



**Universidad del Azuay**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia de Construcciones**

**Repotenciación de una Planta de Hormigón para  
Optimizar Recursos**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:  
INGENIERO CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE  
CONSTRUCCIONES**

**Autor:**

**JOSE LUIS HERMIDA ARIAS**

**Director:**

**VLADIMIR EUGENIO CARRASCO CASTRO**

**CUENCA-ECUADOR**

**2018**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo es realmente especial para mí, lo quiero dedicar a mis padres que me han acompañado y brindado todo su apoyo, depositando su entera confianza y aliento en cada reto. Han sido mi ejemplo de lucha y superación, así como los pilares fundamentales de mi vida y gracias a ellos he podido culminar este proyecto. También agradezco a todos mis amigos y personas que recorrieron este largo camino junto a mí ya que siempre me brindaron ayuda y palabras de aliento para culminar con esta historia.

## **AGRADECIMIENTOS**

A todas las personas que colaboraron para la realización de este trabajo, de manera muy especial al Director de Tesis el Ing. Vladimir Carrasco Castro, quien con su experiencia y conocimiento supo orientarme positivamente. A los miembros del tribunal la Ing. Andrea Soria y al Ing. Juan Maldonado por sus consejos y sugerencias en el trabajo de campo. Al Grupo Ortiz, en la persona del Ing. Patricio Ortiz, quien me abrió las puertas de su empresa para realizar el presente trabajo.

A mis padres y a mi familia por su permanente comprensión e invaluable ayuda.

## INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
INDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN .....	1
I MARCO TEÓRICO .....	4
ANTECEDENTES.....	4
El concreto premezclado.....	4
La mejora de procesos .....	6
 CAPÍTULO I.....	 7
LA INGENIERÍA DE MÉTODOS. - LA TEORÍA LEAN.....	7
1 Definiciones.....	7
2 Procedimiento básico sistemático para realizar un Estudio de Métodos.....	8
3 Importancia de la Ingeniería de Métodos en un sistema productivo .....	9
4 Objetivos y beneficios de la aplicación del Estudio de Métodos .....	9
LA TEORÍA LEAN.....	10
1 Definición.....	10
2 Origen .....	11
3 Principios.....	11
4.- Pilares.....	12
5 Estrategia: las 5 S. ....	15
6 Tipos de desperdicios: .....	17
 CAPÍTULO II .....	 19
TÉCNICAS PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....	19
TÉCNICAS DE EXPLORACIÓN .....	20
Gráficas de Gantt.....	20
Gráficas Pert .....	21
Análisis de Pareto .....	23

Diagrama de Pescado .....	24
Guía de análisis del trabajo / Lugar del trabajo .....	25
Registro y análisis del proceso .....	27
<b>DIAGRAMAS DE PROCESO DE LAS OPERACIONES .....</b>	<b>27</b>
Diagrama de flujo del proceso.....	30
Diagrama de proceso hombre-máquina.....	33
Diagramas de proceso de grupo .....	34
Relaciones cuantitativas entre herramientas, trabajador y máquina.....	35
Servicio sincronizado .....	35
Servicio aleatorio.....	37
Relaciones complejas .....	38
Balanceo de líneas .....	39
<b>ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS BÁSICOS .....</b>	<b>41</b>
<b>LOS MOVIMIENTOS BÁSICOS DE GILBRETH .....</b>	<b>41</b>
Principios de economía de movimientos .....	43
Aplicación y uso del cuerpo humano .....	43
Arreglo del área de trabajo, herramientas y equipo.....	44
Las cinco clases generales de movimientos .....	44
Hoja para verificar la economía de movimientos y reducir la fatiga .....	45
Análisis de valía .....	45
Plan de acción.....	46
Realización del programa .....	46
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>48</b>
<b>MEDICIÓN DEL TRABAJO Y MEDICIÓN DEL TIEMPO .....</b>	<b>48</b>
Objetivos de la medición del trabajo .....	48
Desarrollo del estudio de tiempo y relación con la simplificación del trabajo.....	49
Aplicación de la medición del trabajo .....	49
La medición del trabajo como factor de eficiencia .....	51
Procedimiento para medir el trabajo:.....	52
División de la operación en elementos .....	62
Reglas para seleccionar los elementos .....	62
Clases de elementos.....	63
Medición del tiempo .....	65
Técnicas de medición del trabajo .....	66
Estudio de tiempos con cronómetro .....	67
Equipo de trabajo para la medición de tiempos.....	71

CAPÍTULO IV .....	84
EL LAYOUT .....	84
La configuración de un Layout .....	86
Principios de un Layout .....	88
Aspectos determinantes del Layout .....	90
Organización del Layout.....	92
II TRABAJO DE CAMPO.....	97
Presentación de la empresa:.....	97
Ejecución .....	99
Proceso productivo: .....	102
Toma de tiempos:.....	106
Llenado de tolvas de hormigón: .....	106
Llenado de las tolvas de bloque: .....	108
Llenado de Tolvas de adoquín:.....	110
Llenado de tolva de arena negra:.....	112
Llenado de tolva de hormigón:.....	114
RESULTADO DE LAS ENCUESTAS .....	119
OBSERVACIONES:.....	120
CONCLUSIONES .....	122
A la Encuesta: .....	122
Al Layout: .....	122
Al Proceso de producción del hormigón: .....	123
CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS .....	124
RECOMENDACIONES .....	125
BIBLIOGRAFÍA.....	127
Anexo 1: Layout antiguo.....	128
Anexo 2: Layout nuevo .....	129
Anexo 3: Modelo de Encuesta: .....	130
Anexo 4: Tablas de Tiempo .....	132

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Aspectos comparativos entre concreto premezclado y concreto elaborado en obra.....	5
Tabla 1.1 Etapas del estudio del trabajo .....	8
Tabla 2.1 Ejemplo de un gráfico de Gantt .....	21
Tabla 2.2 Acciones de un proceso.....	29
Tabla 2.3 Curvas de Relaciones Complejas.....	39
Tabla 2.4 Ejemplo de tiempos de operarios .....	40
Tabla 2.5 Movimientos básicos de Gilbreth .....	41
Tabla 3.1 Ejemplo de registro de lectura consecutiva de cronómetro.....	69
Tabla 4.1 Principios de un Layout.....	89
Tabla Tc 1 Distribución del personal .....	97
Tabla Tc 2 Escala de Asentamientos para el hormigón.....	103
Tabla Tc 3 Tiempos de cargadora para tolvas de hormigón .....	107
Tabla Tc 4 Tiempos de cargadora para tolvas de bloque .....	109
Tabla Tc 5 Tiempos de cargadora para tolvas de adoquín .....	111
Tabla Tc 6 Tiempos de cargadora para tolvas de arena negra de morteros.....	113
Tabla Tc 7 Tiempos para elaboración de hormigón.....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ejemplo de un gráfico Pert.....	23
Figura 2.2 Ejemplo de un gráfico de Pareto .....	24
Figura 2.3 Ejemplo de diagrama de pescado. ....	25
Figura 2.4 Diagrama de proceso de las operaciones .....	27
Figura 2.5 Diagrama de flujo para Cargada de Arena y Grava para adoquín.....	31
Figura 2.6 Modelo de diagrama de proceso Hombre- Maquina .....	33
Figura 3.1 Factores de la eficiencia .....	52
Figura 3.2 Clasificación de los elementos con relación al ciclo, al ejecutante y al tiempo.....	62
Figura 3.3 Composición de los ciclos de trabajo .....	65
Figura 4.1 Layout en “u” .....	86
Figura 4.2 Layout en “i” .....	87
Figura 4.3 Layout de estructura mixta.....	87
II TRABAJO DE CAMPO .....	97
Figura Tc Mapa de ubicación de la empresa.....	97
Figura Tc1 Proceso de operación (DPO) de la elaboración de hormigón .....	104
Figura Tc2 Diagrama de flujo para cargado de arena y grava para hormigón .....	107
Figura Tc 3 Tiempos de la cargadora en la tolva de hormigón.....	108
Figura Tc 4 Diagrama de flujo para cargado de arena y grava para bloque .....	109
Figura Tc 5 Graficación de tiempos de la cargadora en la tolva de bloque.....	110
Figura Tc 6 Diagrama de flujo para cargado de arena y grava para adoquín .....	111
Figura Tc 7 Graficación de tiempos de la cargadora en la tolva de adoquín.....	112
Figura Tc 8 Diagrama de flujo para cargado de arena negra para morteros .....	113
Figura Tc 9 Graficación de tiempos de la cargadora en la tolva de arena negra.....	114
Figura Tc 10 Diagrama de flujo para cargado de materia prima para elaboración de hormigón .....	114
Figura Tc 11 Graficación de tiempos para elaboración de hormigón .....	117
Figura Tc 12 Aplicación de Pareto a la distribución de volúmenes.....	117

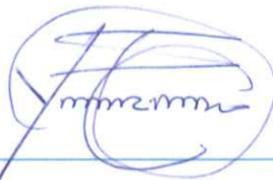
## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Layout antiguo .....	128
Anexo 2: Layout nuevo .....	129
Anexo 3: Modelo de Encuesta: .....	130
Anexo 4: Tablas de Tiempo .....	132

## RESUMEN

El ingeniero civil, que en la práctica gerencia construcciones, necesita conocer la Ingeniería de Métodos; medir el trabajo, el tiempo, utilizar técnicas para analizar y solucionar problemas en procesos. Por la creciente competencia las empresas se ven en la necesidad de conservar su mercado buscando mayor eficiencia y volumen de producción. La empresa Hormigones Del Azuay se propone mejorar su Layout y el proceso de producción del hormigón y autoriza la implementación del proyecto de “Repotenciación de una planta de hormigón para optimizar recursos”. En base del estudio bibliográfico, sugerencias consignadas en encuestas, un trabajo de campo y el análisis del Layout, se elaboran conclusiones y recomendaciones para ahorrar tiempos y recursos en la producción de hormigón premezclado y se procede a diagramar un nuevo Layout que se propone a la empresa.

**Palabras clave:** Ingeniería de Métodos, Layout, optimizar, Repotenciación, eficiencia.



Vladimir Eugenio Carrasco Castro  
**Director del Trabajo de Titulación**



Jose Fernando Vázquez Calera  
**Coordinador de Escuela**

  
José Luis Hermida Arias

**Autor**

## ABSTRACT

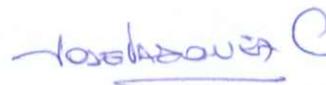
A civil engineer that manages constructions needs to know about engineering methods, work measurement, time measurement and the use of techniques to analyze and solve problems in processes. Due to growing competition, companies determined the need to conserve the market through greater efficiency and production volume. "Hormigones del Azuay" company aims to improve its layout and the concrete production process. For this, the implementation of the project called "Repowering a concrete plant to optimize resources" was authorized. The conclusions and recommendations were made based on bibliographic studies, recommendations obtained by surveys, fieldwork and the layout analysis. The objectives were to save time and resources in the production of ready-mixed concrete and to diagram a new layout.

**Keywords:** Method engineering, layout, optimize, repowering, efficiency.



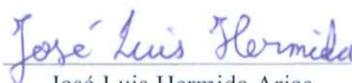
Vladimir Eugenio Carrasco Castro

**Thesis Director**



Jose Fernando Vázquez Calera

**Faculty Coordinator**



José Luis Hermida Arias

**Author**



Universidad del Azuay  
Dpto. Idiomas



Translated by

Ing. Paul Arpi

## INTRODUCCIÓN

Como dice Osorio (2014), el año de 1872, parece ser el inicio histórico del concreto premezclado, preparado especialmente para ser empleado directamente en la obra, como una gran ventaja para la industria de la construcción. Ese mismo año, se estableció en Inglaterra la primera planta de concreto premezclado. Se continuó en Alemania en 1903, en Estados Unidos durante 1913, en Dinamarca en 1926, Noruega y Suecia 1937. Más adelante en Australia en 1939, Islandia en 1943, Holanda en 1948, México 1950, Bélgica en 1956, Finlandia y Sudáfrica en 1958. Luego en Austria durante 1961, Italia en 1962, Israel en 1963 y, finalmente, en Argentina en 1964

Más que un producto, el concreto premezclado representa un paquete completo de servicios, como resultado de dos propiedades: la velocidad de construcción y la durabilidad.

La empresa Hormigones del Azuay, constituida el 14 de marzo de 2006, se ubica en la Panamericana Norte y Gonzales Suarez. Por años, fue una de las empresas más influyente en la ciudad por su volumen de ventas y la expansión de mercado.

Originalmente se la conocía como Hormiazuay. Al transformarse en Hormigones del Azuay, la empresa, a más de expandir su planta industrial, diversificó los productos que ofrece a la sociedad. Como dice Sánchez de Guzmán, esto le obliga a incorporar criterios técnicos que le permitan mejorar procesos y garantizar calidad. Así, frente a la competencia que empieza a percibir en los últimos años, la empresa se ve en la necesidad de conservar su mercado buscando mayor eficiencia y volumen de producción.

Con estos antecedentes, la empresa se propone mejorar su Layout y el proceso de producción del hormigón, por lo cual autoriza la implementación del proyecto de “Repotenciación de una planta de hormigón para optimizar recursos”.

Se puede presentar como objetivo general de este proyecto, el analizar los procesos de producción del hormigón, para identificar oportunidades y realizar una propuesta general de mejora, lo cual se llevará a cabo con las siguientes tareas:

- a) Definir las acciones del proceso actual de producción del hormigón premezclado.
- b) Medir tiempos que intervienen en cada actividad.
- c) Especificar justificadamente los puntos de mejora.
- d) Elaborar la propuesta de un nuevo Layout.

El presente trabajo consta de dos partes fundamentales. La primera, una investigación bibliográfica desarrollada en 4 capítulos:

Capítulo 1: La Ingeniería de Métodos y La Teoría Lean

Capítulo 2: Técnicas para la solución de problemas

Capítulo 3: Medición del trabajo y medición del tiempo

Capítulo 4: El Layout

Para desarrollar el estudio bibliográfico y tener bases de sustentación del proyecto, esto es, una investigación exploratoria e histórica, (Fernández Collado & Baptista Lucio, 2014), se consultó fundamentalmente autores como Roberto García Criollo, Benjamín Niebel, Andrés Freivalds y Marcia González (pág. 89).

En la segunda parte: trabajo de campo, luego de una breve presentación de la empresa, se hará la descripción del proceso productivo en general, para concentrarse en el proceso productivo del hormigón. A continuación se presentará los diferentes cuadros de tiempos con su correspondientes diagramas de flujo, así como los resultados de la

encuesta al personal: investigación analítica y proyectiva (Fernández Collado & Baptista Lucio, 2014).

Con todos estos insumos se elaborará conclusiones y recomendaciones. Así mismo, sobre la base de la información que se obtendrá, de la visualización del proceso y resultado de las encuestas, se procederá a diagramar un nuevo Layout que se propondrá a la empresa “Hormigones del Azuay”. Investigación comparativa, de acuerdo con Fernández Collado & Bautista Lucio.

## I MARCO TEÓRICO

### ANTECEDENTES

#### **El concreto premezclado**

“En términos generales, el concreto u hormigón puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (cemento portland hidráulico), un material de relleno (agregados o áridos), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forman un todo compacto (piedra artificial) y después de cierto tiempo, es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión”(Sánchez de Guzmán, 2001, pág. 19).

Dicho de otra manera, el concreto es un material de construcción formado por la mezcla de piedra caliza (o cantos rodados), arena, agua, cemento y algún tipo de aditivo, el cual tiene la propiedad de resistir notablemente a la compresión después que se seca, fragua o endurece.

Con el cemento, arena, grava y aditivos, podemos preparar un concreto premezclado, que se lo hace en una planta dosificadora, se transporta y suministra directamente a la obra en camiones mezcladores, en estado fresco.

El concreto premezclado es uno de los materiales más versátiles en la industria de la construcción. Los altos estándares que exige la ingeniería y la arquitectura moderna, los satisface gracias a la ayuda de una amplia gama de aditivos que mejoran su trabajabilidad.

El concreto premezclado tiene varias presentaciones, de acuerdo a sus diferentes usos: concreto de alta resistencia, concreto permeable, concreto auto-consolidable, con color y textura variables. Son el resultado de cálculos exactos, indicando la

cantidad de cada componente y desarrollados con maquinaria automática en plantas de alta tecnología.

Siguiendo las explicaciones de Wonsang (2015), se elabora el siguiente cuadro que presenta algunas diferencias entre el concreto premezclado y el concreto elaborado en obra.

Tabla 1 Aspectos comparativos entre concreto premezclado y concreto elaborado en obra

CONCRETO PREMEZCLADO	CONCRETO ELABORADO EN OBRA
Se puede preparar volúmenes grandes	No se garantiza buena calidad, ni uniformidad
Homogeneidad en la mezcla	Control esporádico de insumos o agregados o ausencia del mismo
Controles de calidad elevados	Ausencia del control o control deficiente
Resistencia garantizada	Ausencia de control de asentamiento y diseño de mezcla o control deficiente
Vaciados a grandes alturas	Requiere de obras preliminares y tiempo de instalación del equipo de mezclado antes de iniciar la obra
Vaciados en lugares de poca accesibilidad	Entregas están limitadas al área de mezclado y a la capacidad del equipo instalado
Ahorro de tiempo de ejecución de obra	Pueden originarse retrasos por bajo rendimiento en la producción del concreto
Ahorro del 50 % en mano de obra	El número de obreros y la capacidad de los equipos deben adecuarse a los picos de vaciado
Planta dosificadora controlada electrónicamente	

(Wonsang, 2015)

Se desprende del cuadro que, el hormigón premezclado brinda mayor seguridad, calidad y eficiencia, garantiza uniformidad al estar controlado mecánica o

electrónicamente su producción, frente al manejo manual del hormigón preparado en obra. A esto se suma el factor tiempo, muy importante cuando se hacen los cálculos financieros.

### **La mejora de procesos**

Actualmente muchas organizaciones buscan mejorar su sistema de gestión, orientándose hacia una gestión eficiente y eficaz, basada en la mejora de procesos, es decir, entendiendo mejor cómo funciona, así como conociendo los procesos que la forman, logrando una mayor visibilidad y control de los mismos.

Monitorizar, hacer seguimiento, controlar, supervisar, gestionar la eficiencia y la productividad es tarea para un líder, ya que no se trata sólo de controlar y supervisar, sino que implica activismo dinámico, actitud colaborativa, creatividad que estimule, participación, compromiso y facilitar las herramientas necesarias para que los empleados puedan desarrollar sus tareas con total tranquilidad y confianza (Meter, 2014).

Las empresas hormigoneras, conscientes de esa necesidad, se han encaminado a la consecución de la calidad de su producto implementando “Sistemas de Calidad”.

## CAPÍTULO I

### LA INGENIERÍA DE MÉTODOS. - LA TEORÍA LEAN

Este capítulo desarrolla la idea de cómo analizar el trabajo para lograr el mejor método de desempeño, que resulte en una economía en la producción, eliminando todos los desperdicios.

Frederick Winslow Taylor (1856 -1915), ingeniero y economista norteamericano, fue el promotor de la organización científica del trabajo. Sus primeras observaciones las realiza en la industria del acero (1878). Su objetivo científico: determinar el trabajo estándar, un trabajador funcional, pero para ello, era necesaria previamente una revolución mental, es decir, un cambio en la actitud de las personas.

En 1903 publica "Shop Management", que sirvió de fundamento para el desarrollo del estudio del tiempo, del movimiento y el estudio del trabajo (González, 2008).

#### 1 Definiciones

La Ingeniería de Métodos se puede definir como la técnica que somete a un profundo análisis a cada operación de determinada actividad de un trabajo, con el fin de eliminar todas las operaciones innecesarias para acercarse al mejor y más rápido método de desempeño (Padrón, 2014).

“La Ingeniería de Métodos se ocupa de la integración del ser humano en el proceso de producción de artículos o servicios. La tarea consiste en decidir dónde encaja el ser humano en el proceso de convertir materias primas en productos terminados o prestar servicios y en decidir cómo puede una persona desempeñar efectivamente las tareas que se le asigne” (Palacios Acero, 2016, pág. 12).

Lo que interesa es incrementar la productividad con los mismos recursos, para ello es necesario un estudio sistemático y crítico de las operaciones, procedimientos y métodos de trabajo.

El objetivo fundamental del Estudio o Ingeniería de Métodos es, por tanto, aplicar métodos más sencillos y eficientes para de esta manera, aumentar la productividad de cualquier sistema productivo. Se enfoca en primera instancia en lo general, para luego abarcar lo particular, con el fin de distinguir dentro de "El Proceso", "La Operación". El Estudio de Métodos permite, la Medición del Trabajo.

En este caso, el Estudio de Métodos se relaciona con la reducción del contenido de trabajo de una tarea u operación, a su vez que la Medición del Trabajo se relaciona con la investigación de tiempos improductivos asociados a un método en particular de producción.

## 2 Procedimiento básico sistemático para realizar un Estudio de Métodos

El Estudio de Métodos, que conlleva al Estudio de Trabajo, comprende siete etapas que se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 1.1 Etapas del estudio del trabajo

ETAPAS	ANÁLISIS DEL PROCESO	ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN
1.- SELECCIONAR El trabajo al cual se hará el estudio.	Teniendo en cuenta consideraciones económicas, de tipo técnico y reacciones humanas.	Teniendo en cuenta consideraciones económicas, de tipo técnico y reacciones humanas.
2.- REGISTRAR Toda la información referente al método actual.	Diagrama de proceso actual: sinóptico, analítico y de recorrido.	Diagrama de operación bimanual actual.
3.- EXAMINAR críticamente lo registrado.	La técnica del interrogatorio: Preguntas preliminares.	La técnica del interrogatorio: Preguntas preliminares a la operación completa.

4.- IDEAR el método propuesto	La técnica del interrogatorio: Preguntas de fondo.	La técnica del interrogatorio: preguntas de fondo a la operación completa "Principios de la economía de movimientos".
5.- DEFINIR el nuevo método (Propuesto)	Diagrama de proceso propuesto: sinóptico, analítico y de recorrido.	Diagrama de operación bimanual del método propuesto.
6.- IMPLANTAR el nuevo método	Participación de la mano de obra y relaciones humanas.	Participación de la mano de obra y relaciones humanas.
7.- MANTENER en uso el nuevo método	Inspeccionar regularmente.	Inspeccionar regularmente.

(Salazar López, 2016)

### 3 Importancia de la Ingeniería de Métodos en un sistema productivo

Los métodos, el estudio de tiempos y salarios son la clave en el proceso de fabricación y estos se definen en el departamento de producción, considerado como el corazón de una empresa industrial. Desarrollar herramientas, relaciones hombre-máquina y estaciones de trabajo eficientes, garantizarán a la empresa una posición adelantada en la línea de productos, frente a la competencia.

### 4 Objetivos y beneficios de la aplicación del Estudio de Métodos

El objetivo principal de la Ingeniería de Métodos es aumentar la productividad y reducir el costo por unidad. La capacidad para producir más con menos, dará como resultado más trabajo, para más personas, durante un mayor número de horas por año.

Entre los beneficios de la aplicación de la Ingeniería de Métodos se puede considerar:

1. Minimizar tiempos y costos en la producción de bienes y servicios, conservando recursos.
2. Proporcionar productos confiables y de alta calidad.

3. Maximizar la seguridad, el bienestar del trabajador y la protección el medio ambiente, todo lo cual va ligado a una buena administración.

## LA TEORÍA LEAN

Dentro del estudio de Métodos, una de las teorías más difundidas y que ha originado diferentes aplicaciones, es la teoría Lean Manufacturing: cómo gestionar eficazmente la organización, por ello, se presenta una síntesis de la misma.

### 1 Definición

Lean Manufacturing es un modelo de gestión enfocado a la creación de flujo para poder entregar el máximo valor para los clientes, utilizando para ello los mínimos recursos necesarios, es decir, ajustados: ‘producción ajustada’, ‘manufactura esbelta’, ‘producción limpia’ o ‘producción sin desperdicios’.

“Es una metodología de trabajo simple, profunda y efectiva, enfocada a incrementar la eficiencia productiva en todos los procesos a partir de que se implanta la filosofía de gestión, de mejora continua en tiempo, espacio, desperdicios, inventario y defectos, involucrando al trabajador y generando en él un sentido de pertenencia, al poder participar en el proceso de proponer sus ideas de cómo hacer las cosas mejor”. (Aguilar N, 2016)

Se enfoca en las necesidades del cliente, buscando potenciar las aptitudes de los trabajadores y la mejora de los procesos, sintetizado en su lema: “hacer más con menos”.

La teoría Lean diferencia los procesos en dos grupos: los que generan valor y los que aportan al “despilfarro”. En resumen, su objetivo es la mejora rápida y constante, aumentando la eficacia y eliminando los despilfarros que suponen un incremento en los costes.

## 2 Origen

Taiichi Ohno, director y consultor de la empresa Toyota, fue su creador, a partir de estudiar a Frederick Taylor y Henry Ford y comparar la productividad japonesa con la americana, antes y después de la guerra.

Puso énfasis en la producción, eliminando pasos innecesarios y controlando las actividades primarias, es decir, controlando al que hace el trabajo como apoyo a la cadena de valor.

El origen de la propia palabra “lean” se atribuye al equipo de J.P. Womack, y Daniel Jones. Estos investigadores no fueron los únicos pioneros en la materia, pero sí los que divulgaron la filosofía Lean a través de dos libros: “La máquina que cambió el mundo” (Womack, James P; Jones, Daniel T.; Roos, Daniel. 1955) y “Lean Thinking”.

Identificar los costos de la actividad y relacionarlos con los valores que el cliente percibe en el producto, así como las herramientas apropiadas para eliminar los desperdicios y las operaciones que no agregan valor al producto, con el fin de aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad, es lo que busca esta teoría.

Seis Sigma, TPM, JIT, “monozukuri”, son aplicaciones basadas en la disciplina y la formación desde la base de la pirámide de producción. Un ejemplo de ello constituyen las empresas fabricantes de vehículos, Renault y Nissan, quienes han generado un sistema propio denominado APW (Automotive parts welcome).

## 3 Principios

La teoría Lean, para lograr sus objetivos, ha formulado algunos principios:

1. El cliente en general, lo que adquiere no es un producto o servicio sino una solución.
2. Procesos “pull”: los productos son solicitados por el cliente final, no empujados por la producción.
3. La mejora continua, como principio de que «todo puede mejorar» en cada uno de los pasos del proceso, cumpliendo con las especificaciones de entrega en el tiempo y en el lugar exacto, así como en cantidad y calidad.
4. El flujo en los pasos del proceso, debe ser lo más uniforme, minimización del despilfarro.
5. Detección y solución de problemas desde su origen eliminando defectos por su alta calidad: búsqueda de cero defectos.
6. Desarrollar una relación a largo plazo con los proveedores a partir de acuerdos para compartir información y compartir los riesgos de los costes.
7. Cuando los volúmenes de producción sean menores, desarrollar la capacidad de ser flexibles para producir ágilmente diferentes misceláneas de gran diversidad de productos (Horillo, 2017).

#### **4.- Pilares**

Todos estos principios se pueden resumir en tres pilares que sirven de base para su accionar:

- La eliminación de todo tipo de desperdicio
  - La mejora continua de la productividad y calidad
  - Implicación del personal y respeto al trabajador
- (González, 2008)

##### **a) Eliminar los desperdicios**

Desperdicios es todo aquello que no aporta valor al cliente. Se puede detectar hasta ocho tipos de desperdicios: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento, defectos y potencial humano infrautilizado. Es un error común optimizar procesos aumentando la productividad sin cuestionarse previamente si existe alguno de los desperdicios mencionados. El coste siempre ha

sido un factor fundamental para competir. Los desperdicios lo incrementan y el cliente lo percibe.

Algunas de las herramientas que dan mejores resultados son:

El SMED, (single minute exchange of die): reducir los tiempos de cambio de herramientas (desperdicio del tiempo de espera) para hacer de la producción un proceso más flexible.

Los inventarios también constituyen “desperdicios”. En un sistema en el que el flujo es continuo desde la materia prima hasta el producto final que va directamente al cliente, el inventario es desperdicio.

Los clientes piden a las empresas una mayor calidad y gama de productos en cantidades más pequeñas. De esta manera, son las empresas las que corren con el coste que suponen los stocks.

El “Just In Time” (Justo a Tiempo), es producir un artículo que es necesario para ser vendido o empleado por la siguiente estación de trabajo. Se debe reducir stocks a través de sistemas como los KANBAN (tarjetas de información u orden de trabajo), que permiten tensar el flujo de materiales en la planta haciendo que se fabrique sólo lo que el cliente interno demanda, en la cantidad y en el momento oportuno.

Otra herramienta muy útil es el TPM o “Mantenimiento Productivo Total” que, sirve para eliminar las ineficiencias generadas en los sistemas de mantenimiento poco eficientes.

Las tareas de mantenimiento implican a todos los departamentos de la empresa. Si se atiende correctamente, el operario conseguirá producir más, evitando averías (desperdicio de tiempo de espera) y produciendo menos fallos que implican retrabajos (desperdicios tipo defecto).

## b) La mejora de la productividad y la calidad

El ‘Kaizen’ o mejora continua, es otro de las grandes herramientas Lean. La palabra proviene de dos ideogramas japoneses: “Kai” que significa cambio y “Zen” que quiere decir, para mejorar. Así, podemos decir que “Kaizen” es “cambio para mejorar” o “mejoramiento continuo”.

Los equipos de trabajo constituyen el pilar fundamental que sustenta el Kaizen. Se enfoca a la gente y a la estandarización de los procesos. Por lo que requiere un equipo integrado de producción, mantenimiento, calidad, ingeniería, compras y demás empleados, para lograr la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad, y de los métodos de trabajo.

En esta teoría, la dirección guía a las personas para mejorar sus habilidades y aumentar sus expectativas en cuanto a alta calidad, bajos costos, y entrega a tiempo, desterrando el desperdicio, identificado como “muda”, lo cual implica la involucración de todo el personal. La implantación de Kaizen en una empresa, supone observar los siguientes principios básicos:

- 1 Descarta la idea de hacer arreglos improvisados.
- 2 Piensa en cómo hacerlo, no en por qué no puedo hacerlo.
- 3 Sin excusas. Comienza a preguntarte por qué ocurre de forma tan frecuente.
- 4 No busques una rápida perfección, busca primero el 50% del objetivo.
- 5 Si cometes un error, corrígelo inmediatamente.
- 6 No gastes dinero en Kaizen, usa tu sabiduría.
- 7 La sabiduría surge del rostro de la adversidad.
- 8 Para encontrar las causas de todos tus problemas, pregúntate 5 veces ¿Por qué?
- 9 La sabiduría de 10 personas es mejor que el conocimiento de uno.
- 10 Las ideas de Kaizen son infinitas.

### **Beneficios del Kaizen:**

Los beneficios pueden variar de una empresa a otra, pero los típicamente encontrados son los siguientes: aumento de la productividad, reducción del espacio utilizado, mejoras en la calidad de los productos, reducción del inventario en proceso, reducción del tiempo de fabricación, reducción del uso del montacargas, mejora el manejo y control de la producción, reducción de costos de producción, aumento de la rentabilidad, mejora el servicio, mejora la flexibilidad, mejora el clima organizacional, se desarrolla el concepto de responsabilidad, aclara roles.

### **c) Implicación del personal y respeto al trabajador**

Según la filosofía Lean, empatizar con los trabajadores e invitarles a formar parte del cambio suele dar fantásticos resultados para conseguir objetivos. Lejos de desperdiciar las proposiciones de cualquier trabajador, la filosofía Lean implica relegar las políticas de mandos y relaciones jerárquicas por relaciones basadas en el liderazgo y el trabajo en equipo.

### **5 Estrategia: las 5 S.**

Las 5S fue un programa desarrollado por la Toyota para conseguir mejoras duraderas en el nivel de organización, orden y limpieza; además de aumentar la motivación del personal. Su objetivo es lograr una mayor eficiencia, uniformidad y formalidad, trabajando en un ambiente de calidad, logrando la eliminación de despilfarro e incrementando la mejora de condiciones de higiene, seguridad y salud ocupacional, enfocado a la satisfacción del cliente, al mejoramiento del medio ambiente y desarrollo integral del personal operacional. (Chirinos, Rivero, Méndez, Goyo, & Figueredo, 2010)

El empleado que adquiere sentido de pertenencia y seguridad, se siente motivado. Si el empleado está motivado, se reducen las mermas y las pérdidas por producciones con

defectos, logrando productos de mayor calidad. Si se genera una cultura organizacional, se potencia y se economiza el uso y la respuesta en el tiempo, con lo que se incrementa la vida útil de los equipos.

Seiri (subordinar, clasificar, descartar):

Es necesario iniciar, en las áreas de trabajo y administrativas, retirando los elementos innecesarios para la operación; liberar espacios y eliminar herramientas obsoletas, es fundamental.

Seiton (sistematizar, ordenar)

“Un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio”. A los elementos que se consideran necesarios se les asigna un lugar delimitando su espacio de almacenamiento, poniendo etiquetas, letreros, o utilizando muebles modulares, estantes, etc.

Seiso (sanear y limpiar)

La limpieza sistematizada como parte del trabajo diario, permite a su vez la inspección y la identificación de problemas de averías, desgaste, escapes o de cualquier tipo de defecto. Un mantenimiento regular hace más seguro el ambiente de trabajo al disminuir los riesgos y la contaminación, beneficios directos al trabajador en su salud y seguridad, así como a la organización en sí.

Seiketsu (simplificar, estandarizar y volver coherente)

Esta etapa se puede decir que es la etapa de aplicación. Con estandarizar se mantendrá permanentemente un entorno productivo e impecable, recordando los 3 principios siguientes:

- Selección: No objetos innecesarios.
- Orden: No desorganización.
- Limpieza: No suciedad.

Shitsuke (sostener el proceso, disciplinar)

Mantiene todos los pasos anteriores, cuidando se cumplan paso a paso y que no se rompan los procedimientos.

## 6 Tipos de desperdicios:

Elaborando una síntesis entre los criterios de desperdicios que presenta Ohno y los que reconoce la teoría Lean, toda empresa deberá implicarse en la eliminación de ocho tipos de desperdicios.

- A. **Movimiento:** El desperdicio de movimiento tiene dos elementos, el movimiento humano y el movimiento de las máquinas, dichos movimientos están relacionados con la ergonomía del lugar donde se trabaja, afectando así a la calidad y la seguridad.
- B. **Sobreproducción:** Es el que más afecta a una industria, se suscita cuando las operaciones continuas debieron ser detenidas o cuando se hacen productos de previsión, para stock, antes de que el cliente los pida. La producción de inventario que nadie quiere en ese momento desperdicia espacio y estimula daños y obsolescencias en los productos.
- C. **Espera:** Término aplicado a aquellos períodos de inactividad de un proceso ya que esta acción no agrega valor y a veces resulta en un sobre costo del producto.
- D. **Transporte:** Se refiere al movimiento innecesario de materiales de una operación a otra sin ser requeridos.
- E. **Procesado extra:** Se refiere a operaciones extras como retrabajos, reprocesos, manejos de materiales innecesarios y almacenamiento, debido a algún defecto, sobreproducción o inventario insuficiente.
- F. **Corrección:** se relaciona con la necesidad de corregir productos defectuosos. Se compone de todos los materiales, tiempo y energía involucrados en reparar

los defectos. En este sentido, cualquier trabajo repetido es un desperdicio. Desperdicio es cualquier movimiento de gente o inventario que no crea valor.

- G. **Inventario:** La producción de inventario que nadie quiere en ese momento, desperdicia espacio y estimula daños y obsolescencias en los productos. Las personas ociosas que esperan inventario, indican que la planta no está equilibrada. Todos los trabajadores deben dedicar aproximadamente la misma cantidad de esfuerzo. Los bienes producidos para los que no existe demanda son desperdicio. Con el tiempo, un artículo que se queda en bodegas puede ser sustituido por otro mejor.
- H. El **conocimiento desconectado:** se presenta cuando hay desconexión entre la compañía con sus clientes y/o proveedores.

## CAPÍTULO II

### TÉCNICAS PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

En este capítulo se busca fraccionar los procesos productivos en sus mínimos elementos, representarlos gráficamente para estudiarlos y mejorarlos, relacionando tareas, trabajador y máquinas.

Un programa de Ingeniería de Métodos sigue un proceso ordenado, que inicia con la selección del proyecto y termina con su implementación. Se basa en tres aspectos: económico, técnico y humano.

“Las consideraciones económicas se refieren a nuevos productos para los que no se cuenta con estándares o productos existentes que tienen costos de manufactura altos: grandes cantidades de desperdicio y retrabajo, manejo excesivo de materiales, la distancia o tal vez operaciones cuellos de botella” (Niegel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 21).

Las consideraciones técnicas incluyen los métodos de procesamiento que deben mejorarse, control de calidad, o problemas de desempeño de un producto comparado con su competencia. Los aspectos humanos pueden incluir trabajo con alta repetición que llevan a lesiones en el trabajo, tareas con alta tasa de accidentes, tareas demasiado fatigantes.

La guía de análisis “trabajo/lugar de trabajo,” ayuda a identificar problemas en un área, departamento o lugar de trabajo específico y se desarrolla mejor como parte de las observaciones físicas del lugar.

Esta guía proporciona una identificación subjetiva del trabajador, tarea o entorno claves, o de los factores administrativos que pueden ocasionar problemas potenciales. Además, indica las técnicas adecuadas para las evaluaciones cuantitativas. Aplicar esta guía debe ser el primer paso necesario antes de recolectar datos cuantitativos exhaustivos sobre el método actual.

Para obtener y presentar los datos del método actual, se usa procedimientos como: diagrama de operación, diagrama de flujo, diagrama hombre/ máquina y de grupo. Estos nos presentan información como: cantidad de producción, programas de entrega, tiempos de operación, instalaciones, capacidad de las máquinas, materiales especiales y herramientas especiales, todo lo cual puede representar una parte importante en la solución de problemas.

“Una vez presentados los hechos con claridad y exactitud, se examinan en forma crítica, para definir e implantar el método más práctico, económico y efectivo” (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 23).

## **TÉCNICAS DE EXPLORACIÓN**

Se dispone de una variedad de técnicas de solución de problemas como las Gráficas de Gantt, Gráficas Pert, Análisis de Pareto, Diagrama de Pescado o Ishikawa, así como algunas guías para el análisis del trabajo; por ejemplo, guía de análisis del trabajo, registro y análisis del proceso, diagrama del proceso de las operaciones o DPO, diagrama de flujo del proceso, las cuales se describen a continuación.

### **Gráficas de Gantt**

La primera técnica de planeación y control de proyectos que surge durante la década de 1940 en respuesta a las necesidades de administrar mejor los complejos proyectos y sistemas de defensa. Muestra sencillamente el tiempo de terminación planeada para las distintas actividades de un proyecto como barras graficadas contra el tiempo en un eje horizontal. Los tiempos de terminación reales se muestran con sombreado en las barras. Si se traza una línea vertical, en un día dado, se puede determinar con facilidad qué componentes del proyecto van adelantadas o atrasadas respecto a la programación.

Una gráfica de Gantt exige un plan anticipado del proyecto y proporciona en cualquier momento una visión rápida del avance. Se puede usar para mostrar la secuencia de actividades de una máquina en la planta e incluso, la reparación o mantenimiento de la misma.

Tabla 2.1 Ejemplo de un gráfico de Gantt

Objetivo específico	Actividad	Resultado esperado	Tiempo ( cada cuadro = 1 mes)						
Investigar tipos de redes que se pueden emplear en el sector	Buscar bibliografía, estudios realizados con anterioridad	Tener una idea más concisa del trabajo a realizarse	■						
Realizar estudio de campo para la implementación de la red de agua potable	Realizar levantamientos topográficos, realizar exámenes de componentes del agua del sector, revisar encuestas de la junta parroquial.	Tener la geometría de nuestra red teniendo en cuenta la forma del terreno		■	■				
Diseñar cada uno de los componentes de la red de agua potable	Modelar y calcular el caudal que tendrá nuestra red, para dimensionar cada elemento	Tener dimensionado cada elemento de nuestra red de agua potable				■	■		
Establecer factores de seguridad y pérdidas en nuestra red	Al tener nuestro modelo diseñado lo modificaremos por factores de seguridad para garantizar su funcionamiento	Modificar nuestro modelo para garantizar su funcionamiento y su vida útil						■	■

Elaborado por José Luis Hermida

## Gráficas Pert

La palabra PERT se estructura con las iniciales de Program Evaluation and Review Technique que en español significa: “Técnicas de revisión y evaluación de proyectos”. Conocida como diagrama de redes o ruta crítica, es un método de planificación y control que muestra la manera óptima de lograr un objetivo predeterminado, por lo general, en términos de tiempo. Esta técnica se empleó en la milicia de Estados Unidos para el diseño de procesos como el desarrollo del misil Polaris y la operación de sistemas de control en submarinos de propulsión nuclear (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 28).

Las gráficas PERT ayudan a mejorar la programación mediante la reducción de costos ya que proporciona dos o tres estimaciones para la programación de cada actividad. Usando estimaciones de tiempo, se plantearía las siguientes preguntas:

1 ¿Cuánto tiempo se requiere para terminar una actividad específica si todo funciona de manera ideal? (estimación optimista).

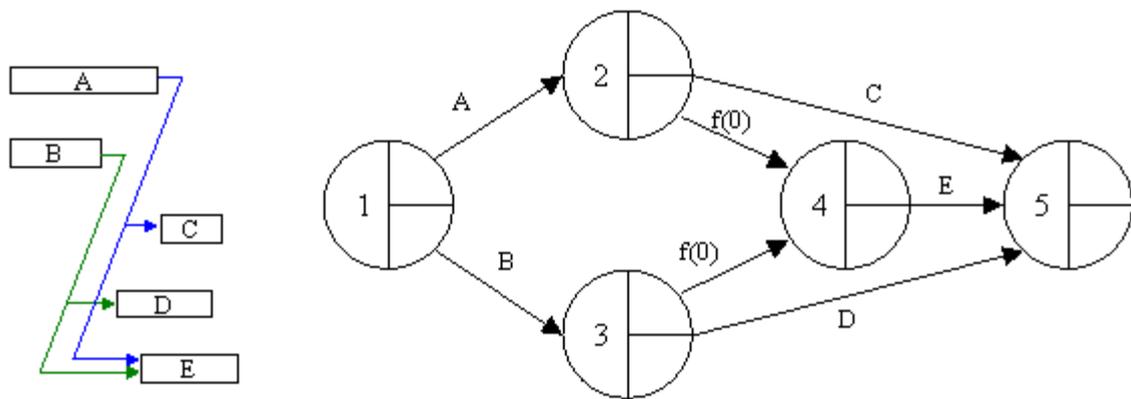
2 En condiciones promedio, ¿cuál es la duración más probable para esta actividad?

3 ¿Cuál es el tiempo requerido para terminar esta actividad, si casi todo sale mal? (estimación pesimista).

Con estas tres estimaciones, el analista puede derivar una distribución de probabilidades para el tiempo que requiere realizar la actividad. En la gráfica PERT, los eventos (representados por nodos) son puntos en el tiempo que muestran el inicio y terminación de una operación específica o de un grupo de operaciones. Cada operación o grupo de ellas en un departamento se define como una actividad y se llama arco. Cada arco tiene un número que representa el tiempo (días, semanas, meses) necesario para completar una actividad. “Existen actividades que no usan tiempo o costo pero que, son necesarias para mantener la secuencia correcta, se conocen como actividades ficticias y se indican con líneas punteadas” (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 28).

La trayectoria más larga desde el nodo inicial al nodo final, se conoce como ruta crítica y representa el tiempo mínimo necesario para terminar todo el proyecto.

“Las actividades que no están en la ruta crítica tienen cierta flexibilidad en el tiempo. Esta flexibilidad o libertad se llama “holgura”. La holgura se calcula restando el tiempo normal del tiempo disponible. En otras palabras, es el tiempo que puede prolongarse una actividad no crítica, sin retrasar la fecha de terminación del proyecto”(Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 29).



**Nota:** En azul las dependencias de A y en verde las de B.

Figura 2.1 Ejemplo de un gráfico Pert  
(Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013)

Para una mejor comprensión, se presenta un ejemplo de un Diagrama Pert, tomado de la página web del Centro de Estudios Superiores IUSC que nos describe dos rutas alternativas para llegar a un mismo punto.

### Análisis de Pareto

El análisis de Pareto, fue creado por el economista Wilfredo Pareto, quien, buscando explicar la concentración de la riqueza, desarrolló una técnica de análisis de distribución acumulada conocida como regla del 80 /20.

Observó que: 80% del valor del inventario total se encuentra en sólo 20% de los artículos en el inventario; en 20% de los trabajos ocurren 80% de los accidentes, o 20% de los trabajos representan cerca del 80% de los costos de compensación para trabajadores. O como dice Matías Sales: “Hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves” (Sales, 2009).

Por ello se puede constatar que, el analista de métodos concentra la mayor parte de su esfuerzo en unos cuantos trabajos que producen casi todos los problemas.

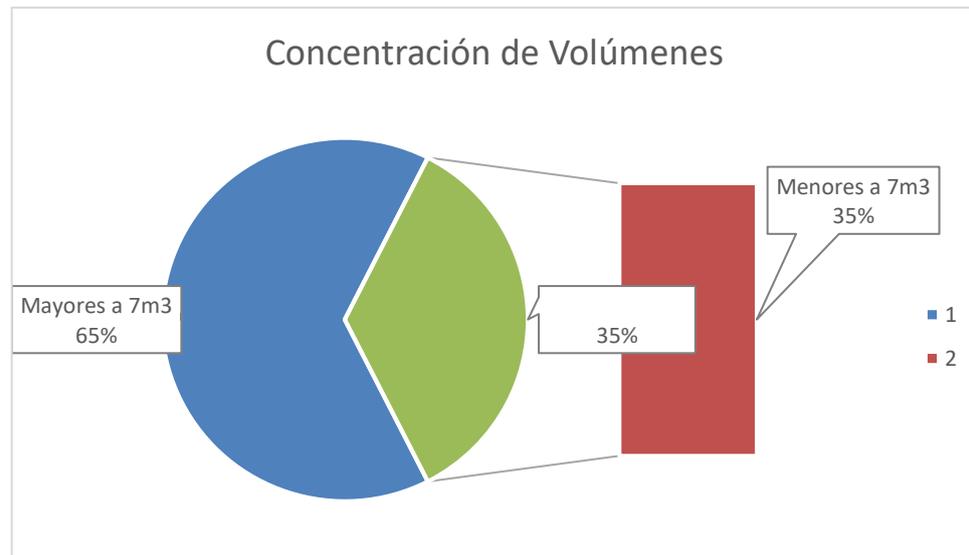


Figura 2.2 Ejemplo de un gráfico de Pareto  
Elaborado por José Luis Hermida A.

### Diagrama de Pescado

Otra de las técnicas para la solución de problemas, constituye el diagrama de pescado o diagramas de causa-efecto, o diagrama de Ishikawa, en honor a su autor, quien a principios de los años 50, lo desarrolló como un proyecto de control de calidad para la Kawasaki Steel Company.

El método consiste en definir la ocurrencia de un evento no deseable o problema, es decir, el efecto, como la “cabeza del pescado” y después identificar los factores que contribuyen, las causas, como el “esqueleto del pescado” que sale del hueso posterior de la cabeza.

Las causas se agrupan en categorías: humanas, máquinas, métodos, materiales, entorno, administración, cada una dividida en subcausas. El proceso continúa hasta enumerar todas las causas posibles (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 24).

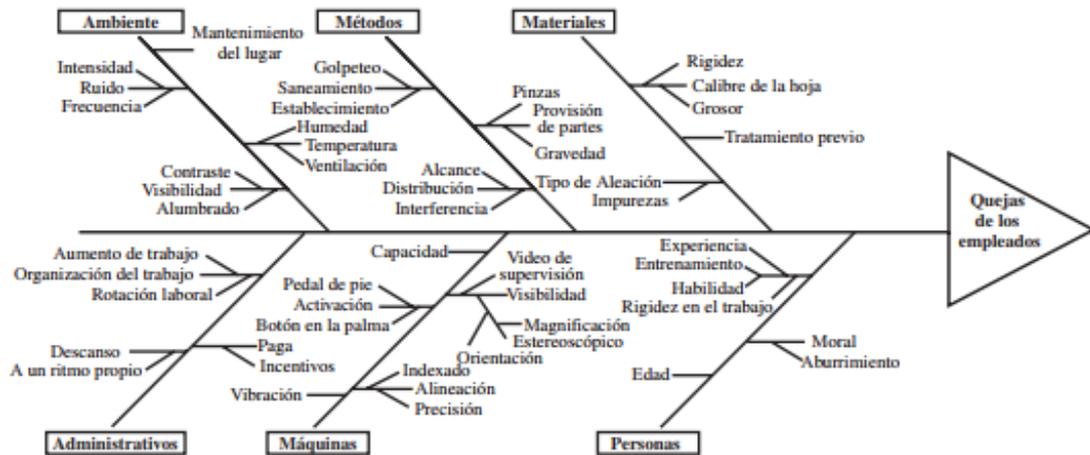


Figura 2.3 Ejemplo de diagrama de pescado.  
(Niegel, Freivalds, & Gonzalez)

Se presenta un ejemplo de diagrama de pescado. Niebel, B. W., Freivalds, A., & Osuna, M. A. G. (2004). Métodos, estándares y diseño del trabajo. Alfaomega.

### Guía de análisis del trabajo / lugar del trabajo

No siempre se conoce todos los detalles de una tarea, trabajo u operación. Para mejorar un trabajo se debe saber exactamente en qué consiste; por tanto, es necesario observar los detalles y registrarlos.

Antes de reunir datos cuantitativos, el analista visita el área y observa al trabajador, la tarea, el lugar y el entorno que le rodea. Además, identifica los factores administrativos que pueden afectar el comportamiento o desempeño del trabajador. Estos factores proporcionan una perspectiva global de la situación y guían al analista en el uso de métodos más cuantitativos para detectar y analizar los datos (Niegel, Freivalds, & Gonzalez, 2013), pág. 30.

### Razones que inducen a realizar un análisis del trabajo

Los operadores y jefes de bajo rango pueden ser instruidos mucho más rápidamente mediante un análisis del trabajo, que por explicaciones orales debido a que dicho análisis nos da una idea clara y sencilla de la operación. El objetivo fundamental del

análisis del trabajo, es el perfeccionamiento de los métodos de trabajo, lo cual conlleva cuatro aspectos:

- a) Perfeccionar método trabajo
- b) Instrucción en el trabajo
- c) Diseño de útiles y herramientas
- d) Documentación del método de trabajo

(García Criollo, 2005), pág. 114.

Para realizar un análisis del trabajo nos servimos de dos técnicas: 1. La técnica de la actitud interrogante y 2. La lista de comprobación de análisis.

1 Técnica de la actitud interrogante: Sea cual fuere el objetivo del análisis del trabajo, el analista siempre debe preguntarse: ¿Es necesaria la operación?, ¿puede eliminarse?, ¿puede combinarse con otra?, ¿puede cambiarse el orden?, ¿puede simplificarse?

2 Lista de comprobación de análisis.

Comprenda: ¿Qué se logra? ¿Dónde se hace? ¿Quién lo hace? ¿Cómo se hace?.

Analice: ¿Es necesario? ¿Por qué, ahí? ¿Por qué esa persona? ¿Por qué de esa manera?

Con cualquier técnica que se utilice para analizar una operación, es necesario ser cauteloso con lo que se ve. Colocar el trabajo en el banquillo de los acusados y que se justifique con hechos, con causas con razones y no con palabras, con efectos, con excusas. La guía de análisis del trabajo / lugar del trabajo, identifica problemas de un área, departamento, o lugar de trabajo. En cambio, el registro y análisis del proceso, trata de eliminar las principales deficiencias existentes en los procesos y lograr la mejor distribución posible de la maquinaria, equipo y área de trabajo dentro de la planta.

Para lograr estos propósitos, la simplificación del trabajo se apoya en dos diagramas: el diagrama de proceso y el diagrama de flujo o circulación (García Criollo, 2005, pág. 42).

## Registro y análisis del proceso

El registro y análisis de un proceso se apoya en cuatro diagramas: Diagrama de Proceso de Operaciones, Diagrama de Flujo de Procesos, Diagrama de procesos Hombre – Máquina y Diagrama de procesos de Grupo. Estos diagramas se elaboran para eliminar las principales deficiencias existentes en los procesos, lograr la mejor distribución posible de la maquinaria, equipo y área de trabajo dentro de la planta.

### DIAGRAMAS DE PROCESO DE LAS OPERACIONES

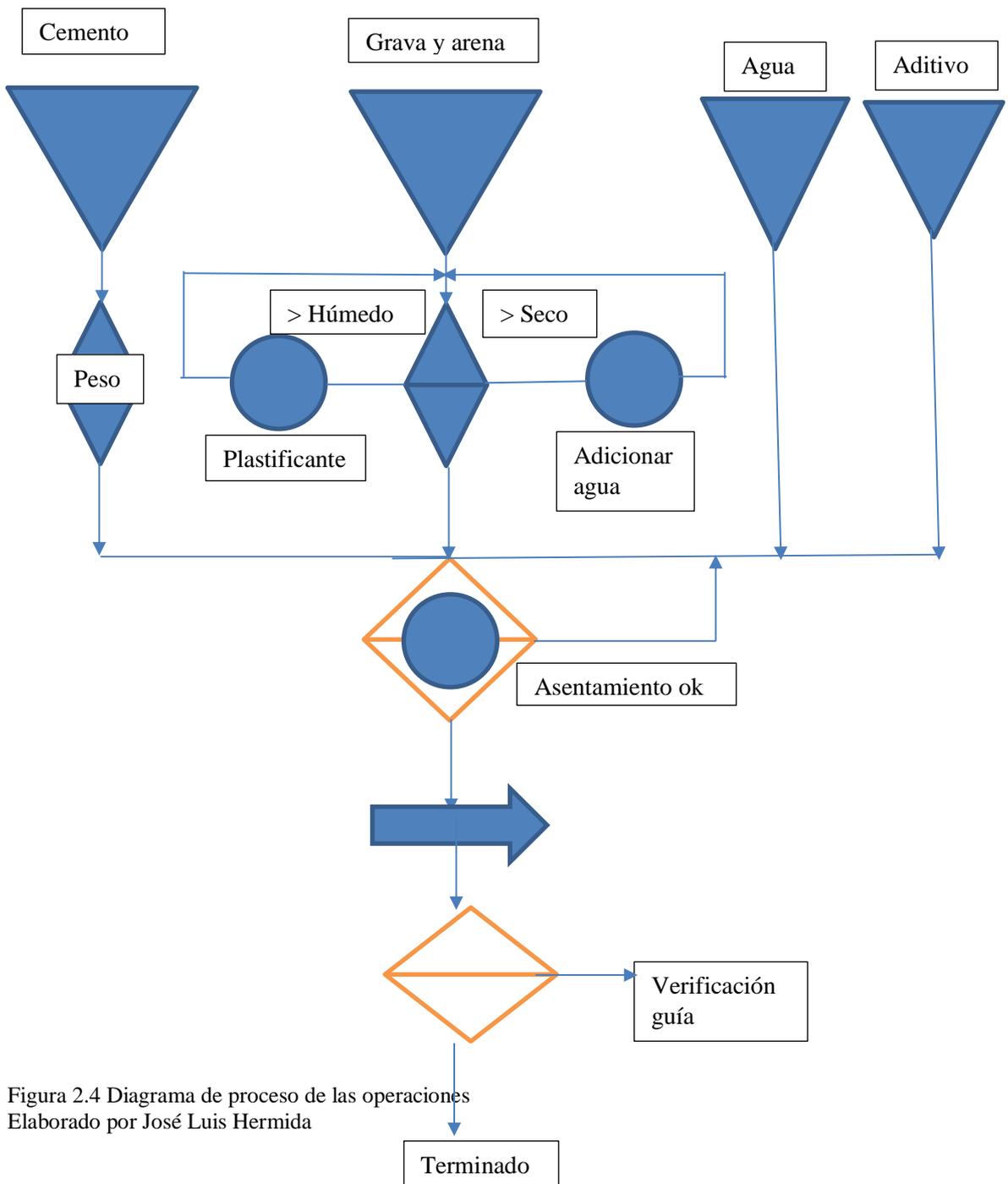


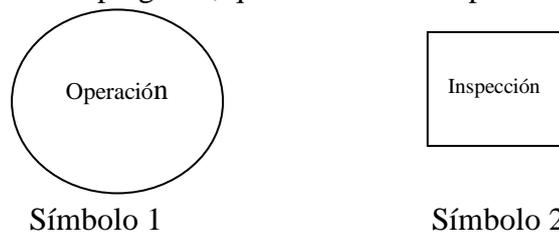
Figura 2.4 Diagrama de proceso de las operaciones  
Elaborado por José Luis Hermida

El diagrama presentado, muestra el proceso de operación para elaborar y despachar hormigón en un mixer.

“El diagrama de proceso de la operación muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, holguras y materiales que se usan en un proceso de manufactura o de negocios, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; además, incluye toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancia recorrida, cantidad considerada y tiempo requerido” (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 31).

La gráfica describe la entrada de todos los componentes y sub-ensambles al ensamble principal. De la misma manera que un plano, muestra detalles de diseño como ajustes, tolerancias y especificaciones.

Para construir un diagrama de proceso de la operación, se usa dos símbolos: un círculo pequeño, con un diámetro de 3/8 pulgadas, que denota una operación (símbolo 1) y un cuadrado pequeño de 3/8 pulgadas, que denota una inspección, (símbolo 2).

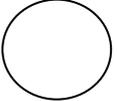
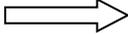
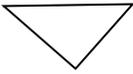
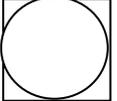


Se dice que se ejecuta una operación cuando una parte bajo estudio se transforma intencionalmente o cuando se realiza su estudio o la planeación antes de realizar el trabajo productivo. Una inspección tiene lugar cuando la parte se examina para determinar su conformidad con un estándar. Algunos analistas prefieren describir sólo las operaciones y llaman al resultado “diagrama de proceso descriptivo”.

Siguiendo el criterio de García, las operaciones o acciones se clasifican en cinco categorías: operaciones, transportes, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes.

Su cuadro descriptivo estructurado en tres columnas: actividad, Definición y símbolo, se presenta a continuación

Tabla 2.2 Acciones de un proceso

ACTIVIDAD	DEFINICIÓN	SÍMBOLO
Operación:	Modifica las características de un objeto o se le agrega algo o se le prepara para otra operación	
Transporte	Un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro	
Inspección	Un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar su calidad o cualesquiera de sus características	
Demora	Ocurre cuando se interfiere el flujo de un objeto o grupo de ellos con lo cual se retarda el siguiente paso planeado	
Almacenaje	Un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos o usos no autorizados	
Actividad combinada	Se desea indicar actividades conjuntas, por el mismo operador, en el mismo punto de trabajo	

(García Criollo, 2005)

El diagrama proporciona una imagen de la secuencia de los acontecimientos del proceso. Es la representación gráfica de los puntos en los que se introducen materiales en el proceso y del orden de las inspecciones y de todas las operaciones, excepto las incluidas en la manipulación de los materiales.

Además, puede comprender cualquier otra información que se considere necesaria para el análisis: tiempo requerido, la situación de cada paso o, si los ciclos de fabricación son los adecuados.

El diagrama de procesos permite mejorar la disposición de los locales y el manejo de los materiales, con el fin de disminuir las demoras, comparar los métodos y estudiar las operaciones para eliminar el tiempo improductivo.

Otorga, además, la posibilidad de estudiar las operaciones y las inspecciones interrelacionadas dentro de un mismo proceso.

Una vez terminado el diseño del diagrama de procesos de la operación, ayuda al analista, a visualizar el método actual, con todos sus detalles, para que pueda desarrollar procedimientos nuevos y mejores, muestra el efecto que tendrá un cambio en una operación dada, sobre las operaciones precedentes y subsecuentes.

El diagrama de proceso de la operación indica el flujo general de los componentes de un producto, y como cada paso se muestra en la secuencia cronológica adecuada, el diagrama, en sí, es una redistribución de planta ideal.

Así, esta técnica es útil para desarrollar nuevas distribuciones y mejorar las existentes (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 31).

Todo diagrama de proceso de la operación, debe ser correctamente identificado con un título y detallar información tal como: número de parte, número de dibujo, descripción del proceso, método actual y método propuesto, fecha y nombre de la persona que hace el diagrama. Se puede incluir número de diagrama, planta, edificio y departamento (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 31).

### **Diagrama de flujo del proceso**

A continuación, se presenta un ejemplo de diagrama de flujo de procesos, realizado por José Luis Hermida en donde se detalla el proceso para cargar arena y grava en la máquina para elaborar adoquín.

Diagrama de flujo para Cargada de arena y grava para adoquín

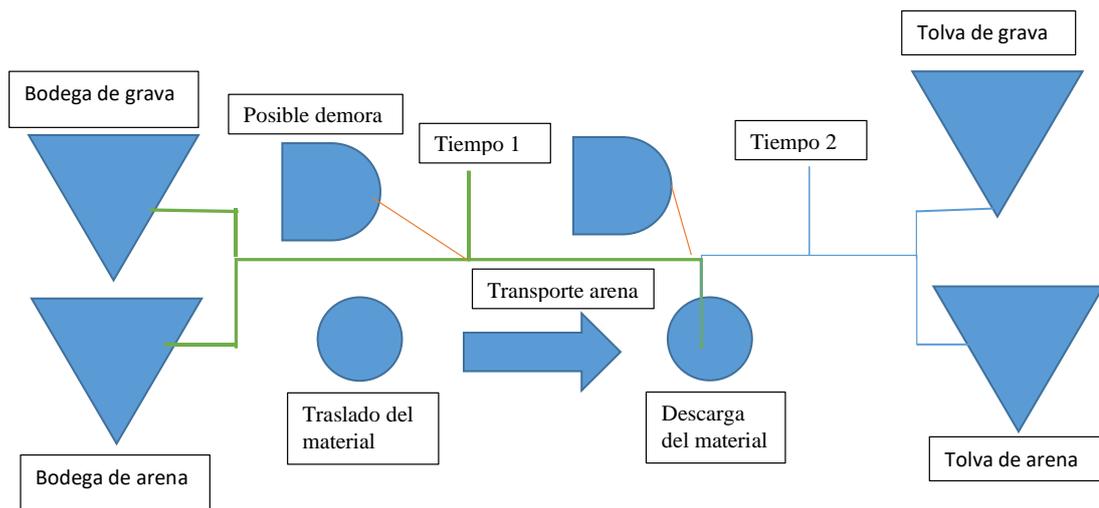


Figura 2.5 Diagrama de flujo para Cargada de Arena y Grava para adoquín  
Realizado por José Luis Hermida

Es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos que ocurren durante un proceso. Incluye la información necesaria para el análisis; por ejemplo, el tiempo y la distancia recorrida. Sirve para representar las secuencias de un producto, un operario, una pieza, etc.

Su elaboración es relativamente fácil. Se trata de unir con una línea todos los puntos en donde se realiza una operación, un almacenamiento, una inspección o alguna demora, de acuerdo al orden natural del proceso.

Una vez terminado el diagrama de flujo, se puede dar cuenta del transporte de un objeto o el itinerario que siguió algún operador durante determinado proceso. Este transporte o itinerario, aún en lugares pequeños, llega a ser a veces de algunos kilómetros por día, que sumados anualmente representan una pérdida considerable de tiempo, energía y dinero. (García Criollo, 2005, pág. 56)

El diagrama de flujo del proceso, es muy útil para detectar costos ocultos que suelen originarse cuando en un proceso se presenta un alto número de transportes, almacenamientos y demoras. Con ello es más fácil eliminarlos y así mejorar costos.

Los diagramas de flujo del proceso son de dos tipos:

1. de producto o material, proporciona detalles de los eventos que ocurren sobre un producto o material
2. operativo o de personas, proporciona los detalles de cómo realiza una persona una secuencia de operaciones.

Como todos los otros diagramas, se identifica con un título y se acompaña de información que incluye: número de parte, número de dibujo, descripción del proceso, método actual o propuesto, y el nombre de la persona que lo realiza. Otros datos, como planta, edificio o departamento, número de diagrama, cantidad y costo, pueden ser valiosos para identificar por completo el trabajo al que se refiere el diagrama.

El diagrama de flujo del proceso, igual que el diagrama del proceso de la operación, no es un fin, es solo un medio para facilitar la eliminación o reducción de costos ocultos de un componente. Debido a que muestra con claridad los transportes, demoras y almacenamientos, la información que proporciona puede conducir a la reducción tanto en cantidad como en duración de estos elementos. Además, al registrar las distancias, el diagrama tiene un gran valor para el mejoramiento de la distribución de planta (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 37).

El proceso de manufactura, no muestra un plano del flujo de trabajo, información que ayudaría a desarrollar un nuevo método. El analista debe visualizar en dónde existe un espacio para añadir una instalación que acorte la distancia, antes de reducir un transporte, así como visualizar áreas de almacenamiento, estaciones de inspección y puntos de trabajo. Un plano existente de las áreas de la planta que se estudia, proporcionará esta información.

Sin embargo se considera que el diagrama de flujo del proceso es una representación pictórica de la distribución de la planta, que muestra la localización de todas las actividades del diagrama de flujo del proceso, indica cómo regresar y las posibles áreas congestionadas, es decir, facilita el desarrollo de una distribución de planta ideal.

### Diagrama de proceso hombre-máquina

Para comprender mejor, se presenta un modelo de diagrama de proceso Hombre – Máquina.

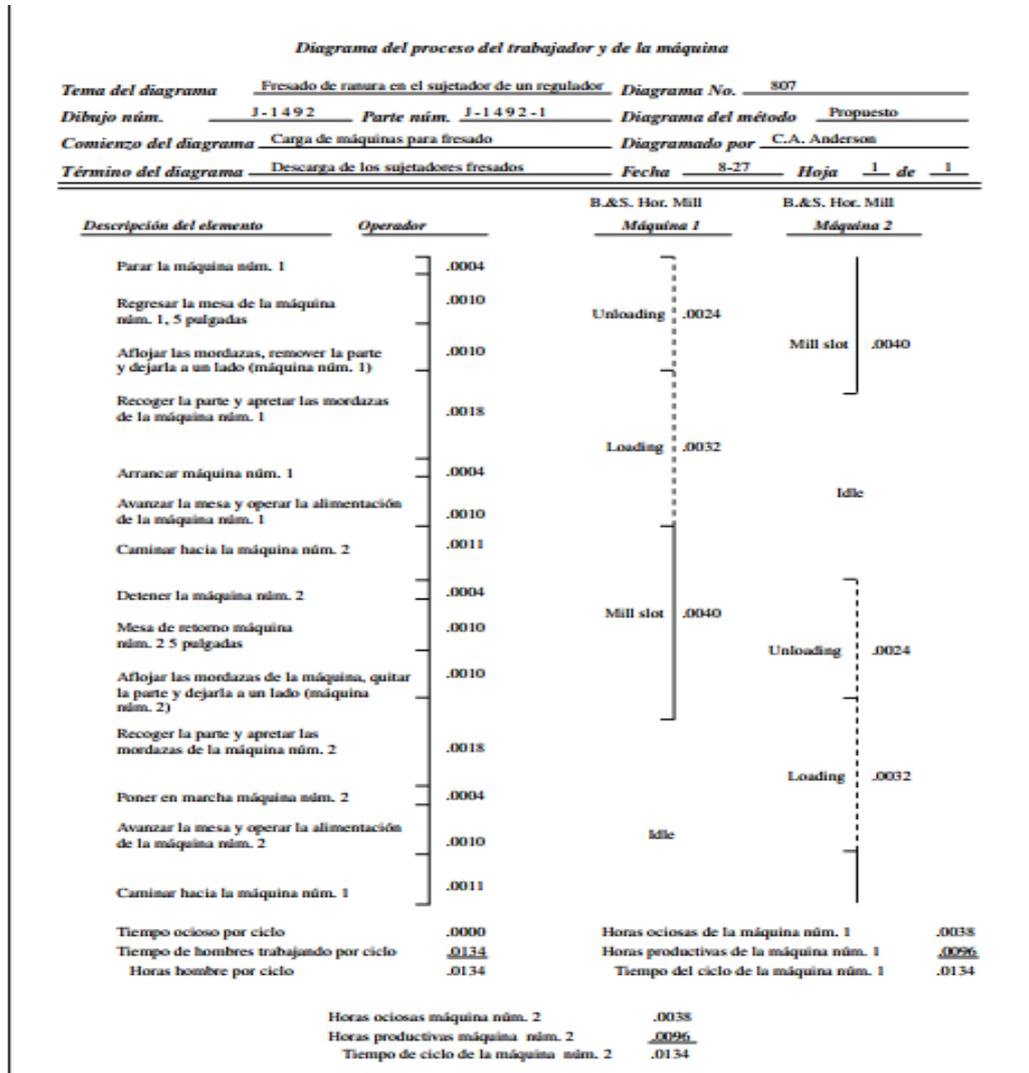


Figura 2.6 Modelo de diagrama de proceso Hombre- Máquina (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013)

El cuadro anterior muestra la relación de tiempo exacta entre el ciclo de trabajo de una persona y el de la máquina. Sirve para estudiar, analizar y mejorar una estación de trabajo y establecer un mejor balance del ciclo de trabajo. Frente a las máquinas herramientas automáticas o semiautomáticas, el operador está ocioso una parte del ciclo. La utilización de este tiempo ocioso puede incrementar el salario del trabajador y, mejorar la eficiencia de la producción.

“Los diagramas de proceso hombre-máquina, siempre se hacen a escala, entonces el analista elige la distancia en pulgadas que representa una unidad de tiempo, de manera que el diagrama sea claro. Mientras más largo sea el ciclo de la operación, más corta será la distancia por décimo de minuto” (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 40).

En la gráfica, el lado izquierdo muestra las operaciones y el tiempo que usa el trabajador; una línea continua vertical representa el tiempo de trabajo del empleado. Una discontinuidad en esta línea significa tiempo ocioso. A la derecha se colocan los tiempos de trabajo y ociosos de la máquina. Una línea continua bajo el nombre de cada máquina indica tiempo de operación y las discontinuidades designan tiempo ociosos de la máquina. Una línea punteada en la columna de un máquina señala tiempo de carga y descarga de la máquina, durante el cual no está ociosa ni tampoco productiva.

En la parte inferior del diagrama encontramos los tiempos totales de trabajo y ociosos, tanto del trabajador como de la máquina. El tiempo productivo más el tiempo ocioso del trabajador debe ser igual al tiempo productivo más el tiempo ocioso de cada máquina que opera. Es necesario tener valores de tiempo elementales exactos. Estos valores deben representar los tiempos estándar que incluyen las holguras aceptables por fatiga, retrasos inevitables y retrasos personas. El analista podrá recomendar un método sobre otro, sólo con haber considerado el costo total.

Al construir el diagrama, se debe identificarlo con un título y un a información adicional que incluye: número de parte, número de dibujo, descripción de la operación, método presente o propuesto, fecha y nombre de la persona que lo realiza.

### **Diagramas de proceso de grupo**

El diagrama de proceso de grupo, en cierto modo, es una adaptación del diagrama hombre-máquina. Ayuda a determinar el número más económico de máquinas que un

trabajador puede operar. No obstante, algunos procesos son de tal magnitud que se requieren varios trabajadores para operar una máquina con efectividad.

“El diagrama de proceso de grupo muestra la relación exacta entre los ciclos de operación y ociosos de la máquina y los tiempos de operación y ociosos por ciclo de los trabajadores que la atienden. El diagrama revela la posibilidad de mejoramiento si se reducen ambos tiempos ociosos” (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 41).

### **Relaciones cuantitativas entre herramientas, trabajador y máquina**

Ha sido una preocupación constante cómo determinar si un mismo operario puede operar varias máquinas o, por lo contrario, conocer el número conveniente de operarios que deben manejar una máquina compleja. Para estudiar esta situación se establece que la relación hombre-máquina se pueda dar entre estos tres tipos:

- 1) Servicio sincronizado,
- 2) Servicio completamente aleatorio y
- 3) Combinación de servicio sincronizado y aleatorio.

#### **Servicio sincronizado**

A continuación se presenta como resuelve matemáticamente Niebel, Freivalds y Gonzales, la manera de asignar más de una máquina a un operario para obtener la situación ideal en la que tanto el trabajador como la máquina están ocupados durante todo el ciclo. De trabajo. Esos casos ideales se conocen como servicio sincronizado y el número de máquinas asignadas se puede calcular utilizando la siguiente fórmula.

$$n = \frac{l+m}{l} \quad \text{Fórmula 2.1 cálculo de número de máquinas}$$

Donde:  $n$  = número de máquinas asignadas al operario  
 $l$  = tiempo total de carga y descarga (servicio) del operario por máquina  
 $m$  = tiempo total de operación de la máquina (alimentación automática)

Por ejemplo, suponga un tiempo de ciclo total de cuatro minutos para procesar un producto medido desde el inicio de la descarga del producto terminado anterior hasta el final del tiempo de ciclo de la máquina. El servicio del operario, que incluye la descarga del producto terminado y la carga de materia prima, es un minuto, mientras que el tiempo de ciclo de la máquina automática es tres minutos. El resultado del servicio sincronizado sería la asignación de:

$$n = \frac{1 + 3}{1} = 4 \text{ maquinas}$$

En una gráfica, esta asignación aparecería cuando el operario se mueve a la segunda máquina una vez que sirvió a la primera. Para el momento en que sirve la cuarta máquina, el operario debe regresar a la primera para darle servicio, puesto que ha terminado el ciclo de la primera máquina automática.

Si se aumenta el número de máquinas, ocurre interferencia de máquinas y se tiene una situación en la que una o más instalaciones no se utilizan durante una parte del ciclo de trabajo. Si se reduce a algún número menor que cuatro, entonces el operario estará ocioso una parte del ciclo. En esos casos, el costo total mínimo por pieza representa el criterio de la operación óptima.

Para establecer el mejor método, el analista debe evaluar el costo de cada máquina ociosa y el salario por hora de cada operario. Las técnicas cuantitativas pueden determinar el mejor arreglo. El procedimiento es primero estimar el número de máquinas que deben asignarse a un operario en condiciones realistas estableciendo el número entero más pequeño a partir de la siguiente ecuación:

$$n_l \leq \frac{l+m}{l+w} \quad \text{Fórmula 2.2 cálculo de tiempo muerto}$$

Donde:

$n_l$  = número entero menor

$w$  = tiempo total del operario (sin interactuar directamente con la máquina, como el caminar hacia la otra máquina)

El tiempo de ciclo cuando el operario da servicio a  $n_1$  máquinas es  $1 + m$ , ya que en este caso, el trabajador no está ocupado todo el ciclo, pero las instalaciones sí lo están.

Una vez obtenido  $n_1$ , se puede calcular el costo total esperado (CTE) como sigue:

$$CTE_{n_1} = \frac{K_1(l + m) + N_1K_2(l + m)}{n_1}$$

$$= \frac{(l+m)(K_1+N_1K_2)}{n_1} \quad \text{Fórmula 2.3 cálculo de costo total esperado}$$

Donde:

CTE = costo total esperado en dólares por unidad de producción para una máquina

$K_1$  = salario del operario, en dólares por unidad de tiempo

$K_2$  = costo de máquina, en dólares por unidad de tiempo.

Después de calcular este costo, debe calcularse un costo para  $n_1 + 1$  máquinas asignadas a un trabajador. En este caso el tiempo de ciclo depende del ciclo de trabajo del operario, ya que existe tiempo ocioso de la máquina.

### Servicio aleatorio

Las situaciones de servicio aleatorio son los casos en los que no se sabe en qué momento necesita atención la instalación o cuánto tiempo dura el servicio. Es común que se conozcan o se puedan calcular los valores medios con estos promedios, las leyes de probabilidad son una técnica útil para determinar el número de máquinas que deben asignarse a un operario.

Los términos sucesivos de la expansión binomial dan una aproximación útil de la probabilidad de que se descompongan 0, 1, 2, 3, n máquinas (donde n es relativamente pequeño), suponiendo que cada máquina se descompone de manera aleatoria durante el día y que la probabilidad de descompostura es p y la probabilidad de que opere es q = (1 -p).

Cada término de la expansión binomial se puede expresar como la probabilidad de que se descompongan m máquinas (de n)

$$P(m \text{ de } n) = \frac{n!}{m!(n-m)!} p^m q^{n-m} \quad \text{Fórmula 2.4 cálculo de servicio aleatorio}$$

(Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 50)

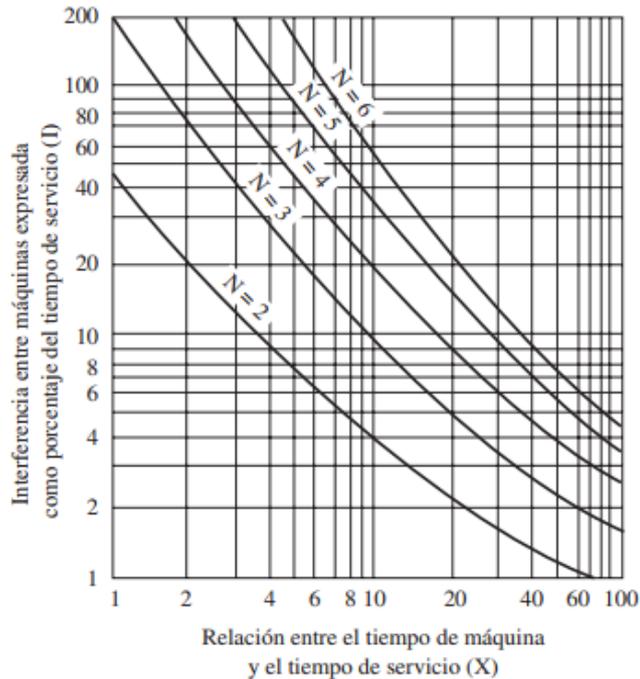
### **Relaciones complejas**

Quizá el tipo más común de relación hombre-máquina es una combinación de los servicios sincronizado y aleatorio. Conforme aumenta el número de máquinas, su relación con el operario se vuelve más compleja, la interferencia de máquinas y los tiempos de retraso se incrementa.

En la práctica, la interferencia de máquinas ocurre, en principio de 10 a 30% del tiempo total de trabajo, con extremos hasta 50%. Se ha desarrollado varios enfoques para manejar este tipo de situaciones.

“Uno de estos enfoques supone una carga de trabajo esperada para el operario basada en el número de máquinas asignadas y el tiempo medio de operación y el tiempo medio de servicio de las máquinas. Para hasta seis máquinas, se recomienda el uso de las curvas empíricas” (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 53).

Tabla 2.3 Curvas de Relaciones Complejas



(Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013).

Se puede observar en el gráfico las curvas empíricas que recomienda Niebel, Frievalds y Gonzales, donde la ordenada “I” representa la interferencia entre máquinas expresada como porcentaje del tiempo de servicio, y la abscisa “X” que representa la relación entre el tiempo de máquina y el tiempo de servicio, teniendo “N” como el número de máquinas asignadas al trabajador.

### Balanceo de líneas

El problema referente a determinar el número ideal de trabajadores que deben asignarse a una línea de producción es análogo al de determinar el número de operarios asignados a una estación de trabajo; el diagrama de proceso de grupo resuelve ambos problemas.

Quizá la situación más elemental de balanceo de líneas que surge con frecuencia es aquella en la que varios operarios, cada uno realizando operaciones consecutivas, trabajan como una unidad.

En este caso, la tasa de producción depende del operario más lento. Para entender de mejor manera se cita un ejemplo propuesto por Niebel, Freivalds y Gonzales:

Se supone que se tiene una línea de cinco trabajadores que ensamblan monturas de hule fijadas con adhesivo antes del proceso de curado. Las asignaciones de trabajo específicas pueden ser las siguientes:

Operario 1.- 0,52 minutos - Operario 2.- 0,48 minutos - Operario 3.- 0,65 minutos - Operario 4.- 0,41 minutos - Operario 5.- 0,55 minutos.

A continuación, se elabora un cuadro para presentar los tiempos de cada trabajador con la diferencia entre cada uno de ellos. El operario 3 establece el paso, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 2.4 Ejemplo de tiempos de operarios

Operario	Minutos estándar para realizar la operación	Tiempo de espera según el operario más lento	Minutos estándar permitidos
1	0,52	0,13	0,65
2	0,48	0,17	0,65
3	0,65	--	0,65
4	0,41	0,24	0,65
5	0,55	0,10	0,65
Totales	2,61		3,25

(Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013)

La eficiencia de esta línea se puede calcular como la razón de los minutos estándares reales totales entre los minutos estándares permitidos totales, es decir:

$$E = \frac{\sum ME}{\sum MP} \times 100 = \frac{2,61}{3,25} \times 100 = 80\% \quad \text{Formula 2.5 Calculo de eficiencias de líneas.}$$

Donde: E = eficiencia  
 ME = minutos estándar por operación  
 MP = minutos estándar permitidos por operación.

En situaciones de la vida real similares a este ejemplo, existe la oportunidad de obtener ahorros significativos. Si un analista puede ahorrar 0.10 minutos para el operario 3, el ahorro neto por ciclo no será 0.10 minutos, sino  $0.10 \times 5$ , o sea, 0,50 minutos.

“Sólo en las situaciones más inusuales la línea tendrá un balance perfecto: es decir, en la que los minutos estándar para realizar cada operación son idénticos para cada miembro del equipo. Los minutos estándar para realizar una operación en realidad no constituyen un estándar. Lo es sólo para el individuo que lo establece” (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 57).

## ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS BÁSICOS

La eficiencia de cualquier método estándar, depende de que se emplee exclusivamente movimientos básicos.

Según García, fueron Frank B. Gilbreth, con su esposa Lillian, los iniciadores de esta técnica de análisis de movimientos básicos (“therblig”). Definieron todos los movimientos necesarios para realizar cualquier tarea, teniendo en cuenta la posibilidad de mejorar la operación eliminando los movimientos superfluos para lograr la máxima eficiencia.

## LOS MOVIMIENTOS BÁSICOS DE GILBRETH

Tabla 2.5 Movimientos básicos de Gilbreth

MOVIMIENTOS	SÍMBOLO	
		PRODUCTIVOS
Alcanzar	A	Mover la mano hacia un destino o lugar general
Mover	M	Transportar un objeto a un destino
Coger	C	Conseguir suficiente control sobre un objeto con los dedos de la mano
Posicionar	P	Alinear, orientar y montar un objeto en otro

Desmontar	D	Romper el contacto entre dos objetos
Soltar	SC	Abandonar el control que los dedos de la mano ejercen sobre un objeto
Examinar	E	Identificar o inspeccionar un objeto empleando cualquier sentido
Hacer	H	Efectuar total o parcialmente los fines de la operación
		RETARDANTES
Cambiar dirección	CD	Cambiar la línea o plano a través del cual se realiza un A o un M
Posición previa	PP	Preparar el objeto transportado para el elemento básico siguiente
Buscar	B	Localizar cualquier objeto
Seleccionar	SE	Escoger entre varios objetos
Planear	PL	Retraso o vacilación para decidir el método a seguir
Retraso nivelador	RN	Una parte del cuerpo se retrasa por la lentitud de la obra con la que se debe realizar una operación simultánea
		IMPRODUCTIVOS
Sostener	S	Mantener con la mano un control estético sobre un objeto mientras se ejecuta un trabajo en él
Retraso evitable	RE	Atribuible a la desidia o pereza del trabajador
Retraso inevitable	RI	Atribuible al método
Retraso por fatiga	F	Descanso para vencer la fatiga

(García Criollo, 2005)

“Posteriormente se establecieron los tiempos mínimos para su ejecución. “La ventaja de estas herramientas es que permiten analizar simultáneamente el método y el tiempo de ejecución y así seleccionar la alternativa que en cuanto a tiempo, es más recomendable implantar. A esta técnica se le denomina de “tiempos predeterminados”(García Criollo, 2005, pág. 82).

## **Principios de economía de movimientos**

“Además de la división básica de movimientos, Gilbreth y luego Ralph Barnes, desarrollaron unos principios de economía de movimientos. Estos son aplicables a cualquier tipo de trabajo y se agrupan en tres divisiones básicas: aplicación y uso del cuerpo humano, arreglo del área de trabajo y diseño de herramientas y equipo” (Balseca, Vilca, & Viracocha, 2011).

### **Aplicación y uso del cuerpo humano**

De acuerdo con García, estas son algunas de las recomendaciones de Gilbreth, y que se deben tomar en cuenta dentro de los procesos de trabajo para una mejor utilización del cuerpo:

1 Las dos manos deben empezar y terminar sus movimientos al mismo tiempo y no deben estar simultáneamente ociosas, excepto en períodos de descanso.

2 Los movimientos de los brazos deben hacerse de manera simultánea en direcciones opuestas y simétricas.

3 Los movimientos de las manos deben ser confinados a su rango más bajo, pero sin perjudicar la eficiencia del trabajo realizado.

4 El trabajador debe aprovechar en cuanto sea posible, el impulso que pudiera traer el material sobre el que trabaja, evitando comunicárselo o retirárselo con el esfuerzo muscular propio.

5 Se debe preferir los movimientos suaves y continuos de las manos, nunca en zigzag o en líneas rectas con cambios bruscos de dirección.

6 Los movimientos libres son más fáciles, rápidos y precisos que los rígidos, fijos o controlados. El ritmo es esencial para realizar una operación manual de manera suave o automática (García Criollo, 2005, pág. 86).

### **Arreglo del área de trabajo, herramientas y equipo**

“Es imprescindible que se cuente con un lugar fijo y determinado para todas las herramientas, materiales y controles: localizados frente al operador y lo más cerca posible” (García Criollo, Métodos y medición del trabajo, 2005).

Las cajas y depósitos que reciben material por gravedad deben estar adaptados para entregarlo cerca y frente del operador. El material terminado debe retirarse mediante el empleo de la fuerza de gravedad. “Los materiales y las herramientas deben colocarse de manera que permitan una sucesión continua de movimientos. De ser el caso, debe proveerse a cada empleado de una silla cuyo tipo y altura permitan tomar una correcta postura” (García Criollo, 2005, pág. 88).

Si usamos guías, sostenes o pedales, las manos quedan libres para que realicen más trabajo productivo, Debemos buscar que dos o más herramientas se combinen en una y que, junto con los materiales, queden en posición de ser utilizadas fácilmente. Por ello, desarmadores grandes y manivelas, deben diseñarse para permitir que la mano entre en contacto, lo más posible, con la superficie, permitiendo ejercer fuerza.

### **Las cinco clases generales de movimientos**

Es conveniente relacionar las zonas de trabajo normales y máximas con las siguientes clases de movimientos:

1. Movimientos en los que sólo se emplean los dedos de la mano
2. Movimientos en los que sólo se emplean los dedos y la muñeca
3. Movimientos en los que sólo se emplean los dedos, la muñeca y el antebrazo
4. Movimientos en los que sólo se emplean los dedos, la muñeca, el antebrazo y el brazo
5. Movimientos en los que sólo se emplean los dedos, la muñeca, el antebrazo, el brazo y el cuerpo.

(García Criollo, 2005, pág. 89).

Mayores ventajas se conseguirán cuando una operación se efectúe con las tres primeras clases de movimientos.

### **Hoja para verificar la economía de movimientos y reducir la fatiga**

Mejores y más fáciles métodos de trabajo, responden a las preguntas:

1. ¿Están balanceados los movimientos?
2. ¿Se encuentran las herramientas y los materiales cerca y enfrente del operador?
3. ¿Hay un lugar fijo para cada herramienta?
4. ¿Se entregan los materiales cerca de su punto de uso, por medio de la gravedad?
5. ¿Están los materiales y herramientas en posición previa a su uso?
6. ¿Se retira el material terminado por medio de la gravedad?
7. ¿Existen aditamentos que liberen las manos de sostener las herramientas?
8. ¿Son rítmicos los movimientos del operador?
9. ¿Son suaves y continuos esos mismos movimientos?
10. ¿Está acondicionada el área de trabajo?
11. ¿Tiene el trabajador una silla adecuada?
12. ¿Hay luz y ventilación suficiente?

(García Criollo, 2005, pág. 92)

### **Análisis de valía**

El análisis de valía o evaluación técnica, es un acercamiento sistemático a la reducción de los costes, durante el cual las piezas, los materiales y los trabajos de fabricación son examinados para determinar su valor para el producto. Constituye un ataque sistemático a los costes de los componentes.

La expresión “valía”, se define como el costo más bajo para la función o componente, en consonancia con la calidad y rendimientos requeridos. La diferencia principal entre

el análisis de valía y la reducción de los costos corrientes es que hace hincapié en la función. “Cuando las funciones de un componente son claramente entendidas, la puerta está abierta para lograr economías mediante el descubrimiento de otros métodos para ejecutarlos”(García Criollo, 2005, pág. 122).

El objeto principal del análisis de valía es conseguir un rendimiento de igual o mejor calidad a menor costo, sin sacrificar la seguridad del trabajador lo cual resulta provechoso tanto para las pequeñas empresas como para las grandes empresas.

### **Plan de acción**

Realizar un análisis de valía es determinar qué es lo que tiene que hacer el producto y qué es lo que realmente necesita o desea de él, el cliente: inventariar las características de tamaño, peso, aspecto, durabilidad, acompañando costes, cantidades, dibujos, especificaciones, métodos de fabricación, muestras de las piezas y conjuntos, garantizará la valía del producto.

El proyectista y el analizador de valía, necesitan estar perfectamente de acuerdo en las razones para proyectar el producto y calcular el valor monetario de cada idea presentada. El analizador debe eliminar o reducir al mínimo las objeciones a las ideas expuestas que ofrecen el mayor valor monetario.

### **Realización del programa**

Ante cualquier método distinto, surgen dificultades. Pero, con el apoyo de la administración, todo camino hacia la economía debe ser evaluado y esa información técnica, debe ser confiada a la persona apropiada para que tome acciones en el momento oportuno.

Como podemos darnos cuenta, el análisis de valía vuelve a todos: ingenieros, proyectistas, vendedores, contadores, más conscientes de los costos y del significado de la valía. Es que un ataque sistemático al costo de un producto, resultará beneficioso a cualquier empresa.



## CAPÍTULO III

### MEDICIÓN DEL TRABAJO Y MEDICIÓN DEL TIEMPO

Investigar el contenido de una tarea, someter el esfuerzo humano al control del tiempo para estandarizar los procesos, es lo que se trata en este capítulo.

“La medición del trabajo es un método investigativo basado en la aplicación de diversas técnicas para determinar el contenido de una tarea definida fijando el tiempo que un trabajador calificado invierte en llevarla a cabo con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida” (García Criollo, 2005, pág. 177).

“El estudio del tiempo es el complemento necesario del estudio de métodos y movimientos. Consiste en determinar el tiempo que requiere un operario normal, calificado y entrenado, con herramientas apropiadas, trabajando a marcha normal y bajo condiciones ambientales normales, para desarrollar un trabajo o tarea” (Palacios Acero, 2009).

#### **Objetivos de la medición del trabajo**

Con la medición del trabajo, se satisface dos objetivos:

- Incrementar la eficiencia del trabajo.
- Proporcionar estándares de tiempo que sirvan de información a otros sistemas de la empresa, como el de costos, de programación de la producción, supervisión.

La necesidad de saber si se está empleando de manera eficiente el esfuerzo de los operadores, si cada una de las operaciones realizadas es ejecutada en el tiempo correcto, ha desarrollado esta herramienta de la administración, que permite tanto, controlar la eficiencia del trabajo, como, apoyar con bases la elaboración de programas de producción, sistemas de incentivos, etc.

## **Desarrollo del estudio de tiempo y relación con la simplificación del trabajo.**

Frederick W. Taylor introdujo en 1881, las bases del sistema actual de la medición del trabajo a través del análisis científico de cada una de las operaciones que integran un trabajo. El proceso analítico que él siguió, presenta el siguiente orden:

1. Análisis de todas las operaciones con objeto de eliminar aquellas que fueran innecesarias.
2. Determinación del mejor método de ejecución.
3. Estandarización de los métodos, materiales, herramientas, equipo y condiciones de trabajo.
4. Exacta determinación del tiempo que un operador calificado como normal, necesita para ejecutar un trabajo (García Criollo, 2005, pág. 178).

Con el fin de simplificar el trabajo se inicia con un análisis del mismo, lo que a su vez permitirá:

1. Eliminar todo trabajo innecesario
2. Combinar las operaciones o sus elementos.
3. Cambiar la secuencia de operaciones
4. Simplificar las operaciones.

Diferentes diagramas como: proceso de operaciones, proceso de flujo, el operador y su máquina y el bimanual, ayudan a este análisis, haciendo más visual el método usado para simplificarlo y proponer mejoras en base a cuadros comparativos que indican las ventajas obtenidas y así, aumentar su eficiencia.

## **Aplicación de la medición del trabajo**

Para comprender mejor el objetivo de la medición del trabajo, es necesario tener presente dos definiciones previas: medición del trabajo y tiempo estándar.

Medición del trabajo: “es la parte cuantitativa del estudio del trabajo, que indica el resultado del esfuerzo físico desarrollado en función del tiempo permitido a un

operador para terminar una tarea específica, siguiendo a un ritmo normal un método predeterminado” (García Criollo, 2005, pág. 179).

Es decir, el objetivo inmediato de la medición del trabajo es, determinar el tiempo estándar o sea, medir la cantidad de trabajo humano necesario para producir un artículo en términos de un tipo patrón que es el tiempo.

“Tiempo estándar: es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, mediante el empleo de un método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida, que desarrolla una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga” (García Criollo, 2005, pág. 179).

La determinación del tiempo estándar en un proceso productivo se aplica o sirve:

1. Para determinar el salario devengable por esa tarea específica, convirtiendo el tiempo en valor monetario.

2. Apoyar a la planeación de la producción: La producción y las ventas basadas en tiempos estándares, eliminan conjeturas o adivinanzas. La exactitud en la cantidad de artículos y la fecha de entrega, son base de una buena política de cualquier departamento de ventas.

3. Facilitar la supervisión: Los tiempos de producción permiten la coordinación de hombres, materiales, máquinas, herramientas y métodos para medir la eficiencia productiva de un departamento.

4. Es una herramienta que ayuda a establecer estándares de producción precisos y justos: Qué se puede producir en un día normal de trabajo y mejorar los estándares de calidad.

5. Ayudar a establecer las cargas del trabajo: Facilita la coordinación entre los obreros y las máquinas, proporcionando a la gerencia, bases para inversiones futuras en maquinaria y equipo.

6. Ayudar a formular un sistema de costos estándar: El tiempo estándar proporciona el costo de mano de obra directa por pieza.

7. Proporcionar costos estimados: El tiempo estándar de mano de obra, permite presupuestar el costo de artículos que se planea producir.

8. Proporcionar bases sólidas para establecer sistemas de incentivos y su control. Sitúa la empresa frente a la competencia, le permitirá aumentar su producción y reducir sus costos unitarios, lo que a su vez permite establecer políticas de incentivos a obreros, mejorando su nivel de vida.

9. Ayudar a entrenar a nuevos trabajadores: el tiempo estándar será el parámetro, que se utilizará para entrenar a los nuevos trabajadores.

Resumiendo, el tiempo estándar aplicado correctamente permite:

1- Reducir los costos: eliminado el trabajo improductivo y los tiempos ociosos, la razón de rapidez de producción es mayor, esto es, se produce mayor número de unidades en el mismo tiempo.

2- Mejorar las condiciones obreras: “los tiempos estándar permiten establecer sistemas de pago de salarios con incentivos, en los cuales los obreros, debido a que producen un número de unidades superiores a la cantidad obtenida a la velocidad normal, perciben una remuneración extra”(García Criollo, 2005, pág. 180).

### **La medición del trabajo como factor de eficiencia**

La eficiencia depende de los métodos de trabajo que se emplea y es el resultado de la velocidad de los movimientos que efectúe el trabajador.

El grado de rendimiento con que se realiza un trabajo, respecto a una norma preestablecida (tiempo tipo o estándar) constituye la eficiencia.

Un análisis de los factores relacionados con la eficiencia del trabajo, se presenta en el siguiente esquema:

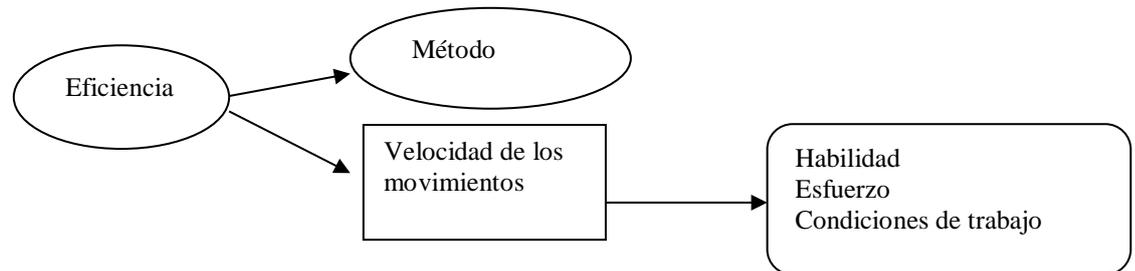


Figura 3.1 Factores de la eficiencia  
(García Criollo, 2005).

### Procedimiento para medir el trabajo:

En un estudio de tiempos es necesario diferenciar cinco fases: preparación, ejecución, evaluación, suplementos y tiempo estándar, dentro de las cuales, se desarrollan, a su vez, distintas actividades, a saber:

#### a). Preparación:

En esta fase, se selecciona la operación en estudio y al trabajador, por otra parte, la actitud frente al trabajador y se define el tipo de análisis de comprobación del método de trabajo

En cuanto a selección de la operación, es necesario determinar qué operación se va a medir. Su tiempo es una decisión que depende del objetivo general que se persigue con el estudio de medición. Se puede emplear los siguientes criterios para hacer la elección.

1. El orden de las operaciones según se presenten en el proceso.
2. La posibilidad de ahorro que se espera en la operación, relacionado con el costo anual de la operación que se calcula mediante la ecuación:

$$\text{Costo anual de la operación} = (\text{Actividad anual}) (\text{Tiempo de la operación}) (\text{Salario horario})$$

### 3. Según necesidades específicas.

Para la selección del trabajador, se puede considerar los siguientes aspectos:

Habilidad. - Elegir a un trabajador con habilidades promedio

Deseo de cooperar. - Nunca elegir un trabajador que se opone.

Temperamento. - No debe elegirse a un trabajador nervioso

Experiencia. - Es preferible elegir a un trabajador con experiencia

(García Criollo, 2005, pág. 186).

Respecto de la actitud del trabajador, se debe recordar que se está en un campo experimental, por tanto, un estudio de tiempos nunca debe hacerse en secreto, el operador responderá favorablemente si se le trata abierta y francamente, no discutiendo ni criticando su trabajo, por el contrario, solicitando su colaboración. Durante el proceso, se debe observar todas las políticas de la empresa y cuidar de no criticarlas ante el trabajador.

Refiriéndose al análisis de comprobación del método de trabajo, se debe tomar en cuenta que la estandarización del método de trabajo genera un aumento en la habilidad de ejecución del operador, lo cual mejora la calidad del trabajo y disminuye la supervisión personal y el número de inspecciones necesarias, lográndose una reducción de costos.

Se entiende por normalización de los métodos de trabajo, como explica García (2005), al procedimiento por medio del cual se fija en forma escrita una norma de trabajo para cada una de las operaciones que se realiza en una fábrica, especificando el lugar de trabajo y sus características, las máquinas y herramientas, los materiales, equipo de seguridad que se requiere para ejecutar la operación (por ejemplo: lentes, mascarillas, extintores, delantales, botas, etc.), los requisitos de calidad de dicha operación (tolerancias o acabado) y un análisis, mencionando la cantidad de movimientos de mano derecha y mano izquierda.

“Un Trabajo estandarizado o normalizado, significa que, una pieza de material será siempre entregada al operador en la misma condición y que él, será capaz de ejecutar

su operación a través de una cantidad definida de trabajo, con los movimientos básicos, mientras utilice el mismo equipo y bajo las mismas condiciones de trabajo” (García Criollo, 2005, pág. 187)

b). Ejecución:

Esta etapa sirve para obtener y registrar la información, descomponer la tarea en elementos, cronometrar y calcular el tiempo observado.

Es importante, dice García, (2005), que el analista registre toda la información pertinente obtenida mediante observación directa, en previsión de que sea menester consultar posteriormente el estudio de tiempos. Dicha información debe permitir: Identificar el estudio, identificar el proceso, el método, la instalación o la máquina, al operador, así como describir la duración del estudio.

Es necesario hacer un estudio sistemático del producto y del proceso para facilitar la producción y eliminar ineficiencias, es decir, un análisis de la operación. Para llevar a cabo este análisis, se debe considerar los siguientes diez puntos de estudio, aplicables a cualquier producto:

Objeto de la operación

Es imprescindible determinar si una operación es necesaria antes de tratar de mejorarla. Podemos aplicar el siguiente análisis, para determinar cuándo una operación es necesaria:

a) Una operación innecesaria aparece debido a la ejecución impropia de una operación anterior.

- ¿Puede eliminarse una operación mediante la mejora de una operación previa?
- ¿Puede eliminarse un defecto en el producto si se modifica alguna operación, antes de añadir una nueva?

b) Una operación innecesaria puede aparecer debido al proceso de búsqueda de mejoras en operaciones posteriores?

- ¿Puede un cambio en el ensamble eliminar la necesidad de una operación anterior?
- ¿Es justificada una operación adicional por economías que generarán una operación subsecuente?

c) Una operación innecesaria puede aparecer debido a la opinión de que el producto tendría mayor demanda en el mercado.

- ¿Es justificado el costo adicional de una operación que modifique la apariencia para estimular mayores ventas?
- ¿Puede retenerse la capacidad de venta sin operaciones adicionales?

d) Una operación innecesaria puede aparecer debido al uso de herramientas y equipos inadecuados.

- ¿Mejorando la herramienta, puede eliminarse una operación?
- ¿Puede un proveedor hacer la operación con mayor economía?

Diseño de la pieza

“El diseño de los productos utilizados en un departamento es importante para determinar en qué medida un producto satisfará las necesidades del cliente. Los diseños no son permanentes y pueden ser cambiados, con el objeto de reducir costos de manufactura sin afectar la utilidad del producto” (García Criollo, 2005, pág. 188).

Existen cuatro formas principales de mejorar un diseño:

1. Empezar con un material mejor

¿Debe ser fundido o soldado? ¿Troquelado o embutido?

2. Unir mejor las piezas

¿Puede usarse soldadura de arco o de puntos? ¿Soldarlas con oxiacetileno?  
¿Remacharlas o engraparlas?

3. Facilitar el maquinado

Si se hace un rebaje, ¿se puede facilitar la apertura de la cuerda? ¿Puede el rediseño reducir el maquinado? ¿Puede el rediseño evitar las dificultades en el taladro?

4. Simplificar el diseño

¿Se puede combinar algunas piezas? ¿Reducir el número de partes? ¿Se puede usar diseños estándar?

### Tolerancias y especificaciones

Las especificaciones se establecen para mantener la calidad. Las tolerancias y especificaciones nunca deben ser aceptadas a simple vista. Una investigación puede revelar que una tolerancia estricta es innecesaria o, por el contrario, una muy rigurosa puede facilitar operaciones subsecuentes de ensamble.

En necesario investigar las tolerancias y especificaciones en estas tres formas:

1. Las tolerancias y especificaciones deben ser correctas:

- a) ¿Es absolutamente necesaria esta tolerancia tan estricta?

b) ¿Pueden deberse los costos de ensamble a especificaciones rigurosas?

c) ¿Están definidas claramente todas las especificaciones en términos mensuales?

2. Corregir la causa de un rechazo cuando éste ocurre, desde un principio:

a) ¿Debe establecerse la inspección de la primera pieza?

b) ¿Debe establecerse la inspección periódica?

c) ¿Debe el operador comprobar su propio trabajo?

d) ¿Deben instalarse controles automáticos en las máquinas?

e) ¿Deben mejorarse las herramientas, patrones y aditamentos?

f) ¿Deben comprobarse el conocimiento y condiciones del trabajo?

3 Mejorar la eficiencia de operaciones de inspección:

a) ¿Facilitarán la inspección aditamentos bien diseñados?

b) ¿Pueden efectuarse pruebas en la línea de producción?

c) ¿Puede efectuarse una prueba como parte de una operación productiva? (García Criollo, 2005, pág. 190)

## Material

Los materiales constituyen un alto porcentaje del costo total del producto. Su selección y uso apropiado es de suma importancia; da al cliente un producto terminado más satisfactorio, contrae los costos por desperdicio y permite vender el producto a un precio menor.

El análisis de materiales puede estudiarse desde varios ángulos:

1. Seleccionar el material que reúna los requisitos que exige el servicio a que está sujeto y que sea el más barato y se pueda procesar económicamente:

a) ¿Proporciona el material los servicios requeridos?

b) ¿Es el material menos costoso?

c) ¿Es económico de procesar?

2. Seleccionar el material que sea económico en tamaño y condición:

a) ¿Es el material económico en tamaño?

b) ¿Está el material en condiciones apropiadas?

3. Usar el material de manera más eficiente

a) Reducir el desperdicio al mínimo.

b) Seleccionar y recuperar desperdicios.

4. Hacer mejor uso de herramientas y accesorio

a) Usar las partes no gastadas de herramientas cuando se localiza el desgaste.

b) Reparar las herramientas rotas.

c) Fomentar el complemento y uso de aditamentos.

#### Proceso de manufactura

Existen varias formas de producir una pieza. Investigar de manera sistemática los procesos de manufactura hará que se presenten métodos eficientes.

1. Si se cambia una operación es necesario considerar su efecto en otras operaciones:

a) La reducción del costo de una operación, ¿no generará un costo mayor en otros?

b) Si se cambia el orden de operaciones, ¿se reducirá el costo?

2. Si la operación es manual, tratar de hacerla mecánica:

a) ¿Puede hacerse en máquina un trabajo manual pesado?

b) ¿Pueden mecanizarse operaciones lentas?

3. Si la operación se hace mecánicamente, tratar de usar una máquina más eficiente:

a) ¿Puede usarse un método más eficiente de maquinado?

b) ¿Puede hacerse la operación con más rapidez en otro tipo de máquina?

4. Si la operación se efectúa en la máquina adecuada, tratar de operarla más eficientemente:

a) ¿Puede hacerse, la operación, más automática?

b) ¿Puede la máquina ser operada con más efectividad?

(García Criollo, 2005, pág. 190)

#### Preparación de herramientas y patrones

En trabajos de alta actividad es importante reducir los tiempos unitarios de producción mediante planificación, en la que se determina la magnitud de los aditamentos y patrones y el número de piezas que se van a producir:

Una alta actividad justifica utensilios especiales, debido a que el costo de los mismos se prorroga entre el número de unidades. En trabajos de baja actividad, sólo se justifican aditamentos y patrones especiales que sean imprescindibles.

Para desarrollar mejores métodos se deben investigar la preparación y utensilios en estas cuatro formas:

1. Reducir el tiempo para hacer una preparación empleando una mejor planeación
2. Diseñar la preparación para utilizar completamente la capacidad de la máquina
3. Desarrollar mejores utensilios de trabajo
4. Desarrollar mejores métodos para fijar el trabajo.

(García Criollo, 2005, pág. 191)

### Condiciones de trabajo

Las condiciones de trabajo afectan de manera directa al operador. Las buenas condiciones se reflejan en salud, producción total, calidad del trabajo y moral del operador.

Pequeños detalles, como fuentes de agua potable, reducción de riesgos de trabajo, mejoras en el alumbrado, temperatura y ventilación, reducción de la fatiga, proporcionándole comodidad, mantienen al operador en condiciones de guardar el debido interés y cuidado por su trabajo.

### Manejo de materiales

La elaboración de cualquier producto requiere que sus elementos componentes sean movidos. Este movimiento debe ser analizado para hacerlo de un modo eficiente, pues añade costo al producto terminado, por razón del tiempo y de la mano de obra empleados. La pieza menos manejada o movida, reduce el costo de producción.

Es conveniente, entonces:

1. Reducir el tiempo y gasto de material.
2. Reducir el manejo manual a través del equipo mecánico.
3. Utilizar mejor las instalaciones de manejo existentes.
4. Manejar el material con mayor cuidado (García Criollo, 2005, pág. 191).

### Distribución de máquinas y equipos

Las estaciones de trabajo y las máquinas deben disponerse de tal forma que las operaciones de fabricación de un producto, sea más eficiente y con un mínimo de manejo.

Un cambio en la planificación sólo puede admitirse después de un estudio cuidadoso de los factores implicados

La producción puede darse en línea recta, diversificada u operación en múltiples máquinas. En todos los casos, el material debe alojarse en posición conveniente que permita movimientos cortos; agrupado alrededor del operador, reduciendo al mínimo la búsqueda o el manejo de materiales. Los centros de servicio deben estar ubicados cerca de las áreas de producción y ser de fácil acceso.

#### Principios de economía de movimientos

Una de las fuentes de mayores gastos inútiles es la presencia de movimientos innecesarios. La localización de piezas en el área de trabajo y definición de los movimientos requeridos para hacer una tarea, generan mejoras importantes. Este desperdicio puede evitarse aplicando los principios de economía de movimientos.

#### c) Valoración:

Una vez que se ha cronometrado, se puede establecer el ritmo normal del trabajador promedio, estableciendo las técnicas de valoración que permita el cálculo del tiempo base o valorado

#### d) Suplementos:

En este proceso de observación, se podrá ejecutar un análisis de demora, un estudio de fatiga y el cálculo de suplementos y sus tolerancias

#### e) Tiempo estándar:

“Finalmente, establecidos los posibles errores de tiempo estándar, se calcula la frecuencia de los elementos, con determinación de tiempos de interferencia y cálculo de tiempo estándar” (García Criollo, 2005, pág. 185).

## División de la operación en elementos

Se conoce como elemento “una parte esencial y definida de una actividad o tarea determinada, compuesta por uno o más movimientos fundamentales del operador y de los movimientos de una máquina o las fases de un proceso seleccionado para fines de observación y cronometraje” (García Criollo, 2005, pág. 193).

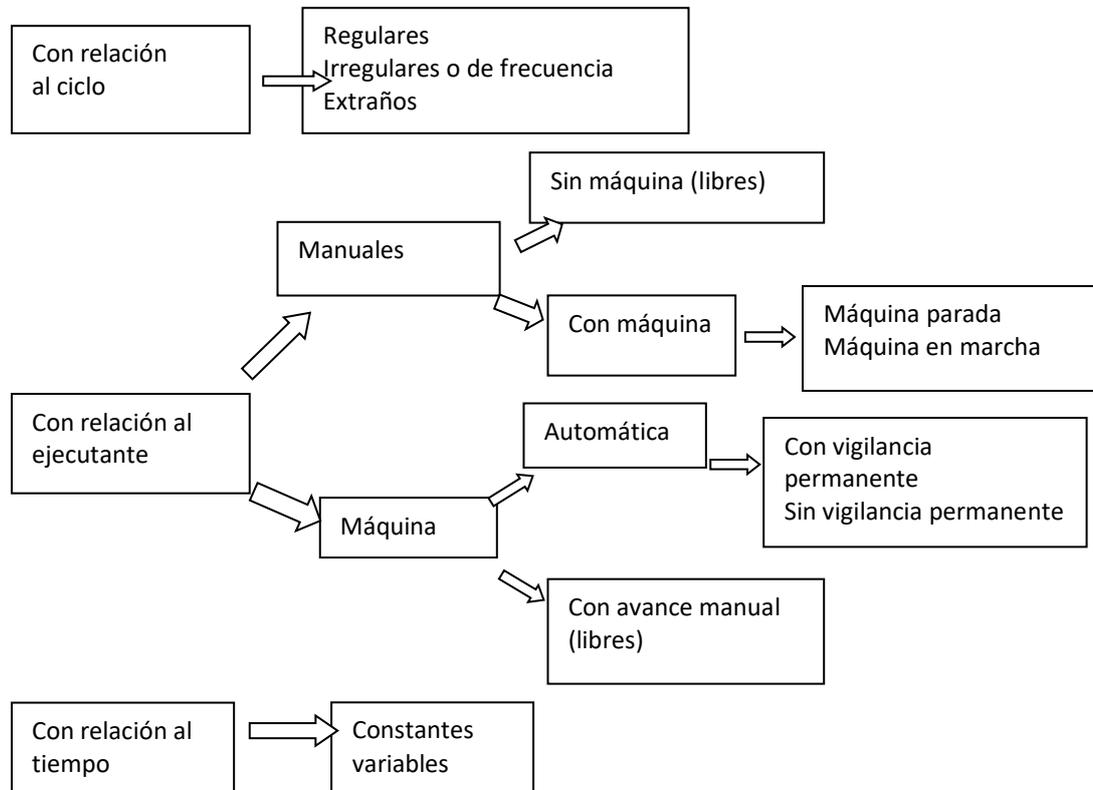


Figura 3.2 Clasificación de los elementos con relación al ciclo, al ejecutante y al tiempo. (García Criollo, 2005)

## Reglas para seleccionar los elementos

- a) Deben ser de fácil identificación: inicio y término claramente definidos. Pueden ser reconocidos por medio de luz o sonido; ejemplo: cuando se enciende una luz, se inicia o termina un movimiento básico.
- b) Deben ser lo más breves posible. Una unidad generalmente aceptada es de 0,04 minutos.

c) Se deben diferenciar los elementos manuales de los mecánicos. En los manuales, el operador puede reducir el tiempo de ejecución, según su interés y habilidad; los tiempos máquina son totalmente ajenos al operador, puesto que dependen de la velocidad, avances, etc. que se haya señalado.

d) Es necesario separar los elementos manuales a máquina parada, de los de máquina en marcha. Los primeros pueden reducir el ciclo del trabajo de la actividad desarrollada por el operador.

Los de máquina no influyen en el ciclo, pero intervienen en la saturación del operador.

### **Clases de elementos**

Varios criterios nos ayudan a clasificarlos:

- ✓ En relación con el ciclo se tiene:
  - a) Elementos regulares o repetitivos: aparecen una vez en cada ciclo de trabajo: poner y quitar piezas en la máquina.
  - b) Elementos casuales o irregulares: no aparecen en cada ciclo del trabajo, sino a intervalos regulares o irregulares. Por ejemplo: regular la tensión, recibir instrucciones del supervisor.
  - c) Elementos extraños: ajenos al ciclo de trabajo, se consideran para tratar de eliminarlos. Ejemplo: averías en las máquinas, desengrasar una pieza no acabada de trabajar a máquina, etc.
- ✓ En relación con el ejecutante, se clasifican en:
  1. Elementos manuales: realizados por el operador:

**A.** Manuales sin máquina: denominados libres porque su duración depende de la actividad del operador, se llevan a cabo con independencia de toda máquina. Se designa por C1.

**B.** Manuales con máquina:

a) Con máquina parada, como el quitar o poner una pieza. Se designa por C1

b) Con máquina en marcha, lo efectúa el operador, mientras trabaja la máquina automáticamente. Aunque no interviene en la duración del ciclo, interesa considerarlo porque forman parte de la saturación del operador. Se designa por C2

2. Elementos de máquina. Realizados por la máquina; pueden ser:

**A.** De máquina con automático y, por lo tanto, sin intervención del operador. Se designa por Tm. Se presentan dos casos:

a) Que sea necesaria la vigilancia, y, entonces, el elemento C2 es de la misma duración que Tm.

b) Que no sea necesaria la vigilancia del operador, como en los tornos automáticos.

**B.** De máquina con avance manual: la máquina trabaja controlada por el operador, como taladros y troqueladoras con avance manual, por lo que el trabajo debe considerarse como libre con elementos Tm y C2, correspondientes al operador.

✓ En relación con el tiempo se clasifican en:

1. Elementos constantes: cuyo tiempo de ejecución es siempre igual; por ejemplo, encender la luz, verificar la pieza, atornillar y apretar una tuerca.

2. Elementos variables: su tiempo depende de una o diversas variables como dimensiones, peso, calidad; por ejemplo: aserrar maderas a mano (el tiempo

varía según la dureza y el diámetro); barrer el piso (depende de la superficie); llevar una carretilla con piezas a otro departamento (depende de la distancia); pintar una habitación (dependen de la superficie, clase de pintura, tipo de brocha, etc.)(García Criollo, 2005), pág. 195.

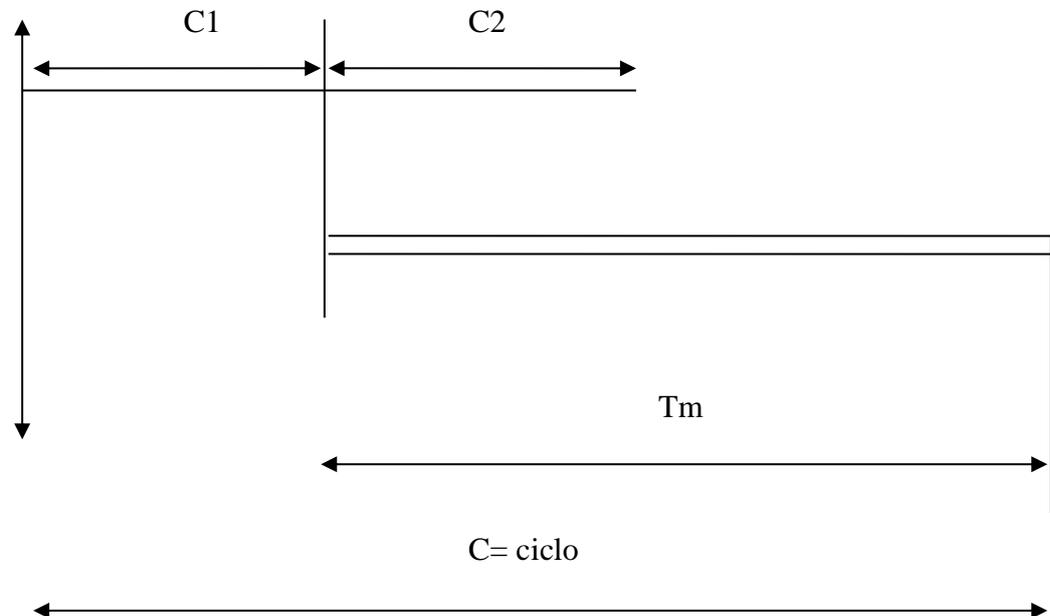


Figura 3.3 Composición de los ciclos de trabajo  
(García Criollo, 2005)

### Medición del tiempo

“Una vez que se ha registrado toda la información general y la referente al método normalizado de trabajo, la siguiente fase consiste en medir el tiempo de la operación, tarea a la que comúnmente se le llama *cronometraje*”(García Criollo, 2005, pág. 195).

Entre los objetivos o razones que hacen necesario tener estimaciones de tiempo siguiendo el criterio de Palacios (2009), se puede mencionar las siguientes:

- Servir de base para determinar el costo de manufactura, las compañías deben cotizar un precio competitivo.
- Determinar la carga apropiada para las máquinas y las personas, estableciendo un programa de fabricación.

- Medir el rendimiento de las máquinas y los operarios, evitando tiempos ociosos de máquinas y operarios.
- Establecer el ciclo de producción para cumplir las fechas de embarque del cliente.
- Realizar mantenimiento de equipos, instalaciones, orden y aseo de las plantas
- Planear las necesidades de equipo, mano de obra, (horas-hombre y horas-máquina) y materias primas.
- Pagar según un plan de incentivos

### **Técnicas de medición del trabajo**

Las principales técnicas que se emplea para medir el trabajo son las siguientes:

- Por estimación de datos históricos
- Estudio de tiempo con cronómetro
- Por descomposición en micro movimientos de tiempos predeterminados
- Método de las observaciones instantáneas (muestreo de trabajo)
- Datos estándar y fórmulas de tiempo.

“El objetivo final de la medida del trabajo es obtener el tiempo tipo estándar de la operación o proceso objeto de estudio”(García Criollo, 2005, pág. 184), un “tiempo” que reúne las características de persona, descanso o fatiga y suplementarios.

Con el método de registros históricos, los estándares de producción se basan en los registros de trabajos similares, realizados con anterioridad.

Esta técnica informa cuánto tiempo llevó en realidad hacer el trabajo, pero no cuánto debió haber tardado. Como los operarios desean justificar su día completo, algunos

trabajadores incluyen retrasos personales, inevitables y evitables en un grado mucho mayor que lo que deben y otros no incluyen las cargas adecuadas de tiempo de retraso.

Estos registros proporcionan resultados más confiables que las estimaciones basadas sólo en el juicio, pero no proveen suficiente validez para asegurar costos de mano de obra equitativos y competitivos (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 373).

Cualquiera de las técnicas de medición del trabajo: estudio de tiempos con cronómetro, datos de movimientos fundamentales, datos estándar, fórmulas de tiempo o estudios de muestreo de trabajo, representan mejores caminos para establecer estándares de producción justos.

Estas técnicas se basan en hechos. Todas establecen estándares de tiempo permitido para realizar una tarea dada, con los suplementos de fatiga y por retrasos personales y retrasos inevitables.

Los estándares de tiempo establecidos con precisión hacen posible producir más en una planta dada, e incrementan la eficiencia del equipo y el personal operativo. Los estándares mal establecidos, aunque mejor que no tener estándares, conducen a costos altos, disentimientos del personal y quizá, fallas de toda la empresa. “Los estándares acertados pueden significar la diferencia entre el éxito y el fracaso de un negocio” (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 374).

### **Estudio de tiempos con cronómetro**

Los primeros cronómetros fueron inventados en Francia, alrededor de la mitad del siglo XVIII y fueron desarrollados en Inglaterra, algunos años después. Frederick Winslow Taylor realizó, a principios del siglo XX, los primeros estudios de tiempos de trabajo formales y en modernos aparatos electrónicos inventados para medirlo de la forma más precisa.

En la actualidad se usan dos tipos de cronómetros: 1) el cronómetro tradicional con décimos de minuto (0,01) y 2) el cronómetro electrónico mucho más práctico.

“Los cronómetros electrónicos proporcionan una resolución de 0.001 segundos y una exactitud de +/- 0.002%. Permiten tomar el tiempo de cualquier número de elementos individuales, mientras sigue contando el tiempo total transcurrido. Entonces, proporciona tanto tiempos continuos como regresos a cero” (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 377).

El estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, en base a un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

Un estudio de tiempos con cronómetro se lleva a cabo cuando:

1. Se va a ejecutar una nueva operación, actividad o tarea
2. Se presenta quejas de los trabajadores o de sus representantes sobre el tiempo que insume una operación.
3. Surgen demoras causadas por una operación lenta que ocasiona retrasos en las demás operaciones.
4. Se pretenden fijar los tiempos estándar de un sistema de incentivos
5. Se detectan bajos rendimientos o excesivos tiempos muertos de alguna máquina o grupo de máquinas.

(García Criollo, 2005, pág. 185).

#### **a) Método de lectura con retroceso a cero**

Este método consiste en oprimir y soltar inmediatamente la corona de un reloj de “un golpe”, cuando termina cada elemento, con lo que la aguja regresa a cero e inicia de inmediato su marcha. La lectura se hace en el mismo momento en que se oprime la corona.

#### **Ventajas**

Los beneficios de este método son varios, entre ellos:

1. Proporciona en forma directa el tiempo de duración de cada elemento, disminuyendo notablemente el trabajo de escritorio.

2. Es muy flexible, ya que cada lectura comienza siempre en cero.

4. Se emplea un solo reloj del tipo menos costoso.

### **Desventajas**

1 Es menos exacto, ya que se pierde tiempo durante cada uno de los retrocesos.

2 Genera suspicacias entre los trabajadores y puede crear conflictos de trabajo ya que los empleados pueden alegar que el tomador de tiempo detenía y ponía en marcha el reloj según su propia conveniencia, sin que este pueda demostrar lo contrario.

3. Como cada una de las lecturas se inicia en cero, el error que se cometa no tiende a compensarse.

4. La lectura se hace con la manecilla en movimiento.

(García Criollo, 2005, pág. 196)

### **b) Método continuo de lectura de reloj**

Registro de lecturas de cronómetro para tiempo continuo

Tabla 3.1 Ejemplo de registro de lectura consecutiva de cronómetro

<b>Lectura consecutiva de cronómetro en décimos de minuto</b>	<b>Lecturas registradas</b>
0,08	8
0,25	25
1,32	132
1,35	35
1,41	41

2,01	201
2,10	10
2,15	15
2,71	71
3,05	305
3,17	17
3,25	25

(Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013)

Cuando se emplea este método, una vez que el reloj se pone en marcha, permanece en funcionamiento durante todo el estudio, las lecturas se hacen de una manera progresiva y sólo se detendrá una vez que el estudio haya concluido. El tiempo para cada elemento se obtendrá restando la lectura anterior de la lectura inmediata siguiente.

### **Ventajas**

Los beneficios de este método son:

1. Permite demostrar exactamente al trabajador cómo se empleó el tiempo durante el estudio. De esta manera se evitan las suspicacias y se puede demostrar la buena fe del estudio.
2. No se pierde tiempo en los retrocesos, lo que otorga mayor exactitud a las lecturas.
3. Los errores en las lecturas tienden a compensarse.
4. Se emplea un solo reloj del tipo más barato.

### **Desventajas**

1. Se necesita mucho trabajo de escritorio para efectuar las restas.
2. Es menos flexible.
3. Se necesita mucha práctica para hacer correctamente las lecturas.
4. La lectura se hace con la manecilla en movimiento.

(García Criollo, 2005, pág. 196)

## Equipo de trabajo para la medición de tiempos

### 1. Tabla para estudio de tiempo

La tabla debe ser de tamaño conveniente, para que pueda sostenerla con comodidad el analista, en ella se coloca la hoja de observaciones. En su ángulo superior derecho, se asegura un reloj para tomar tiempos. El diseño de la tabla se hace de manera que descansa contra el cuerpo del analista a la vez que se sostiene con el antebrazo izquierdo, quedando la mano en posición tal que pueda fácilmente accionar los controles del reloj.

### 2. La hoja de observaciones

En ella van datos como el nombre del producto, de la pieza, de la parte, identificación del dibujo, número del estilo, etc., datos que se insertan en el anverso, en la parte superior derecha.

En el cuerpo medio de la hoja, aparecen las columnas, en cuya parte superior se hace una descripción breve y concisa del elemento, mientras que en la columna con la letra “L” se anotan las lecturas directas del reloj, si se usa el método de lectura continua. La columna “T” se reserva para registrar los tiempos elementales obtenidos de la resta de las lecturas. Si se emplea el método de lecturas intermitentes, los tiempos se registran directamente en la columna “T”.

En las columnas del extremo derecho se registran los elementos extraños, a medida que ocurran. Para facilitar su registro, durante el estudio se identifican por medio de letras.

En el espacio “L” de la columna de elementos extraños, se anota debajo de la línea horizontal la lectura al iniciarse el elemento y, arriba de la línea, la lectura del término del mismo. A continuación, se debe anotar una descripción del mismo. El símbolo o letra de identificación del elemento extraño se anota en el espacio “T” del elemento regular con objeto de indicar que a ese elemento habrá que restarle el tiempo que duró el elemento cuando se calcule el tiempo total (García Criollo, 2005, pág. 198).

### 3. Cámaras de videograbación

Ideales para grabar los métodos del operario y el tiempo transcurrido. Al filmar la operación y después estudiarla un cuadro a la vez, el análisis puede registrar los detalles exactos del método usado y asignar valores de tiempos normales. También puede establecer estándares, proyectando la cinta a la misma velocidad que la de la grabación y calificar el desempeño del operario.

Debido a que todos los hechos están ahí, observar el video es una manera justa y precisa de calificar el desempeño para sugerir mejoras potenciales de los métodos que pocas veces se detectan con el procedimiento del cronómetro.

Otra ventaja del video es que con el software de MVTA, los estudios de tiempos son casi automáticos. Con las cámaras de video y el software de edición en PC, los estudios de tiempo se pueden realizar prácticamente en línea.

“Las videograbaciones son excelentes para la capacitación de los analistas de tiempo, pues se pueden repetir las secciones hasta que adquieren habilidad suficiente” (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 379)

### 4. Formas de estudio de tiempos

Todos los detalles del estudio se registran en una “forma de estudio de tiempo”. Esta contiene espacios para registrar información como: el método que está en estudio, las herramientas utilizadas, nombre, número del operario, descripción y número de la operación, nombre y número de la máquina, herramientas especiales usadas y sus respectivos números, el departamento donde se realiza la operación y las condiciones de trabajo que prevalecen.

En ella se registran los diferentes elementos de la operación en el renglón que encabeza las columnas y por columna se colocan los ciclos estudiados, renglón por renglón. Las cuatro columnas abajo de cada elemento son: C para calificaciones; TC para tiempos en el cronómetro; TO para el tiempo observado, es decir, la diferencia en los tiempos entre lecturas sucesivas del cronómetro, y TN para el tiempo normal.

## 5. Software para estudio de tiempos

Varios paquetes de software están disponibles para el analista de estudio de tiempos: TimStudy, de la Royal J. Dossen Corp, usa un Datawriter (registrador de datos) para recolectar datos de manera electrónica y después cargarlo en la PC para el análisis. Otros paquetes usan computadoras portátiles para recolectar datos, lo que permite que el analista las use para otras tareas.

Por ejemplo, CITS/APR, de C-Four, permite un análisis de datos más detallado porque una interfaz diseñada para hojas de cálculo se enlaza con Excel. Además, el analista puede incluir las calificaciones de los elementos activos.

C-Four también ha desarrollado una versión PalmCITS, para trabajar en la PDA de Palm, pero esta versión no tiene la capacidad de interactuar con Excel. Esta característica fue incorporada por Applied Computer Services Inc., en su software Quick Times™ y Timer Pro™....

Para los analistas que realizan estudios de tiempos a partir de cintas de video, una opción interesante es Multimedia Video Task Analysis (MVTA, Nexgen Ergonomics). MVTA interactúa directamente con la VCR a través de una interfaz gráfica y permite a los usuarios la identificación interactiva de puntos terminales en la grabación de videos mientras que se analiza a cualquier velocidad (tiempo real, movimiento lento/rápido o cuadro por cuadro hacia adelante o hacia atrás). MVTA produce de modo automático los informes del estudio de tiempos y calcula la frecuencia de ocurrencia de cada evento, al igual que el análisis de la postura para diseño del trabajo (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 382).

### Un día de trabajo justo

El estudio de tiempos, frecuentemente, se define como un método para determinar “un día de trabajo justo”. El principio fundamental de la relación entre trabajo y remuneración es que el empleado merece una paga justa por día de trabajo, por el que

la compañía merece un día de trabajo justo. Un día de trabajo justo se define como “la cantidad de trabajo que puede producir un empleado calificado, cuando trabaja a paso normal y usando de manera efectiva su tiempo, si el trabajo no está restringido por limitaciones del proceso” (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 374).

Sin embargo, no está claro cómo se define a un empleado calificado o qué es paso normal. Niebel, Freivalds y Gonzalez (2013) explica que “empleado calificado” se define como “un promedio representativo de aquellos empleados que están completamente capacitados y pueden realizar de manera satisfactoria cualquiera o todas las etapas de trabajo involucradas, de acuerdo con los requerimientos del trabajo bajo consideración”

Así también, “paso normal” lo definen como “la tasa efectiva de desempeño de un empleado calificado, consciente, a su paso, cuando trabaja ni a prisa, ni despacio y tiene el debido cuidado con los requerimientos físicos, mentales o visuales del trabajo específico” (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 374). Que emplea un paso normal al realizar los elementos esenciales de la tarea que se mantiene durante todas las porciones del día, excepto las que se requieren para descansos razonables y necesidades personales.

En general, un día de trabajo justo es el que resulta equitativo, tanto para la compañía como para el empleado. Esto significa que el empleado debe aportar un día de trabajo justo por el salario que recibe, con suplementos razonables por retrasos personales, inevitables y por fatiga.

En resumen, “Se espera que el trabajador opere con el método prescrito, a un paso ni rápido ni lento, sino uno que pueda considerarse representativo del desempeño de todo el día, por el empleado experimentado y cooperativo” (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 375).

#### Requerimientos del estudio de tiempos

Para iniciar un estudio de tiempos, el operario debe estar familiarizado por completo con la nueva técnica, debe verificar que aplica el método correcto y conocer todos los

detalles de esa operación El método debe estandarizarse en todos los puntos en que se use, antes de iniciar el estudio. El supervisor del departamento y el operario, deben conocer que se estudiará el trabajo.

Cada parte puede hacer planes específicos y tomar las medidas necesarias para realizar un estudio coordinado y adecuado.

El supervisor debe verificar el método para asegurar que, por ejemplo, la alimentación, la velocidad, las herramientas, los lubricantes, etc., cumplen con las prácticas estándar, como lo establece el departamento de métodos.

También ha de investigar la cantidad de material disponible para que no ocurran faltantes durante el estudio. Si dispone de varios operarios para el estudio, debe determinar quién tendrá los resultados más satisfactorios.

#### Responsabilidad del analista

Todo trabajo involucra distintos grados de habilidad, lo mismo que de esfuerzo físico y mental. Existen también diferencias en aptitudes, aplicación física y destreza de los trabajadores. “Es sencillo para el analista observar a un empleado y medir el tiempo real que le toma realizar su trabajo. Es más difícil evaluar todas las variables y determinar el tiempo requerido para que el operario “calificado” realice la tarea”.(Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 375).

Las técnicas de estudio de tiempos despiertan cantidad de intereses humanos y reacciones asociadas. De ahí que es necesario un entendimiento completo entre el supervisor, el empleado y el analista de estudio de tiempos, asegurándose de usar el método correcto, registrando con precisión los tiempos tomados, evaluando con honestidad el desempeño del operario y absteniéndose de criticarlo.

Como los estudios de tiempos afectan el bolsillo de los trabajadores y los balances de las compañías, este debe ser un trabajo confiable y minucioso. Las inexactitudes y malos juicios afectarán en la pérdida de la confianza del operario, lo que deteriorará la armonía en las relaciones de trabajo

Para asegurar el éxito, el analista debe poder inspirar confianza, aplicar su juicio y desarrollar un enfoque de acercamiento personal con quienes tenga contacto. Además, sus antecedentes y capacitación deben prepararlo para entender a fondo y realizar las distintas funciones relacionadas con el estudio. Estos elementos incluyen: seleccionar al operario, analizar el trabajo y desglosarlo en sus elementos, registrar los valores elementales de tiempos transcurridos, calcular la calificación del operario, asignar los suplementos adecuados.

Los observadores, unos cuantos pies atrás del operario, de pie, se pueden mover con mayor facilidad y seguir los movimientos de las manos del operario mientras éste realiza el ciclo de la tarea. Durante el estudio, el observador debe evitar cualquier tipo de conversación con el operario, ya que esto podría distraerlo o estorbar las rutinas.

#### Responsabilidad del supervisor

Notificar con antelación al operario que, se estudiará su trabajo asignado, favorecerá tanto al operario como al analista. El operario tiene la seguridad de que el supervisor sabe que se va a establecer una tasa sobre la tarea y señalará algunas dificultades específicas que deban corregirse antes de establecer un estándar; al analista de estudio de tiempos, le agradecerá saber que se prevé su presencia en el área.

“El supervisor debe verificar que se utiliza el método adecuado establecido por el departamento de métodos, y que el operario seleccionado es competente y tiene la experiencia adecuada en el trabajo” (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 376).

Por experiencia que tenga el analista, no se puede esperar que conozca todas las especificaciones de todos los métodos y procesos. Por tanto, el supervisor debe verificar que las herramientas están preparadas adecuadamente. También debe estar seguro de que el operador sigue el método prescrito y ayudar a capacitar con toda consciencia a los empleados, para que perfeccionen este método. Un supervisor debe responder al operario, cualquier pregunta relacionada con la operación.

Una vez terminado el estudio de tiempos, el supervisor respaldará con su firma el original del informe, para indicar que está de acuerdo con el estudio, así como notificará de inmediato, al departamento de estudio de métodos, para que ajusten el estándar correspondiente.

#### Responsabilidad del operario

Un buen empleado, demuestra empoderamiento de su empresa y apoyará con integridad los nuevos métodos, cooperando en la eliminación de las fallas características de muchas innovaciones. Hacer sugerencias para mejorar todavía más los métodos, es parte de la responsabilidad de todo empleado, pues es él quien está más cerca que nadie del trabajo y ayudará al analista de métodos, en la división de la tarea en sus elementos, con lo que asegurará que se cubran los detalles específicos.

Mientras se realiza el estudio, trabajará a un paso normal, firme, logrando el menor número de elementos extraños. Deberá usar el método prescrito exacto, ya que cualquier acción que prolonga el tiempo de ciclo de manera artificial, puede dar como resultado un estándar demasiado amplio. Una vez revisado el trabajo en la operación, debe acordar con el supervisor que todo esté listo para estudiar el trabajo.

“El trabajador promedio, por lo común, desempeña su trabajo con consistencia y de manera sistemática. El paso de ese operario tenderá a estar en el rango normal y facilitará para el analista del estudio de tiempos, la aplicación de un factor de desempeño correcto” (Niegel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 383).

El operario debe estar capacitado en el método, familiarizado con los procedimientos y prácticas del estudio de tiempos como con la presencia del analista; le debe gustar su trabajo y ha de demostrar interés en hacerlo bien. Cuando existe un solo operario quien realiza la operación, se debe ser muy cuidadoso al establecer la calificación del desempeño, porque quizá el operario esté trabajando en uno de los extremos de la escala de calificaciones.

El operario debe tener la oportunidad de hacer preguntas sobre las técnicas de toma de tiempos, el método de calificaciones y la aplicación de suplementos. Debe animársele

a hacer sugerencias, y cuando lo haga, el analista debe recibirlas con interés, para demostrar respeto por las habilidades y conocimientos del operario.

El respeto y la buena voluntad que obtiene no solo ayudará a establecer un estándar justo, también facilitará cualquier asignación futura de trabajo en la planta de producción.

### Equipo de capacitación

Dos instrumentos pueden ayudar en la capacitación de los analistas de estudio de tiempos: el descriptor del tiempo transcurrido y el metrónomo.

El primero se puede programar (mediante una leva con un perfil especial) de manera que los elementos sucesivos se completan en un período conocido. El aprendiz registra las duraciones de los elementos conforme ocurren. Un foco encendido y una chicharra le indican el final de cada elemento. Es posible desactivar la chicharra o la luz, si se desea. El ejercicio proporciona práctica en las lecturas del cronómetro en puntos de terminación y los registros de tiempo transcurridos.

El metrónomo, usado por los estudiantes de música, es un dispositivo que puede ajustarse para dar un número determinado de golpes por minuto. El movimiento involucra una serie de alcanzar, tomar, mover y dejar y, con la práctica, es sencillo identificar la velocidad.

### Registro de información significativa

Un registro de la información significativa debe detallar máquinas, herramientas manuales, dispositivos, condiciones de trabajo, materiales, operaciones, nombre y número del operario, departamento, fecha de estudio y nombre del observador. Cuando se usan máquinas herramientas, debe especificarse nombre, tamaño, estilo, capacidad y número de serie o inventario; deben identificarse dados, calibradores, plantillas y dispositivos por número y con una descripción breve.

“Si las condiciones de trabajo durante el estudio son distintas a las normales para esa operación, afectarán el desempeño del operario” (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 384).

Mientras más información pertinente se registre, más útil será el estudio de tiempos a través de los años y se convierte en un recurso para el establecimiento de datos estándar.

#### División de la operación en elementos

Para facilitar la medición, la operación debe dividirse en grupos de movimientos conocidos como elementos. Para identificar elementos individuales, el analista observa al operario durante varios ciclos. Es mejor determinar los elementos de la operación, antes de iniciar el estudio. Si el ciclo es mayor a 30 minutos, puede escribir la descripción de los elementos mientras realiza el estudio. Estos deben separarse en divisiones tan finas como sea posible, pero no tan pequeñas que se sacrifique la exactitud de las lecturas.

“Las divisiones elementales de alrededor de 0,04 minutos, se aproximan a lo mínimo que puede leer de manera consistente un analista experimentado de estudio de tiempos” (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 385).

Para identificar por completo los puntos terminales y desarrollar consistencia en las lecturas del cronómetro de un ciclo al siguiente, se toma en cuenta los sonidos y lo que se ve al desglosar los elementos, asociándolos por ejemplo, con sonidos como, una pieza terminada que cae al contenedor, una fresa que muerde un molde o una broca que atraviesa la parte que se perfora. Cada elemento se registra en la secuencia adecuada.

Por ejemplo, “subir la pieza a la mordaza manual y apretar” incluye las siguientes divisiones básicas: alcanzar la pieza, tomar la pieza, mover la pieza, posicionar la pieza, alcanzar la llave de la mordaza, tomar la llave, mover la llave, posicionar la llave, girar la llave y soltar la llave de la mordaza.

El punto de terminación de este elemento sería soltar la llave de la mordaza en la cabeza del torno, con el sonido correspondiente como evidencia. El elemento “iniciar la máquina” puede incluir: alcanzar, tomar, mover y soltar la palanca. La rotación de la máquina, con el sonido que la acompaña, identifica el punto de terminación de manera que las lecturas se pueden tomar justo en el mismo punto en cada ciclo.

“Tener elementos estándar como base para la división de la operación, es en especial importante al establecer los datos del estándar”(Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 386). Quizá algunas sugerencias adicionales ayuden a desglosar los elementos:

1. Mantener separados los elementos manuales y los de máquina, ya que las calificaciones afectan menos a los tiempos de máquinas.
2. Separar los elementos constantes (aquellos para los que el tiempo no varía dentro de un intervalo especificado de trabajo) y los elementos variables (aquellos para los que el tiempo varía dentro de un intervalo de trabajo específico)
3. Cuando se repite un elemento, no se incluye otra vez la descripción. En el espacio proporcionado para esto se pone el número de identificación que se usó cuando ocurrió por primera vez (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 386).

### Manejo de dificultades

Durante el estudio de tiempos se pueden presentar algunas dificultades como variaciones en la secuencia original de elementos, omisión de algún punto terminal específico. El analista debe indicar de inmediato una “F” en la columna TC.

Si el operario omite un elemento, esto se indica con una raya horizontal en el espacio correspondiente de la columna TC. Por ningún motivo debe aproximar o intentar registrar el valor faltante. En general, se debe a un operario no experimentado o a la falta de estandarización en el método.

Por supuesto, el operario puede omitir un elemento sin advertirlo. Si se omiten elementos varias veces, el analista debe detener el estudio e investigar la necesidad de ejecutar los elementos omitidos. El estudio lo hace en coordinación con el supervisor y el operario, para que se establezca el mejor método. Por ello, el observador debe estar en constante alerta para descubrir mejores maneras de efectuar los elementos.

También puede ocurrir que observe elementos realizados en una secuencia diferente. Esto ocurre cuando se estudia a un empleado nuevo o inexperto en una tarea con ciclo largo compuesta de muchos elementos.

El evitar perturbaciones es una de las razones por las que se estudia a empleados competentes. Sin embargo, cuando se ejecutan elementos fuera del orden el analista debe ir de inmediato a la casilla del elemento en la columna TC y dividirla con una raya horizontal; abajo de la raya debe escribir el tiempo en que el operario inició el elemento, y arriba el tiempo en que terminó.

Durante el estudio de tiempos, el operario puede encontrar retrasos inevitables, como otro empleado o el supervisor que interrumpen o una descompostura en la herramienta. Tales interrupciones se conocen como “elementos extraños”. Estos ocurren, ya sea por una descompostura o durante la ejecución de un elemento. La mayoría de los elementos extraños, en particular los controlados por el operario, ocurren al terminar el elemento.

Si un elemento extraño se presenta mientras se realiza un elemento, se marca con letras. La letra A se usa para denotar el primer elemento extraño, La letra B para el segundo y así sucesivamente, en la columna TN de este elemento. Si el elemento extraño ocurre en el punto terminal, se registra en la columna TN del elemento de trabajo que sigue a la interrupción.

El momento en que inicia el elemento extraño se pone en el bloque TC1 de la sección de elementos extraños, y el momento en que termina, en el bloque TC2. Después, estos valores se restan al calcular el estudio de tiempos, para determinar la duración exacta del elemento extraño. Este valor se coloca después en la columna TO de la sección de elementos extraños.

En ocasiones, un elemento extraño tiene una duración tan corta que es imposible registrarlo de la manera discreta. Los ejemplos comunes serían dejar caer una llave en el piso y recogerla de inmediato, limpiarse la frente con un pañuelo o voltear un momento para hablar con el supervisor.

En estos casos, cuando el elemento extraño es de 0,06 minutos o menos, el método más adecuado para manejar la interrupción es permitir que se acumule con el elemento y en seguida poner un círculo en la lectura para indicar que se trata de un valor “no controlado”.

Debe anotarse un comentario breve en la sección de “notas” del elemento que tuvo la interrupción para justificar el círculo con el número (Benjamín Niebel. pg. 389 – 390).

#### Ciclos de estudio

Determinar cuántos ciclos se va a estudiar, para llegar a un estándar justo, es un tema polémico. La actividad de una tarea y su tiempo de ciclo influyen en el número de ciclos que se deben estudiar.

“Desde el punto de vista económico el analista no puede estar gobernado de manera absoluta por la práctica estadística que demanda cierto tamaño de muestra basado en la dispersión de las lecturas individuales del elemento” (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 390).

Como el estudio de tiempos es un procedimiento de muestreo, se puede suponer que las observaciones tienen distribución normal alrededor de la media desconocida de la población con variancia desconocida. Si se usa la media de la muestra  $\bar{x}$  y la desviación estándar de la muestra  $s$ , la distribución normal para una muestra grande lleva al siguiente intervalo de confianza:

$$\bar{x} \pm z\sqrt{\bar{n}}$$

Fórmula 3.1 Calculo del intervalo de confianza

Donde:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{Fórmula 3.2 Cálculo de la desviación estándar}$$

Sin embargo, los estudios de tiempos involucran sólo muestras pequeñas ( $n < 30$ ) de una población: por lo tanto, debe usarse una distribución  $t$ . Entonces, la fórmula del intervalo de confianza es:

$$\bar{x} \pm t \frac{s}{\sqrt{n}} \quad \text{Fórmula 3.3 Cálculo del intervalo de confianza para } n < 30$$

El término con +/- se puede considerar un término de error expresado como una fracción de  $\bar{x}$ :

$$k\bar{x} = ts/\sqrt{n} \quad \text{Fórmula 3.4 Cálculo de término de error aceptable}$$

Donde  $k$  = una fracción aceptable de  $\bar{x}$

También es posible despejar  $n$  antes de tomar el estudio de tiempos, si se interpretan los datos históricos de elementos similares, o con una estimación real de  $\bar{x}$  y  $s$  a partir de varias lecturas con regresos a cero con la variación más alta (Niebel, Freivalds, & Gonzalez, 2013, pág. 394).

## CAPÍTULO IV

### EL LAYOUT

En este capítulo se destaca la importancia que tiene la planificación de los espacios dentro de una empresa.

“Primitivamente se tendía solamente a agrupar las máquinas y los procesos similares; a alinear las áreas de trabajo en filas ordenadas, delimitando pasillos y conservándolos limpios; y finalmente, se procuró colocar el material en un extremo del conjunto, haciéndolo circular en dirección al otro extremo de la planta” (Muther, 1970, pág. 15). El Layout, precisamente ayuda a superar esta concepción y permite organizar el espacio de la empresa, con otra visión.

El término “Layout” es una expresión inglesa, para decir diseño, plan, disposición. Corresponde a un croquis, esquema, o bosquejo de distribución de las piezas o elementos que se encuentran dentro de un ambiente en particular: dibujar la distribución de un espacio específico, ubicando cada objeto con la disposición adoptada en la implantación física de los procesos.

En el área empresarial, el Layout hace referencia a la forma en que se encuentra distribuida el área de trabajo, es decir, el diseño que se siguió para distribuir las computadoras, mesas de trabajo, áreas de reuniones, espacios para recreación, así como los comedores y baños. Tiene que ver con el diseño de la empresa y cómo se encuentran, distribuidas sus distintas áreas.

El especialista Juan Sebastián Arroyo (2008), dice que diseñar un Layout consiste en la integración de las diferentes áreas funcionales (que conforman la solución de una instalación logística) en un edificio único. Abarca no sólo el arreglo y composición de las secciones funcionales internas a dicho edificio (lo que se encuentra dentro de las cuatro paredes), sino también las demás áreas externas.

En el diseño de un Layout se considera todas las áreas de la empresa: zonas de recepción y despachos, almacenamiento, preparación de pedidos, control e inspección de calidad, patios de maniobra y estacionamientos, área de mantenimiento, baterías sanitarios, vestidores, oficinas de control, administrativas, vigilancia, casetas, áreas que hacen la funcionalidad de la solución, incluyendo las dimensiones de cada una de las áreas (superficie, altura), los procesos y sus horarios, sino además, el equipamiento que se requerirá en cada caso:

- 1) Tipo de unidades de carga a manipular (pallets, cajas, bobinas);
- 2) tipo de estantería y modulación (doble profundidad, drive-in, push-back);
- 3) tipo de vehículos (montacargas);
- 4) cantidad de personal;
- 5) condiciones ambientales;
- 6) nivel de iluminación;
- 7) servicios y suministros;
- 8) elementos de seguridad.

Es importante jerarquizar las relaciones funcionales, flujos de materiales y procesos, dentro y entre dichas áreas, para determinar su proximidad o lejanía física, por medio de diagramas de flujo o matrices funcionales.

Encontrar posibles sinergias de utilización entre las diferentes áreas, permitirá reducir superficies: quizás algunas áreas se utilizan únicamente durante algunas horas en el día, quedando disponibles para otras actividades, por ejemplo, andenes de recibo y expedición simultáneos.

Las áreas más importantes deberán caracterizarse por ser lo más regulares, simétricas y mantener un perímetro rectangular. Esto facilita la visualización de la instalación, tanto para la gestión, como para su operación.

Es importante priorizar el espacio de circulación frente al de almacenamiento. Cuando sea necesario ajustar pasillos o áreas de maniobra, es preferible ganar centímetros a un pasillo que a las estanterías. Muchas veces lo que se gana en almacenamiento se pierde por la lentitud de la operación, daños a los equipos, estanterías y accidentes. Además,

“es más difícil encontrar cirujanos de precisión entre los montacarguistas” (Mas, 2006).

Es vital planificar los pasos y los sentidos de circulación entre las áreas, evitando cuellos de botella o cruces conflictivos allí donde se prevean flujos elevados o muy frecuentes. Hay que tomar en cuenta que por los pisos circulan vehículos y personas, previendo la señalización y separación clara entre ellos, o al menos, definir los espacios para prevenir accidentes.

“La misión es hallar una ordenación de las áreas de trabajo y del equipo, que sea la más económica para el trabajo, al mismo tiempo que la más segura y satisfactoria para los empleados” (Muther, 1970, pág. 15).

### La configuración de un Layout

La configuración de un Layout está en función de las operaciones que se planea desarrollar y de su volumen. Para un almacén que contendrá mercancía paletizada, donde prevalece el movimiento de pallets completos, una configuración de flujo en “U” con un único frente de recepción y expedición, optimiza los recorridos y ocupación de los montacargas.

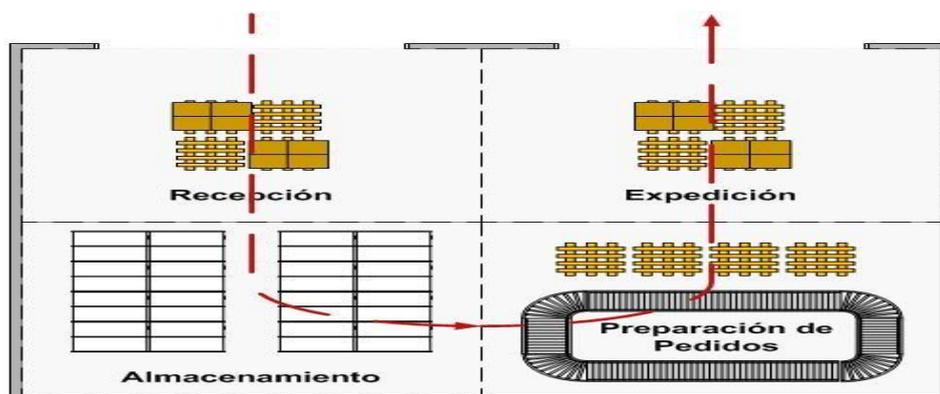


Figura 4.1 Layout en “u”  
(Salazar López, 2016)

Para una plataforma donde el cruce de andén es característico, el flujo en “I” (recepción y expedición en frentes opuestos) facilita el control de los diferentes procesos. También existen configuraciones mixtas, pero la selección final dependerá de un

análisis detallado de los recorridos, espacio disponible, sentido de las ampliaciones, fases de implementación, etcétera.

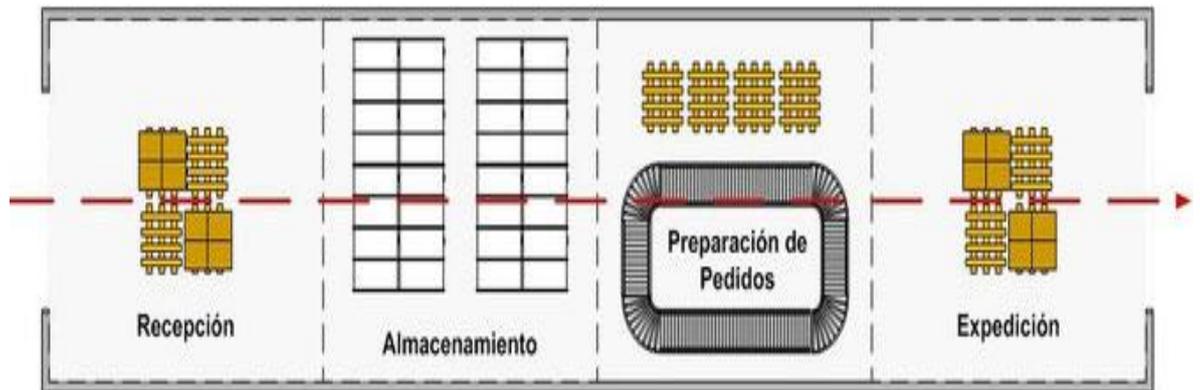


Figura 4.2 Layout en “i”  
(Salazar López, 2016)

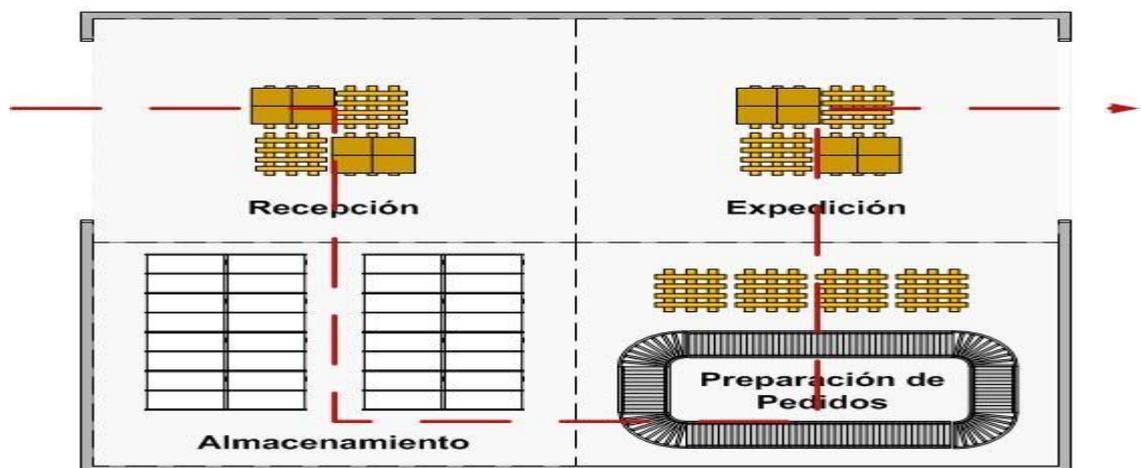


Figura 4.3 Layout de estructura mixta  
(Salazar López, 2016)

En el diseño de un Layout, siempre debe pensarse en planificaciones futuras de expansión o crecimiento para garantizar el menor cambio a las áreas o instalaciones existentes o construidas en una primera fase, simplificando la construcción, el montaje y arranque de las áreas futuras.

Como regla general, se debe plantear el crecimiento en el sentido de la mayor longitud de una nave. De este modo, puede crecer por módulos regulares, hacer más flexibles las etapas de ampliación e interferir lo menos posible con las instalaciones pluviales, desagües, eléctricas.

Es importante poder controlar el ingreso y egreso de personal y lograrlo a través de un único punto en la instalación, así como al pasar de una área a otra. Esto aplica también para el flujo de ingreso de personal desde el exterior hasta las oficinas, y separando cuando sea posible, el flujo de quienes trabajan en la instalación y quienes visitan la misma (proveedores, clientes), tanto de las personas como de sus vehículos (estacionamientos separados, evitar cruces de calles internas).

## **Principios de un Layout**

Según Muther, los objetivos de un Layout, pueden resumirse y plantearse en forma de principios, sirviendo de base para establecer una metodología que permita abordar el problema de la distribución en planta de forma ordenada y sistemática (Mas, 2006).

**I. Principio de la integración de conjunto:** la mejor distribución es la que integra a los operarios, los materiales, la maquinaria, las actividades, así como cualquier otro factor, de modo que resulte el mejor compromiso entre todas estas partes.

**II. Principio de la mínima distancia recorrida:** es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material entre operaciones sea la más corta.

**III. Principio de la circulación o flujo de materiales:** es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se tratan, elaboran, o montan los materiales.

**IV. Principio del espacio cúbico:** la economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal.

**V. Principio de la satisfacción y de la seguridad** (confort): será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los operarios, los materiales y la maquinaria.

**VI. Principio de la flexibilidad:** siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costos o inconvenientes (Muther, 1970, pág. 16).

Estos principios pueden servir de base para determinar los objetivos a cumplir durante la definición de la distribución en planta, sin embargo, la introducción de nuevos conceptos en los procesos de fabricación provoca que algunos de ellos hayan quedado desfasados. Se presenta a continuación, un cuadro más actualizado de principios.

Tabla 4.1 Principios de un Layout

Principio	Descripción
<b>Unidad máxima</b>	Cuanto mayor sea la unidad de manipulación, menor número de movimientos se deberá de realizar, y, por tanto, menor será la mano de obra empleada.
<b>Recorrido mínimo</b>	Cuanto menor sea la distancia, menor será el tiempo del movimiento, y, por tanto, menor será la mano de obra empleada. En caso de instalaciones automáticas, menor será la inversión a realizar.
<b>Espacio mínimo</b>	Cuanto menor sea el espacio requerido, menor será el coste del suelo y menores serán los recorridos.
<b>Tiempo mínimo</b>	Cuanto menor sea el tiempo de las operaciones, menor es la mano de obra empleada y el lead time del proceso, y, por tanto, mayor es la capacidad de respuesta.
<b>Mínimo número de manipulaciones</b>	Cada manipulación debe añadir el máximo valor al producto o el mínimo de coste. Se debe eliminar al máximo todas aquellas manipulaciones que no añadan valor al producto.

<b>Agrupación</b>	Si conseguimos agrupar las actividades en conjuntos de artículos similares, mayor será la unidad de manipulación y, por tanto, mayor será la eficiencia obtenida.
<b>Balance de líneas</b>	Todo proceso no equilibrado implica que existen recursos sobredimensionados, además de formar inventarios en curso elevados y, por tanto, costosos.

(Salazar López, 2016)

### **Aspectos determinantes del Layout**

La elaboración del Layout es la tarea más visual de la implementación del estudio de un sistema productivo. Es el resultado de múltiples interacciones, clave en la necesidad de reducir drásticamente las actividades sin valor añadido por desplazamientos en la planta, sea para ir a buscar material, recoger o utilizar herramientas o, ir en busca de información. Para ello será conveniente tener en cuenta la:

- Identificación del material: en cuyo caso no hay que emplear tiempo en buscarlo.
- Entrega de material definida: creando unos puntos definidos de entrega, unas rutas y las cantidades a entregar.
- Definición de utillajes y los lugares en que se usarán.
- Organización del lugar de trabajo. A tal fin, se dispondrá del Layout de manera que el proceso tenga los recursos necesarios, el material cerca y la zona de montaje final próxima.
- Diseño de las áreas de trabajo específicas para cada función.

A partir de ahí, se determina la superficie real en la cual ubicar los procesos y se establece un flujo general de proceso hacia la zona de salida del producto acabado, previamente determinada. Para decidir el flujo general de proceso, se debe tener en

cuenta la forma de la superficie del Layout, los accesos y todos los flujos a incorporar, incluyendo premontajes y la ubicación de stocks de materiales y productos en curso.

El objetivo final será crear un flujo claro, estándar, fijo y único, flexible en su utilización actual y futura, que minimice las pérdidas identificadas y donde los tres elementos que confluyen: operarios, material y proceso se encuentren “cómodos”.

Aspectos importantes a tener en cuenta:

- Determinar la zona que delimitará el Layout. Será tan importante la forma, superficie y condiciones que reúne la misma, como la adecuada conexión con el resto de los procesos de la planta.

- Debe delimitarse la zona estricta de trabajo mediante una separación de las distintas zonas de trabajo con el resto de planta, utilizando líneas pintadas en el suelo, o cinta adhesiva, hasta que la configuración del Layout sea definitiva. Si hay alguna duda sobre que el mercado no va a ser permanente, se utilizará siempre cinta adhesiva.

- Dentro de la isla solamente tendrán derecho a permanecer aquellos útiles, herramientas, equipos y materiales que se precisen en cada momento. Si no es así, deberán ser apartados fuera del área correspondiente.

De hecho, el diagrama de precedencias puede suponer la primera aproximación al Layout, siempre matizada por el flujo real finalmente decidido.

Diego Mas, en su tesis doctoral “Distribución de una planta”, citando a Apple, ofrece una recopilación de síntomas que pueden manifestar problemas que requieran de una reordenación o ajuste en la distribución en planta:

- Que el recorrido de los productos sea excesivamente retorcido o que existan retrocesos en la circulación de los materiales (tanto materias primas como productos en curso o productos terminados).

- La existencia de pasillos retorcidos y distancias excesivas en los transportes.
- La falta de planificación de las operaciones y de coordinación entre los sistemas de distribución en planta la manutención y los procesos de producción.
- Que las primeras operaciones estén alejadas de los centros de recepción o que las operaciones finales estén alejadas de los centros de expedición.
- Que los puntos de almacenamiento estén dispersos o no definidos, con un excesivo material o trabajo en curso.
- La falta o exceso de espacio de almacenaje o que exista material y desechos amontonados en lugares no adecuados.
- Que el personal deba realizar excesivos desplazamientos y las actividades de producción representen el mínimo tiempo empleado por el operario.
- Que exista falta de coordinación entre los medios de producción y los medios auxiliares de producción.
- Que la distribución no permita adaptarse a las diversas condiciones de producción (Mas, 2006, pág. 17).

### **Organización del Layout**

“Es mejor comenzar por la distribución del lugar o planta en forma global, y después elaborar sus detalles: Primero, determinar las necesidades generales en relación con el volumen de producción previsto. Después, establecer la relación de cada una de las áreas con las demás, considerando solamente el movimiento de material para un patrón básico de flujo o circulación” (Muther, 1970, pág. 196).

Determinadas características de los procesos a implantar pueden dar nuevas directrices de cómo implementar el Layout:

1) Peso y volumen de los materiales a procesar: Las dimensiones físicas de peso y volumen afectarán al área que precisa cada operación y, de ser elevadas, el stock de materiales que pueda acumularse influirá decisivamente, lo mismo que ocurrirá con las dimensiones de los pasillos que, a su vez, se verán influidos también por los medios de transporte elegidos para mover materiales. Sin embargo, los medios de transporte dependerán también de otros factores, tales como el takt time.

2) Takt time aproximado: El takt time puede influir, no sólo en lo concerniente al área de trabajo de cada puesto, sino también en todo lo que afecta al almacenaje y movimiento de materiales. Así, por ejemplo, incidirá en:

- Cantidad de puestos de trabajo que lleven a cabo el mismo proceso en paralelo, determinado por la relación entre el tiempo de ciclo y el takt time.

- Tipo de transporte: si el takt time es elevado o muy elevado (horas), el transporte pierde importancia, incluso para productos pesados y voluminosos, siendo muy importante cuando es bajo (minutos o segundos).

- Priorización de la carga y reposición de material en las estanterías: nuevamente, un takt time elevado permite que esta tarea no sea prioritaria.

- Cantidad de stock de productos en curso e, incluso, productos en proceso a lo largo de todo el Layout. Resulta evidente que un takt time bajo favorecerá un volumen elevado de producto en curso, al generar mayor cantidad de unidades de producto por unidad de tiempo.

3) Existencia de procesos de fabricación o premontaje que entregan el producto a otros o al montaje final.

4) Desplazamientos necesarios entre los puestos de trabajo de procesos distintos (por ejemplo, de premontajes a montaje final) o a las áreas o estanterías de materiales.

Es preciso recordar que las estanterías de cada zona sólo deben contener lo necesario para los procesos que se efectúan en ella. Serán estanterías específicas.

Las estanterías y zonas de almacenamiento deberán ubicarse en los lugares que generen menos desplazamientos y dimensionarse de acuerdo con el volumen de materiales que deben albergar. En las implantaciones lean, las estanterías actúan como supermercados y el volumen de los materiales que pueden llegar a almacenarse en ellas podrá evaluarse por medio de tarjetas kanban o del sistema que se utilice para enviar órdenes pull.

De acuerdo con ello, se insertan estanterías, siguiendo el orden determinado, las operaciones correspondientes a los procesos de cada unidad del producto, en el lugar preciso del Layout y en la cantidad precisa de cada uno de los elementos que requieren.

Pueden surgir problemas de falta de espacio en puestos de trabajo concretos, para alojar los materiales precisos, sobre todo si su tamaño es grande y, puede incluso, que no haya espacio suficiente en toda el área destinada al Layout. Ello supondría tenerlos en una zona alejada del lugar de uso, por lo que, para minimizar al máximo los desplazamientos se puede crear un almacén avanzado con algunos componentes.

También puede ocurrir que haya alguna fase de determinado proceso que deba realizarse fuera del área destinada al Layout. En tal caso deberán preverse las comunicaciones adecuadas entre el proceso y la operación especial (un sistema kanban podría ser una buena solución).

Por otra parte, es importante que el flujo se haya diseñado buscando la máxima estandarización con cualquier producto actual y futuro; si, en el Layout, todas las fases se prevén iguales, no habrá problemas de intercambios de funciones de fases y adaptación del Layout a otros flujos y productos.

Por lo que hace referencia al flujo de información superpuesto en el Layout, deben preverse los puntos de recogida de las tarjetas y el lugar de destino para cada una de éstas. Los tarjeteros se pueden encontrar en cada estantería, cerca de los materiales a los que se refieren.

Según refiere Muther, la buena distribución de una planta se traduce en reducción de costos en el proceso productivo a partir de cumplir ciertas ventajas:

1. Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores. Cualquier distribución que conduzca a que el obrero deje las herramientas en el pasillo, o que implique la existencia de pilas inestables de material en proceso, debe ser cuidadosamente examinada para evitar estos riesgos.
2. Elevación de la moral y la satisfacción del obrero. Al personal le gusta trabajar en una planta que esté bien distribuida.
3. Incremento de la producción. Generalmente, una distribución, cuanto más perfecta mayor producción rendirá; esto significa mayor producción, a un costo igual o menor; menos hombres - hora y reducción de horas de maquinaria.
4. Disminución de los retrasos en la producción. El equilibrio de los tiempos de operación y de las cargas de cada departamento, es parte de la distribución en planta. Cuando una fábrica puede ordenar las operaciones que requieren el mismo tiempo o múltiplos de él, puede casi eliminar las ocasiones en que el material en proceso necesita detenerse.
5. Ahorro de área ocupada (Áreas de Producción, de Almacenamiento y de Servicio). Los pasillos inútiles, el material en espera, las distancias excesivas entre maquinas, la inadecuada disposición de las tomas de corriente, así como la dispersión del stock, consumen gran cantidad de espacio adicional del suelo.
6. Reducción del manejo de materiales. Muchos talleres han ordenado su proceso de modo que los obreros pueden pasar el trabajo de una operación directamente a la siguiente. Este cambio elimina un transporte por cada máquina dispuesta de este modo.
7. Una mayor utilización de la maquinaria, de la mano de obra y/o de los servicios, es siempre una cuestión de coste.
8. Reducción del material en proceso. Aunque este es, en parte, un problema del control de producción, también aquí una buena distribución puede ser de gran ayuda. Siempre que sea posible mantener el material en continuo movimiento de una

operación directamente a otra, será trasladado con mayor rapidez a través de la planta y se reducirá la cantidad de material en proceso.

9. Acortamiento del tiempo de fabricación. Acortando las distancias y reduciendo las esperas y almacenamientos innecesarios, se acortará el tiempo que necesita el material para desplazarse a través de la planta.

10. Reducción del trabajo administrativo y del trabajo indirecto en general. Cuando es posible distribuir una planta de forma que el material se mantenga en movimiento de un modo más o menos automático, el trabajo de programación y de lanzamiento de la producción, puede ser reducido en gran manera.

11. Logro de una supervisión más fácil y mejor. La Distribución puede influir en gran manera en la facilidad y calidad de la supervisión. Una oficina situada estratégicamente, desde la cual un supervisor puede vigilar la planta de trabajo, representa un ahorro de tiempo en cuanto a la supervisión.

12. Disminución de la congestión y confusión. Las demoras de material, el movimiento o manejo innecesario del mismo y la intersección de los circuitos de transporte, son factores que conducen a confusión y que congestionan el trabajo.

13. Disminución del riesgo para el material o su calidad. Una buena distribución en la planta, puede ser sumamente efectiva en la reducción de estos riesgos.

14. Mayor facilidad de ajuste a los cambios de condiciones. Cuando el panorama es claro, se tiene mejor visión para los cambios (Muther, 1970, pág. 18).

## II TRABAJO DE CAMPO

### Presentación de la empresa:

La empresa “Hormigones del Azuay Cia. Ltda”, fue constituida el 14 de marzo de 2006, al ser adquirida por el Grupo Ortiz y transformarse de “Hormiazuay” a “Hormigones del Azuay”. La planta se encuentra ubicada en la Panamericana Norte y Gonzales Suárez esquina.

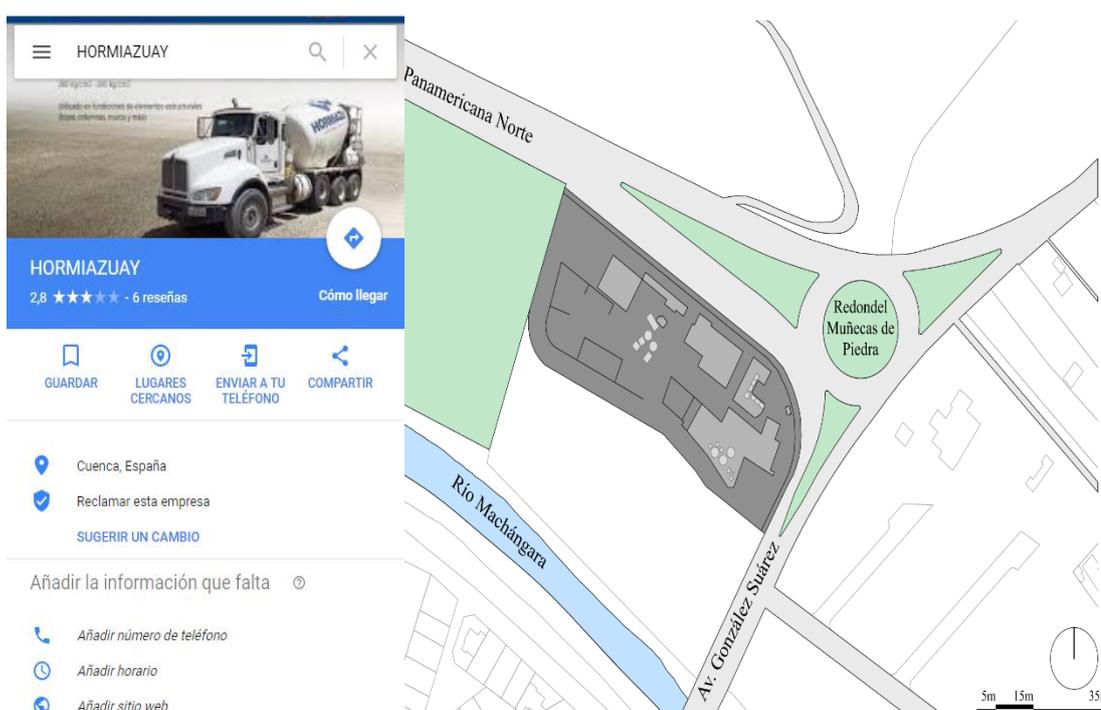


Figura Tc Mapa de ubicación de la empresa

“Hormigones del Azuay”, a más de expandir su planta industrial, diversificó los productos que ofrece al mercado. Al momento, se cuenta con 5 productos: hormigón, pegas o morteros, adoquín, bloque y fachaletas.

El personal que labora en la empresa se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla Tc 1 Distribución del personal

Departamento	Personal laborando	Año 2016	Año 2017
Gerencia	Gerente	1	1

Coordinación de producción y ventas	Coordinador	0	1
Operaciones	Supervisor	1	1
Ventas nacionales	Vendedores	8	3
Contabilidad	Contador-a	1	1
Servicio al cliente		1	0
Facturación		1	0
Producción de hormigón	Choferes, bomberos y tuberos	25	18
Producción	Prefabricados, morteros, fachaletas.	19	18
Mantenimiento	Mecánicos	4	4
Bodega	Bodegueros	2	3
	TOTAL	63	51

Elaborado por José Luis Hermida

Dentro de su equipamiento mayor, encontramos:

BOMBAS para hormigón: 5 (3 operativas)

MIXERS: 13 (9 operativos)

PLATAFORMAS: 1

CAMIONES DE TRANSPORTE: 2

CAMIONETAS: 2

VIBRADORES: 2

TUBERÍA: 200 m.

CARGADORAS: 1

MONTACARGAS: 2

SISTERNA PARA TRANSPORTAR CEMENTO: 1

TOLVAS: 7

BANDAS DE TRANSPORTACIÓN: 7

Se cuenta con un laboratorio, bajo la responsabilidad de un ingeniero químico, para control de calidad y resistencias de los elementos elaborados. Fundamentalmente se encuentra en él, una prensa para ruptura de cilindros, conos de Abrams, un esclerómetro, balanzas.

La planta posee una capacidad productiva diaria de:

130  $m^3$  de hormigón

200  $m^2$  de adoquín,

3.000 bloques de 15x20x40

40  $m^2$  de piedra decorativa o fachaleta.

## Ejecución

El presente trabajo abordó dos aspectos: la evaluación del Layout existente en la planta y, basándose en la toma de tiempos y distribución de elementos, la elaboración del hormigón.

Como primer paso se realizó el levantamiento topográfico de la planta de Hormigones del Azuay, con lo cual se identificó la ubicación de todos los elementos que intervienen en los diferentes procesos que ahí se realizan. Para este levantamiento se utilizó una estación total, cadenero, flexómetro, programa de computadora (Autocad).







Después de obtener los puntos en que se ubica cada elemento en la planta, según la estación total, se los pasó a AutoCAD para dibujarlos y proceder con la elaboración del Layout, obteniendo el siguiente resultado (Ver plano en anexo 1).

Este gráfico representa el Layout actual de la planta, con la distribución interna de sus elementos. Sobre esta base, se presentará sugerencias de mejora, luego de estudiar el proceso de producción:

Una vez examinado el Layout, se procedió a observar el proceso de elaboración y despacho de hormigón. Para un mejor estudio, se identificaron 4 fases dentro del proceso de elaboración del hormigón:

- 1.- Carga de agua y aditivo
- 2.- Carga de material en el mixer
- 3.- Mezclado del material dentro del mixer y control de calidad
- 4.- Salida del mixer

Estas son las fases de producción del hormigón, cuyos tiempos se van a estudiar, así como los tiempos de la cargadora en los otros procesos productivos porque es la única existente en la planta y suministra la materia prima a todos los procesos.

### **Proceso productivo:**

El proceso inicia con la recepción de materia prima en las bodegas dentro de la planta. Normalmente se recibe de 4 a 6 volquetas en el día, con grava, arena negra, arena normal y chasqui. Una vez que la bodega dispone de materia prima, la cargadora llena las tolvas de toda la planta. La cargadora recorre 44,8 m, 117 m, 160 m o 220 m, desde las bodegas de material, hasta las tolvas ubicadas en diferentes sitios de la planta.

Se posee silos de cemento, ubicados junto a los conjuntos de tolvas. El cemento llega transportado por una cisterna, desde la fábrica de cemento Atenas (Parque Industrial) hasta la planta. Este cemento es depositado en los silos por medio de una bomba de presión.

Una vez que las tolvas del hormigón están llenas, empieza el proceso de fabricación del hormigón. A este proceso se lo divide en 4 fases.

Primera: se prende la bomba para enviar aditivo y agua, a través de la tolva principal, hacia el mixer.

Segunda: empieza el movimiento de las bandas llevando material desde las tolvas, hacia la tolva principal, en la cual se realiza el pesado, para luego depositarlo en el mixer.

Tercera: se mezcla el hormigón en el mixer y se realiza un primer control de calidad, que consiste en un control visual, de la fluidez del material y, cuando la obra es fiscalizada, se agrega un segundo control por medio del cono de Abrams para lo cual, el encargado de calidad extrae una muestra de hormigón del mixer, lo introduce dentro del cono y procede de acuerdo a la norma para establecer la fluidez de la mezcla, esto es, estructurando tres capas de hormigón, cada una al recibir 25 golpes con una varilla lisa.

Una vez estructuradas las tres capas, se retira el cono y se mide la diferencia entre la masa compactada y el borde superior del cono. Esa altura indica la fluidez de la mezcla, la misma que se puede clasificar como sigue:

Tabla Tc 2 Escala de asentamientos para el hormigón

De 0 a 2 cm	Seca
3 a 5 cm	Plástica
6 a 9 cm	Blanda
10 a 15 cm	Fluida
16 a 20 cm	Líquida

Cuarta: se considera el tiempo que demora el mixer, desde que terminó su mezclado y se realizó el control de calidad, hasta que sale de la planta.

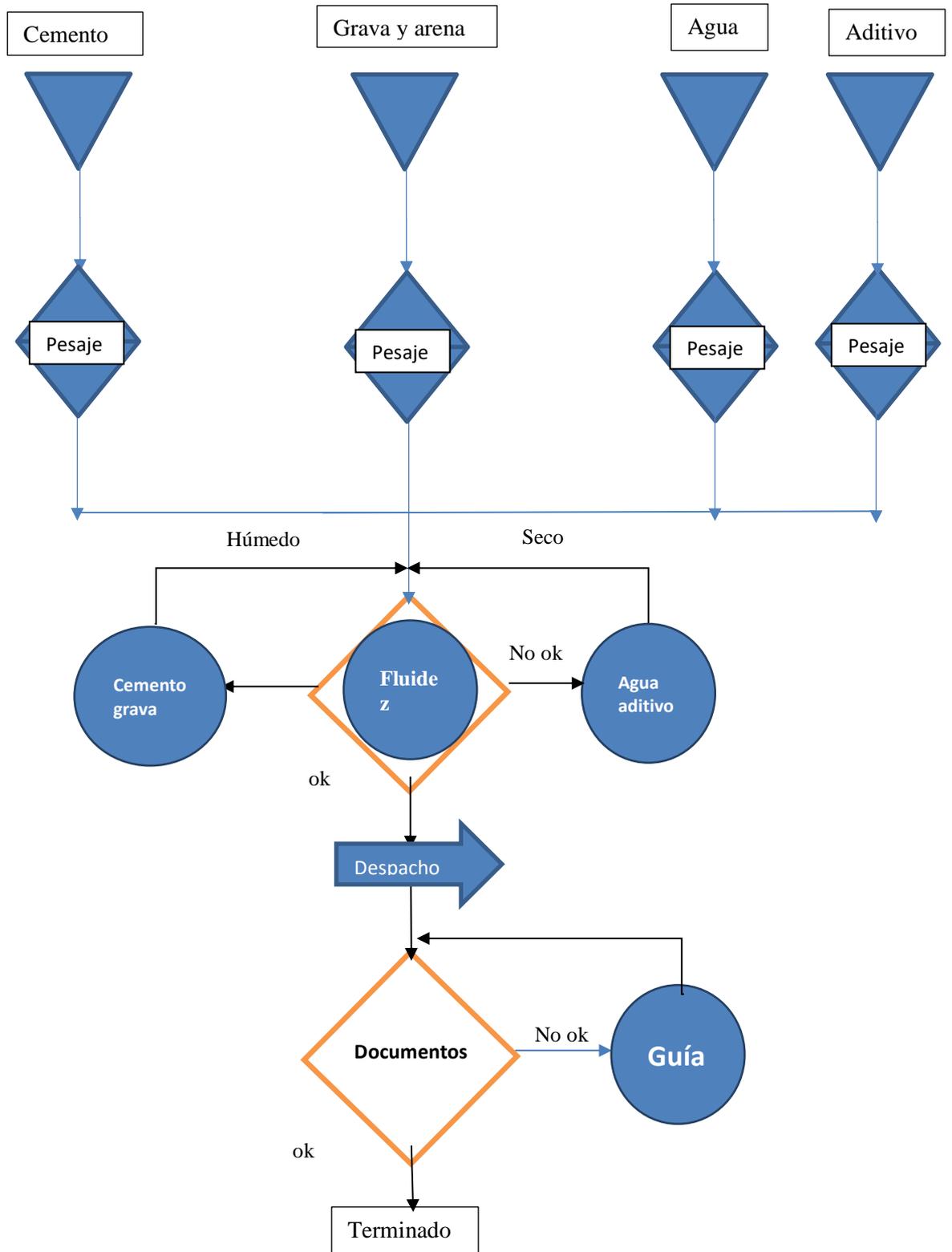


Figura Tc1 Proceso de operación (DPO) de la elaboración de hormigón  
Elaborado por José Luis Hermida A.

El tener el proceso productivo definido y dividido en varias fases, permite observar detalles de cada una y evaluarlas de mejor manera, lo que a su vez permite visualizar oportunidades de mejora en los procesos.

Se determinó estudiar los elementos que intervienen en el proceso de elaboración de hormigón: maquinarias (mixer, bandas, gallineta o cargadora), personal que intervienen en él (limitado a despachador de hormigón, ingeniero de calidad, operador de cargadora, operador de mixer,) así como los factores externos que pueden cambiar el proceso productivo (materia prima, clima).

Se consideró que, lo primero que se debe evaluar es la cargadora frontal o gallineta, ya que ésta, interviene en todos los procesos productivos de la planta. Resulta importante tomar los tiempos de cada uno de los viajes que realiza la cargadora para llenar las diferentes tolvas de la fábrica, porque sólo al concluir el ciclo de cargado de todas las tolvas, volverá a alimentar las tolvas de hormigón. Las tolvas son 7, agrupadas de dos en dos, de acuerdo al material que reciben: arena – grava, y al proceso productivo, salvo la de mortero donde se ocupa una sola tolva para la arena negra.

(A continuación, se presenta la fotografía de una cargadora frontal o gallineta)



**Toma de tiempos:**

La toma de tiempos se realizó en el transcurso de un mes. Se tomó 20 tiempos para cada uno de los 4 procesos a estudiar.

Al cliente se le trata como la unidad, entonces él puede pedir 7 m<sup>3</sup> u 8 m<sup>3</sup> etc. de acuerdo a su necesidad. Para la toma de datos se realizó un diagrama de Pareto con lo que se evidenció que 7m<sup>3</sup> es la carga más frecuente, determinando que esa será nuestra prioridad en el estudio.

Se determinó 20 tiempos como muestra ya que se trata de una muestra no probabilística o deliberada, por cuanto no obedece a un procedimiento, acción o razón en concreto (Supo, José. 2014).

Este tipo de muestreo se presta para seguir una línea de investigación según la cual se puede intervenir en variables de manera experimental, gozando de validez externa en replicabilidad de datos.

Como primer punto se tomó el tiempo de la cargadora. Se procedió entonces, a evaluar o medir el tiempo que la cargadora emplea para llenar cada una de las tolvas, de arena negra, de la máquina de adoquín, así como la máquina de bloque y de hormigón, obteniéndose los siguientes resultados:

**Llenado de tolvas de hormigón:**

Se decidió realizar una toma representativa de 20 tiempos, diferenciando qué material se lleva a las tolvas de hormigón, ya que cada material, arena o grava, tienen un espacio diferente dentro de la bodega. La distancia por recorrer es de 44,08 m. A más de tomar un tiempo de traslado de material, también tomamos el tiempo que demora la máquina para descargar el material en la tolva.

El llenado de las tolvas de hormigón es el proceso más rápido y directo dentro de la planta ya que las bodegas de material pétreo y las tolvas están frente a frente y se debe recorrer una distancia corta, sin contratiempos.

Diagrama de flujo para Cargada de Arena y grava para hormigón

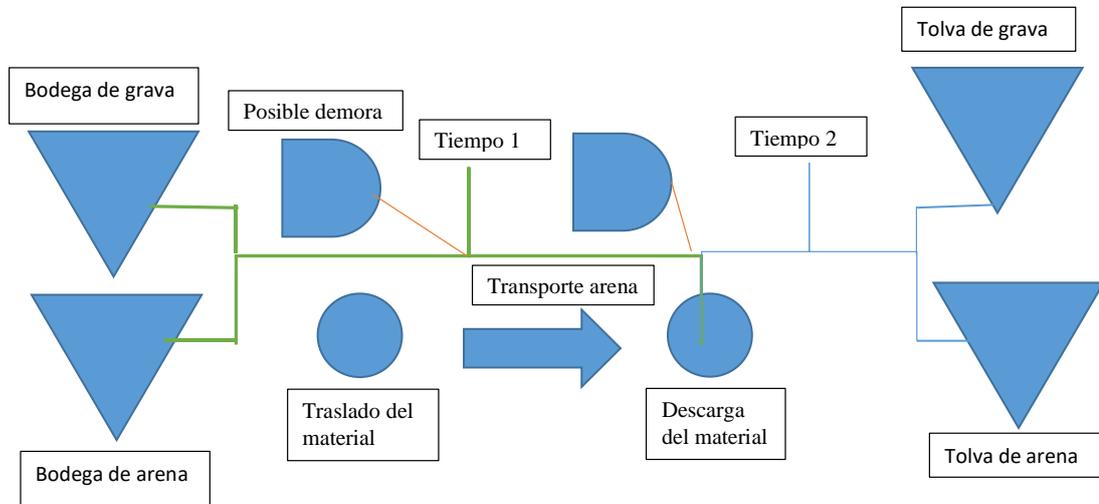


Figura Tc2 Diagrama de flujo para cargado de arena y grava para hormigón  
Elaborado por José Luis Hermida A.

Tabla Tc 3 Tiempos de cargadora para tolvas de hormigón

# de viaje	Recorrido	Material Transportado	Fecha	Tiempo de Descarga	Tiempo de Viaje	Total
1	bodega de materiales - tolva de hormigon	arena	15-12-2017	0:00:02	0:00:47	00:49.00
2	bodega de materiales - tolva de hormigon	arena	15-12-2017	0:00:02	0:00:45	00:47.00
3	bodega de materiales - tolva de hormigon	arena	16-12-2017	0:00:02	0:00:48	00:50.00
4	bodega de materiales - tolva de hormigon	arena	16-12-2017	0:00:02	0:00:49	00:51.00
5	bodega de materiales - tolva de hormigon	arena	18-12-2017	0:00:02	0:00:51	00:53.00
6	bodega de materiales - tolva de hormigon	grava	18-12-2017	0:00:02	0:00:48	00:50.00
7	bodega de materiales - tolva de hormigon	grava	19-12-2017	0:00:02	0:00:51	00:53.00
8	bodega de materiales - tolva de hormigon	arena	19-12-2017	0:00:02	0:00:49	00:51.00
9	bodega de materiales - tolva de hormigon	arena	20-12-2017	0:00:03	0:00:51	00:54.00
10	bodega de materiales - tolva de hormigon	grava	20-12-2017	0:00:03	00:54.90	00:57.90
11	bodega de materiales - tolva de hormigon	grava	20-12-2017	0:00:03	00:53.90	00:56.90
12	bodega de materiales - tolva de hormigon	grava	21-12-2017	0:00:03	00:54.75	00:57.75
13	bodega de materiales - tolva de hormigon	grava	21-12-2017	0:00:03	01:05.26	01:08.26
14	bodega de materiales - tolva de hormigon	grava	21-12-2017	0:00:03	00:55.35	00:58.35
15	bodega de materiales - tolva de hormigon	arena	21-12-2017	0:00:02	00:55.14	00:57.14
16	bodega de materiales - tolva de hormigon	arena	1/8/18	0:00:03	00:53.37	00:56.37
17	bodega de materiales - tolva de hormigon	arena	1/8/18	0:00:03	00:57.32	01:00.32
18	bodega de materiales - tolva de hormigon	arena	1/8/18	0:00:03	00:55.75	00:58.75
19	bodega de materiales - tolva de hormigon	grava	1/9/18	0:00:03	00:51.60	00:54.60
20	bodega de materiales - tolva de hormigon	grava	1/9/18	0:00:03	00:52.10	00:55.10

Tiempo máximo en minutos	01:08.26
Tiempo mínimo	00:47.00
Tiempo promedio	00:54.97

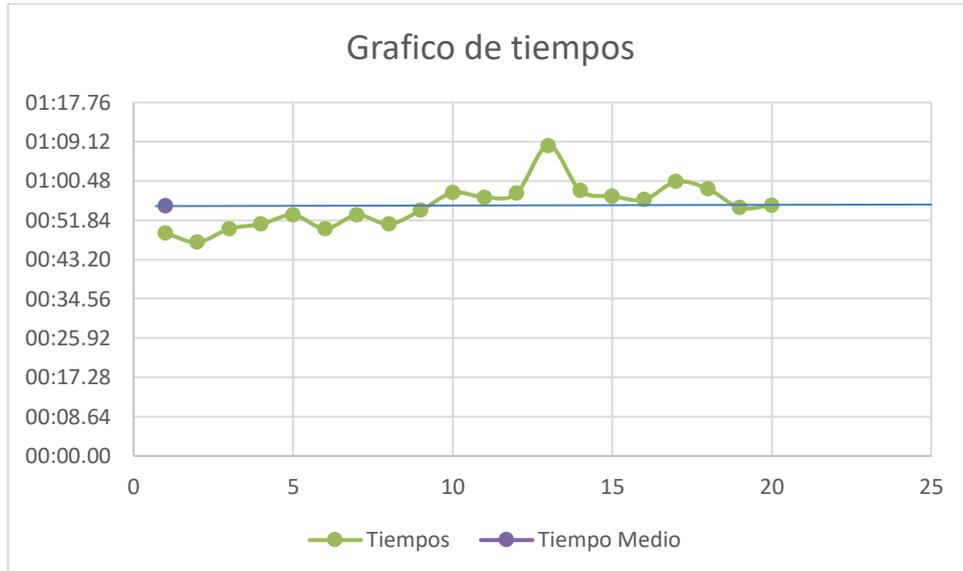


Figura Tc 3 Tiempos de la cargadora en la tolva de hormigón  
Elaborado por José Luis Hermida A.

Podemos ver una mayor linealidad en los tiempos, con ciertos picos por varias causas que se explicarán posteriormente.

### **Llenado de las tolvas de bloque:**

Teniendo en cuenta que estas tolvas están a una distancia de 160 m, la cargadora tiene varios problemas para lograr un tiempo mínimo y regular.

Diagrama de flujo para Cargada de Arena y grava para bloque

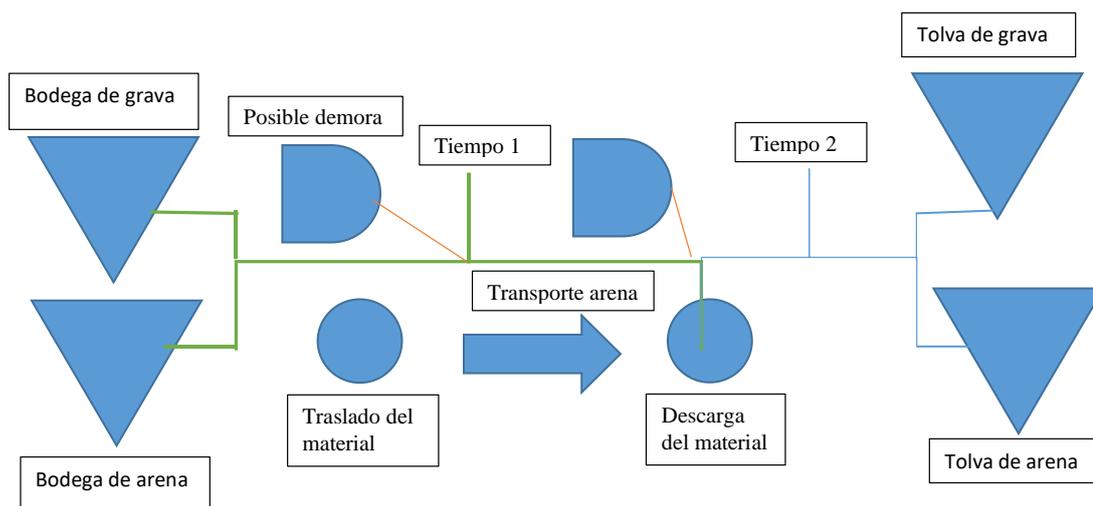


Figura Tc 4 Diagrama de flujo para cargado de arena y grava para bloque  
Elaborado por José Luis Hermida A.

# de viaje	Recorrido	Fecha	Material Transportado	Tiempo de Descarga	Tiempo de Viaje	Total	Observaciones
1	bodega de materiales - tolva de bloque	15-12-2017	chasqui	0:00:02	0:05:15	05:17.00	entrada de cabezal
2	bodega de materiales - tolva de bloque	15-12-2017	arena	0:00:45	0:02:37	03:22.00	caja de piedra en tolva
3	bodega de materiales - tolva de bloque	16-12-2017	arena	0:00:48	0:02:18	03:06.00	
4	bodega de materiales - tolva de bloque	16-12-2017	arena	0:00:02	0:02:05	02:07.00	
5	bodega de materiales - tolva de bloque	18-12-2017	arena	0:00:02	0:02:12	02:14.00	
6	bodega de materiales - tolva de bloque	18-12-2017	grava	0:00:02	0:02:15	02:17.00	
7	bodega de materiales - tolva de bloque	19-12-2017	grava	0:00:02	0:02:12	02:14.00	
8	bodega de materiales - tolva de bloque	19-12-2017	arena	0:00:02	0:02:05	02:07.00	
9	bodega de materiales - tolva de bloque	20-12-2017	arena	0:00:03	0:02:18	02:21.00	
10	bodega de materiales - tolva de bloque	20-12-2017	chasqui	0:00:03	0:02:02	02:04.87	montacargas en movimiento
11	bodega de materiales - tolva de bloque	20-12-2017	arena	0:00:03	0:02:18	02:20.90	montacargas en movimiento
12	bodega de materiales - tolva de bloque	21-12-2017	arena	0:00:03	0:02:07	02:10.24	montacargas en movimiento
13	bodega de materiales - tolva de bloque	21-12-2017	chasqui	0:00:02	0:02:10	02:12.18	montacargas en movimiento
14	bodega de materiales - tolva de bloque	21-12-2017	arena	0:00:02	0:02:03	02:05.18	montacargas en movimiento
15	bodega de materiales - tolva de bloque	21-12-2017	arena	0:00:03	0:02:02	02:04.75	montacargas en movimiento
16	bodega de materiales - tolva de bloque	1/8/18	chasqui	0:00:02	0:03:22	03:23.77	entrada de mixer
17	bodega de materiales - tolva de bloque	1/8/18	arena	0:00:03	0:02:09	02:12.25	montacargas en movimiento
18	bodega de materiales - tolva de bloque	1/8/18	arena	0:00:03	0:02:06	02:09.00	montacargas en movimiento
19	bodega de materiales - tolva de bloque	1/9/18	arena	0:00:03	0:02:09	02:12.00	montacargas en movimiento
20	bodega de materiales - tolva de bloque	1/9/18	arena	0:00:03	0:02:07	02:10.00	montacargas en movimiento

Tabla Tc 4 Tiempos de cargadora para tolvas de bloque  
Elaborado por José Luis Hermida A.

tiempo maximo	05:17.00
tiempo minimo	02:04.75
tiempo promedio	02:30.51

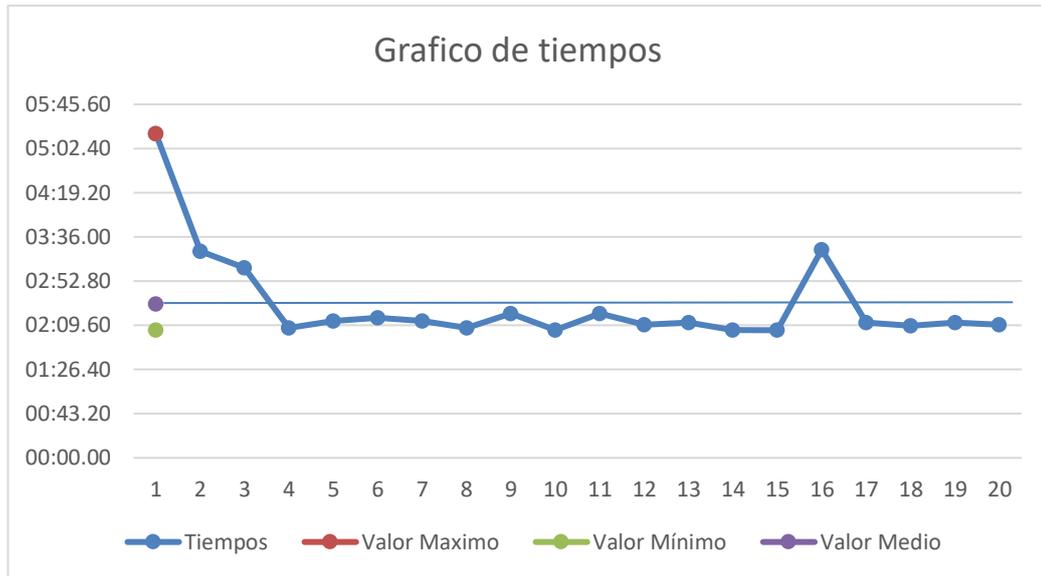


Figura Tc 5 Graficación de tiempos de la cargadora en la tolva de bloque  
Elaborado por José Luis Hermida A.

### Llenado de tolvas de adoquín:

El siguiente tiempo a evaluar es el de llenado de las tolvas del adoquín. Igualmente, se tomaron 20 tiempos. La cargadora tiene que recorrer 200 m., hasta llegar a la tolva. En este recorrido se presentan varios problemas como compartir espacio con los montacargas, con los mixers, con tráileres, camiones o mulas, que están cargando material en despachos, por lo que es difícil obtener un tiempo regular.

A esto debemos sumar que la cargadora circula por el medio de la bodega, por lo tanto, el espacio reducido para la circulación, obliga a disminuir notablemente su velocidad.

Diagrama de flujo para Cargada de Arena y grava para adoquín

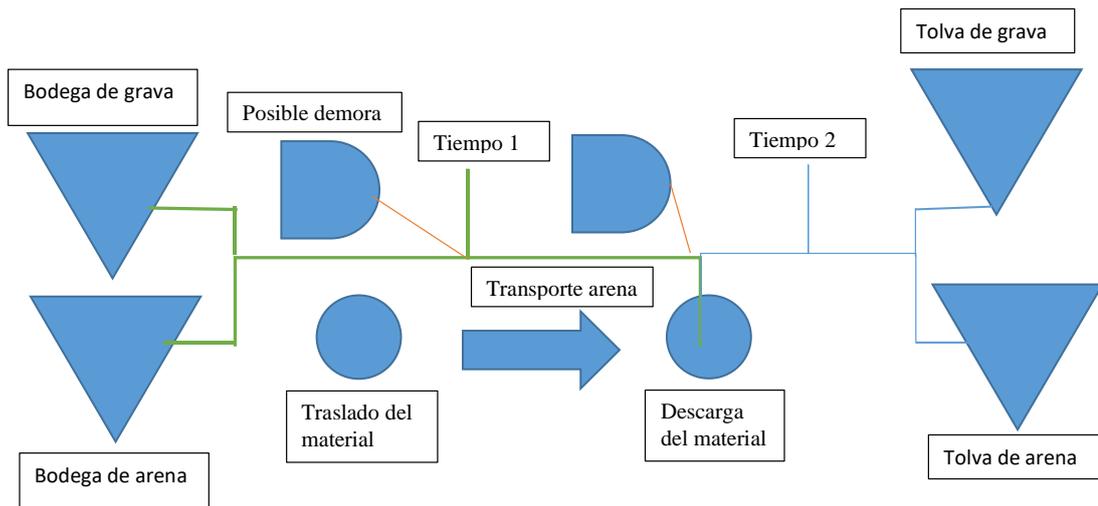


Figura Tc 6 Diagrama de flujo para cargado de arena y grava para adoquín  
Elaborado por José Luis Hermida A.

Tabla Tc 5 Tiempos de cargadora para tolvas de adoquín

# de viaje	Recorrido	Fecha	Material Transportado	Tiempo de Descarga	Tiempo de Viaje	Total
1	bodega de materiales - tolva de adoquin	15-12-2017	arena	0:00:03	0:02:14	02:17.00
2	bodega de materiales - tolva de adoquin	15-12-2017	arena	0:00:03	0:02:14	02:17.00
3	bodega de materiales - tolva de adoquin	16-12-2017	chasqui	0:00:03	0:01:54	01:57.00
4	bodega de materiales - tolva de adoquin	16-12-2017	arena	0:00:03	0:02:14	02:17.00
5	bodega de materiales - tolva de adoquin	18-12-2017	arena	0:00:02	0:01:24	01:26.00
6	bodega de materiales - tolva de adoquin	18-12-2017	arena	00:03.00	02:07.11	02:10.11
7	bodega de materiales - tolva de adoquin	19-12-2017	arena	00:03.00	01:55.68	01:58.68
8	bodega de materiales - tolva de adoquin	19-12-2017	arena	00:03.00	02:04.90	02:07.90
9	bodega de materiales - tolva de adoquin	20-12-2017	chasqui	00:03.00	02:01.90	02:04.90
10	bodega de materiales - tolva de adoquin	20-12-2017	arena	00:03.00	01:58.75	02:01.75
11	bodega de materiales - tolva de adoquin	20-12-2017	arena	00:03.00	02:04.40	02:07.40
12	bodega de materiales - tolva de adoquin	21-12-2017	arena	00:03.00	01:58.54	02:01.54
13	bodega de materiales - tolva de adoquin	21-12-2017	chasqui	00:03.00	02:27.01	02:30.01
14	bodega de materiales - tolva de adoquin	21-12-2017	arena	00:03.00	02:02.00	02:05.00
15	bodega de materiales - tolva de adoquin	21-12-2017	arena	00:03.00	01:46.70	01:49.70
16	bodega de materiales - tolva de adoquin	1/8/18	arena	00:03.00	01:56.60	01:59.60
17	bodega de materiales - tolva de adoquin	1/8/18	arena	00:03.00	02:02.50	02:05.50
18	bodega de materiales - tolva de adoquin	1/8/18	chasqui	00:03.00	02:04.63	02:07.63
19	bodega de materiales - tolva de adoquin	1/9/18	chasqui	00:03.00	01:58.35	02:01.35
20	bodega de materiales - tolva de adoquin	1/9/18	arena	00:03.00	01:58.79	02:01.79

Elaborado por José Luis Hermida A.

Las tolvas de adoquín que están al otro extremo de la planta, teniendo una mayor distancia por recorrer y un mayor número de inconvenientes con imprevistos que pueden ocurrir en despachos, bodega, u hormigón.

Tiempo máximo en minutos	02:30.01
Tiempo mínimo	01:26.00
Tiempo promedio	02:04.34

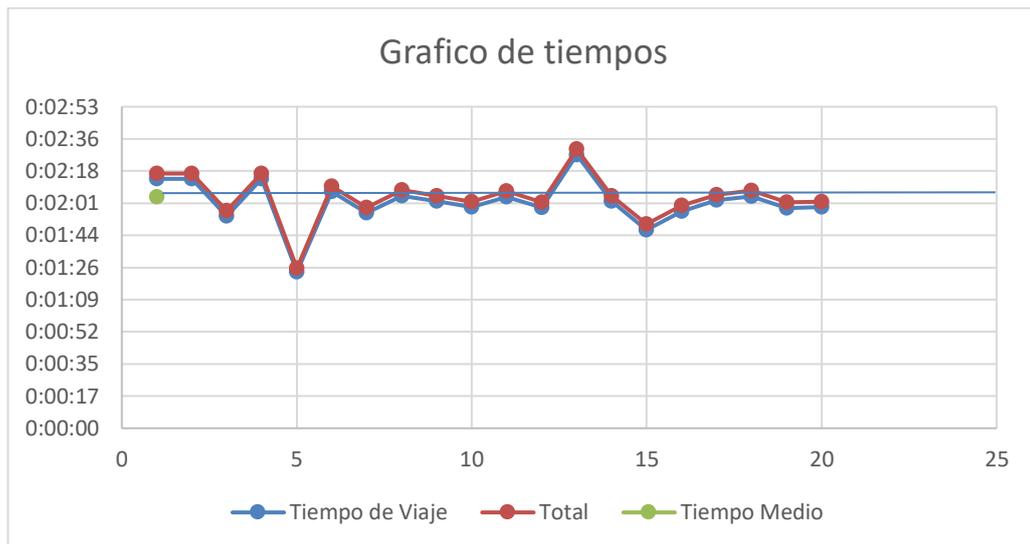


Figura Tc 7 Graficación de tiempos de la cargadora en la tolva de adoquín  
Elaborado por José Luis Hermida A.

### Llenado de tolva de arena negra:

Se evalúa el tiempo que se demora la cargadora (gallineta), en llenar la tolva de arena negra. Esta arena tiene un depósito aparte, ya que solo se utiliza para fabricar morteros y no se debe mezclar con el otro material.

La distancia de recorrido es de 117 m., movilizándose, así mismo, por medio de la bodega y zona de despachos, como los casos estudiados anteriormente.

Al analizar estos resultados, se refleja los mismos problemas de las tolvas del adoquín y del bloque, aumentando en este caso, el problema del espacio junto a la tolva donde se deja el material ya que, el espacio es más reducido y hay más movimiento de producto terminado, montacargas y personal.

Diagrama de flujo para Cargada de arena negra

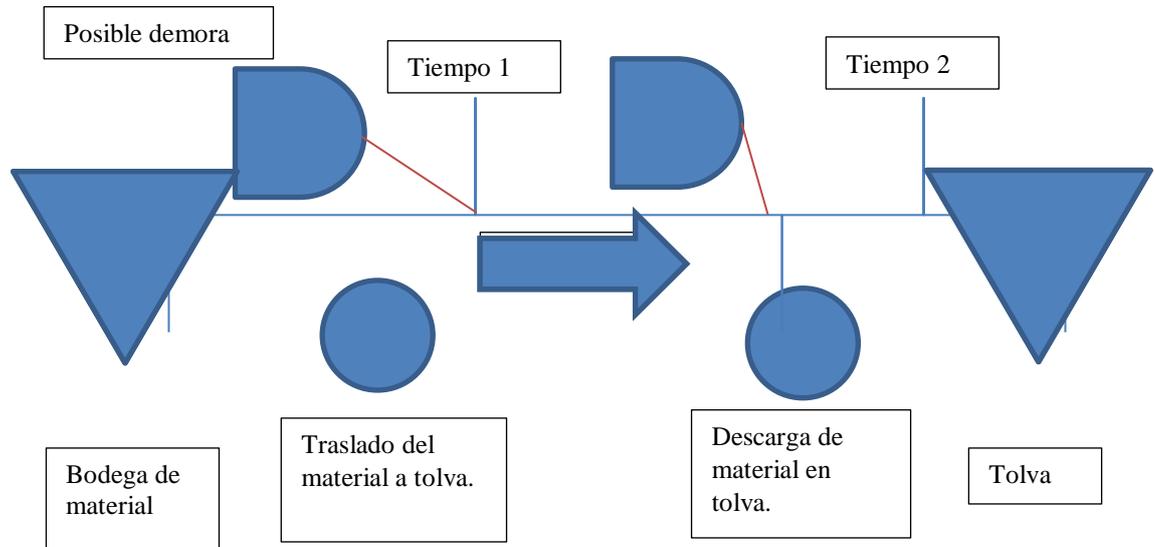


Figura Tc 8 Diagrama de flujo para cargado de arena negra para morteros  
Elaborado por José Luis Hermida A.

Tabla Tc 6 Tiempos de cargadora para tolvas de arena negra de morteros

# de viaje	Recorrido	Fecha	Material Transportado	Tiempo de Descarga	Tiempo de Viaje	Total	Observacion
1	bodega de materiales - tolva de arena negra	15-12-2017	arena negra	0:00:02	0:01:42	01:44.00	plataforma obstruye paso
2	bodega de materiales - tolva de arena negra	15-12-2017	arena negra	0:00:02	0:01:42	01:44.00	plataforma obstruye paso
3	bodega de materiales - tolva de arena negra	16-12-2017	arena negra	0:00:02	0:00:48	00:50.00	
4	bodega de materiales - tolva de arena negra	16-12-2017	arena negra	0:00:02	0:00:49	00:51.00	
5	bodega de materiales - tolva de arena negra	18-12-2017	arena negra	0:00:02	0:00:51	00:53.00	
6	bodega de materiales - tolva de arena negra	18-12-2017	arena negra	0:00:02	0:00:48	00:50.00	
7	bodega de materiales - tolva de arena negra	19-12-2017	arena negra	0:00:02	0:00:51	00:53.00	
8	bodega de materiales - tolva de arena negra	19-12-2017	arena negra	0:00:02	0:00:49	00:51.00	
9	bodega de materiales - tolva de arena negra	20-12-2017	arena negra	0:00:03	0:00:51	00:54.00	
10	bodega de materiales - tolva de arena negra	20-12-2017	arena negra	0:00:02	01:37.15	01:39.15	
11	bodega de materiales - tolva de arena negra	20-12-2017	arena negra	0:00:02	01:47.93	01:49.93	
12	bodega de materiales - tolva de arena negra	21-12-2017	arena negra	0:00:02	02:17.90	02:19.90	monta carga estorba
13	bodega de materiales - tolva de arena negra	21-12-2017	arena negra	0:00:02	01:41.66	01:43.66	
14	bodega de materiales - tolva de arena negra	21-12-2017	arena negra	0:00:02	01:37.31	01:39.31	
15	bodega de materiales - tolva de arena negra	21-12-2017	arena negra	0:00:02	01:48.0	01:50.00	
16	bodega de materiales - tolva de arena negra	1/8/18	arena negra	0:00:02	02:40.0	02:42.00	salida de mixer
17	bodega de materiales - tolva de arena negra	1/8/18	arena negra	0:00:05	01:52.0	01:57.00	
18	bodega de materiales - tolva de arena negra	1/8/18	arena negra	0:00:02	02:10.0	02:12.00	plataforma obstruye paso
19	bodega de materiales - tolva de arena negra	1/9/18	arena negra	0:00:02	02:45.0	02:47.00	recoge material de desperdicio al regreso
20	bodega de materiales - tolva de arena negra	1/9/18	arena negra	0:00:02	01:57.0	01:59.00	monta carga estorba

Tiempo máximo	02:47.00
Tiempo mínimo	00:50.00
Tiempo promedio	01:36.45

La tolva de arena negra está en el corredor de bodega que conecta a las tolvas de adoquín y bloque.



Figura Tc 9 Graficación de tiempos de la cargadora en la tolva de arena negra  
Elaborado por José Luis Hermida A.

Para llegar a esta tolva debemos pasar por la bodega de producto terminado y por la zona de despachos, al igual que para las tolvas de adoquín y bloque.

### Llenado de tolva de hormigón:

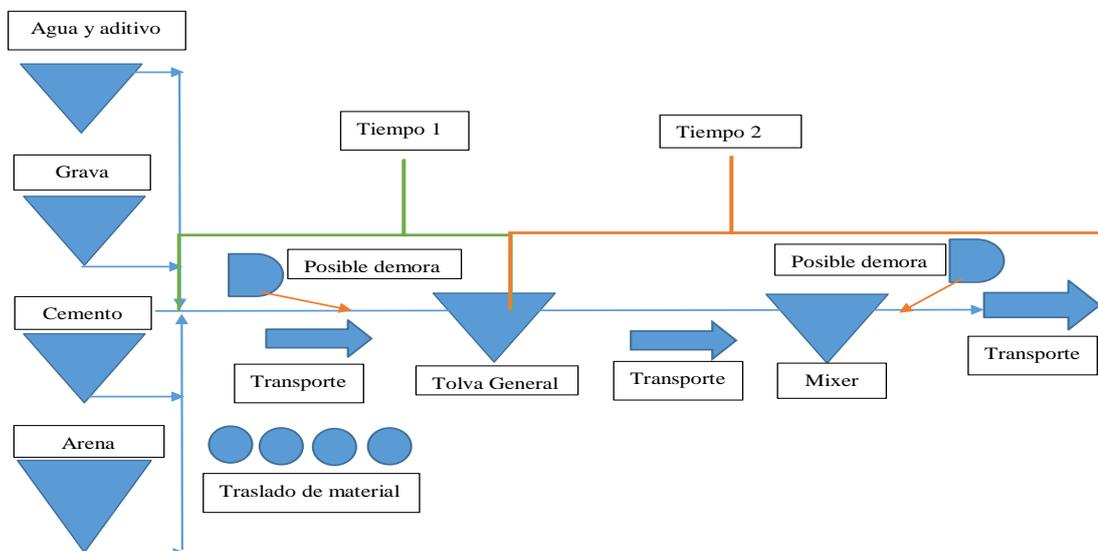


Figura Tc 10 Diagrama de flujo para cargado de materia prima para elaboración de hormigón  
Elaborado por José Luis Hermida A.

Tabla Tc 7 Tiempos para elaboración de hormigón

Aditivo mas agua		00:01:30:00													
carga de materiales en la manga				mezclado de hormigon dentro del vehiculo y salida de planta											
# de cargas	mangas	tiempo	volumen de hormigon	fc	# de cargas		tiempo	fecha	tiempo total	Observaciones					
1	arena	0:09:11	7m3	210	1	mixer	07:05:00	15-12-2017	0:19:50	Carga de volumen normal					
	grava	0:11:35				salida	01:50:00								
2	arena	12:56:88	7m3	240B	2	mixer	09:29:42	15-12-2017	23:26:72	Carga de volumen normal					
	grava	05:24:68				salida	01:00:42								
3	arena	14:03:30	7m3	240B	3	mixer	07:13:95	16-12-2017	21:50:07	Carga de volumen normal					
	grava	07:52:53				salida	00:32:82								
4	arena	15:52:14	7m3	240	4	mixer	09:04:56	16-12-2017	26:47:50	Carga de volumen normal					
	grava	16:51:20				salida	01:50:80								
5	arena	06:38:20	1m3	240	5	mixer	02:58:20	18-12-2017	12:29:80	Revision y carga de saldo de hormigon					
	grava	06:31:20				salida	02:53:40								
6	arena	04:14:40	4.5m3	240B	6	mixer	04:16:50	18-12-2017	15:22:30	Revision y carga de saldo de hormigon					
	grava	03:45:50				salida	06:51:40								
7	arena	10:18:60	7m3	240	7	mixer	07:54:30	19-12-2017	22:30:50	Carga de volumen normal					
	grava	08:37:50				salida	04:17:60								
8	arena	17:38:49	7m3	210B	8	mixer	08:53:63	19-12-2017	27:10:02	Carga de volumen normal					
	grava	14:28:52				salida	00:37:90								
9	arena	04:45:65	2.5m3	240B	9	mixer	07:05:80	20-12-2017	14:30:00	Revision y carga de saldo de hormigon					
	grava	03:57:80				salida	02:38:55								
10	arena	18:14:71	7m3	240B	10	mixer	06:53:13	20-12-2017	27:08:84	Carga de volumen normal					
	grava	16:12:18				salida	02:01:00								
11	arena	14:38:05	7m3	210B	11	mixer	11:33:12	20-12-2017	27:08:17	Carga de volumen normal					
	grava	06:33:45				salida	00:57:00								
12	arena	14:39:28	7m3	300	12	mixer	10:52:25	21-12-2017	26:56:63	Carga de volumen normal					
	grava	13:37:65				salida	01:25:10								
13	arena	12:24:63	7m3	210B	13	mixer	13:54:40	21-12-2017	29:29:55	Carga de volumen normal					
	grava	10:20:33				salida	03:10:52								
14	arena	12:40:00	7m3	240B	14	mixer	10:10:00	21-12-2017	23:50:00	Carga de volumen normal					
	grava	06:46:00				salida	01:00:00								
15	arena	07:43:00	7m3	240B	15	mixer	08:42:00	21-12-2017	18:25:00	Carga de volumen normal					
	grava	06:06:42				salida	02:00:00								
16	arena	17:32:97	7m3	240B	16	mixer	21:09:53	1/8/18	53:36.39	cambio de aridos y aditivos					
	grava	14:59:63				salida	14:53:89								
17	arena	12:20:80	4m3	240B	17	mixer	06:38:00	1/8/18	20:19.30	Revision y carga de saldo de hormigon					
	grava	11:29:40				salida	01:20:50								
18	arena	06:53:10	1m3	240B	18	mixer	10:41:30	1/8/18	18:09.30	Revision y carga de saldo de hormigon					
	grava	05:38:30				salida	00:34:90								
19	arena	09:14:03	2,5m3	240B	19	mixer	06:14:87	1/9/18	18:30.10	Revision y carga de saldo de hormigon					
	grava	09:13:30				salida	03:01:20								
20	arena	12:45:51	4m3	240B	20	mixer	07:27:39	1/9/18	21:18.00	Revision y carga de saldo de hormigon					
	grava	11:30:10				salida	01:05:10								

Elaborado por José Luis Hermida A.

Como la elaboración del hormigón, se dividió en 4 fases, se procedió a tomar los tiempos de cada una de ellas.

La primera toma empieza cuando el despachador envía agua y aditivo al mixer por medio de la tolva principal. Se obtiene un promedio de 1: 30 minutos.

La segunda fase, cuando las bandas empiezan a llevar material pétreo (grava y arena) desde las tolvas, a la tolva principal, al mismo tiempo que el cemento es enviado desde el silo a la tolva principal en la cual se pesan todos los elementos, antes de pasar al mixer

Tiempo máximo en minutos	00:18.14
Tiempo mínimo	00:03.45
Tiempo promedio	00:10.39

Otra fase, apenas las bandas dejan de llevar material y el mixer eleva las revoluciones para mezclar los insumos.

Tiempo máximo en minutos	00:21.09
Tiempo mínimo	00:06.53
Tiempo promedio	00:10.13

La cuarta fase se considera el tiempo que emplea el mixer en salir de la planta. Se encontró que, entre el mezclado del mixer y su salida de la planta, se efectúa un control de calidad y documentación.

Tiempo máximo en minutos	00:14.53
Tiempo mínimo	00:00.32
Tiempo promedio	00:02.44

Por otro parte, hay que tener presente que durante las tres primeras fases, el mixer se queda debajo de la tolva principal hasta terminar el mezclado, superar los controles de calidad y recibir la documentación. Sólo luego, sale de la planta hacia la obra designada. El tiempo total del proceso de producción del hormigón presentó el siguiente cuadro:

Tiempo máximo en minutos	53:36.39
Tiempo mínimo	12:29.80
Tiempo promedio	23:37.80

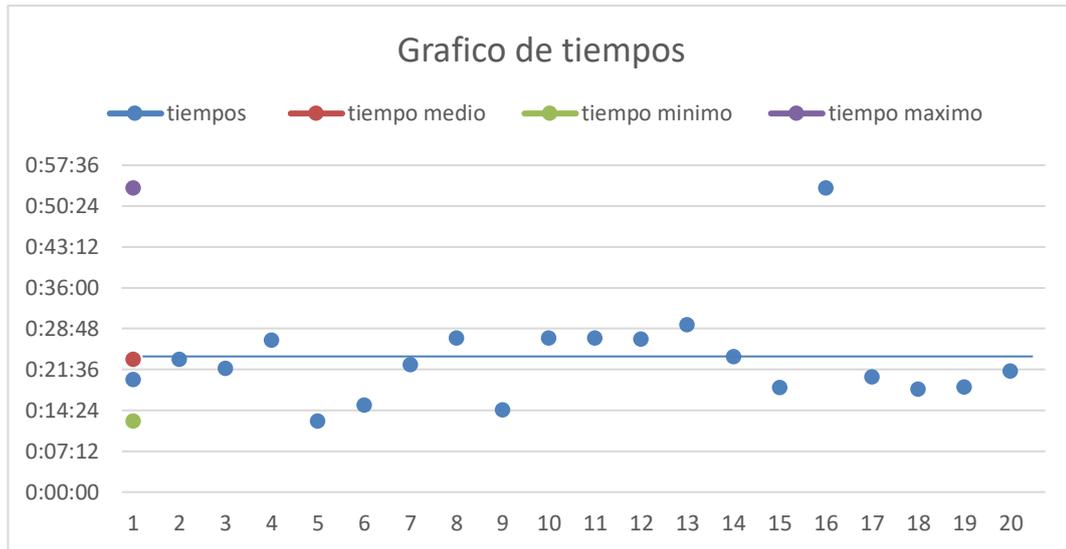


Figura Tc 11 Graficación de tiempos para elaboración de hormigón  
Elaborado por José Luis Hermida A.

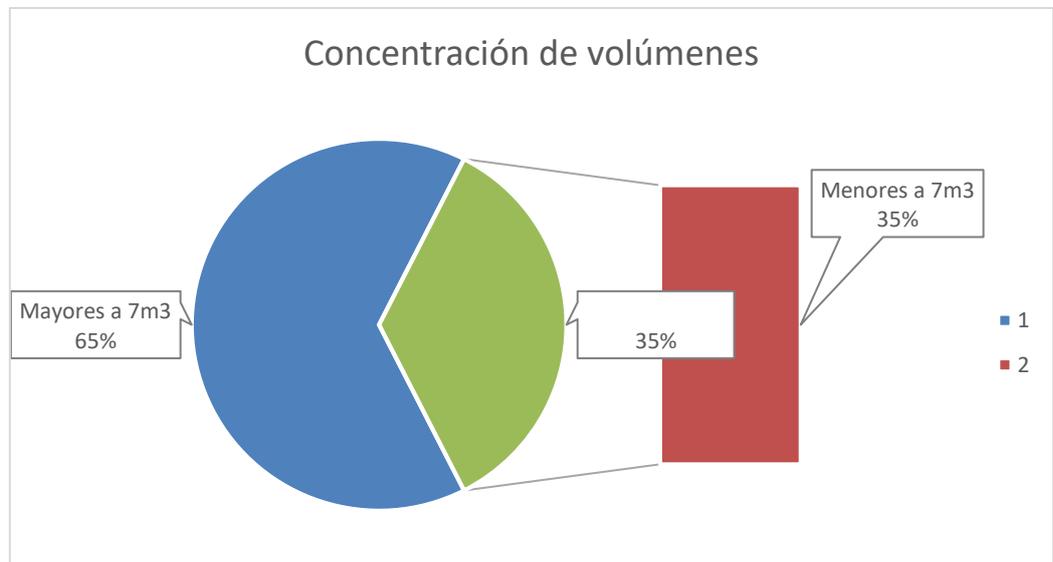


Figura Tc 12 Aplicación de Pareto a la distribución de volúmenes  
Elaborado por José Luis Hermida A.

mayores a 7m3	13
menores a 7m3	7

Con esta forma de producción, se encuentra muchos tiempos muertos, pues el mixer podría hacer su mezclado y control de calidad, fuera de la tolva, permitiendo el ingreso de otro mixer para ser cargado.

En la salida del mixer, se tiene los mismos problemas que la cargadora o gallineta, cuando hay despachos de bodega o camiones en la puerta de salida de la planta, que atienden los otros procesos de fabricación: mixer saliendo, volquetas o plataformas entrando o siendo cargadas.

Si se analiza detenidamente las tablas de tiempos, se encuentra que, en la producción de hormigón, en la fase tres: Mezclado y control de calidad en el mixer, por aspectos como: cambio de materia prima, excesivos o reiterativos controles de calidad, el intervalo de tiempo es muy variable, presentando un tiempo máximo de 53min con 36 seg, frente a un tiempo mínimo de 12min con 29 seg. Si se considera que todos los mixers observados tienen la misma carga de 7m<sup>3</sup>, la dispersión exige un urgente análisis para introducir correctivos al proceso.

Así mismo, en el llenado de las tolvas de bloque, se obtiene un tiempo mínimo de 2min 4seg, frente a un tiempo máximo de 5min 17 seg, lo cual demuestra una alta irregularidad en el proceso. Estas variaciones demuestran tiempos muertos que afectan al resto de procesos productivos.

Se considera que corregidos estos dos procesos se mejorara la producción.

## RESULTADO DE LAS ENCUESTAS

De la encuesta aplicada a los trabajadores, se ha escogido los ítems con resultados que más interesan al trabajo, como respaldo o refuerzo a las ideas desarrolladas en el mismo:

La pregunta número 2: ¿Conoce el orden, de las acciones, movimientos o tareas, en la producción del hormigón premezclado?

92.31% de los trabajadores conocen el orden de producción, mientras que el 7.69% no conoce.

La pregunta número 3: ¿Existe algún aspecto del proceso que se considere como secreto o como reservado y que, por tanto, usted lo realiza sin conocer el por qué lo hace?

La respuesta de los entrevistados es de 61.54% que no existen secretos, mientras que el 38.46% indican que si hay secretos como por ejemplo, la cantidad de cada material en la mezcla de hormigón.

La pregunta 4: ¿Conoce usted el tiempo promedio que toma producir el hormigón premezclado?

La respuesta fue: 92.31% que si conoce el tiempo, mientras que el 7.69% no lo conocía.

Pregunta 6: Es correcto o se puede mejorar, es decir. ¿Se maneja bien el espacio donde se produce hormigón premezclado?

Un 92.31%, considera que se debería mejorar el espacio, mientras que el 7.69% piensa que no se debe cambiar ni mejorar el espacio.

Pregunta 15: ¿Considera usted, que en el proceso, hay desperdicio de material? ¿En qué momento se produce esto?

92.31% afirma que, existe desperdicio. El 7.69 % afirma que no lo hay.

### **OBSERVACIONES:**

Entre las causas de la dispersión de los tiempos en el desempeño de la cargadora, podemos citar las siguientes:

Obstrucción de vías de salida y entrada a tolvas por agentes externos (montacargas dañados, carros para descargar materia prima o cargar producto terminado en la planta).

Compartir espacio con los montacargas, con los mixers o con tráileres, camiones o mulas, que están cargando material en despachos.

La plataforma donde están las tolvas de adoquín y bloque es reducida, obligándola a realizar varias maniobras para ubicarse de manera correcta y descargar el material.

Cuando se despacha producto terminado (adoquín, fachaletas, pegamentos), se debe hacer en volúmenes pequeños por la estrechez del acceso a la bodega, lo que interrumpe el trabajo de la cargadora.

Falta de mantenimiento preventivo y descoordinación con el departamento de mecánica.

Se pudo constatar que el control de calidad del producto terminado, causa demoras en el proceso productivo, pues la persona que lo realiza, lo hace a su criterio y no ayudado de instrumental técnico, lo cual a veces le genera dudas, pero además, el ingeniero de control de calidad efectúa un segundo control por medio del cono de Abrams, para medir asentamientos, cuando la obra es fiscalizada.

Se observó además, el desperdicio que se genera al tener bandas transportadoras de material, en mal estado.

El tener una sola puerta para el ingreso de materia prima y salida de producto terminado, produce embotellamientos y desorganización en los procesos productivos y desorden en la planta en general.

El proceso productivo del hormigón depende de una sola persona: el despachador de hormigón, quien dejando de lado el proceso automático dentro de la cabina de mando, lo realiza de manera manual, y quien a su vez, realiza el control de calidad de manera visual en el mixer.

El control de cantidad de materia prima en bodegas es defectuoso ya que hay ocasiones en las que el stock de materia prima es mínimo, obligando a parar la producción. No se tiene un control adecuado de calidad de las materias primas ya que se puede observar una variación en la granulometría de la grava.

Otras demoras constituyen el hecho de mezclar el hormigón y realizar el control de calidad en el mixer, debajo de la tolva principal.

## CONCLUSIONES

### **A la encuesta:**

Resulta interesante encontrar que en el proceso de producción del hormigón, el 92,31% del personal encuestado, conoce el orden o la secuencia del proceso. Que en este proceso, únicamente un 38,46 % considera que hay secretos en la proporción con que entran los elementos en la mezcla. Incluso, el 92,31 % afirma conocer el tiempo que se emplea en su producción.

Por otra parte, el 92,31 % afirma, que el Layout es inadecuado y que hay desperdicios en el proceso de producción.

### **Al Layout:**

Al realizar el Layout de la planta llegamos a observar lo siguiente:

La bodega de materia prima o materiales pétreos no está ubicada estratégicamente para todos los procesos; los recorridos se vuelven complejos e irregulares por las distancias hacia cada una de las tolvas de la planta.

Tener una sola puerta para ingreso de materia prima y despachos, dificulta y entorpece el flujo vehicular. Los desplazamientos en procesos productivos de cada elemento, no siguen ninguna forma estructurada o recomendada de Layout por ejemplo en forma de u, forma en I o mixta u otro apropiado para la realidad de la planta; todo circula por todo lado desde materia prima hasta producto terminado. No existen rutas trazadas.

**Al proceso de producción del hormigón:**

Se pudo constatar que la elaboración de hormigón está ligada a una incorrecta distribución de elementos de producción dentro de la planta. El espacio se reduce considerablemente, ya que se despacha varios productos como bloques, pegantes y fachaletas al mismo tiempo que se despacha el hormigón.

Más aún, en el mismo lugar de despacho de los productos, en el mixer ya cargado, se realiza el control de calidad del hormigón, sin permitir el ingreso de otros vehículos a la zona, razón por la cual, se pierde tiempo y eficiencia, disminuyendo la producción diaria.

Este congestionamiento ocasiona una pérdida de tiempo que no permite cumplir apropiadamente con la entrega de hormigón a los clientes.

Los vehículos se guardan dentro del patio de maniobras, dificultando el movimiento de la cargadora frontal en la mañana para cargar materia prima en las tolvas de la planta, originando retrasos.

El lugar para el control de calidad del hormigón, dificulta y retrasa el proceso productivo del mismo.

El espacio de bodega y corredor por donde debe movilizarse la cargadora frontal es pequeño y genera retrasos.

## CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

Se considera logrado el objetivo general pues, analizado el proceso de producción del hormigón, se ha identificado una oportunidad fundamental de mejora del proceso: modificar el lugar donde se realiza el mezclado y control de calidad ya que, hacerlo bajo la tolva principal, supone una demora.

Por otra parte, se han identificado las acciones del proceso y se las ha estructurado en cuatro fases que permitieron medir sus tiempos de manera independiente.

La circulación de la cargadora y de otras máquinas por la zona de producción, sin observar rutas independientes, caotizan y retrasan el proceso productivo.

La ubicación de bodegas de materia prima, demanda recorridos demasiado amplios a la cargadora, causando demoras en los procesos.

La inexistencia de un horario de procesos, en la producción general, genera caos dentro de la planta, sobre todo en el patio de maniobras.

En los anexos, se presenta un Layout que redistribuye la planta.

## RECOMENDACIONES

Lo primero que se tiene que abordar es el ajuste o mejoramiento de un Layout que no está documentado en la planta. Un espacio bien planificado, permite mayor eficiencia y productividad con economía de recursos al reducir el tiempo y reorganización los espacios de trabajo: bodegas de materiales, accesos, rutas de circulación, tolvas de arena negra y bodegas de pegas, donde el espacio es muy reducido y la cargadora debe hacer repetidas maniobras para su acceso.

Se recomienda sacar el proceso de mezclado y control de calidad de debajo de las tolvas de hormigón, permitiendo el ingreso de otro mixer a ser cargado. En la tabla de tiempos, esta fase, tiene una duración promedio de 10,13 minutos, si lo consideramos en la jornada diaria, nos permitiría cargar 2 mixer adicionales, lo que significa mayor producción y ahorro de tiempo.

Diseñar rutas de circulación para las máquinas o equipos de producción, fundamentalmente montacargas y cargadora, así como para el personal. Analizando el cuadro de tiempos de la cargadora, se puede observar que con tiempos promedio el ciclo de producción teóricamente se cubriría. Pero las demoras en el recorrido hacen que se genere por lo menos 23' con 10" de tiempo muerto, lo que retrasa los procesos de producción. La organización de los desplazamientos en la planta, proporciona seguridad y agilidad de respuesta en los procesos.

Centralizar el área de material pétreo, para alimentar más rápidamente a todos los procesos productivos. Bodegas estratégicamente ubicadas evitan desgaste de maquinaria y ahorran tiempo de producción.

Instaurar un mantenimiento preventivo, no solamente correctivo, garantiza un mejor control del gasto y mayor vida útil de la maquinaria, evitando paralizaciones imprevistas en el proceso productivo.

Abrir otra puerta para despachos, evitando la interrupción de camiones y tráileres a los procesos productivos. El contar con puertas adicionales, independiza procesos dentro de la planta, con lo cual se mejora productividad.

Organizar horarios de recepción de materia prima, así como de despachos, de tal manera que no provoquen interrupción al proceso productivo. La organización de tiempos e inventarios garantiza eficiencia en los procesos.

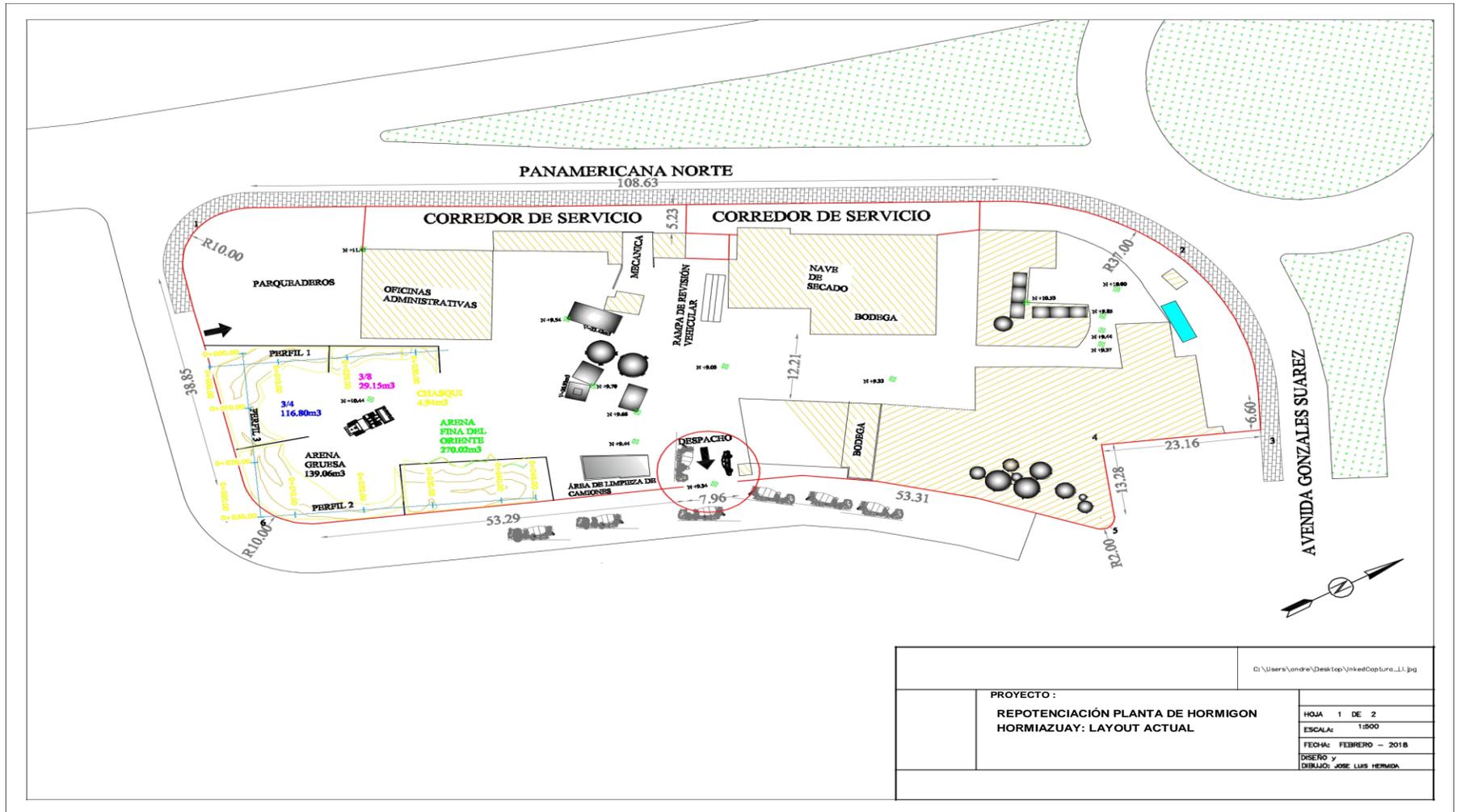
Efectuar un control de calidad de materia prima más riguroso para no tener variabilidad en mezclas de hormigón, y generar mayor calidad y confianza. Los controles de calidad garantizan a los clientes, confiabilidad en los productos.

Adquirir una planta pre-mezcladora de hormigón, aunque supone nueva inversión, brindará seguridad y calidad en la mezcla, a más de ahorro de tiempo en el proceso.

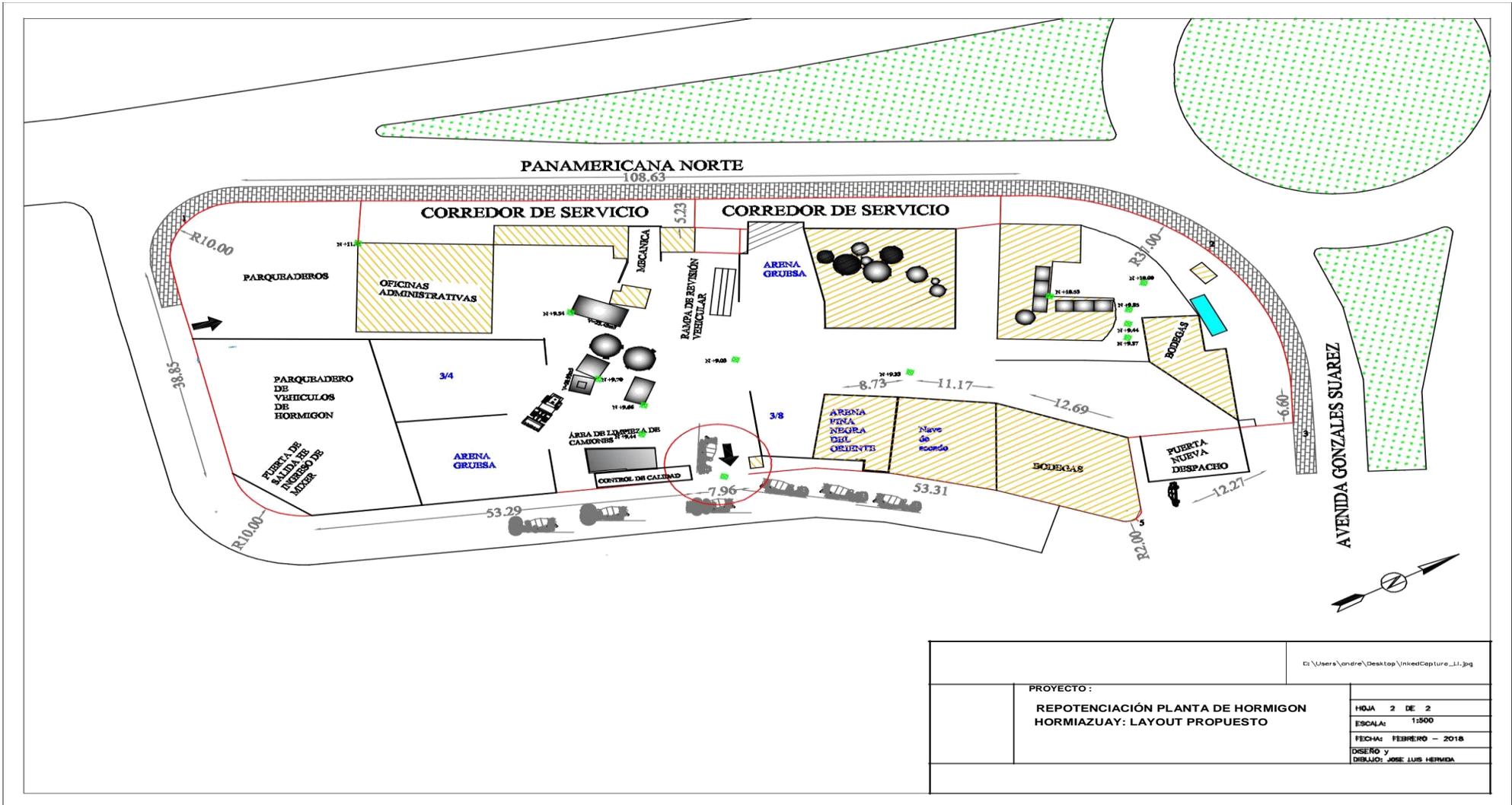
Finalmente, establecer un área específica de estacionamiento de los mixer y vehículos, fuera del área de producción y abrir una tercera puerta de acceso a este parqueadero, independiente de la puerta de acceso al área de producción, favorece el orden en los desplazamientos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar N, C. (2016). *Kaisen: el trabajador no es una extensión de la máquina*. C&E.
- Arroyo, J. S. (08 de 11 de 2008). *Revistaenfasislogística*. Recuperado el 12 de Febrero de 2018, de Como diseñar un buen Layout: <http://www.logisticamx.enfasis.com-notas-10034>
- Balseca, A., Vilca, O., & Viracocha, L. M. (2011). Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de pollos eviscerados en la empresa h & n ecuador ubicada en la panamericana norte sector Lasso para el periodo 2011-2013. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: UTC.
- Chirinos, E., Rivero, E., Méndez, E., Goyo, A., & Figueredo, C. (2010). El Kaisen como sistema actual de gestión personal para el éxito organizacional en la empresa ensambladora Toyota. *Negotium*, 6/16.
- García Criollo, R. (2005). *Estudio del trabajo.- Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo*. México: Mc Graw Hill.
- García Criollo, R. (2005). *Métodos y medición del trabajo*. México: Mc Graw Hill.
- González, P. (2008). Ingeniería de Métodos. *VirtualPro*, 8/21.
- Horillo, A. (13 de Febreo de 2017). *Improven*. Recuperado el 15 de Enero de 2018, de Improven.com: <https://www.improven.com/blog/productividad-lean-manufacturing-como-gestionar-eficazmente-la-organización/>
- Mas, D. J. (2006). *Distribución de una planta*. Valencia: Departamento de Proyectos de Ingeniería.
- Meter, W. (26 de Junio de 2014). *Work Meter*. Recuperado el 10 de Mayo de 2017
- Metodología de la Investigación; sexta edición* 2014 México Mc Graw Hill
- Muther, R. (1970). *Distribución en planta*. Barcelona: Gráficas Bobés.
- Niebel, B., Freivalds, A., & Gonzalez, M. (2013). *Ingeniería Industrial, Métodos Standares y Diseño del Trabajo*. Mexico: AlfaOmega.
- Osorio, J. D. (24 de Noviembre de 2014). *360 grados en concreto.com*. Recuperado el 17 de Mayo de 2017, de <http://www.blog.360gradosenconcreto.com>
- Padrón, A. (30 de Junio de 2014). *Fundamentos de Ingeniería Industrial*. Recuperado el 1 de Noviembre de 2017, de Fundamentos de Ingeniería Industrial: [fundamentosingenieriaindustrial.com/wikispaces.com/wiki/members](http://fundamentosingenieriaindustrial.com/wikispaces.com/wiki/members)
- Palacios Acero, L. C. (2016). *Ingeniería de Métodos, movimientos y tiempos*. Bogotá: Ecoe Ediciones.- 2da. Edición.
- Salazar López, B. I. (2016). *Ingenieriaindustrialonline.com*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2017, de [ingenieriaindustrialonline.com](http://ingenieriaindustrialonline.com): [www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/ingeniería-de-metodos/](http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/ingeniería-de-metodos/)
- Sales, M. (2009). Diagrama de Pareto.
- Salgueiro, A. (2001). *Indicadores de gestión y cuadro de mando*. Madrid: Diaz de Santos.
- Sánchez de Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Santa Fe de Bogotá: Bhandar Editores.
- Vera Callao, R. (22 de Junio de 2014). *Ingeniería de métodos*. Recuperado el 20 de Octubre de 2017, de Ingeniería de métodos: [Ingenieriamétods.blogspot.com-2014/06/herramientas-exploratorias-iihtml](http://Ingenieriamétods.blogspot.com-2014/06/herramientas-exploratorias-iihtml)
- Wonsang, J. (2015). *Análisis comparativo de construcciones de vivienda de interés social en la Provincia del Guayas usando hormigón premezclado y ensacado en relación al hormigón premezclado en sitio*. Guayaquil: Universidad Espíritu Santo.
- Yumeiro. (15 de Noviembre de 2014). *wikimediacommons*. Recuperado el 1 de Diciembre de 2017, de [wikimediacommons: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LUCY.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LUCY.png)



Anexo 1: Layout antiguo



PROYECTO: <b>REPOTENCIACIÓN PLANTA DE HORMIGON                  HORMIAZUAY: LAYOUT PROPUESTO</b>		HOJA 2 DE 2 ESCALA: 1:500 FECHA: FEBRERO - 2018 DISEÑO y DIBUJO: JOSE LUIS HERMIDA
		C:\Users\yandre\Desktop\InkedCapture_11.jpg

Anexo 2: Layout nuevo

Anexo 3: Modelo de Encuesta:

## CUESTIONARIO PARA TRABAJADORES

1. Conoce usted, en qué consiste, qué es un “LAYOUT”.

Sí  No

2. Conoce el orden, de las acciones, movimientos o tareas, en la producción del hormigón premezclado.

Sí  No

3. Existe algún aspecto del proceso que se considere como secreto o como reservado y que, por tanto, usted lo realiza sin conocer el ¿por qué lo hace?

Sí  No

4. ¿Conoce el tiempo promedio que toma producir el hormigón premezclado?

Sí  No

5. ¿Piensa que exista algún aspecto que se debería reorganizar en el trabajo o proceso de producción del hormigón premezclado?

Sí  No

6. ¿Es correcto o se puede mejorar, es decir, se maneja bien el espacio donde se produce el hormigón premezclado?

Sí  No

7. ¿Existe algún proceso o actividad, durante la producción del hormigón premezclado, que usted podría considerar como cuello de botella?

Sí  No

8. ¿Alguna sugerencia para superar ese cuello de botella?

Sí  No

Cuál es su sugerencia:

.....

9. Según su experiencia, ¿Cuál es la actividad, acción o paso del proceso, donde se pierde más tiempo?

.....

.....

10. ¿Ha conversado con sus compañeros de trabajo, para planificar mejor la tarea?

Sí  No

11. ¿Está usted, informado de la dosificación de los diferentes materiales que se usa en la producción del hormigón premezclado?

Sí  No

12. ¿Conoce algunas propiedades físico – químicas de los ingredientes del hormigón premezclado?

Sí  No

13. ¿Cuál es la acción o paso en el proceso de producción de hormigón premezclado, que usted realiza?

.....  
.....

14. ¿Cómo podría mejorar la manera de realizar o ejecutar su operación o actividad? ¿Que Sugeriría?

.....  
.....

15. ¿Considera usted, que en el proceso, hay desperdicio de material? ¿En qué momento se produce esto?

Sí  No

Donde:.....  
.....

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN.

## Anexo 4: Tablas de Tiempo