p>( ) Fisuras en repellos                  ( ) Falta de Mano de obra calificada                  ( ) Repellos sueltos                  ( ) Mano de obra indispueta a hacer bien su trabajo                  ( ) Problemas con el material                  ( ) Atraso por problemas que quedaron en etapas constructivas anteriores                  ( ) Problemas con la maquina de repellos                  ( ) Repellos muy gruesos                  ( ) Otro _____</p>
3	<p>Causa(s) para que se de(n) ese(os) problema(s)                  (PUEDE MARCAR <b>MAS DE UNA</b> OPCION)</p> <p>( ) Falta de curado                  ( ) Máquina repello defectuosa                  ( ) Malas dosificaciones de repellos a mano                  ( ) Desplomes de maestras                  ( ) Falta de mano de obra calificada                  ( ) Mano de obra desmotivada en su trabajo                  ( ) Falta de herramientas adecuadas                  ( ) Paredes de bloques muy desplomadas                  ( ) Mala calidad de los materiales                  ( ) Elementos choreados con errores en sus dimensiones de espesor                  ( ) Descuidos en el trabajo                  ( ) Mala intención de los repelladores                  ( ) Condiciones climáticas                  ( ) Otro _____</p>
4	<p>Atraso significativo en tiempo y productividad. Cuanto?</p> <p>( ) No                  ( ) Si. Cuanto? _____</p>

Figura 3.4: Ficha de recolección de información en Fontanerías


 <b>Recolección de Datos</b>	
Elaborado por: <input style="width: 150px;" type="text"/>	
Proyecto: <input style="width: 150px;" type="text"/>	Numero de casa: <input style="width: 50px;" type="text"/>
Fecha: <input style="width: 30px;" type="text"/> día <input style="width: 30px;" type="text"/> mes <input style="width: 30px;" type="text"/> año	Código de la actividad: <input style="width: 50px;" type="text"/>
<b>Problemas en Fontanerías</b>	
1	Tipo de trabajos de fontanería se dio el (los) problema(s) <input type="checkbox"/> Fontanería pluvial principal <input type="checkbox"/> Fontanería cloaca Principal <input type="checkbox"/> Fontanería potable IP <input type="checkbox"/> Fontanería potable 2P <input type="checkbox"/> Fontanería potable sólidas y conexión IP <input type="checkbox"/> Fontanería potable sólidas y conexión 2P <input type="checkbox"/> Fontanería losa sanitaria <input type="checkbox"/> Fontanería pila de lavar <input type="checkbox"/> Fontanería fregadero de cocina
2	Tipo de problema(s) que se presenta(n) (Se puede marcar <b>mas de una</b> opción) <input type="checkbox"/> Desnivel no adecuado en tuberías cloaca o pluvial <input type="checkbox"/> Fugas en cloaca y pluvial <input type="checkbox"/> Fugas de tuberías de contrapiso <input type="checkbox"/> Fugas de tuberías entrepiso <input type="checkbox"/> Fugas de tuberías paredes <input type="checkbox"/> Niveles mal ubicados o desnivelados <input type="checkbox"/> Fugas de tuberías <input type="checkbox"/> Desagües mal ubicados <input type="checkbox"/> Problemas con tuberías y (o) accesorios defectuosos <input type="checkbox"/> Problemas con losa sanitaria defectuosa <input type="checkbox"/> Fugas de agua en desagües o sifones expuestos <input type="checkbox"/> Falta de mano de obra calificada <input type="checkbox"/> Mano de obra indispueta a hacer bien su trabajo <input type="checkbox"/> Tuberías obstruidas <input type="checkbox"/> Otro _____
3	Causa(s) para que se de(n) ese(os) problema(s) (PUEDE MARCAR <b>MAS DE UNA</b> OPCION) <input type="checkbox"/> Descuidos en el trabajo de fontanería <input type="checkbox"/> Mala intención del trabajador <input type="checkbox"/> Otros trabajos modifican trabajos de fontanería bien hechos <input type="checkbox"/> Omisión de los procedimientos ( Ej. No colocar bomba presión o prueba sonda) <input type="checkbox"/> Falta de herramientas adecuadas <input type="checkbox"/> Hacer el trabajo muy apresuradamente <input type="checkbox"/> Falta de materiales adecuados o de buena calidad <input type="checkbox"/> NO revisar bien los planos <input type="checkbox"/> Atraso por problemas que quedaron en etapas constructivas anteriores <input type="checkbox"/> Mano de obra desmotivada en su trabajo <input type="checkbox"/> Otro _____
4	Atraso significativo en tiempo y productividad. Cuanto? <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si. Cuanto? _____

Figura 3.5: Ficha de recolección de información en Formaletas


 <div style="text-align: right; font-weight: bold;">Recolección de Datos</div>	
<p>Elaborado por: <input style="width: 150px;" type="text"/></p> <p>Proyecto: <input style="width: 150px;" type="text"/>      Numero de casa: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>Fecha: <input style="width: 40px;" type="text"/> día    <input style="width: 40px;" type="text"/> mes    <input style="width: 40px;" type="text"/> año</p> <p><b>Problemas en Formaletas</b>      Código de la actividad: <input style="width: 50px;" type="text"/></p>	
1	<p>Tipo de formaletas en que se dió problemas</p> <p>( ) Formaleta cimientos                  ( ) Formaleta columnas paredes                  ( ) Formaleta columnas cochera o terraza                  ( ) Formaleta viga corona IP                  ( ) Formaleta entrepiso                  ( ) Formaleta corona 2P                  ( ) Formaleta tapichel IP                  ( ) Formaleta tapichel 2P</p>
2	<p>Tipo de problema(s) que se presenta(n) (Se puede marcar <b>mas de una</b> opción)</p> <p>( ) Las formaletas se abren por mala elaboración                  ( ) Falta de mano de obra calificada                  ( ) Mal apuntalamiento                  ( ) Desplome de columnas de concreto                  ( ) Desplome de vigas de concreto                  ( ) Formaletas se abren por mala calidad de materiales                  ( ) Formaleta de vigas no cumple con dimensiones de planos                  ( ) Marquesinas con mal acabado                  ( ) Formaleta de columnas de buques no cumple con dimensiones de planos                  ( ) Otro _____</p>
3	<p>Causa(s) para que se de(n) ese(os) problema(s)                  (PUEDE MARCAR <b>MAS DE UNA</b> OPCION)</p> <p>( ) Descuidos en trabajo de formaleta                  ( ) Mala intención del formaletero                  ( ) Falta de mano de obra calificada                  ( ) Herramientas en malas condiciones (puntales, martillos, sierra, nivel)                  ( ) Trabajo muy apresurado                  ( ) Otros trabajos modifican trabajos de formaletas bien hechos                  ( ) Mano de obra desmotivada en su trabajo                  ( ) Los materiales utilizados no son adecuados                  ( ) Condiciones climáticas</p>
4	<p>Atraso significativo en tiempo y productividad. Cuanto?</p> <p>( ) No                  ( ) Si. Cuanto? _____</p>



Figura 3.6: Ficha de recolección de información en Pega de Bloques


 <b>Recolección de Datos</b>	
<p>Elaborado por: <input style="width: 200px;" type="text"/></p> <p>Proyecto: <input style="width: 200px;" type="text"/>      Numero de casa: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>Fecha: <input style="width: 50px;" type="text"/> día    <input style="width: 50px;" type="text"/> mes    <input style="width: 50px;" type="text"/> año</p> <p><b>Problemas en Pega de Bloques</b>      Código de la actividad: <input style="width: 50px;" type="text"/></p>	
1	<p>Tipo de pega de bloques en la que se dio el (los) problemas</p> <p>( ) Bloques de cimiento                  ( ) Bloques de pared 1P                  ( ) Bloques de tapichel 1P                  ( ) Bloques de pared 2P                  ( ) Bloques de tapichel 2P                  ( ) Bloques de Tapia</p>
2	<p>Tipo de problema(s) que se presenta(n) (Se puede marcar <b>mas de una</b> opción)</p> <p>( ) Deplomes en paredes de mampostería                  ( ) Descuadres en paredes de mampostería                  ( ) Falta de relleno en "mochetas"                  ( ) Mala calidad de bloques                  ( ) Mala calidad del mortero de pega                  ( ) Colocación indebida del mortero de pega                  ( ) Mala calidad del mortero de relleno o "grout"                  ( ) Problemas de modulación de bloques                  ( ) Fisuras verticales o gradeadas                  ( ) Problemas de modulación de bloques                  ( ) Filtraciones de agua hacia el interior de las paredes de mampostería                  ( ) Humedades en las partes bajas de las paredes de mampostería                  ( ) Otro _____</p>
3	<p>Causa(s) para que se de(n) ese(os) problema(s)</p> <p>(PUEDE MARCAR <b>MAS DE UNA</b> OPCION)</p> <p>( ) Descuidos en trabajo de pega de bloques                  ( ) Mala intención del bloquero                  ( ) Falta de mano de obra calificada                  ( ) Herramientas en malas condiciones (andamios, crucetas, niveles, etc)                  ( ) Trabajo muy apresurado                  ( ) Otros trabajos modifican trabajos de pega de bloques bien hechos                  ( ) Mano de obra desmotivada en su trabajo                  ( ) Los materiales utilizados no son adecuados                  ( ) Condiciones climáticas                  ( ) Otro _____</p>
4	<p>Atraso significativo en tiempo y productividad. Cuanto?</p> <p>( ) No                  ( ) Si. Cuanto? _____</p>

Figura 3.7: Diagrama Causa- Efecto de actividad Mueble de Cocina

Diagrama Causa Efecto para la Actividad Mueble de Cocina

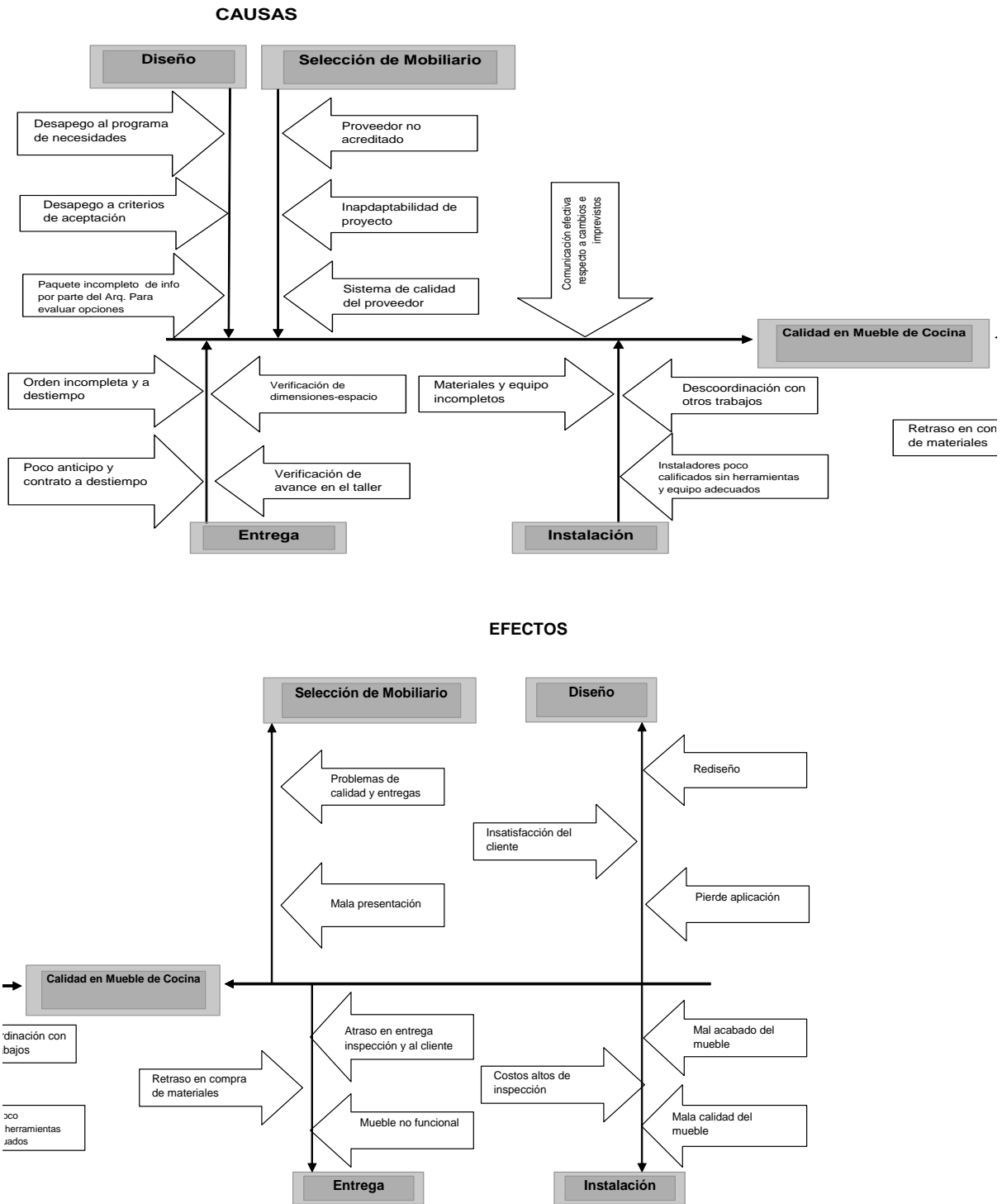


Figura 3.8: Diagrama Causa- Efecto de actividad Repellos

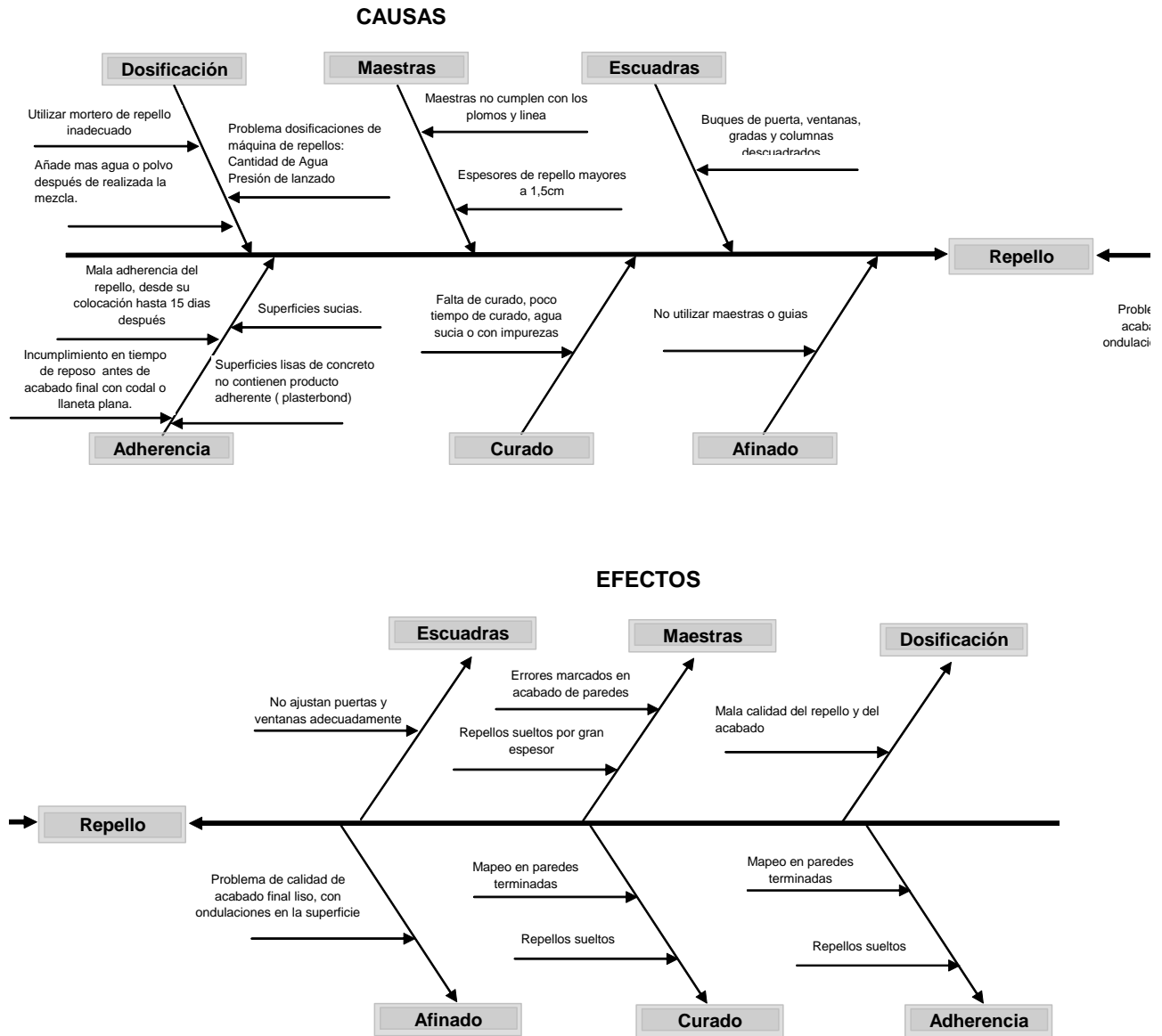


Figura 3.9: Diagrama Causa- Efecto de actividad Formaleta

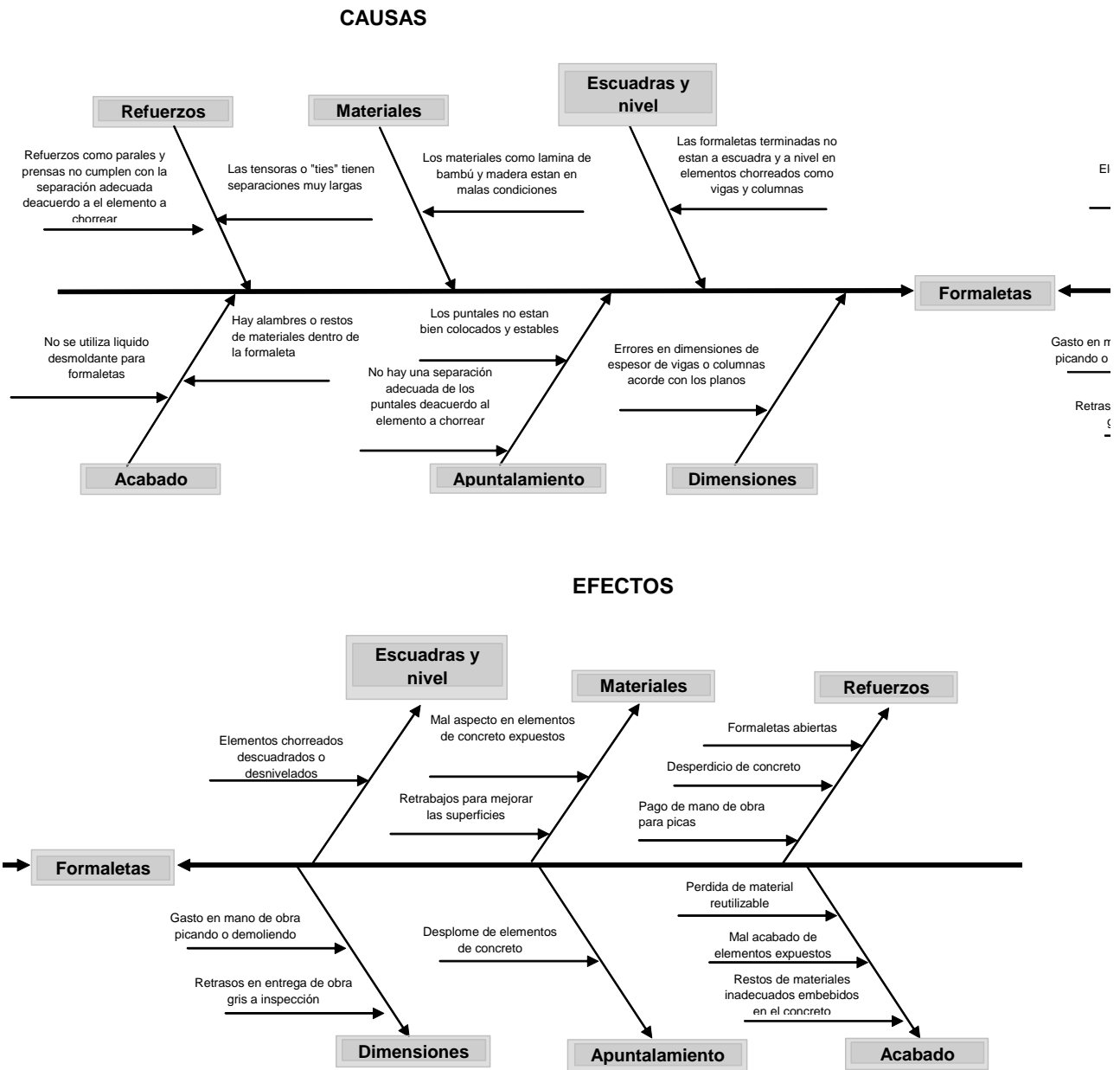


Figura 3.10: Diagrama Causa- Efecto de actividad Fontanerías

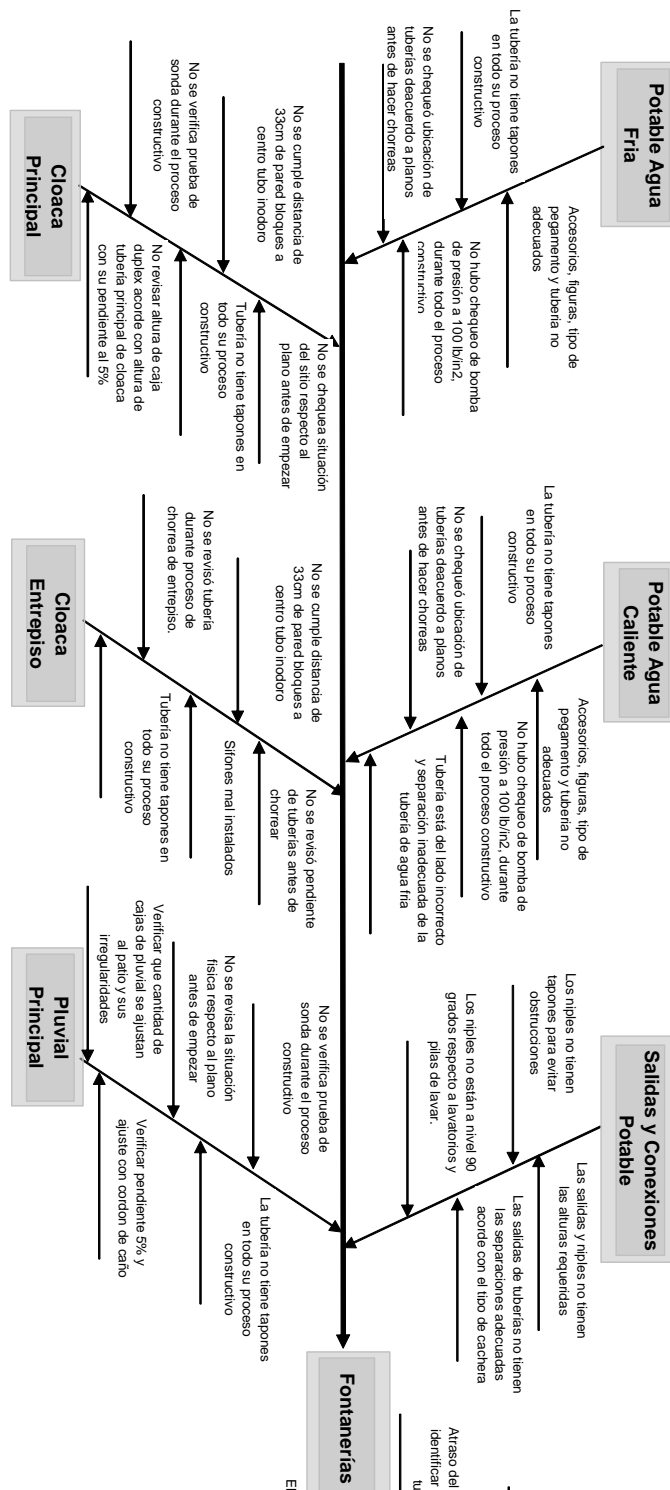
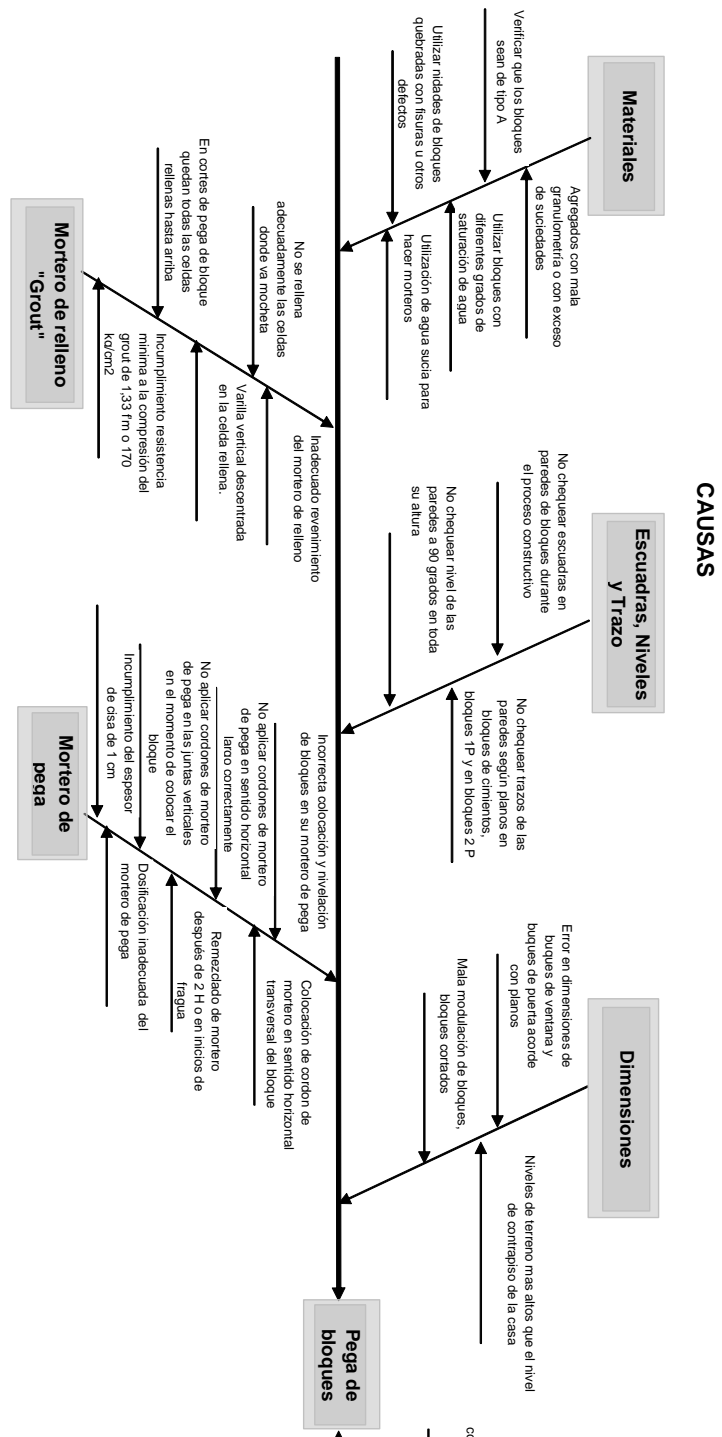




Figura 3.11: Diagrama Causa- Efecto de actividad Pega de bloques



## EFFECTOS

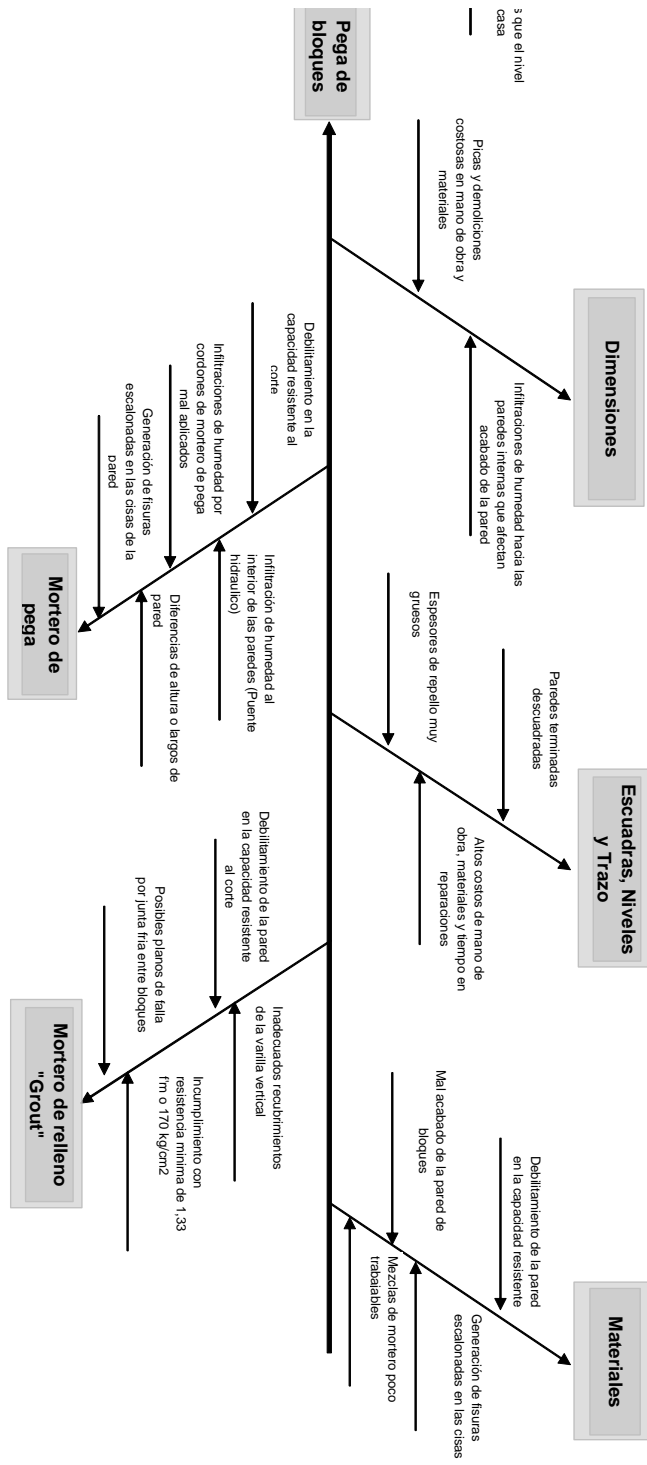






Figura 3.12: Lista de verificación de Mueble de Cocina

 <b>Lista de Verificación actividad Mueble Cocina</b> Elaborado por: <input type="text"/>						
Proyecto: <input type="text"/>						
Fecha: <input type="text"/> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <span>día</span> <span>mes</span> <span>año</span> </div>						
Actividad: <input type="text"/> <div style="float: right;">                         Código de la actividad: <input type="text"/> </div>						
CLAVE	CONCEPTO	Fecha Programada de revisión	Estatus	Fecha Real de Revisión	Observ.	Firma
<b>1</b>	<b>Diseño</b>					
1.1	Apego al programa de necesidades.					
1.2	Apego a criterios de aceptación.					
1.3	Paquete completo de información por parte del arquitecto para evaluar opciones.					
<b>2</b>	<b>Selección de Mobiliario</b>					
2.1	Proveedor acreditado.					
2.2	Adaptabilidad al proyecto.					
2.3	Sistema de calidad del proveedor.					
<b>3</b>	<b>Entrega</b>					
3.1	Orden de compra completa y a tiempo.					
3.2	Anticipo y contrato a tiempo.					
3.3	Verificación de avance en el taller.					
3.4	Verificación de dimensiones- espacio					
<b>4</b>	<b>Instalación</b>					
4.1	Materiales y equipo completos.					
4.2	Coordinación con otros trabajos.					
4.3	Instaladores calificados con herramientas y equipos adecuados.					
<b>5</b>	<b>General</b>					
5.1	Comunicación efectiva respecto a cambios e imprevistos.					

**OBSERVACIONES:**

- 1-
- 2-
- 3-
- 4-
- 5-
- 6-
- 7-
- 8-
- 9-
- 10-


Figura 3.13: Lista de verificación de Repellos

 <b>Lista de Verificación para la actividad Repellos</b>						
Elaborado por: <input type="text"/>						
Proyecto: <input type="text"/>						
Fecha: <input type="text"/> día <input type="text"/> mes <input type="text"/> año						
Actividad: <input type="text"/> Código de la actividad: <input type="text"/>						
CLAVE	CONCEPTO	Fecha Programada de revisión	Estatus	Fecha Real de Revisión	Observ.	Firma
<b>1</b>	<b>Dosificación</b>					
1.1	Utilizar mortero de repello adecuado					
1.2	Verifique que no se añada mas agua o polvo después de realizada la mezcla.					
1.3	Verifique dosificaciones de máquina de repellos: Cantidad de agua, Presión de lanzado					
<b>2</b>	<b>Maestras</b>					
2.1	Maestras deben cumplir con los plomos y línea					
2.2	Verificar espesores de repello menor o igual 1,5cm					
<b>3</b>	<b>Escuadras</b>					
3.1	Buques de puerta, ventanas, gradas y columnas deben de estar a escuadra					
<b>4</b>	<b>Adherencia</b>					
4.1	Verificar la adherencia del repello, desde su colocación hasta 15 días después					
4.2	La superficie debe estar limpia, bien adherida y libre de polvo, aceite, grasa, cera, pintura, eflorescencia y cualquier otro contaminante					
4.3	Verificar que las superficies lisas de concreto contengan producto adherente ( plasterbond)					
<b>5</b>	<b>Curado</b>					
5.1	Verificar curado durante los primeros 2 o 3 días, agua libre de suciedad o impurezas					
<b>6</b>	<b>Afinado</b>					
6.1	Verificar un tiempo de reposo de aproximadamente 45 min antes de dar acabado final con codal o llaneta plana.					
6.2	Verificar la calidad de acabado final liso, sin ondulaciones en la superficie					
6.3	Verificar cubrir con plastico o similar durante las primeras 4 horas en caso de lluvia.					

**OBSERVACIONES:**

- 1-
- 2-
- 3-
- 4-
- 5-
- 6-
- 7-
- 8-
- 9-
- 10-


Figura 3.14: Lista de verificación de Formaletas

 <b>Lista de Verificación para la actividad Formaletas</b>						
Elaborado por: <input type="text"/>						
Proyecto: <input type="text"/>						
Fecha: <input type="text"/> día <input type="text"/> mes <input type="text"/> año						
Actividad: <input type="text"/> Código de la actividad: <input type="text"/>						
CLAVE	CONCEPTO	Fecha Programada de revisión	Estatus	Fecha Real de Revisión	Observ.	Firma
<b>1</b>	<b>Refuerzos</b>					
1.1	Las tensores o "ties" deben estar a cada 80cm como maximo en formaleta para vigas					
1.2	Verificar que los refuerzos como parales y prensas cumplan con la separación adecuada de acuerdo a el elemento a chorrear					
<b>2</b>	<b>Materiales</b>					
2.1	Los materiales como lamina de bambú y madera semi-duro deben de estar en buenas condiciones					
<b>3</b>	<b>Escuadras y nivel</b>					
3.1	Las formaletas terminadas deben estar a escuadra y a nivel en elementos chorreados como vigas y columnas					
<b>4</b>	<b>Acabado</b>					
4.1	Verificar la utilización de liquido desmoldante para formaletas					
4.2	Verificar ausencia de alambres o restos de materiales dentro de la formaleta					
<b>5</b>	<b>Apuntalamiento</b>					
5.1	Verificar que todos los puntales esten bien colocados y estables					
5.2	Verificar una separación adecuada de los puntales de acuerdo al elemento a chorrear					
<b>6</b>	<b>Dimensiones</b>					
6.1	Verificar las dimensiones de espesor de vigas o columnas acorde con los planos					

**OBSERVACIONES:**

- 1-
- 2-
- 3-
- 4-
- 5-
- 6-
- 7-
- 8-
- 9-
- 10-

Figura 3.15: Lista de verificación de Fontanerías


 <b>Lista de Verificación para la actividad Fontanerías</b>						
Elaborado por: <input type="text"/>						
Proyecto: <input type="text"/>						
Fecha: <input type="text"/> día <input type="text"/> mes <input type="text"/> año						
Actividad: <input type="text"/> Código de la actividad: <input type="text"/>						
CLAVE	CONCEPTO	Fecha Programada de revisión	Estatus	Fecha Real de Revisión	Observ.	Firma
<b>1</b>	<b>Potable Agua Fría</b>					
1.1	Verificar que las tuberías tengan los accesorios y figuras acordes al diámetro y funcionalidad					
1.2	Verificar que la tubería siempre tenga tapones en todo su proceso constructivo					
1.3	Verificar la colocación de la bomba de presión a 100 lb/in <sup>2</sup> , durante todo el proceso constructivo					
1.4	Verificar que las tuberías estén ubicadas de acuerdo a planos antes de hacer chorreas					
1.5	Verificar adecuado procedimiento de pegado de accesorios: En menos de 1 min, aplica capa delgada de soldadura, 1/4 de vuelta y ajuste dirección, tubo llega al fondo de accesorio.					
<b>2</b>	<b>Potable Agua Caliente</b>					
2.1	Verificar adecuados accesorios, figuras, tipo de pegamento y tubería					
2.2	Verificar la colocación de la bomba de presión a 100 lb/in <sup>2</sup> , durante todo el proceso constructivo					
2.3	Verificar lado correcto de esta tubería y separación adecuada de la tubería de agua fría					
2.4	Verificar que la tubería siempre tenga tapones en todo su proceso constructivo					
2.5	Verificar que las tuberías estén ubicadas de acuerdo a planos antes de hacer chorreas					
2.6	Verificar adecuado procedimiento de pegado de accesorios: En menos de 1 min, aplica capa delgada de soldadura, 1/4 de vuelta y ajuste dirección, tubo llega al fondo de accesorio.					
<b>3</b>	<b>Salidas y Conexiones Potable</b>					
3.1	Las salidas y nipples tienen las alturas requeridas					
3.2	Las salidas de tuberías tienen las separaciones adecuadas acorde con el tipo de cachera					
3.3	Verificar que los nipples estén a nivel 90 grados respecto a lavatorios y pilas					
3.4	Verificar que los nipples queden con tapones para evitar obstrucciones					

<b>4</b>	<b>Cloaca Principal</b>					
4.1	Verificar distancia de 33cm de pared bloques a centro tubo inodoro baño visitas					
4.2	Verificar prueba de sonda por lo menos 3 veces durante el proceso constructivo					
4.3	Verificar altura de caja duplex acorde con altura de tubería principal de cloaca con su pendiente al 5%					
4.4	Verificar que la tubería siempre tenga tapones en todo su proceso constructivo					
4.5	Verificar que la situación del sitio se ajusta al plano antes de empezar					
<b>5</b>	<b>Cloaca Entrepiso</b>					
5.1	Revisar tubería durante proceso de chorrea de entrepiso.					
5.2	Verificar distancia de 33cm de pared bloques a centro tubo inodoro					
5.3	Verificar pendiente de tuberías antes de chorrear					
5.4	Verificar sifones bien instalados					
5.5	Verificar que la tubería siempre tenga tapones en todo su proceso constructivo					
<b>6</b>	<b>Pluvial Principal</b>					
6.1	Verificar prueba de sonda por lo menos 3 veces durante el proceso constructivo					
6.2	Verificar que la situación del sitio se ajusta al plano antes de empezar					
6.3	Verificar que cantidad de cajas de pluvial se ajustan al patio y sus irregularidades					
6.4	Verificar que la tubería siempre tenga tapones en todo su proceso constructivo					
6.5	Verificar que la tubería siempre tenga tapones en todo su proceso constructivo					
6.6	Verificar pendiente 5% y ajuste con cordón de caño					

**OBSERVACIONES:**

- 1-
- 2-
- 3-
- 4-
- 5-
- 6-
- 7-
- 8-
- 9-
- 10-

Figura 3.16: Lista de verificación de Pega de Bloques

 <b>Lista Verificación para actividad Pega de bloques</b>						
Elaborado por: <input type="text"/>						
Proyecto: <input type="text"/>						
Fecha: <input type="text"/> día <input type="text"/> mes <input type="text"/> año						
Actividad: <input type="text"/> Código de la actividad: <input type="text"/>						
CLAVE	CONCEPTO	Fecha Programada de revisión	Estatus	Fecha Real de Revisión	Observ.	Firma
<b>1</b>	<b>Materiales</b>					
1.1	Verificar que los bloques sean de tipo A					
1.2	Las unidades de bloques deben de estar enteras y libres de fisuras u otros defectos que puedan interferir con una correcta colocación					
1.3	Verificar el tipo de agregados adecuados para mortero de pega y mortero de relleno					
1.4	Verificar bloques de un mismo lote o de condiciones similares de absorción					
1.5	Verificar limpieza de agua, limpieza de agregados y granulometría adecuada					
<b>2</b>	<b>Escuadras, Niveles y Trazo</b>					
2.1	Verificar correctas escuadras en esquinas donde convergen 2 paredes en toda su altura					
2.2	Verificar que el nivel de todas las paredes sea 90 grados en toda su altura					
2.3	Verificar trazos de las paredes según planos en bloques de cimientos, bloques 1P y en bloques 2 P					
<b>3</b>	<b>Dimensiones</b>					
3.1	Verificar dimensiones de buques de ventana y buques de puerta acorde con planos					
3.2	Verificar modulación de bloques adecuada, sin recurrir a bloques cortados					
3.3	Paredes que sirven de retención o con niveles de terreno mas altos que el nivel de contrapiso de la casa, deben contener emulsión asfáltica o semejante					
<b>4</b>	<b>Mortero de relleno (Grout)</b>					
4.1	Verificar donde va varilla vertical en mocheta, debe de estar relleno en toda la mocheta					
4.2	Verificar que en cortes de trabajo diarios donde hay celdas rellenas, se deje relleno a la mitad.					
4.3	Verificar revenimiento max. de 20cm del mortero de relleno					
4.4	Verificar que en la ejecución, la varilla vertical de refuerzo quede centrada en la celda rellena.					
4.5	Verificar resistencia mínima a la compresión del grout de 1,33 f'm o 170 kg/cm <sup>2</sup>					

<b>5</b>	<b>Mortero de pega</b>					
5.1	Verificar que los bloques estén bien colocados y nivelados en su mortero de pega					
5.2	Verificar cordones de mortero de pega en sentido horizontal largo					
5.3	Verificar cordones de mortero de pega en las juntas verticales en el momento de colocar el bloque					
5.4	Verificar espesor de cisa de 1 cm					
5.5	Verificar que no se coloque cordón de mortero en sentido horizontal transversal del bloque (Puente hidráulico)					
5.6	Verificar que remezclado de mortero no se haga después de 2 H o en inicios de fragua					
5.7	Verificar dosificación adecuada del mortero de pega					

**OBSERVACIONES:**

- 1-
- 2-
- 3-
- 4-
- 5-
- 6-
- 7-
- 8-
- 9-
- 10-

# Análisis de los resultados

**MEDICIÓN DE PÉRDIDAS:** La medición de pérdidas se refiere a observar los diferentes tipos de pérdidas que se puedan presentar en el sitio de estudio escogido. Para este proyecto, se recurrió a hacerlo en el sitio de construcción del Proyecto Lilia Condominio.

Si bien las pérdidas se podrían dividir dependiendo del recurso que presente la pérdida (por ejemplo materiales o tiempo), en este caso no se hará diferenciación alguna, ya que algunas de las actividades observadas abarcan varios tipos de recursos. En este caso, se procederá a explicar los casos encontrados, sin estimar el costo que representan las pérdidas.

Algunas de las pérdidas encontradas son:

1. Falta de espacio para realizar el trabajo. En este caso se trata de trabajadores que llevaban concreto en carretillos del nivel de suelo a un segundo piso, para un entrepiso. La rampa solo tenía el ancho necesario para el paso de una persona con su carretillo, y en caso de que se encontraran en la rampa dos trabajadores, uno de ellos debía orillar su carretillo sobre un costado de la rampa. Esto interrumpía el paso continuo del personal del nivel de suelo al segundo nivel.

**Fotografía 4.1 Interrupción de paso de trabajadores en rampa.**



2. Falta de coordinación entre partes. Esto se refiere a la interrupción del flujo de trabajo de un trabajador en secuencia del atraso de otro trabajador. Esto puede provocar la interrupción o atraso de flujo de trabajo de otros trabajadores, lo que puede traer que al final del día no se realicen trabajos.

En este caso se pudo medir el tiempo que un trabajador encargado de transportar estuvo esperando respuesta de un compañero de trabajo. El tiempo que el trabajador estuvo ocioso fue de ocho minutos.

**Fotografía 4.2 Trabajador ocioso en espera de material.**



Después de esos ocho minutos, el encargado decidió seguir su trabajo en otro lugar, sin lograr el transporte de material que esperaba en un principio. Esto quiere decir que también se dio un re-trabajo, esto debido a que posteriormente el



mismo encargado de transportar materiales tuvo que volver a donde su compañero, consumiendo así tiempo y recursos materiales como gasolina, los cuales se habría podido ahorrar de haber realizado el transporte del material la primera vez.

**Fotografía 4.3 Trabajador encargado del transporte de materiales.**



**ACTIVIDADES PROBLEMATICAS:** Se reflejan en la encuesta realizada a los colaboradores de campo que siguen de cerca los problemas que se presentan en los diferentes procesos.

De los resultados de la encuesta se desprende que entre las actividades que se desarrollan en el proceso constructivo, las más destacadas son las de Mueble de cocina, Fontanería, Repellos, Pega de bloques y Formaletas. Dichas actividades se ubican dentro del 80% de las actividades que tienen mayor peso respecto a frecuencia con que ocurren los problemas que detienen o afectan la calidad en los procesos, sobre todas la demás actividades que conforman la construcción de una casa.

De estas actividades seleccionadas de acuerdo con la información recolectada en la encuesta, destaca como la más crítica la actividad de mueble de cocina. La actividad de mueble de cocina se lleva a cabo a través de un subcontrato, en el que subcontratista tiene una fecha definida según el programa de trabajo para el inicio y final de la labor. Una vez terminado este trabajo, se realiza la entrega del mueble de cocina terminado al ingeniero de proyecto, y si éste da su visto bueno al trabajo, se continúa con las demás actividades que proceden luego de terminada ésta. Esta modalidad se convierte en una actividad de menor control por parte del

encargado de proyecto, ya que las personas involucradas con la construcción de un mueble de cocina, son ajenas a la compañía y no existe forma de cambiar sus procedimientos para crear mayor calidad. Los problemas mas frecuentes en esta actividad fueron la calidad final del mueble, pues en repetidas ocasiones, a la hora de inspección, el producto no cumplía con las expectativas o especificaciones de acabado adecuadas, por lo que era frecuente tener que devolverlo al subcontratista para que detallara adecuadamente el mueble. Esto provocaba un atraso en las siguientes actividades que dependían de la terminación de esa actividad, tales como detallar la pintura de cocina, la colocación de la cachera del fregadero, los desagües del fregadero, la limpieza general de la casa y la entrega a inspección.

**Fotografía 4.4 Mueble de cocina casa 30**



El otro problema más frecuente en esta actividad fue el incumplimiento de las fechas de entrega pactadas según el programa de trabajo. Este problema afecta directamente el atraso de las actividades que continúan, y las cuales se enmarcan vitales para la entrega de la casa al inspector en las fechas programadas. Es muy importante cumplir con estas porque es normal que éstas también estén ligadas a otras fechas relacionadas con la entrega al cliente de su nueva vivienda, de manera que se convierte en un punto de insatisfacción del cliente, lo cual afecta directamente el prestigio de la compañía y las expectativas de ese cliente de esperar un producto de calidad en un tiempo efectivo.

La actividad de fontanería se ubica en segundo lugar como más problemática, con un

20% de menciones respecto al total de mencionadas. La actividad de fontanería es una actividad que se realiza a través de contratos de distintas actividades de fontanerías que se desarrollan conforme avanza la construcción de la casa. Los problemas que generalmente se producen en fontanerías requieren de soluciones destructivas o de demolición, porque generalmente las tuberías de transporte de aguas utilizadas, llovidas o potables quedan embebidas en concreto en los contrapisos, entresijos o paredes, o bien pueden quedar enterradas a ciertas profundidades. Estas soluciones acarrear importantes gastos de mano de obra, materiales y tiempo. Según la información recolectada, dentro de los problemas que más frecuentemente se presentan en fontanería destacan fugas de agua potable. Estas fugas se pueden presentar por varias causas como mala colocación de accesorios en las zonas de unión o cambios de dirección. Es normal que se presenten fugas luego de chorrear un entresijo o contrapiso, pues los chorreadores descuidadamente majan o quiebran tuberías que quedarán embebidas. También es común que estas quebraduras sucedan cuando el bloquero fuerza una tubería dentro de una celda o una columna chorreada. Estos ejemplos de causas de fallos en tuberías son solo unos pocos de muchos casos que se podrían presentar cuando hay fugas. Lo que sí es cierto es que en una gran parte de las fallas ocurridas es porque otros trabajadores manipulan de alguna manera las tuberías, y esta manipulación trae consecuencias que se detectarán cuando corresponda la siguiente prueba de presión o de sonda en los sistemas de tuberías.

**Fotografía 4.5 Tuberías Potables en contrapiso antes de chorrear**



Un 16% del total de las menciones recolectadas se refieren a problemas con repellos. La actividad de repellos funciona bajo la modalidad de contrato a cuadrillas conformadas normalmente de cuatro a seis personas quienes cuentan con un jefe de cuadrilla, el cual es responsable ante cualquier eventualidad que presenten algunos de los diferentes contratos de repellos que conforman una casa. Es conocido a nivel general que esta actividad es muy problemática en la construcción; sin embargo, VIVICON ha desarrollado estrategias que combaten los problemas mas graves como de fisuras marcadas o falta de adherencia, que se pueden presentar en repellos.

Una de estas estrategias es la utilización de mortero industrial, el cual se distribuye en el mercado y es preparado especialmente para ser lanzado con una maquina lanzadora de repellos. Aún así el repello sigue siendo una actividad que presenta problemas, y cuando los presenta genera perdidas importantes en el proceso. Entre los problemas presentados con mas frecuencia es que se dan repellos muy gruesos por desplomes de los bloques de pared, o por una mala ejecución al momento de colocar maestras a plomo o niveles. Normalmente los problemas relacionados con repellos generan importantes pérdidas de materiales y tiempo cuando hay una mala ejecución previa al repello.

Fotografía 4.6 Repello Grueso en pared



La pega de bloques se ubica en el cuarto lugar de actividades que generan pérdidas por problemas presentados durante su proceso, con un 12% respecto a la totalidad de las actividades. La actividad de pega de bloques también funciona bajo la modalidad de contratos seccionados según la etapa en la que se encuentre la construcción de la casa. Los contratistas de bloques o bloqueros son cuadrillas conformadas por una cantidad de tres a cinco personas, en donde existe, al igual que en repellos, un jefe de cuadrilla responsable por el trabajo de su equipo de trabajo. Dentro de esta actividad es frecuente que se presenten problemas que afectan directamente a otras actividades que siguen después de esta, por ser una predecesora fundamental en la totalidad de las actividades. Problemas como desplomes en paredes o errores en dimensionamientos según planos suelen suceder en esta actividad, pero con un adecuado control en sitio cuando se realiza dicha actividad se podrían evitar muchos de estos inconvenientes.

Fotografía 1.7 Levantamiento de paredes de bloques



Finalmente, la actividad de formaleta se ubica en último lugar respecto a las 5 actividades analizadas como las más problemáticas. Según la información recolectada, con un 8% de menciones de problemas respecto a la totalidad de actividades, esta actividad resulta ser de importante afectación de calidad en los procesos cuando se ve involucrada en problemas durante el proceso constructivo. La actividad de formaleta se ejecuta bajo la metodología de contratos seccionados en una misma casa, los cuales se otorgan conforme vayan avanzando las diferentes etapas constructivas de la casa. El contratista normalmente cuenta con una o dos personas que le ayudan a conformar una cuadrilla, y ésta persona es la responsable ante un eventual problema relacionado con alguna formaleta. El problema presentado con mayor frecuencia es falta de refuerzos en la totalidad de las formaletas pues es habitual que cuando una formaleta queda mal reforzada, a la hora de hacer una chorrea requerida, dicha formaleta se abre, provocando una deformidad en elemento de concreto. Estas deformidades que son muy comunes en vigas de entepiso, retrasan un eficiente y fluido proceso constructivo, ya que hay que devolverse con demolidores y mano de obra para dejar chorreadas a plomo o a nivel las distintas superficies.

Fotografía 1.8 Levantamiento de paredes de bloques





# Conclusiones

Se presenta la introducción de métodos utilizados a nivel industrial en los procesos constructivos como una posible solución, sin pretender que esta sea la única para evitar o disminuir los problemas que normalmente se presentan en las distintas actividades de la construcción de una vivienda. De esta manera, se permite aumentar la eficiencia y el valor agregado del proyecto, ya que le genera al encargado de proyecto o inspector tener herramientas que sirvan de control durante la construcción, lo cual resulta a su vez en la satisfacción del cliente sobre el producto que recibe.

Entre las ventajas ya mencionadas de aplicar metodologías de producción industrial están:

- Mejora los procesos de trabajo a través de la identificación de las pérdidas y sus causas, permitiendo la eliminación de las prácticas que no aportan valor a los procesos constructivos,
- Fomenta la mejora continua y la participación de los trabajos, al permitir tomar decisiones y mejorar los procesos de trabajo,
- Permite al ingeniero residente o al administrador del proyecto reducciones de costo, menores tiempos para realizar las actividades programadas, y un uso más eficiente de los recursos.

De los resultados obtenidos a partir de las encuestas para analizar las pérdidas que se dan en la empresa VIVICON se tiene que las pérdidas más frecuentes que se presentan, según el personal administrativo de proyecto consultado, son:

- Requerimiento de espacio adicional
- Tiempos de espera
- Demoras para realizar actividades
- Aclaraciones
- Movimiento innecesario de materiales

Entre las principales causas de las pérdidas identificadas por el personal están las siguientes:

- Espera de instrucciones
- Personal no calificado
- Mal uso de los materiales
- Falta de coordinación entre partes

De los resultados obtenidos de la recolección de datos en sitio a través de encuestas, respecto a las actividades más problemáticas, se destaca lo siguiente:

- De dieciocho actividades evaluadas como básicas, cinco resultan ocupar un 80% de los problemas o pérdidas, respecto del total.
- Las actividades que generan mayores problemas en los procesos constructivos son: Mueble de cocina, Fontanerías, Repellos, Pega de bloques y Formaletas.

De los resultados obtenidos de la observación de las cinco actividades más problemáticas se destaca lo siguiente:

- No es fácil establecer un control sobre las actividades que

involucran procesos de trabajos que desarrolla un subcontratista, aunque éste sí me afecta seriamente la calidad de un proceso constructivo general.

- Por ser la mayoría de las actividades seccionadas para ser pagadas por contrato, significa que hay una conveniencia de las cuadrillas al hacer las diferentes actividades rápidamente, para obtener al final de una quincena, la mayor cantidad de contratos. Esto implica que en ocasiones, los trabajos quedan mal hechos.
- La calidad en el proceso constructivo depende, en la mayoría de las actividades, de la calidad del trabajo que entrega su actividad antecesora.
- Muchos de los problemas que se presentan en las actividades que influyen en los procesos constructivos se deben a la manipulación de trabajos realizados en otras etapas o actividades.

De acuerdo con el análisis de resultados y las conclusiones obtenidas, se dan las siguientes recomendaciones:

- Para disminuir las pérdidas en el personal que labora en construcción, se recomienda implementar la herramienta de Administración Participativa, para hacerles ver la importancia de usar adecuadamente los materiales y equipos, y darles la confianza de hacer notar situaciones que ellos consideran no adecuadas.
- Se recomienda dar capacitación a la mano de obra, y en lo posible conservar la mano de obra más

eficiente y de mayor experiencia, haciéndoles notar que son importantes en el proyecto, para que vean su labor como más que simplemente un trabajo.

- Se recomienda tanto para el campo como para el trabajo en oficinas, implementar la Administración Visual a través de rótulos que identifiquen las labores que se deben realizar por semana o por día.
- Se recomienda implementar listas de verificación en lo que respecta a los documentos que se generan en las oficinas, para que se revise que estos contengan la información necesaria. Otra alternativa es estandarizar los formatos de los documentos que se generan, lo que disminuiría la omisión de información en los mismos.
- Se recomienda realizar reuniones diarias o semanales para recordar las actividades que deben realizarse en esos periodos de tiempo, y así hacérselo notar a todos los involucrados en esas actividades.

# Apéndices

# Anexos



# Referencias

Acuña Jorge. **CONTROL DE CALIDAD**. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Primera Edición. Cartago, Costa Rica.

Ballard, Glenn (1994). **THE LAST PLANNER**. California, Estados Unidos: Northern California Construction Institute.

Ballou, Ronald (1999). **BUSINESS LOGISTICS MANAGEMENT – PLANNING, ORGANIZING AND CONTROLLING THE SUPPLY CHAIN**. (4<sup>th</sup> ed). Estados Unidos: Prentice Hall.

Cordero Carballo Diego. **DIAGNÓSTICO DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE VIVIENDA EN SERIE UTILIZANDO CONCEPTOS DE CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS**. Tesis UCR, 2006.

Gasca López, José Manuel. (2000). **CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS (LEAN CONSTRUCTION): CONCEPTOS Y APLICACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS DE INTERÉS SOCIAL**. Tesis para obtener el grado de Master en Ciencias, especialidad en Ingeniería Civil (Administración de la Construcción). Monterrey, México: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

Meneses G Marcela. **CURSO DE METROLOGÍA Y NORMALIZACIÓN**. Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2005.

Koskela, Lauri. (1992). **APPLICATION OF THE NEW PRODUCTION PHILOSOPHY TO CONSTRUCTION**. Estados Unidos: Stanford University.

Koskela, Lauri. (1997). **LEAN PRODUCTION IN CONSTRUCTION, LEAN CONSTRUCTION**. Rotterdam, Holanda: Luis F. Alarcón.

Instituto Costarricense del Cemento y el Concreto. **MANUAL DE CONSEJOS PRÁCTICOS SOBRE EL CONCRETO**. Costa Rica, 2006.

Instituto Costarricense del Cemento y el Concreto. **MANUAL DE CONSTRUCCIÓN CON BLOQUES DE CONCRETO**. Costa Rica, 2007.

Amanco de Costa Rica. **MANUAL DE TUBOSISTEMAS AMANCO**, Costa Rica, 2007.

Paginas de Internet:

<http://www.elprisma.com/>

<http://www.calidad.org>

<http://www.centrosdeexcelencia.com>

<http://isoeasy.org>

<http://www.asq.org>

<http://www.gestiopolis.com/recursos2/documentos/fulldocs/ger/jitamaran.htm>