

FACULTAD  
DE CIENCIAS  
E INGENIERÍA



90  
AÑOS

PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

## ESTUDIO DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA OBRA DE EDIFICACIÓN

Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil

Presentado por:

**Tania Elena Morillo Santa Cruz**

**Miguel Angel Lozano Vargas**

Lima – Perú  
2007

## Resumen Ejecutivo

El crecimiento del sector construcción en nuestro medio se debe principalmente a la ejecución de proyectos de vivienda. Las empresas que se especializan en este tipo de proyectos deben apuntar a incrementar su nivel de estandarización de los procedimientos constructivos dado el carácter repetitivo de los mismos.

Esta investigación consiste en un estudio de tiempos y movimientos aplicado a la construcción de una obra de edificación. Esta tiene como fin identificar la secuencia constructiva, duración y mano de obra de los procesos de casco y acabados, así como también encontrar los flujos no productivos para reducirlos o eliminarlos.

El principal aporte que brinda hacer un estudio de esta naturaleza está en conocer las operaciones que conforman el proceso, lo cual permite elaborar propuestas de mejora con el fin de hacer los procesos más eficientes. Esto no sólo beneficia a la empresa sino también a los trabajadores, proporcionándoles un método que facilite las labores que realizan y a la vez les permita obtener mejores resultados, es decir, trabajar de forma inteligente.

## INDICE

1. Introducción	1
2. Definiciones	1
3. Marco Teórico	3
3.1. Teorías de Gestión	3
3.1.1 Construcción sin pérdidas (Lean Construction)	3
3.1.2 Justo a tiempo (Just in Time)	6
3.1.3 Teoría de las restricciones (Theory of constraints)	8
3.2. Herramientas de Gestión	
3.1.4 Planificación anticipada de recursos (Look Ahead Planning)	11
3.1.5 Último planificador (Last Planner)	15
3.3. Estudio de tiempos y movimientos	16
4. Estudio de productividad	24
4.1 . Descripción de la obra	24
4.2 . Metodología	26
4.3 . Análisis de los procesos	29
4.3.1 Desarrollo del análisis	29
4.3.2 Colocación de acero en muros	36
4.3.3 Colocación de acero en losas	42
4.3.4 Encofrado de muros	47
4.3.5 Encofrado de losas	55
4.3.6 Vaciado de concreto en muros	61
4.3.7 Vaciado de concreto en losas	70

4.3.8	Desbaste	78
4.3.9	Picado de muros	85
4.3.10	Resane	90
4.3.11	Colocación de derrame	98
4.3.12	Instalación de tabique	103
4.3.13	Solaqueo de tabique	109
4.3.14	Empaste de muro	114
4.3.15	Instalación de marcos	119
4.3.16	Instalación de puertas	125
4.3.17	Pintura de muros	131
4.3.18	Colocación de cerámico	136
4.3.19	Fraguado de cerámico	147
5.	Recomendaciones	152
6.	Conclusiones	158
7.	Bibliografía	160

## 1. Introducción

Evaluar la productividad en un negocio tiene por objetivo identificar aspectos en los que puede optimizarse la forma de realizar las operaciones o actividades, lo cual permitirá incrementar el margen de utilidad en la empresa.

En el caso de empresas industriales, comerciales y de servicios; los esfuerzos por estandarizar y mejorar los procesos se han dado desde el siglo XIX; obteniendo resultados positivos.

El panorama no es el mismo en el sector construcción. El interés por el tema de productividad es reciente a nivel mundial. Sumando a este punto el hecho de que nuestro país presenta un nivel tecnológico insuficiente; es evidente que en nuestro medio se requieren estudios y esfuerzos para encontrar alternativas que mejoren la ejecución de procesos.

La presente investigación consiste en el análisis de los procesos que se desarrollan en la construcción de la obra "Condominio del Aire", ejecutada por la empresa San José Perú. La herramienta empleada para el análisis es el estudio de tiempos y movimientos. El objetivo es conocer los procesos a detalle, clasificar las actividades involucradas e identificar las operaciones que pueden omitirse u optimizarse para contribuir en la mejora continua de los mismos y con ello garantizar la ejecución de un trabajo eficiente y efectivo.

## 2. Definiciones

- 2.1. **Trabajo productivo (TP):** Acción que agrega valor al producto y por tanto aporta en forma directa a la producción.
- 2.2. **Trabajo contributorio (TC):** Trabajo que sirve como soporte a los trabajos productivos pero que no agrega valor al producto.
- 2.3. **Trabajo no contributorio (TNC):** Acción que no agrega valor al producto y por tanto significan una pérdida en la producción.
- 2.4. **Calidad:** Es el conjunto de características de un producto que determina el grado de satisfacción de las exigencias de un cliente.
- 2.5. **Cliente:** Agente que requiere un producto para cubrir una necesidad.
- 2.6. **Producto:** Resultado de procesos que satisface las necesidades del cliente.

- 2.7. **Proveedor:** Agente que brinda un producto.
- 2.8. **Ejecutor:** Persona o conjunto de personas que realizan una tarea.
- 2.9. **Eficiencia:** Uso apropiado de recursos para lograr un objetivo.
- 2.10. **Eficacia:** Logro de un objetivo.
- 2.11. **Flujo:** Toda acción realizada durante la ejecución de un proceso. Puede clasificarse como contributorio o no contributorio.
- 2.12. **Productividad:** Cociente de la producción entre los recursos empleados.
- 2.13. **Partida:** Conjunto de procesos agrupados con la finalidad de llevar un control de costos y ejecución de un proyecto.
- 2.14. **Proceso:** Conjunto de actividades o subprocesos realizados para obtener un producto.
- 2.15. **Subproceso:** Conjunto de operaciones cuyo resultado es la obtención parcial de un producto.
- 2.16. **Microproceso:** operación realizada en un subproceso.
- 2.17. **Tarea:** Trabajo encomendado a una persona o conjunto de personas que debe ejecutarse en un tiempo determinado.
- 2.18. **Carta balance:** Resumen del resultado estadístico a través de medios gráficos y/o tablas de los flujos observados en un proceso.
- 2.19. **Cartillas de calidad:** Ficha llenada en campo para evaluar las condiciones de calidad, en los procesos de entrada, salida y ejecución. Permite identificar las principales no conformidades.
- 2.20. **Pérdidas:** acciones que no agregan valor y por tanto generan un costo innecesario.
- 2.21. **Jalar:** Generar productos en cantidades en función a lo que exige la demanda y lo que realmente se puede producir.
- 2.22. **Empujar:** Producir sin tomar en cuenta la demanda, lo cual genera inventarios.

### 3. Marco Teórico

#### 3.1. Teorías de Gestión

##### 3.1.1 Construcción sin pérdidas (Lean Construction)

Construcción sin pérdidas (Lean Construction) es una nueva manera de aplicar la gestión de producción en la industria de la construcción. Ésta es la aplicación de la filosofía Producción sin pérdidas (Lean Production) en la construcción, la cual aparece en los años 50 en Japón la cual fue aplicada en el sistema Toyota. La idea principal es la eliminación de inventarios y pérdidas, la subdivisión de la producción en pequeñas partes, simplificar la estructura de la producción, utilización de máquinas semiautomáticas, cooperación entre proveedores, etc. (Monden 1987, Ohno 1991, Shingo 1993).

Antes de la aparición de la filosofía de Producción sin pérdidas se desarrollaron los siguientes modelos de producción:

- **Fordismo**

Modelo implementado por Henry Ford, fabricante de automóviles, entre los años 30 y 70. Este modelo utilizó una cadena de montaje que regulaba o controlaba el trabajo de los obreros, la cual hizo posible la producción en masa, reducción del tiempo y costos de fabricación. Además, se logró una estandarización de los procesos a través de la subdivisión de los trabajos de los obreros, garantizando de la calidad del producto.

Sin embargo, el carácter repetitivo y poco creativo de los trabajos realizados por la mano de obra dio origen a la crisis de este modelo. En los años 70 se observó que la productividad en vez de incrementarse decrecía, lo cual se fundamentaba en la falta de motivación del personal en realizar las labores.

- **Toyotismo**

El sistema de producción Toyota, denominado también Toyotismo, surgió en Japón en los años 70, relegando el modelo fordista. Este nuevo prototipo se basa en los siguientes puntos:

- Flexibilidad laboral.
- Alta rotación en los puestos de trabajo.
- Aumento de la productividad a través de la gestión y organización (JIT)
- Trabajo combinado.
- Horizontalidad de jerarquía.
- Relación entre tiempo y producción.
- Lograr un inventario mínimo, stock cero.

El resultado de la aplicación de este modelo es un nuevo tipo de fábrica donde los procesos se ejecutan de forma flexible y transparente, del cual surge la filosofía Producción sin pérdidas (Lean Production). Esta propone que los procesos de producción siguen un modelo que considera tanto las actividades de conversión como los flujos.

### Modelo de conversión

Tradicionalmente, el proceso de producción era entendido como una secuencia en la que materias primas (entradas) eran convertidas o transformadas mediante una serie de tareas en productos (salidas), siguiendo un modelo de producción conocido como "Modelo de Conversión". Este modelo también considera los subprocesos implicados en el proceso de producción, tal como muestra la siguiente figura.

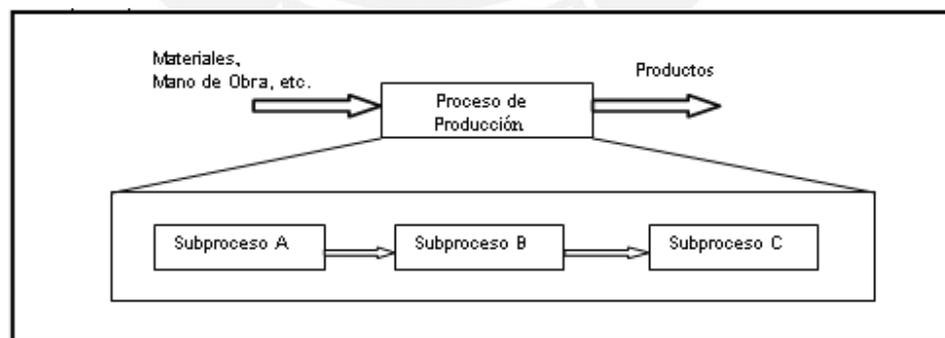


Diagrama 001. Modelo de Conversión

De acuerdo a este modelo todos los subprocesos implicados añaden valor al producto final. Si alguno de éstos no se desarrolla satisfactoriamente afectará a los

demás de la línea de producción. Sin embargo, dado que se da mayor importancia a las tareas de transformación no es sencillo identificar los puntos en los cuales se originan las pérdidas y demoras, lo cual se traduce en un producto de baja calidad e incertidumbre dentro del proceso.

Otro de los puntos errados de este modelo es que considera que es posible reducir el costo total del proceso minimizando los costos de todos los subprocesos que intervienen. Esta premisa es incorrecta porque no considera la variabilidad de los resultados ni los efectos de la interdependencia entre subprocesos.

### Modelo de flujos

Se definen los flujos como todas aquellas actividades y/o eventos necesarios para obtener el producto, no solo las actividades de transformación, por lo tanto se incluyen también aquellas actividades y/o eventos que no agregan valor en el proceso de producción, tales como esperas, inspección, trabajo rehecho, transporte, etc.; así como las actividades de conversión que sí realizan un cambio evidente hacia la obtención del producto. Considerando que ambas siempre van a estar presentes dentro del proceso de producción, Construcción sin pérdidas plantea que debe buscarse minimizar y/o eliminar todo aquello que no agrega valor al producto y hacer más eficientes las actividades de conversión. De esta manera podrían reducirse las pérdidas en los procesos e incrementar la producción.

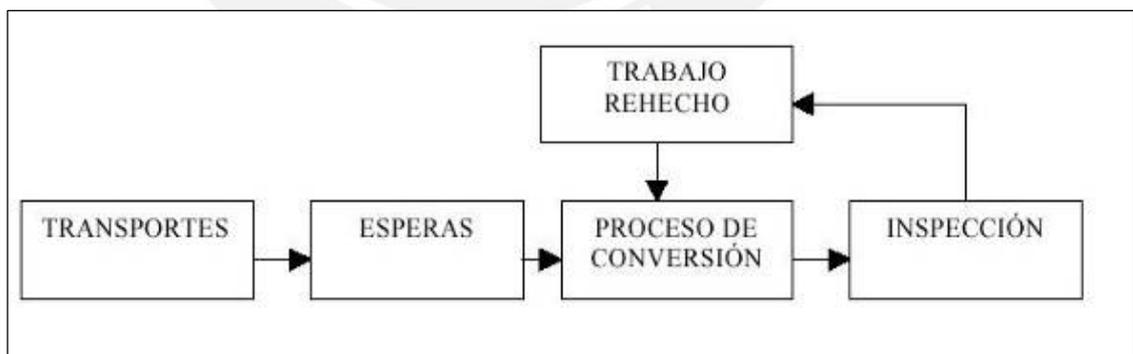


Diagrama 002. Modelo de Flujos

La nueva filosofía de producción considera los siguientes elementos dentro de su diseño y control de la producción en la práctica (Koskela 1992)

- Reducción de las actividades que no agregan valor
- Incremento del valor de la producción a través de una consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
- Reducción de la variabilidad.
- Reducción del tiempo de los ciclos.
- Simplificación mediante la reducción de pasos, partes y relaciones.
- Incremento de la flexibilidad del producto terminado.
- Incremento de la transparencia de los procesos.
- Enfoque en el control de los procesos completos.
- Introducción de procesos de mejoramiento continuo dentro de nuestros procesos.
- Balance de mejoramiento de los flujos con el mejoramiento de las conversiones.
- Comparaciones periódicas dentro y fuera de la empresa (Bench parking).

El objetivo de la Construcción sin pérdidas es entender "la física y lo intangible" de producción en la Construcción, es decir, los movimientos de las unidades de producción que intervienen en un proceso constructivo dentro de una obra; comprender la interdependencia entre procesos y subprocesos; e incrementar la confiabilidad de los flujos.

Una forma de incrementar la confiabilidad en los procesos es hacer la planificación de actividades en plazos más cortos o inmediatos. Para ello se pueden emplear herramientas tales como la Planificación anticipada de recursos (Look Ahead Planning) y el Último Planificador (Last Planner), las cuales se explicarán a continuación.

### 3.1.2 Justo a tiempo (Just in Time)

El Justo a tiempo o *Just in time* (JIT) es un modelo de gestión de la producción creado por Taiichi Ohno en el contexto de la segunda guerra mundial que fue aplicado inicialmente en la industria automotriz. Este se basa en aumentar la eficiencia de la producción a través de la optimización de los procesos y la

eliminación juiciosa y continua de los desperdicios e inventarios, los cuales son considerados como pérdidas.

La idea es producir el artículo necesario, en la cantidad y momento adecuado y al menor coste posible.

Este modelo considera el flujo de producción en sentido inverso al tradicional. Establece que la demanda “jala” el proceso productivo, es decir la producción depende directamente de lo que pide el cliente. Al respecto, el JIT considera que en la línea de producción existen clientes y proveedores internos, los cuales aparecen en cada proceso, siendo los clientes de un proceso los proveedores del proceso que sigue en la cadena. Este concepto garantiza la calidad de los productos a lo largo de la cadena productiva y la eliminación de los inventarios o pérdidas, ya que sólo se puede continuar la producción si el producto satisface los requerimientos del cliente.

Para que este modelo funcione deben cumplirse los siguientes requisitos:

- Involucrar a la empresa desde la alta gerencia hasta los trabajadores de menor rango.
- Promover la mejora continua, proporcionando las herramientas adecuadas tales como capacitación, círculos de calidad, grupos de sugerencias, etc.; en la empresa.
- Divulgar los logros conseguidos.
- Reconocer méritos.
- Transmitir la filosofía de la empresa a los proveedores para involucrarlos en ella.

A pesar de los puntos mencionados anteriormente, es necesario señalar que existen riesgos de paralizar la línea de producción debido a que este modelo no admite inventario alguno. Por tanto, es indispensable crear un sistema que garantice la transparencia y confiabilidad de los procesos.

Goetsh; Davis (1994) afirman que el JIT precisa de un contexto de gestión de calidad total (TQM) para que sus beneficios puedan ser potencializados.

### 3.1.3 Teoría de las restricciones (Theory of constraints)

La Teoría de las restricciones fue descrita por primera vez por Eliyahu Goldratt al principio de los 80 y desde entonces ha sido ampliamente utilizada en la industria. Esta teoría establece que un conjunto de procesos con interrelaciones y dependencias se mueve a la velocidad del proceso más lento. La forma de aumentar la velocidad del conjunto es incrementando la capacidad del proceso más lento. La teoría enfatiza la definición de los principales factores limitantes los cuales se denominan restricciones o “cuellos de botella” y cómo hallarlos.

En toda empresa existe por lo menos una restricción, caso contrario esta generaría ganancias ilimitadas (E. Goldratt; La meta). Siendo las restricciones los factores que bloquean la obtención de dichas ganancias, se induce que toda gestión debe apuntar a encontrar y controlar las restricciones.

#### Aplicación de la Teoría de Restricciones

El punto de partida de todo el análisis es que la meta es ganar dinero, y para hacerlo es necesario elevar el throughput. Sin embargo, si una planta industrial quiere producir a través de un aprovechamiento integral toda su capacidad instalada la llevaría en sentido contrario a la meta si esas unidades no pueden ser vendidas.

Podría considerarse como solución a esto tener una planta balanceada, es decir igualar la capacidad de cada uno de los recursos con la demanda del mercado. Sin embargo, ello constituye un gravísimo error pues igualar la capacidad de cada uno de los recursos productivos a la demanda del mercado implica inexorablemente perder throughput y elevar los inventarios (E. Goldratt, La Meta).

Para entender ello deben considerarse los siguientes fenómenos:

Eventos dependientes: un evento o una serie de eventos deben llevarse a cabo antes de que otro pueda comenzar. Para atender una demanda de 100 previamente es necesario que el recurso productivo numero dos fabrique 100 unidades y antes que este, es necesario, que lo mismo haga el recurso productivo numero uno.

Fluctuaciones estadísticas: suponer que los eventos dependientes se van a producir sin ningún tipo de alteración es una utopía. Existen fluctuaciones que afectan los niveles de actividad de los distintos recursos productivos, como pueden ser: calidad de la materia prima, ausentismo del personal, rotura de máquinas, corte de energía eléctrica, faltante de materia prima e incluso disminución de la demanda.

La combinación de estos, genera un desajuste inevitable cuando la planta está balanceada, produciendo la pérdida de throughput y el incremento de inventarios.

### **Tipos de restricciones**

Se identifican 2 tipos de restricciones:

Las restricciones físicas: Se refieren al mercado, al sistema de manufactura y a la disponibilidad de materia prima.

Las restricciones de política: Se encuentran atrás de las físicas. Por ejemplo; Reglas, procedimientos, sistemas de evaluación y conceptos.

Para lograr la meta más rápidamente es necesario romper con varios paradigmas. Los más comunes son:

- Operar el sistema como si se formara de “eslabones” independientes, en lugar de una cadena.
- Tomar decisiones, entre ellas la fijación de precios, en función del costo contable, en lugar de hacerlo en función de la contribución a la meta (Throughput).
- Requerimientos de una gran cantidad (océanos) de datos cuando se necesitan de pocos relevantes.
- Copiar soluciones de otros sistemas en lugar de desarrollar soluciones propias en base a metodologías de relaciones lógicas de “efecto-causa-efecto”.
- La continuidad en la búsqueda de la mejora requiere de un sistema de medición y de un método que involucre y fomente la participación del personal.

## Enfoque sistémico del TOC

1. Identificar las restricciones del sistema: Una restricción es una variable que condiciona un curso de acción. Pueden haber distintos tipos de restricciones, siendo las más comunes, las de tipo físico: maquinarias, materia prima, mano de obra etc.
2. Explotar las restricciones del sistema: Implica buscar la forma de obtener la mayor producción posible de la restricción.
3. Subordinar todo a la restricción anterior: Todo el esquema debe funcionar al ritmo que marca la restricción (tambor)
4. Elevar las restricciones del sistema: Implica encarar un programa de mejoramiento del nivel de actividad de la restricción. Ej. tercerizar
5. Si en las etapas previas se elimina una restricción, volver al paso 1).

## Fenómeno del cuello de botella

Los cuellos de botella no son ni negativos ni positivos, son una realidad y hay que utilizarlos para manejar el flujo del sistema productivo. Lo que determina la capacidad de la planta es la capacidad del recurso cuello de botella (E. Goldratt, La Meta). Lo importante está en equilibrar esa capacidad con la demanda del mercado, y a partir de ahí balancear el flujo de producción de todos los recursos productivos al ritmo del factor productivo cuello de botella. La clave consiste en aprovechar al máximo los cuellos de botella; una hora perdida en este tipo de recursos es una hora perdida en todo el sistema productivo. Los cuellos de botella deben trabajar prioritariamente en productos que impliquen un aumento inmediato del throughput y no en productos que antes de convertirse en throughput serán inventarios. Pero ocuparse de los cuellos de botella no implica descuidar aquellos que no lo son, porque dejarlos fabricar libremente aumenta los inventarios y los gastos de operación innecesariamente.

## Los buffers de tiempo

Los buffers de tiempo se diseñan para proteger la generación de Throughput de la variabilidad interna del sistema productivo. Para ello se mantienen inventarios durante el proceso o finalizando este, mejorando la respuesta del sistema operativo a la demanda del mercado.

Los buffers se localizan en los cuellos de botella y en aquellos procesos con gran variabilidad sea por capacidad de producción, errores de calidad, abastecimiento de recursos, etc.

El tamaño de estos se define a través de prueba y error, iniciando en 50% del tiempo total de proceso.

## 3.2. Herramientas de Gestión

### 3.2.1 Planificación Anticipada de Recursos (Look Ahead Planning)

El concepto original de la Planificación anticipada de recursos fue desarrollado por Ballard y Howell (1994); Ballard (1997); Howell y Ballard (1997). En esta última publicación se propusieron tres niveles de planeamiento para la construcción:

Primer nivel: se hace una planificación maestra o global de todo el proyecto.

Segundo nivel: Se hace una planificación a mediano plazo (dos a tres semanas), lo cual incrementa la confiabilidad de la producción y ajusta el abastecimiento de los recursos de acuerdo a la demanda.

Tercer nivel: Se hace un planeamiento en un plazo más corto (1 semana), detallando los recursos de cada tarea.

Para garantizar el correcto funcionamiento de este tipo de planificación se debe hacer un seguimiento del PPC (Porcentaje de actividades cumplidas) e identificar las causas del no cumplimiento.

Por ejemplo:

Se presenta la utilización de este sistema para el abastecimiento de recursos para la construcción de un edificio. Para ello se hace una programación anticipada de 1

semana con la cual se prevé la llegada de todos los materiales necesarios para la correcta realización de las actividades (ver Tabla 001).

Este sistema se asemeja a la utilización de una agenda donde diariamente o semanalmente, dependiendo del grado de detalle de este sistema, se anota las actividades a realizar, no para la semana o el día presente, sino, para los días o semanas que están por venir. Además se anotan las observaciones de la conformidad o no conformidad de la ejecución de ellas, logrando de este modo una planificación más confiable.

Debe indicarse que la aplicación de esta herramienta implica temas adicionales tales como coordinación con los proveedores, el detalle de las cantidades de los materiales a emplear en cada partida, conocimiento de la capacidad de almacenamiento en obra, conocer las restricciones para la ejecución de los procesos durante el desarrollo del proyecto, etc.

### **Líneas de trabajo**

Para lograr una planificación confiable es necesario conocer cuando realmente se realizarán las actividades y por tanto se podrá también planificar el abastecimiento de los recursos tal como se indicó anteriormente. Por ello en las edificaciones tipo vivienda o en aquellas donde el producto a realizar sea repetitivo, se utilizan las líneas de trabajo, de modo similar a las líneas de producción en las fábricas.

Las líneas de trabajo se refieren a una secuencia de procesos dependientes entre sí donde la ejecución de cada uno de ellos es indispensable para la elaboración de un producto final.

Por ejemplo:

- Primero se realiza la colocación de acero de muro.
- Luego se encofran los muros.
- Después se llena de concreto en los muros.
- Luego se coloca acero de losa
- En seguida se llena de concreto la losa y finalmente se regresa al proceso inicial el cual es la colocación de acero de muro.

Toda esta gran secuencia de procesos se repite hasta tener los “n” pisos de los “m” edificios a ejecutar.

	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3
<b>Acero de muros</b>	Pedir 20 varillas de acero corrugado de 3/8" a proveedor			
<b>Encofrado de muros</b>	Confirmar la llegada de los paneles al proveedor			
<b>Vaciado de muros</b>	Coordinar con concretera para el abastecimiento			
<b>Encofrado de losa</b>		Pedir nuevas planchas fenólicas		
<b>Acero de losa</b>		Pedir mallas electrosoldadas típicas de acuerdo a plano		
<b>Observaciones</b>		Los paneles de encofrado de muros no llegaron completos	Todo se obtuvo en el tiempo adecuado	

Tabla 001. Programación anticipada de recursos

Para elaborar una programación de los trenes de trabajo se realiza lo siguiente:

- Definir todas las tareas o actividades que son necesarias de ejecutar para obtener el producto y establecer una secuencia lógica de ejecución entre ella.
- Colocar las tareas o actividades a ejecutar (parte izquierda del cuadro).
- Establecer los días o fechas en los cuales se realizarán esas actividades.
- Indicar que proceso iniciará primero. Para ello se escribe en cada recuadro la nomenclatura del lugar específico donde se realizará la tarea.

	Semana 1					Semana 2				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Acero de muros										
Encofrado de muros										
Vaciado de muros										
Encofrado de losa										
Acero de losa										
Vaciado de losa										

Tabla 002. Formato para programación con trenes de trabajo

Esta nomenclatura se obtiene de la siguiente manera:

Si imaginamos que tenemos un edificio donde en cada piso tenemos 4 departamentos y de acuerdo a los recursos de materiales y mano de obra se puede realizar hasta 2 departamentos diarios, entonces, habremos fijado un ritmo de trabajo (ritmo= 2 Dpto. diarios), por tanto a cada ritmo de trabajo lo llamaremos frente. La nomenclatura será:

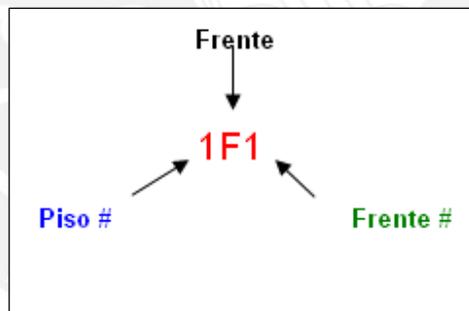


Diagrama 003. Nomenclatura de frentes de trabajo

Entonces colocaremos la nomenclatura de acuerdo a la secuencia constructiva y al número de pisos y edificios que se construirán.

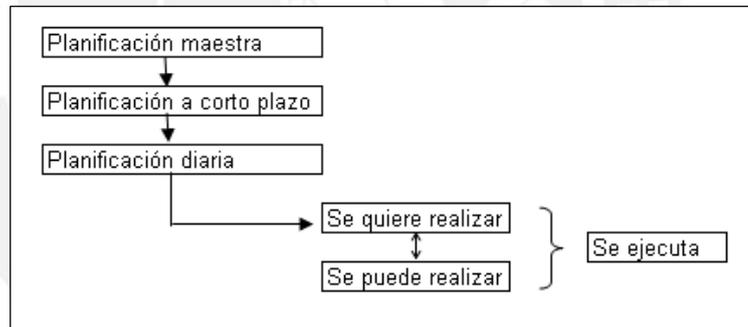
Con esta programación se podrá conocer cuando y dónde se realizará cada proceso. Por tanto, se tomarán las medidas necesarias para que su ejecución sea en la fecha indicada.

	Semana 1					Semana 2				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Acero de muros	1F1	1F2	1F3	1F4	2F1	2F2	2F3	2F4	3F1	3F2
Encofrado de muros		1F1	1F2	1F3	1F4	2F1	2F2	2F3	2F4	3F1
Vaciado de muros		1F1	1F2	1F3	1F4	2F1	2F2	2F3	2F4	3F1
Encofrado de losa			1F1	1F2	1F3	1F4	2F1	2F2	2F3	2F4
Acero de losa			1F1	1F2	1F3	1F4	2F1	2F2	2F3	2F4
Vaciado de losa				1F1	1F2	1F3	1F4	2F1	2F2	2F3

Tabla 003. Programación con trenes de trabajo

### 3.2.2 Último planificador (Last Planner)

El último planificador o *Last Planner* es aquella persona responsable de la asignación efectiva de funciones a ejecutar verificando que los recursos disponibles



sean los suficientes para que lo que se quiere realizar sea igual a lo que se puede realizar y entonces se ejecute, es decir, decide si una tarea se va a realizar o no en función a las condiciones en la zona de trabajo. Actualmente en el sector construcción es muy común que esta actividad esté delegada, paradójicamente, al capataz de la obra, siendo ejecutada de forma absolutamente empírica y sin una visión global del programa de la obra.

Diagrama 004. Niveles de planificación

## Orden de trabajo

El último planificador tiene como función asignar tareas a cada una de las cuadrillas para se cumplan las tareas programadas de acuerdo a la Planificación anticipada de recursos (Look ahead planning). El último planificador deberá de tener en cuenta los recursos disponibles, es decir: materiales, mano de obra, equipos (estos previstos a través de un look ahead de suministro de materiales y equipos) y el tiempo disponible. Considerando estos factores se debe generar una orden de trabajo a cada capataz de la cuadrilla, especificando la tarea a realizar, los recursos necesarios y la calidad requerida del producto.

### 3.3. Estudio de tiempos y movimientos

El estudio de tiempos y movimientos es el análisis sistemático de los métodos de trabajo cuya finalidad es:

1. Desarrollar el mejor método de trabajo.
2. Normalizar la operación.
3. Determinar el tiempo necesario para realizar un trabajo.
4. Adiestrar al operario, enseñándole el mejor método.

Esta herramienta ha sido utilizada desde finales del siglo XIX. Actualmente sigue vigente, teniendo un amplio campo de aplicación en diversos negocios e industrias para solucionar problemas de producción y reducir costos.

Taylor y los Gilbreth iniciaron estos estudios aproximadamente hacia la misma época, pero de forma independiente. Las investigaciones de Taylor se centraron en el estudio de tiempos con la finalidad de determinar los tiempos tipo para la ejecución de procesos. Mientras que los Gilbreth hicieron lo propio orientándose hacia el estudio de los movimientos para el perfeccionamiento de los métodos.

A continuación se explicarán brevemente el origen y aportes de ambos estudios.

## Estudio de Tiempos

El estudio de tiempos es la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido de trabajo del método prescrito, con la debida consideración de fatiga, las demoras personales y los retrasos inevitables.

Generalmente se considera como iniciador de esta técnica a Frederick Taylor, sin embargo por el año 1760 ya se efectuaban estudios de este tipo en Europa por el ingeniero francés Jean Rodolphe Perronet.

En 1893, Taylor desarrolló un sistema basado en el concepto de “tarea” en el cual se proponía que la administración de una empresa debía planificar el trabajo de cada empleado por lo menos con un día de anticipación, e instruir a cada trabajador sobre las tareas que debían realizar, detallándolas por escrito e indicando los medios que debían emplear para llevarlas a cabo. Estas tareas debían tener una duración estándar definida, basada en investigaciones previas que determinen el tiempo requerido de ejecución de las mismas.

Taylor propuso que durante la fijación de tiempos se divida la asignación del trabajo en pequeñas porciones llamadas “elementos”. Estos se medían individualmente y el conjunto de sus valores se empleaba para determinar el tiempo total asignado a la tarea. Sin embargo estas recomendaciones no fueron acogidas por los ingenieros de aquella época por confundir sus hallazgos como un nuevo sistema de trabajo a destajo. No fue sino hasta mediados del siglo XX que se aprobaron los estudios de tiempos en las industrias.

En 1903, Taylor presentó el artículo “Shop Management” en el cual expuso los fundamentos de la administración científica, su aporte más representativo, a saber:

- El estudio de tiempos, junto con los implementos y métodos para llevarlo a cabo adecuadamente.
- La supervisión funcional, o dividida, aprovechando su superioridad con respecto al antiguo método del supervisor o capataz único.

- La estandarización o normalización de todas las herramientas e implementos usados en la fábrica, así como las acciones o movimientos de los obreros para cada clase de trabajo.
- La conveniencia de contar con un grupo o departamento de planeación.
- El “principio de la excepción” en la administración industrial.
- El uso de las reglas de cálculo en instrumentos similares para ahorrar tiempo.
- Tarjetas de instrucciones para el trabajador.
- El concepto de tarea en la administración, acompañado por una bonificación o premio considerable por la realización exitosa de la tarea.
- La tarifa “diferencial”
- Sistemas mnemotécnicos para clasificar los productos fabricados, así como los útiles o implementos usados en la fabricación.
- Un sistema de rutas o trayectorias.
- Un moderno sistema de costos.

Taylor desarrolló los fundamentos de la administración científica comprendiendo que el problema de producción implicaba tanto el factor humano como el de materiales y máquinas, por ello tuvo muy en cuenta aspectos psicológicos al estudiar el elemento humano. Su actitud analítica e indagadora lo colocaron en lugar preferente como precursor de la ciencia de la dirección.

### **Estudio de Movimientos**

El estudio de movimientos se define como el análisis de los movimientos del cuerpo humano empleados para realizar una labor determinada, con la mira de mejorar esta, eliminando los movimientos innecesarios, simplificando los necesarios y estableciendo luego la secuencia o sucesión de movimientos más favorables para lograr una eficiencia máxima. El estudio de tiempos y movimientos se ha perfeccionado continuamente desde la década de 1920 y en nuestros días se le reconoce como un medio o instrumento necesario para el funcionamiento eficaz de los negocios y las industrias.

El principal aporte de los Gilbreth lo constituyen la definición de los “therblig” o movimientos fundamentales y la formulación de las leyes básicas de la economía de movimientos, los cuales se detallan a continuación.

### Movimientos fundamentales

Los Gilbreth denominaron “therbligs” (su apellido deletreado al revés) a los movimientos fundamentales. Estos son 17 y son los siguientes:

1. Buscar: es la parte del ciclo durante la cual los ojos o las manos tratan de encontrar un objeto. Comienza en el instante en que los ojos se dirigen o mueven en un intento de localizar un objeto, y termina en el instante en que se fijan en el objeto encontrado. Buscar es un therblig que el analista debe tratar de eliminar siempre.
2. Seleccionar: este es el therblig que se efectúa cuando el operario tiene que escoger una pieza de entre dos o más semejantes. También es considerado como un movimiento ineficiente.
3. Tomar (o asir): este es el movimiento elemental que hace la mano al cerrar los dedos rodeando una pieza o parte para asirla en una operación. Es un therblig eficiente y, por lo general, no puede ser eliminado, aunque en muchos casos se puede mejorar.
4. Alcanzar: corresponde al movimiento de una mano vacía, sin resistencias hacia un objeto o retirándola de él. Puede clasificarse como un therblig objetivo y, generalmente, no puede ser eliminado del ciclo del trabajo. Sin embargo, puede ser reducido acortando las distancias requeridas para alcanzar y dando ubicación fija a los objetos.
5. Mover: comienza en cuanto la mano con carga se mueve hacia un sitio o ubicación general, y termina en el instante en que el movimiento se detiene al llegar a su destino. El tiempo requerido para mover depende de la distancia, del peso que se mueve y del tipo de movimiento. Es un therblig efectivo y es difícil eliminarlo del ciclo de trabajo.
6. Sostener: esta es la división básica que tiene lugar cuando una de las dos manos soporta o ejerce control sobre un objeto, mientras la otra mano ejecuta trabajo útil. Es un therblig ineficiente y puede eliminarse, por lo general, del ciclo de trabajo.

7. Soltar: este elemento es la división básica que ocurre cuando el operario abandona el control del objeto.
8. Colocar en posición: Se presenta como duda o vacilación mientras la mano, o las manos, tratan de disponer la pieza de modo que el siguiente trabajo pueda ejecutarse con más facilidad, de hecho de colocar en posición puede ser la combinación de varios movimientos muy rápidos.
9. Precolocar en posición: este es un elemento de trabajo que consiste en colocar un objeto en un sitio predeterminado, de manera que pueda tomarse y ser llevado a la posición en que ha de ser sostenido cuando se necesite.
10. Inspeccionar: es un elemento incluido en la operación para asegurar una calidad aceptable mediante una verificación regular realizada por el trabajador que efectúa la operación.
11. Ensamblar: es la división básica que ocurre cuando se reúnen dos piezas embonantes. Es un therblig objetivo y puede ser más fácil mejorarlo que eliminarlo.
12. Desensamblar: ocurre cuando se separan piezas embonantes unidas. Es un therblig de naturaleza objetiva y las posibilidades de mejoramiento son más probables que la eliminación del therblig.
13. Usar: es completamente objetivo y tiene lugar cuando una o las dos manos controlan un objeto, durante el ciclo en que se ejecuta trabajo productivo.
14. Demora (o retraso) inevitable: Interrupción que el operario no puede evitar en la continuidad del trabajo. Corresponde al tiempo muerto en el ciclo de trabajo experimentado por una o ambas manos, según la naturaleza del proceso.
15. Demora (o retraso) evitable: es todo tiempo muerto que ocurre durante el ciclo de trabajo y del que sólo el operario es responsable, intencional o no intencionalmente.
16. Planear: es el proceso mental que ocurre cuando el operario se detiene para determinar la acción a seguir.
17. Descansar ( o hacer alto en el trabajo) : Esta clase de retraso aparece rara vez en un ciclo de trabajo, pero suele aparecer periódicamente como necesidad que experimenta el operario de reponerse de la fatiga.

### Principios de la economía de movimientos

Los Gilbreth formularon los Principios de la economía de movimientos, los cuales fueron posteriormente perfeccionados por otros investigadores, principalmente por Ralph M. Barnes. Si bien estos no son aplicables a todo tipo de trabajo, sí son de gran utilidad en la técnica de micromovimientos y en el estudio visual de movimientos. Estos se clasifican en tres subdivisiones principales, a saber:

#### 1. Relativos al uso del cuerpo humano.

- Ambas manos deben comenzar y terminar simultáneamente los elementos o divisiones básicas de trabajo, y no deben estar inactivas al mismo tiempo, excepto durante los periodos de descanso.
- Los movimientos de las manos deber ser simétricos y efectuarse simultáneamente al alejarse del cuerpo y acercándose a éste.
- Siempre que sea posible debe aprovecharse el impulso o ímpetu físico como ayuda al obrero, y reducirse a un mínimo cuando haya que ser contrarrestado mediante su esfuerzo muscular.
- Son preferibles los movimientos continuos en línea curva en vez de los rectilíneos que impliquen cambios de dirección repentinos y bruscos.
- Deben emplearse el menor número de elementos o therbligs, y éstos se deben limitar a los del más bajo orden o clasificación posible. Estas clasificaciones, enlistadas en orden ascendente del tiempo y el esfuerzo requeridos para llevarlas a cabo, son:
  - Movimientos de dedos
  - Movimientos de dedos y muñeca
  - Movimientos de dedos, muñeca y antebrazo
  - Movimientos de dedos, muñeca, antebrazo y brazo
  - Movimientos de dedos, muñeca, antebrazo, brazo y todo el cuerpo.
- Debe procurarse que todo trabajo que pueda hacerse con los pies se ejecute al mismo tiempo que el efectuado con las manos.
- Los dedos cordial y pulgar son los más fuertes para el trabajo.
- Los pies no pueden accionar pedales eficientemente cuando el operario está de pie.
- Los movimientos de torsión deben realizarse con los codos flexionados.

- Para agarrar herramientas deben emplearse las falanges, o segmentos de los dedos, más cercanos a la palma de la mano.

## 2. Disposición y condiciones en el sitio de trabajo

- Deben destinarse sitios fijos para toda herramienta y todo material.
- Hay que utilizar depósitos con alimentación por gravedad y entrega por caída o deslizamiento para reducir los tiempos de alcanzar y mover.
- Todos los materiales y las herramientas deben ubicarse dentro del perímetro normal de trabajo, tanto en el plano horizontal como en el vertical.
- Conviene proporcionar un asiento cómodo al operario.
- Se debe contar con el alumbrado, la ventilación y la temperatura adecuados.
- Deben tenerse en consideración los requisitos visuales o de visibilidad en la estación de trabajo.
- Un buen ritmo es esencial para llevar a cabo suave y automáticamente una operación.

## 3. Diseño de herramientas y el equipo

- Deben efectuarse, siempre que sea posible, operaciones múltiples de las herramientas combinando dos o más de ellas en una sola.
- Todas las palancas, manijas, volantes y otros elementos de control deben estar fácilmente accesibles al operario.
- Las piezas en trabajo deben sostenerse en posición por medio de dispositivos de sujeción.
- Investíguese siempre la posibilidad de utilizar herramientas mecanizadas o semiautomáticas, como aprieta tuercas y destornilladores motorizados y llaves de tuerca de velocidad, etc.

## Métodos aplicados en el estudio de tiempos y movimientos

Los Gilbreth utilizaron los siguientes métodos para realizar sus investigaciones:

**Método visual:** Se utiliza este método para realizar un estudio de movimientos. Para ello se emplea una cámara fotográfica la cual capta las imágenes del desarrollo del proceso en diferentes instantes de tiempo. Se debe aplicar esta técnica a diferentes operarios para obtener conclusiones y así determinar la mejor manera de ejecutar las tareas de los trabajadores.

**Método Ciclográfico:** Se utiliza para registrar la trayectoria del movimiento de un operario. Para ello se coloca una pequeña lámpara en un dedo, mano u otra parte del cuerpo de un operario y se fotografía la trayectoria de la luz con una cámara estereoscópica.

**Método Cronociclográfico:** Se utiliza para registrar la trayectoria del movimiento, tiempo, velocidad, aceleración y deceleración de un operario. Para ello se coloca una pequeña lámpara en un dedo, mano u otra parte del cuerpo del operario, luego se coloca un interruptor en el circuito eléctrico de la lámpara prendiendo la luz rápidamente y apagándola lentamente para luego fotografiar la trayectoria de luz con una cámara estereoscópica. La fotografía mostrará una línea de trazos con puntos de forma de pera que indican la dirección de movimiento. Los puntos de luz estarán distanciados de acuerdo con la velocidad del movimiento, muy separados cuando el operario se mueve de prisa y muy próximos cuando el operario es lento. A partir de él pueden construirse modelos en alambre mostrando las trayectorias de los movimientos.

**Método película cinematográfica:** Conocido también como “estudio de micromovimientos”, emplea una cámara filmadora para registrar los procesos y un dispositivo de medida de tiempo que indica con precisión los intervalos empleados en la ejecución de cada operación. Se recomienda aplicar este método en la investigación de operaciones de ciclos cortos y altamente repetitivos, en procesos de carácter predominantemente manual o bien en trabajos producidos en grandes volúmenes u operaciones ejecutadas por gran número de trabajadores.

#### 4. Estudio de productividad

##### 4.1 . Descripción de la obra

Nombre del proyecto: Condominio del Aire

Empresa que ejecuta el proyecto: San José Perú

##### Descripción de la empresa

San José Perú basa su filosofía en tres aspectos importantes: Calidad, Seguridad y Mejora continua. Por ello que cada día se elabora un control de calidad y eficiencia de los procesos con la finalidad de identificar los problemas en cada frente de trabajo. Los errores observados son luego transmitidos mediante reuniones semanales a cada equipo productivo para buscar alternativas de solución y lograr de esta manera una mejora continua.

##### Breve descripción del proyecto

El proyecto consiste en la construcción de 44 edificios de 5 pisos y 16 edificios de 8 pisos. Cada piso tiene 4 departamentos. La ejecución se ha dividido en 7 etapas.

##### Producción de la obra

La unidad de producción en la obra es el frente diario, el cual está compuesto por dos departamentos. Esta unidad de producción se aplica a la mayoría de procesos constructivos. Los frentes de trabajo se construyen de forma similar a una línea de producción, logrando que cada cuadrilla realice la misma tarea cada día, de forma repetitiva. Al respecto, dado el volumen de departamentos producidos hasta la fecha en el proyecto, se ha conseguido que las cuadrillas se especialicen en las labores realizadas.

### Aspecto tecnológico.

Entre las principales tecnologías empleadas en la obra se encuentran las siguientes:

- Acero predimensionado.
- Encofrado metálico tipo Comain - ULMA.
- Planta de concreto premezclado UNICON.
  - o Capacidad de tolva : 4.00 m3
  - o Capacidad de trompo: 8.00 m3
  - o Producción máxima: 20.00m3/hora
- Retroexcavadora petrolera
  - o Motor : CAT 3054B turbo
  - o Potencia : 81 hp
  - o Tracción : 4x4
  - o Capacidad de cucharón de cargador : 0.95 m3
  - o Ancho cucharón excavadora : 0.61 m
- Sistema de transporte vertical y horizontal mediante grúa automontable
  - o Altura: 21.00 m
  - o Longitud de pluma: 36.00 m
  - o Carga máxima en punta: 1.00 ton
  - o Carga máxima en el eje : 4.00 ton
- Equipo secundarios, los cuales se detallan en la sección anexo 2.

### Administración de la obra

La estructura organizacional de la obra está compuesta de la siguiente manera:

- 1 Gerente de Producción
- 1 Director de obra.
- 1 Ingeniero de producción.
- 1 Ingeniero de calidad
- 1 Responsable del área logística.
- 1 Administrador

- 1 Prevencionista de seguridad.
- 1 Responsable de acabados.
- 1 Practicante (encargado de mediciones de productividad).
- 1 Maestro general de casco.
- 1 Maestro general de acabados.
- 1 Equipo de topografía
- 1 Jefe de grupo por cada cuadrilla

#### 4.2 . Metodología

El estudio de productividad de la obra Condominio del Aire se basa en el análisis de 19 procesos constructivos, de los cuales 11 procesos corresponden a la parte de casco y 8 procesos a las terminaciones o acabados. Para ello, se aplicaron el método visual (cámara fotográfica) y, principalmente, el método de la película cinematográfica.

##### Filmaciones

Se procedió de la siguiente forma:

- Se registró cada proceso de forma fotográfica y audiovisual. Con ello se garantizaba que todas las operaciones estarían incluidas en el estudio de tiempos y movimientos.
- La duración de las filmaciones fue variable, pues estuvo en función al tipo de proceso en análisis. Sin embargo, en todos los videos se tuvo como premisa cubrir todos los movimientos que intervienen en el proceso.
- En las filmaciones de procesos de terminaciones, resane, derrames, desbaste y picado se cubrieron áreas pequeñas. Es posible sacar conclusiones a partir de estas debido al carácter repetitivo de las operaciones en estos procesos.
- En el caso de los procesos de colocación de acero, encofrados y vaciado de concreto, fue necesario filmarlos de inicio a fin para abarcar todas las operaciones que se desarrollan durante la ejecución de los mismos.

- Se informó de este estudio a los trabajadores para que desarrollen sus actividades de forma usual frente a la cámara y se obtengan resultados que reflejen la realidad.
- En general, las filmaciones se realizaron durante la construcción de las primeras etapas del proyecto.

### Análisis

El primer paso para el análisis fue identificar todos los movimientos empleados en cada actividad y la duración de los mismos. Ello fue posible mediante los videos mencionados anteriormente.

Es importante señalar que los movimientos registrados en el análisis no han sido clasificados según los 17 movimientos fundamentales planteados por los Gilbreth. Se han considerado movimientos básicos que describen la ejecución del proceso y que en la mayoría de casos son análogos a los therbligs pero sin emplear la misma nomenclatura. Estos movimientos han sido denominados “*microprocesos*”.

En segundo lugar, se agruparon los microprocesos en “*subprocesos*” con la finalidad de conocer los pasos generales que se requieren en la ejecución del proceso, la secuencia de los mismos, e identificar aquellos que implican mayor inversión de tiempo.

En tercer lugar se clasificaron los microprocesos en TP, TC y TNC. Con ello se obtuvo la incidencia de los microprocesos y subprocesos en la ejecución de cada proceso.

Esta información fue ordenada en un formato de acuerdo a la secuencia de los subprocesos indicando la duración de estos, la subcuadrilla o mano de obra empleada, los materiales y/o herramientas utilizadas y el rendimiento obtenido para cada proceso y subproceso. Además, se acompañó esta información con una fotografía que muestra el subproceso analizado. Este formato fue denominado “Transformación del proceso” y se presenta en la sección Anexo 4.

Adicionalmente, en los procesos constructivos de colocación de acero, encofrados y vaciado de concreto se elaboraron cartas balance para conocer el aporte de cada trabajador en el desarrollo del proceso y evaluar si la cuadrilla se encuentra correctamente dimensionada.

Este análisis no fue posible en los demás procesos debido a que en las zonas de análisis generalmente se asigna sólo a una persona para el desarrollo del proceso. En el estudio también se detallan los materiales, herramientas y equipos empleados.

### Gráficos

Para la interpretación de los resultados se emplearon los siguientes tipos de gráficos:

a) Gráficos de incidencia

Muestran la distribución del tiempo empleado en la ejecución de las actividades a lo largo del proceso en porcentajes. Los resultados se presentan en diferentes niveles:

- Incidencia de subprocesos en el proceso
- Incidencia de microprocesos en el subproceso

b) Gráficos de distribución del trabajo en el proceso

Se presenta la incidencia de los trabajos según su clasificación (TP, TC y TCN) dentro del proceso y adicionalmente se muestran gráficos de incidencia de los microprocesos según cada tipo de trabajo.

### 4.3 . Análisis de los procesos

#### 4.3.1 Desarrollo del análisis

A continuación se explicarán los puntos que se desarrollan en el análisis de los procesos constructivos.

##### 1. Descripción del proceso

###### 1.1. Extensión del proceso

En este ítem se determinan los límites del análisis, es decir, se detallan las condiciones de inicio y fin consideradas para el estudio de los procesos.

###### 1.2 Componentes de la subcuadrilla analizada:

Se indica la cantidad y categoría de las personas que ejecutan los procesos en el análisis respectivo.

###### 1.3 Producción estimada

Esta se presenta en un cuadro resumen que contiene la siguiente información:

- El rendimiento obtenido después del análisis (\*).
- El metrado que debe trabajarse por frente en el proceso analizado.
- El tiempo requerido para ejecutar la actividad.
- El número de personas que deben participar en la ejecución del proceso.(Esta cantidad se obtiene en base a los tres puntos anteriores)

**(\*) ADVERTENCIA: En general, después de obtener los rendimientos de los análisis deben realizarse mediciones adicionales hasta encontrar una tendencia para darles validez. Con ello la información obtenida puede ser aplicable a obras con características similares a la analizada.**

###### 1.4 Componentes de la cuadrilla estimada

Se especifica la categoría y el número de las personas que ejecutarán el proceso.

### 1.5 Materiales

Se presenta una relación de los insumos empleados durante la ejecución del proceso.

### 1.6 Herramientas y equipos

Se mencionan los equipos y herramientas empleados durante la ejecución del proceso.

### 1.7 Elementos de seguridad

En este ítem se detallan los implementos de seguridad que deben utilizarse para prevenir o minimizar los accidentes durante la ejecución del proceso.

### 1.8 Calidad

Se precisan los requerimientos que deben respetarse para que haya conformidad con el producto final. Estos se presentan en tres niveles:

- Requisitos de ejecutor: condiciones que se deben respetar durante la ejecución del proceso.
- Condiciones de entrada: estado en el que deben encontrarse la zona de trabajo y/o el producto a trabajar cuando ingresa la mano de obra para ejecutar el proceso. Estas condiciones deben ser satisfechas por la cuadrilla que trabajó previamente en la zona de trabajo.
- Condiciones de salida: estado en el que deben encontrarse la zona de trabajo y/o el producto a trabajar para satisfacer los requerimientos del proceso siguiente.

Estos criterios son transmitidos hacia los trabajadores a través de las cartillas de calidad. Más adelante se explicará con mayor detalle cómo fueron usadas las cartillas de calidad en la obra.

## 2. Resultados y propuestas

En esta sección se comentan e interpretan los resultados obtenidos del análisis y se hacen propuestas para mejorar la ejecución del proceso. La información se presenta en el siguiente orden:

- Cuadro de Subprocesos y Microprocesos de mayor incidencia
- Cuadro de incidencia y clasificación de microprocesos según carta balance
- Gráficos de distribución del trabajo e incidencia de microprocesos
- Comentarios generales

Los procedimientos constructivos analizados son los siguientes:

- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| a. Colocación de acero     | i. Solaqueo de tabique    |
| b. Colocación de encofrado | j. Empaste de muros       |
| c. Vaciado de concreto     | k. Instalación de marcos  |
| d. Desbaste                | l. Instalación de puertas |
| e. Picado                  | m. Pintura de muros       |
| f. Resane                  | n. Colocación de cerámico |
| g. Derrames                | o. Fraguado de cerámico   |
| h. Instalación de tabique  |                           |

Debido a la extensión de la investigación no se han incluido dentro de esta sección los diagramas de transformación de cada uno de los procesos. Estos diagramas muestran la secuencia, duración y agrupación de los microprocesos y subprocesos para cada análisis. Para mayor detalle ver los [Diagramas de estudios de tiempos y movimientos](#) (CD adjunto).

A manera de ejemplo se presentan a continuación 4 procesos en los cuales se mostrará la participación del proceso dentro de una partida, así como las subdivisiones que existen en él (subprocesos y microprocesos), las cuales han sido ordenadas según la secuencia constructiva.

Posteriormente se mostrarán los análisis de cada proceso.









## 5. Recomendaciones

A continuación se presentan recomendaciones que consideramos importantes para complementar e incrementar la productividad en la obra. Estos no han sido obtenidos sólo del estudio de tiempos y movimientos sino que han sido adquiridos durante la experiencia en obra a partir de observaciones e interrelación con los trabajadores.

El tema de productividad generalmente es relacionado con el ahorro de costos mediante el uso racional de recursos para incrementar la producción en una determinada actividad. Puede entenderse de esa forma, sin embargo el concepto es más profundo.

Debemos entender que la productividad no solo tiene el objetivo de generar ahorro a la empresa, sino lograr el desarrollo de la ingeniería civil a través de nuevas tecnologías, innovadores conceptos de producción que permitan ofrecer un producto de mayor calidad al mercado. Otro punto importante es entender que la empresa no sólo la conforma el área ejecutiva o gerencial sino que está compuesta fundamentalmente por todos los actores que participan en la realización de cada una de las obras que se ejecuta, por tanto las ganancias y pérdidas que se obtengan de la mejora de la productividad deben ser repartidas de forma proporcional entre todos los que participen en ella. La productividad es una suma de factores técnicos, logísticos, administrativos y sobre todo humanos que hacen que una empresa sea competitiva en el mercado.

### 5.1. Calidad y Productividad

En general, el tema de productividad no puede abordarse sin tomar en consideración el de calidad. Entregar un producto de calidad es una condición importante para satisfacer los requerimientos del cliente. En los diferentes procesos de la cadena de producción ocurre la relación proveedor-cliente. En ese sentido, debe buscarse el cumplimiento de los requerimientos de calidad en cada proceso para no detener o retrasar la producción rectificando las no conformidades que se generen. Corregir errores de calidad representa pérdidas de mano de obra por trabajos rehechos, material, desgaste de herramientas y equipos, etc. Es decir, afecta la productividad de los procesos.

Por otro lado, el tema de calidad va más allá de supervisar la ejecución de los procedimientos constructivos del proyecto. En la obra Condominio del Aire se aplicó un plan de calidad integral. Este consiste en crear una cultura de calidad en la obra. Requiere que tanto los responsables de la obra, subcontratistas y trabajadores se involucren.

A continuación se detallan las medidas implementadas.

- Cartillas de calidad

Las cartillas de calidad son una herramienta que permite identificar los problemas o defectos que se encuentran durante la ejecución de los trabajos. Estas funcionan como una lista de verificación (check list) en la cual se detallan los requerimientos de calidad en tres niveles: proveedor, ejecutor y cliente.

El objetivo de ellas es conocer los problemas y solucionarlos, pero no sancionar a los responsables de las fallas.

Las propuestas de solución se logran a través de reuniones de calidad donde participan cada uno de los responsables de las cuadrillas y se discuten las fallas observadas.

Algo importante que se identificó al aplicar las cartillas fue que algunos trabajadores no conocían los requerimientos de calidad de sus clientes internos. Es decir, se les exigía “trabajar con calidad”, pero ellos no tenían claro lo que ello implicaba. Era necesario explicar a cada cuadrilla estos requerimientos. Para solucionar este inconveniente se tuvo la idea de entregar a cada trabajador una cartilla de calidad de bolsillo.

- Cartillas de calidad de bolsillo

En estas cartillas se indican los requisitos de calidad que deben respetar los trabajadores. Cada proceso constructivo tiene una cartilla con los requerimientos de calidad específicos de tal actividad. Además se incluyeron los equipos de protección personal que deben emplearse en los diferentes procesos, con lo cual la cartilla cumpliría una doble función: guía de calidad y guía de seguridad.

Se hizo entrega de las cartillas de bolsillo a todos los trabajadores de la empresa. La dinámica que se siguió para el control de calidad consistía en recorrer la obra y revisar de forma aleatoria el producto entregado. Si se encontraba alguna falla de calidad se llamaba al trabajador responsable y se le solicitaba mostrar su cartilla para repasar los requisitos que no fueron cubiertos.

Los objetivos principales de la difusión de las cartillas de bolsillo son los siguientes:

- Establecer un acuerdo con los trabajadores en todos los procesos. Al aceptar las cartillas de calidad los trabajadores están reconociendo los requisitos que deben ser cumplir para que su trabajo sea aprobado.
  - Crear una cultura de calidad. Los trabajadores conocen los requisitos para garantizar la calidad y los van asimilando conforme se rectifican las no conformidades que eventualmente ocurran en la ejecución de los procesos.
  - Promover la participación del personal. La aplicación de las cartillas de calidad permite a todos los trabajadores evaluarse mutuamente y reportar cuando surja algún error de calidad. En el caso de las fallas más frecuentes, se induce a los trabajadores a ser creativos para buscar mejoras, con lo cual se da inicio al proceso de mejora continua en los procesos.
- Reuniones con jefes de grupo y subcontratistas

Promover las reuniones de coordinación en una organización es una forma de enriquecerla, pues en ellas se debaten temas referentes a los problemas que acontecen en la zona de producción y proponer mejoras.

En el caso de la obra Condominio del Aire, se implantaron los círculos de calidad a través de reuniones en las que participen el director de la obra, los encargados de producción y calidad, los jefes de grupo (o capataces) y subcontratistas.

Las reuniones se realizan con una frecuencia semanal. En éstas se reportan los problemas existentes, se llega a un consenso entre todos los involucrados con el tema y también se detallan las metas que deben alcanzarse en la semana siguiente.

Las reuniones son un complemento a la aplicación de las cartillas de calidad, pues se conversan los resultados obtenidos a través de éstas y se identifican a los responsables de las no conformidades existentes.

En la obra estudiada también se realizaron almuerzos a los cuales asistieron el director de obra, el ingeniero de producción y los trabajadores de las diferentes cuadrillas. Cada cuadrilla tenía un día destinado para esta reunión, la cual tenía como objetivo conocer los problemas que ocurren en cada grupo de trabajadores y recoger sus sugerencias e ideas para mejorar la situación.

Todas las reuniones mencionadas permiten la interacción entre trabajadores e ingenieros y propicia la participación de todos en la mejora continua de la obra. Se puede afirmar que las reuniones aportaron a la obra Condominio del Aire el compromiso de los trabajadores en todos los niveles para entregar un producto de calidad.

- Charlas de calidad

Antes de implantar las cartillas de calidad se descubrió que los trabajadores tenían un concepto de calidad poco claro. Se decidió acompañar la aplicación de éstas con una capacitación dirigida a todo el personal, en la cual se educaría a los trabajadores en el tema de calidad.

Para el dictado de las charlas se tuvo en consideración los siguientes aspectos:

- Las charlas deben ser dictadas empleando un idioma sencillo, con el lenguaje que manejan los obreros para que sean comprendidas fácilmente y para crear un ambiente de confianza y diálogo.
- Las charlas no deben ser muy extensas para no agotar la capacidad de concentración de los trabajadores ni causarles la sensación de que están perdiendo el tiempo en lugar de trabajar. Se recomienda un tiempo máximo de 30 minutos para estas sesiones. Dado que los trabajadores tienen jornadas de trabajo intensas sería una falta de respeto hacia ellos agobiarlos con discursos prolongados.
- El contenido de las charlas debe involucrarlos completamente. Para ello se incluyó además del tema de calidad un espacio llamado "Reporte fotográfico" en el cual se muestran imágenes con las faltas de calidad más frecuentes y/o significativas ocurridas en la obra.
- Se emplean también fotografías de los trabajadores donde se observa su forma de trabajar, sus herramientas, etc.

- En las charlas se recalca siempre la importancia de sentirse parte de la empresa y velar por su crecimiento, el cual finalmente beneficia a todos los que trabajan en ella.
- Se convoca a los trabajadores a proponer mejoras en su forma de trabajar.
- Se reconoce a los trabajadores cuando han hecho un buen trabajo. Es importante reconocer sus méritos para incentivarlos a continuar mejorando.

Las charlas de calidad se pensaron inicialmente como un plan piloto. Se quería conocer la acogida de éstas en los trabajadores antes de implantarlas definitivamente. Por ello se preparó un sílabus que desarrollaba sólo siete temas de calidad.

- Elaboración de panel de calidad

Publicar las charlas de calidad en el panel es una forma de reforzar los temas expuestos. En el panel de la obra también se anuncian los cumpleaños de los trabajadores, los mejores trabajadores de la quincena y artículos de interés. Empleando fotos y gráficos que capten la atención de los trabajadores se muestran los logros alcanzados en la obra y se continúa con la educación del personal.

## **5.2. Incentivos a trabajadores**

Un recurso importante sobre el cual se apoya una empresa es el recurso humano. Los trabajadores son los agentes que hacen posible el avance de la producción del proyecto.

Mantener un personal motivado y satisfecho con su trabajo es una forma de incrementar la productividad de la empresa y garantizar la continuidad del proyecto. Además de la remuneración por el trabajo realizado, existen otras formas de motivar al personal.

A continuación se detallan algunas ideas para promover un ambiente de trabajo agradable.

### Reconocimiento al mejor trabajador

Se sugiere evaluar continuamente a los trabajadores, en los criterios de asistencia, producción, calidad, seguridad e higiene. Los resultados se publican con una frecuencia determinada (quincenal o mensualmente) haciendo el reconocimiento de los trabajadores que cumplan con todos o la mayoría de los requisitos evaluados. Ello mantiene al personal constantemente involucrado y evaluado.

El reconocimiento podría consistir en un premio simbólico y un certificado firmado por el director de obra, el maestro de obra y prevencionista de riesgos.

### Proyección de videos y/o fotos de obras

Una forma de promover la identificación del trabajador con la empresa es mostrándoles las fotos de diferentes obras que se están ejecutando. Con ello se les haría partícipes de lo que ocurre fuera de la obra y sentirse "parte de un todo". Esto podría aplicarse también en las demás obras.

### Foto grupal

Tomar una foto de todo el personal uniformado y publicarlo crearía una idea de identidad con la empresa. Podría distribuirse esta foto a todos los trabajadores con motivo del aniversario de la empresa o el término de una etapa del proyecto.

## 6. Conclusiones

- El análisis de procesos basado en un estudio de tiempos y movimientos proporciona resultados que son el punto de partida para elaborar propuestas de nuevas tecnologías, prácticas y sencillas, para la mejora de los procesos.
- La aplicación del método de estudio de tiempos y movimientos en una obra de edificación demanda un tiempo prolongado para la obtención de resultados y la respectiva implementación de las mejoras. Por ello, la aplicación de este método debe estar dirigido principalmente a la ejecución de obras de larga duración y con procesos de carácter repetitivo. Asimismo, se debe buscar la forma de aprovechar las mejoras alcanzadas aplicándolas en otros proyectos.
- Respecto a los resultados que se obtienen de la aplicación del método, debe señalarse que éstos por sí solos no indican si el proceso ha sido productivo o no. Los valores obtenidos son indicadores de un potencial de mejora en la ejecución de los procesos, es decir, muestran cuál es aquella operación que demanda más tiempo y que por tanto debe ser optimizada. Además, debe verificarse el grado de efectividad en cada una de las tareas realizadas.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se observa que en varios procesos los trabajadores alcanzaron rendimientos altos. Adicionalmente, mediante los análisis de los procesos se encontró que existen diversos flujos que pueden ser optimizados. Todo esto demuestra que existe en los trabajadores un alto potencial para efectuar otras labores durante el día.
- El esfuerzo hacia la estandarización de los procesos debe ser el punto de partida para todas las empresas que se dedican a obras de edificación, especialmente en aquellas con procesos repetitivos. Esto conlleva a la disminución de las acciones de transportes y viajes, las cuales representan los flujos de mayor incidencia en la investigación realizada.

- A partir de los resultados obtenidos en el presente estudio se deberán estandarizar los procesos teniendo en cuenta la secuencia constructiva y la reducción de los flujos no productivos.
- El estudio de micromovimientos basado en los therbligs debe aplicarse en los microprocesos y subprocesos más importantes encontrados en el análisis. Este estudio permitirá conocer la forma más eficiente de ejecutar una operación.
- Las innovaciones tecnológicas no deben ser impuestas a los trabajadores. Es necesario tomar en cuenta sus sugerencias y puntos de vista dado que son ellos los que conocen la ejecución de los procesos y quienes finalmente aplicarán dichas innovaciones.
- Se recomienda establecer una cultura de comunicación y coordinación con los responsables de cada uno de los trabajos realizados en la obra mediante reuniones semanales. Esto es importante debido a que controlar todos los procesos que se ejecutan de forma simultánea resulta complicado y demanda un gran esfuerzo. Por otro lado, en estas reuniones se pueden resolver, coordinar y delegar detalles que hayan sido omitidos durante la planificación o el desarrollo de las actividades en la obra.
- Una forma de lograr que los operadores realicen una labor satisfactoria es demostrando mediante actitudes y/o acciones que se valoran aquellos trabajos con los que se han obtenido buenos resultados. Esto es una forma de motivación, la cual es un factor importante que permite incrementar la productividad y compromiso del personal.

## 7. BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

- BARNES, Ralph. Estudio de movimientos y tiempos. Madrid, Ed. Aguilar, 1979. 746 p.
- BLANCHARD, Ken. Bien hecho! Bogotá, Grupo Editorial Norma, 2002. 196 p.
- GHIO CASTILLO, Virgilio A. Productividad en obras de construcción: diagnóstico, crítica y propuesta. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial, 2001. 196 p.
- GOLDRATT, Eliyahu. La Meta. Madrid, Díaz de Santos, 2005. 402 p.
- JENNINGS, Jason. Menos es más. Bogotá, Grupo Editorial Norma, 2003. 294 p.
- KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. Technical Report No. 72, Stanford, CIFE, Stanford University, 1992.
- MONDEN, Yasuhiro. El sistema de producción Toyota. Madrid, Ciencias de la Dirección, 1987. 274 p.
- NIEBEL, Benjamín. Ingeniería Industrial – Métodos, tiempos y movimientos. México, Alfaomega Grupo Editor S.A., 1996. 880 p.
- OHNO, Taiichi. El sistema de producción Toyota: más allá de la producción a gran escala . Barcelona, Gestión 2000, 1991. 180 p.
- SALÍZAR, Candy, FLORES, Ruth, TORRES, Omar. Diagnóstico y evaluación de la productividad en la construcción de obras civiles a nivel de Lima Metropolitana. Tesis (Ingeniería Civil). Lima, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. 2000. 187 p.
- SERPELL BLEY, Alfredo F. Administración de operaciones de construcción. Santiago, Universidad Católica de Chile, 1993. 292 p.
- SHINGO, Shigeo. El sistema de producción de Toyota: desde el punto de vista de la ingeniería. Madrid, Tecnología de Gerencia y Producción, 1993. 316 p.
- VALERIANO, Luis. Propuesta de un sistema para mejorar la productividad en obras de edificación. Tesis (Ingeniería Civil). Lima, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. 2004. 99 p.
- VERGE, Xavier, MARTÍNEZ, Joseph. Estrategia y sistemas de producción de las empresas japonesas. Barcelona, Gestión 2000, 1992. 158 p.