



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN EL PROCESO DE  
FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO LIVIANO,  
EN UNA FÁBRICA DE LA ZONA METROPOLITANA**

Carlos Mauricio Valdez Rodríguez  
Asesorado por el Ing. Martín Emilio Soto Cóbar

Guatemala, septiembre de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE  
BLOQUES DE CONCRETO LIVIANO, EN UNA FÁBRICA DE LA ZONA  
METROPOLITANA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**CARLOS MAURICIO VALDEZ RODRÍGUEZ**

ASESORADO POR EL ING. MARTÍN EMILIO SOTO CÓBAR  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos</b>
<b>VOCAL I</b>	<b>Inga. Glenda Patricia García Soria</b>
<b>VOCAL II</b>	<b>Inga. Alba Maritza Guerrero de López</b>
<b>VOCAL III</b>	<b>Ing. Miguel Angel Dávila Calderón</b>
<b>VOCAL IV</b>	<b>Br. Luis Pedro Ortíz de León</b>
<b>VOCAL V</b>	<b>Br. José Alfredo Ortíz Herincx</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez</b>

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos</b>
<b>EXAMINADOR</b>	<b>Ing. Sergio Fernando Pérez</b>
<b>EXAMINADOR</b>	<b>Inga. Norma Sarmientos</b>
<b>EXAMINADOR</b>	<b>Ing. Carlos Alex Olivares Ortíz</b>
<b>SECRETARIA</b>	<b>Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas</b>

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO LIVIANO, EN UNA FÁBRICA DE LA ZONA METROPOLITANA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial en febrero de 2009.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos Mauricio Valdez Rodríguez', with a long horizontal flourish extending to the right.

**CARLOS MAURICIO VALDEZ RODRÍGUEZ**

Guatemala, 16 de febrero de 2010

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería, USAC  
Presente.

Estimado Ingeniero Gómez Rivera:

Respetuosamente me dirijo a usted, para informarle que como Asesor para el trabajo de graduación de Carlos Mauricio Valdez Rodríguez, de la carrera de Ingeniería Industrial, procedí a revisar el informe final de trabajo de graduación titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO LIVIANO EN UNA FÁBRICA DE LA ZONA METROPOLITANA”**

En tal virtud, lo doy por ABROBADO, solicitándole darle trámite correspondiente. Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,



**Ing. Martín Emilio Soto Cobar**

**Colegiado No. 5221**

**ASESOR**

Martín Emilio Soto Cobar  
Ingeniero Industrial  
Colegiado No. 5221

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO LIVIANO EN UNA FÁBRICA DE LA ZONA METROPOLITANA, presentado por el estudiante universitario Carlos Mauricio Valder Rodríguez, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Augusto Akú Castillo  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela Mecánica Industrial

**César Akú Castillo MSc.**  
**INGENIERO INDUSTRIAL**  
**COLEGIADO No. 4,073**

Guatemala, Marzo de 2010.

/sgrm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO LIVIANO EN UNA FÁBRICA DE LA ZONA METROPOLITANA**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Mauricio Valdez Rodríguez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas  
Director

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre 2010.

Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.SEPT.2010

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO LIVIANO EN UNA FÁBRICA DE LA ZONA METROPOLITANA**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Mauricio Valdez Rodríguez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, Septiembre de 2010.

/cc  
Col. Ings.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>DIOS</b>	<b>Por darme la vida y la oportunidad de alcanzar mis metas.</b>
<b>MIS PADRES</b>	<b>Leonardo Mauricio Valdez Aguilar, Carmen Judith Rodríguez Gutiérrez de Valdez. Gracias a su amor existo. Los amo mucho.</b>
<b>MIS HERMANOS</b>	<b>Leonardo y Manuel Gracias por sus consejos y apoyo incondicional.</b>
<b>MI ABUELA</b>	<b>Por sus sabios consejos, apoyo incondicional y su gran espíritu servicial.</b>
<b>MIS AMIGOS</b>	<b>Por su apoyo, cariño y amistad.</b>
<b>ROLANDO MORGAN MARTÍN SOTO CÓBAR</b>	<b>Por su apoyo sincero.</b>

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS.....</b>	<b>XI</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>XIII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XVII</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>XIX</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XXI</b>
<b>1. ANTECEDENTES GENERALES.....</b>	<b>1</b>
1.1 Generalidades.....	1
1.1.1 Normalización.....	1
1.2 Materiales para la fabricación de bloques de concreto.....	2
1.2.1 Cemento .....	2
1.2.2 Agregados... ..	3
1.2.2.1. Características .....	3
1.2.2.2. Limpieza .....	3
1.2.2.3. Durabilidad .....	4
1.2.2.4. Granulometría.....	4
1.2.3 Agua.....	5
1.2.4 Colorantes y aditivos .....	6
1.3 Condiciones básicas del lugar de fabricación de bloques.....	6
1.3.1 Área de materiales.....	7
1.3.2 Área de producción.....	7
1.3.2.1. Equipo.....	7
1.3.3 Área de almacenamiento y despacho .....	8
1.4 Historia de la fabricación de bloques de concreto en Guatemala.....	8

<b>2.</b>	<b>DIAGNÓSTICO.....</b>	<b>11</b>
2.1	Elementos que participan en la producción de bloques de concreto liviano.....	11
2.1.1	Materia prima .....	11
2.1.1.1.	Cemento.....	11
2.1.1.2.	Agregados.....	11
2.1.1.3.	Agua.....	12
2.1.1.4.	Aditivos.....	12
2.1.1.5.	Pigmentos .....	13
2.2	Proceso de fabricación de bloques de concreto.....	13
2.2.1	Selección y almacenamiento de materiales.....	13
2.2.2	Dosificación de la mezcla.....	14
2.2.3	Elaboración de la mezcla.....	14
2.2.4	Elaboración de los bloques .....	14
2.2.5	Fraguado de los bloques .....	15
2.2.6	Curado de los bloques .....	15
2.2.7	Almacenamiento de los bloques.....	16
2.2.8	Diagramas del proceso actual.....	16
2.2.8.1.	Diagrama de operaciones del proceso.....	16
2.2.8.2.	Diagrama de flujo del proceso.....	19
2.2.8.3.	Diagrama de recorrido.....	22
2.2.8.4.	Diagrama hombre – máquina.....	24
2.3	Maquinaria y equipo.....	26
2.3.1	Mezcladora.....	26
2.3.2	Vibro-compactadora .....	26
2.4	Manejo y transporte.....	26
2.5	Fraguado y curado de los bloques de concreto.....	26
2.6	Aspectos que mejoran la calidad en los bloques de concreto liviano	27
2.7	Costos de producción .....	27

2.7.1	Mano de obra.....	27
2.7.2	Materia prima.....	28
2.7.3	Transporte.....	28
2.7.4	Energía eléctrica .....	28
2.7.5	Desperdicios .....	28
2.7.6	Costo de producción por unidad .....	28
2.8	Aspectos que mejoran la calidad en la fabricación de los bloques de concreto liviano .....	29
2.8.1	Selección de materia prima.....	30
2.8.2	Selección de agregado .....	30
2.8.3	Selección de cemento.....	30
2.8.4	Selección de agua .....	30
2.8.5	Uso de aditivos.....	31
2.8.6	Uso de pigmentos.....	31
<b>3.</b>	<b>PROPUESTA DE METODOLOGÍAS EFICIENTES PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO LIVIANO.....</b>	<b>33</b>
3.1	Dosificación de los agregados.....	33
3.1.1	Análisis de la curva granulométrica en los agregados.....	34
3.1.2	Curva granulométrica combinada .....	37
3.1.3	Elaboración de bloques y dosificación de materia prima.....	38
3.1.4	Identificación de las operaciones en el proceso de fabricación....	42
3.1.5	Cronometración.....	43
	3.1.5.1. Dosificación de la mezcla.....	43
	3.1.5.2. Vibrocompactación.....	45
	3.1.5.3. Transporte al área de curado.....	48
3.2	Diagramación del proceso mejorado.....	50
3.2.1	Diagrama de operaciones del proceso.....	50
3.2.2	Diagrama de flujo del proceso .....	53

3.2.3	Diagrama de recorrido.....	56
3.2.4	Diagrama hombre-máquina.....	58
3.3	Estandarización de tiempos en operaciones manuales.....	60
3.3.1	Cronometración de operaciones manuales.....	60
3.3.2	Determinación de las condiciones .....	61
3.3.3	Identificación de suplementos.....	63
3.3.4	Cálculos de tiempos estándar.....	63
3.4	Análisis comparativo de los resultados .....	64
3.4.1	Análisis de las propiedades de los bloques de concreto liviano.....	64
3.4.2	Comparación de costos (método actual versus método mejorado) .....	65
<b>4.</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍAS EFICIENTES PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO LIVIANO.....</b>	<b>67</b>
4.1	Sensibilización al fabricante.....	67
4.2	Proceso de capacitación.....	67
4.2.1	Capacitación al fabricante .....	68
4.2.2	Charlas técnicas a operadores.....	68
4.3	Implementación de lineamientos de seguridad industrial en el proceso de fabricación de bloques de concreto liviano .....	69
<b>5.</b>	<b>MEJORA CONTINUA .....</b>	<b>73</b>
5.1	Auditoría del proceso de fabricación de bloques de concreto liviano.....	73
5.1.1	Herramientas de control.....	73
5.1.1.1.	Hoja de verificación .....	73
5.1.1.2.	Estratificación.....	74
5.1.1.3.	Test de productividad.....	76

**CONCLUSIONES.....79**  
**RECOMENDACIONES.....81**  
**BIBLIOGRAFÍA.....83**  
**ANEXOS.....85**



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Diagrama de operaciones del proceso, método actual.....	18
2.	Diagrama de flujo del proceso, método actual.....	21
3.	Diagrama de recorrido del proceso, método actual.....	23
4.	Diagrama hombre-máquina, método actual .....	25
5.	Límites prácticos, usando agregados para bloques livianos (bloques de 25 y 35 kg/cm <sup>2</sup> ), según CETEC.....	35
6.	Límites prácticos usando agregados para bloques normales (bloques de 50 y 70 kg/cm <sup>2</sup> ) según IMCYC.....	36
7.	Límites prácticos usando agregados para bloques normales y livianos.....	38
8.	Hoja de cronometración para dosificación de mezcla.....	45
9.	Hoja de cronometración para vibrocompactación de mezcla .....	47
10.	Hoja de cronometración para el transporte al área de curado .....	49
11.	Diagrama mejorado de operaciones del proceso .....	51
12.	Diagrama mejorado del flujo del proceso.....	54
13.	Diagrama mejorado de recorrido del proceso.....	57
14.	Diagrama mejorado hombre – máquina.....	59
15.	Cableado eléctrico en fábrica Véliz.....	70
16.	Hoja de verificación.....	74
17.	Hoja de estratificación.....	75
18.	Test de productividad.....	77

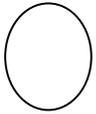
## TABLAS

I. Proporciones de materiales para producir 62 bloques de concreto.....	29
II. Costo de fabricación para producir 62 bloques de concreto .....	29
III. Granulometría para bloques de peso liviano bloques de 25 y 35 kg/cm <sup>2</sup> ), según CETEC.....	35
IV. Granulometría para bloques de peso normal (bloques de 50 y 70 kg/cm <sup>2</sup> ), según IMCYC .....	36
V. Combinación granulométrica de bloques de peso liviano y normal .....	37
VI. Dosificación de selecto.....	38
VII. Dosificación de arena pómez y polvillo.....	39
VIII. Dosificación de agua .....	40
IX. Proporciones de materiales para bloques de concreto liviano.....	40
X. Rendimiento según proporciones para bloques de concreto liviano.....	40
XI. Dosificación de cemento y agregados en la mezcla con granulometría corregida.....	41
XII. Dosificación de agua en la mezcla con granulometría corregida .....	41
XIII. Proporciones de insumos para bloques de concreto liviano con granulometría corregida.....	42
XIV. Rendimiento según proporciones para bloques de concreto liviano .....	42
XV. Tiempo medio observado en dosificación de mezcla, vibrocompactación y transporte al área de curado.....	60
XVI. Calificación de la actuación en la dosificación de la mezcla.....	61
XVII. Calificación de la actuación en la vibrocompactación.....	62
XVIII. Calificación de la actuación en el transporte al área de curado .....	62
XIX. Cálculo de tiempo estándar para dosificación de mezcla, vibrocompactación y transporte al área de curado.....	63

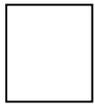
XX. Rendimiento según proporciones para bloques de concreto liviano.....	64
XXI. Comparación de costos de fabricación de bloques de concreto liviano - curva sin corregir versus curva corregida de agregados.....	65



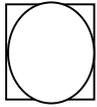
## LISTA DE SÍMBOLOS



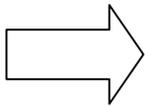
Operación del proceso



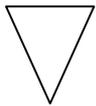
Inspección del proceso



Operación e inspección del proceso



Transporte



Almacenamiento



## GLOSARIO

<b>Aditivos</b>	Mezclas homogéneas de sólidos y líquidos, de las cuales cada parte en conjunto desempeña alguna función específica en el momento del mezclado del concreto.
<b>Agregados</b>	Materiales pétreos inertes resultantes de la desintegración natural de rocas o que se obtienen de la trituración de las mismas.
<b>Bloques de concreto</b>	Elementos que se utilizan apilados, ensamblados o unidos con un mortero u otro material similar, para conformar muros, dentro de los sistemas constructivos conocidos como de mampostería o de albañilería. Unidad de concreto usualmente conteniendo núcleos centrales huecos.
<b>Cemento hidráulico</b>	Material inorgánico finamente pulverizado, conocido comúnmente como cemento, que al agregarle agua, tiene la propiedad de endurecer incluso bajo agua, en virtud de reacciones químicas durante su hidratación, dando lugar a productos resistentes y estables.
<b>Cemento</b>	Cemento producido a base de <i>clínker</i> Pórtland y

<b>Pórtland</b>	usualmente sulfato de calcio.
<b>Clínker</b>	Material sintético granular, componente esencial del cemento que resulta de la cocción a elevadas temperaturas de materias primas de naturaleza calcárea y arcillosa, previamente trituradas, proporcionadas, mezcladas, pulverizadas y homogenizadas.
<b>Concreto</b>	Mezcla dosificada de agregados inertes, cemento y agua.
<b>Curado</b>	Es el control de la humedad, temperatura, y en algunos casos la presión, durante un lapso determinado a partir de la iniciación del fraguado para que el concreto adquiera la resistencia requerida.
<b>Eflorescencia</b>	Manchas blanquecinas que surgen en los bloques de concreto debido al alto contenido de sales, disminuyendo así la resistencia a compresión de los mismos.
<b>Fraguado</b>	Endurecimiento inicial que permite a los bloques de concreto alcanzar una resistencia suficiente para ser manipulados.

<b>Granulometría</b>	Distribución porcentual en masa de los distintos tamaños de partículas que constituyen una muestra de suelo.
<b>Módulo de finura</b>	Índice numérico proporcional al tamaño promedio de las partículas de un agregado dado; mientras más grueso es el agregado, mayor es el módulo de finura, y mientras más fino, menor es dicho módulo.
<b>Resistencia final</b>	Resistencia máxima de carga que un componente o elemento estructural es capaz de desarrollar antes de que ocurra su fractura o falla. Se mide en libras por pulgada cuadrada o en kilogramos por centímetro cuadrado.



## **RESUMEN**

La implementación de mejoras en el proceso de fabricación de bloques de concreto liviano requiere de un análisis de las actividades y operaciones que se desarrollan dentro del proceso de producción, así como el estudio de los insumos que se utilizan.

Para reducir los costos de fabricación se efectuaron modificaciones en la curva granulométrica de agregados que se utilizan en la mezcla para la fabricación de los bloques, agregando granos de tamaño medio que ayudan a tener una mezcla mucho más compacta y favorece en gran manera en la resistencia final del bloque.

Se realizó un estudio del proceso para identificar las oportunidades de mejora, y se efectuó modificaciones en la operación de curado que ayuda directamente a la resistencia final del bloque de concreto. Se logró reducir el tiempo de ocio en la operación de vibrocompactación y se mejoró la distribución de las áreas de trabajo en el proceso de fabricación.

Finalmente, se dio relevancia a la mejora continua y se presentan sugerencias de capacitación para que el fabricante y los operarios conozcan la importancia de fabricar un bloque de concreto que sea seguro y efectivo en el ámbito de la construcción.



# OBJETIVOS

## General

Establecer un sistema que proporcione a los fabricantes de bloques de concreto liviano lineamientos que mejoren el proceso de fabricación de los mismos, a través de un análisis detallado de la manera en que estos se fabrican, así como promover aspectos de mejora en cuanto al proceso de fabricación.

## Específicos

1. Analizar el proceso actual de fabricación de bloques de concreto liviano con el propósito de establecer mejoras.
2. Determinar una curva granulométrica apropiada de los agregados con la cual se mejore la mezcla que se utiliza en la fabricación de los bloques.
3. Verificar que la mezcla de cemento y agregados mejore la granulometría de los agregados utilizados para la fabricación de bloques de concreto liviano.
4. Determinar un procedimiento que permita el ahorro de cemento en la fabricación de los bloques de concreto liviano.
5. Proporcionar a los fabricantes herramientas para producir un bloque de concreto liviano que cumpla con las normas respectivas.

6. Demostrar, a través de un análisis de costos, cómo aumenta la productividad al implementar una mezcla de mejores porcentajes de distribución granulométrica en el proceso de fabricación.
7. Promover el cumplimiento de las Normas de Especificación nacionales e internacionales relacionadas con los bloques de concreto liviano.

## INTRODUCCIÓN

La mampostería de unidades de concreto normal o liviano es una de las tecnologías más utilizadas en la construcción. Sin embargo, en Guatemala muchas fábricas medianas y pequeñas no producen bloques de características adecuadas para condiciones locales que se caracterizan por un elevado riesgo sísmico.

Los agregados utilizados por los fabricantes artesanales de bloques de concreto liviano y normal, presentan una deficiencia en la granulometría (distribución de tamaños) de los agregados de la mezcla. Un agregado con una graduación adecuada de tamaños permite obtener una mezcla más trabajable, con un acomodamiento más eficiente de sus partículas o granos, que da como resultado un concreto con mejores características, sobre todo en el incremento de la resistencia a compresión, lo que permite al fabricante optimizar el uso de cemento en la producción de bloques de concreto.

En el presente estudio, la mezcla de agregados que tradicionalmente se utiliza en la fábrica para producir bloques de concreto se modificó complementando granos de tamaño medio y se logró una mezcla mucho más compacta que dio como resultado un incremento de 16.47% en la resistencia final del bloque de concreto fabricado.

De forma empírica, el incremento de las resistencias de los concretos para elaborar bloques se realiza al aumentar la cantidad de cemento en la mezcla. Esta práctica es la más sencilla para el fabricante, pero los costos se incrementan de forma alarmante para el productor. Sin embargo, al modificar la curva granulométrica se pudo reducir el costo de fabricación en un 10.17%.

Esto ayuda a elevar la productividad en el proceso de producción, pues al reducir la cantidad de cemento por utilizar decrece el costo de fabricación en gran manera; este es el insumo más costoso para el fabricante.

# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1 Generalidades**

Se conoce como mampostería al sistema de elementos apilados, ensamblados o unidos con un mortero u otro material similar, con el fin de conformar muros que posean, hasta cierto punto, las características de sus elementos.

El desarrollo de la mampostería se inició con el empleo de rocas apiladas de manera ordenada, originalmente sin labrar y sin ningún material ligante entre ellas. Posteriormente se utilizaron rocas labradas, colocadas al tope o unidas con argamasa, lo que se conoce como mampostería de piedra.

A mediados del siglo XIX apareció el cemento Pórtland y posteriormente el concreto; materiales que revolucionaron los métodos de construcción y que desplazaron a otros tradicionalmente utilizados. Los primeros bloques huecos de concreto aparecieron a principios del siglo XX; esto dio un gran impulso que permitió la fabricación en serie de piezas con dimensiones uniformes, con alto rendimiento y bajo costo.

### **1.1.1 Normalización**

Los bloques de concreto deben poseer propiedades y características físicas determinadas para cumplir con la Norma Coguanor NGO 41054 Especificaciones.

En Guatemala y otros países, se usan bloques modulares con medidas de 19x19x39 cm y 14x19x39 cm. Las medidas reales aumentadas de un centímetro, o sea el espesor de junta normal de mortero.

Además, según su masa seca (peso) en  $\text{kg/m}^3$  los bloques se subdividen en pesados: mayor de 2000, medianos: de 1680 a 2000, y livianos: menor de 1680. La absorción de agua en  $\text{kg/m}^3$  en función de la masa seca esta en revisión. En cuanto a las medidas, las normas establecen tolerancias en ellas.

## **1.2 Materiales para la fabricación de bloques de concreto**

Los bloques, sean de concreto normal o de pómez, se elaboran con una mezcla relativamente seca de cemento, agregados, agua y en algunos casos pigmentos (colorantes) y aditivos que se utilizan para conformar muros o paredes. El material se moldea, compacta y cura en condiciones controladas, que garantizan la obtención de las propiedades tales como la densidad, resistencia alta, baja absorción y uniformidad.

### **1.2.1 Cemento**

Puede utilizarse cualquier cemento hidráulico para uso general en la construcción, se le presta especial atención a la clase de resistencia del concreto.

En Guatemala, el cemento más utilizado en la fabricación de bloques es el cemento Pórtland modificado con puzolanas Tipo I de uso general en la construcción y el cemento para fabricación de bloques.

Sin embargo, está creciendo el número de fabricantes de bloques que prefieren usar el cemento de clase para fabricación de bloques, ya que no sólo mejora el rendimiento de su producción, sino la calidad del bloque, ya que la resistencia de este cemento es 25% mayor que la de clase uso general en la construcción.

## **1.2.2 Agregados**

En Guatemala, los agregados para bloques son de dos clases: los normales para concreto que son gravas y arenas naturales de río o mina y arenas y piedrines de trituración de roca de canteras o de canto rodado; y los livianos o ligeros, que son granulados volcánicos de diverso tipo y procedencia que incluyen principalmente las granzas y arenas de pómez amarillas y blancas y escorias volcánicas encontradas en las cercanías de los volcanes.

### **1.2.2.1. Características**

Los agregados desempeñan un papel importante en la determinación de las propiedades y características finales de los bloques, tales como la durabilidad, la resistencia, la uniformidad y sus propiedades térmicas y acústicas.

### **1.2.2.2. Limpieza**

Los agregados deben ser limpios y estar libres de materia orgánica y de impurezas. Se debe tratar que los agregados no contengan sales o partículas minerales corrosivas; las sales pueden producir eflorescencias y las partículas minerales ferruginosas pueden corroerse y originar manchas sobre la superficie del bloque.

### **1.2.2.3. Durabilidad**

La durabilidad implica que no tengan partículas suaves o deleznales que se desintegren en el proceso de fabricación o al estar expuestas a las condiciones climáticas (lluvia, mojado, secado).

Es conveniente apuntar que el tamaño máximo de agregado para fabricación de bloques es generalmente de 1/2" (12.5mm), y el recomendado es de un tamaño mínimo de 3/8" (9.5mm). El tamaño máximo de partículas no debe pasar de 1/3 del espesor de las paredes del bloque.

La mayoría de agregados que se usan tiene cierta proporción de agua (humedad) que puede variar del 1 hasta el 10 o 12% en arenas normales, y hasta más del 30% en arenas pómez. Si se proporciona por masa (peso) deben pesarse mayores cantidades de material para compensar el agua.

### **1.2.2.4. Granulometría**

La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas que conforman los agregados, la cual está representada por la curva granulométrica que se obtiene al pasar una muestra de los agregados por una serie de tamices normalizados y graficar estos resultados, lo que permite establecer una clasificación básica para los agregados, así:

- Los agregados normales son aquellos que tienen un peso normal que sirve para concretos como los de una columna, terraza, pavimento, etc. Estos son piedrines y arenas de río o de mina que pueden ser de canto rodado extraído de los ríos o triturados.

- Los agregados livianos son porosos y pesan menos que los normales como la arena amarilla, blanca de pómez y las escorias volcánicas que se encuentran en las cercanías de los volcanes.

Para la fabricación de bloques de concreto se deben utilizar agregados con granulometrías continuas para obtener mayor densidad en la mezcla y lograr piezas con superficies cerradas, de textura fina.

Si se utilizan agregados con un porcentaje mayor de finos, se obtendrá una superficie con un acabado más cerrado. Con un porcentaje mayor de gruesos o con un tamaño máximo mayor, se obtendrá una superficie más rugosa, pero se ganará resistencia.

Los tabiques y/o paredes de los bloques normalizados tienen un espesor de aproximadamente 2.54cm (1"). El tamaño máximo de los agregados, compatible con este espesor es aproximadamente la mitad, es decir 1.27cm (1/2"). Si se utiliza una combinación de agregados con el tamaño máximo compatible, se puede obtener reducción en las cantidades de cemento y agua necesarias para lograr una resistencia dada, así como mejor calidad y mayor economía para el bloque.

### **1.2.3 Agua**

El agua debe ser apta para consumo humano, limpia, libre de materia orgánica, aceites, azúcares u otras sustancias que puedan afectar la resistencia o durabilidad del bloque.

El agua de mar ocasiona los mismos efectos de la arena de mar en la aceleración del fraguado, en la disminución de la resistencia y en la generación de eflorescencias en la superficie del bloque, debido a su contenido de sal.

#### **1.2.4 Colorantes y aditivos**

Para la elaboración de bloques coloreados se pueden utilizar colorantes minerales en forma de polvo o de suspensión en agua. El color del cemento y de los agregados afectará el color resultante del bloque; por lo tanto los agregados deben ser de color claro.

Al fabricar bloques de concreto se pueden usar aditivos especiales para mezclas secas de los que hay varios en el mercado, especialmente aceleradores del fraguado y de la resistencia inicial, como reductores de agua. Por lo general, algunos aditivos se adicionan en el agua de mezcla y otros directamente a la mezcla. Se recomienda seguir las instrucciones del fabricante.

### **1.3 Condiciones básicas del lugar de fabricación de bloques**

El lugar para fabricar bloques debe tener cubierta el área donde se elabora la mezcla y se fabrican los bloques, el área de curado y al menos una parte del área de almacenamiento. El tamaño de una planta depende básicamente del volumen de la producción, el tipo de máquinas de que se dispone y del tipo de curado que se aplica.

Independientemente del tamaño, toda la planta tiene tres áreas principales: a) área de materiales, b) área de producción y, c) área de almacenamiento y despacho.

### **1.3.1 Área de materiales**

El lugar de recepción debe ser amplio para que los camiones puedan maniobrar con facilidad. Se debe tener control de la procedencia, calidad y cantidad de los materiales para asegurar la uniformidad de los mismos.

El cemento puede almacenarse en sacos sobre tarimas de madera en pilas no mayores de 10 sacos.

Los agregados deben almacenarse clasificados por tamaños en espacios delimitados por particiones, o en pilas bien separadas unas de otras. Debe evitarse que se contaminen con basura, desperdicios, aceite, combustible, polvo, etc.

El agua puede almacenarse en toneles o depósitos libres de residuos industriales u otras sustancias nocivas. Si el agua se mantiene estancada toma un color verde oscuro. Se recomienda desechar esta agua, ya que afectará la calidad del bloque.

### **1.3.2 Área de producción**

Esta área comprende la mezcla de ingredientes, la elaboración y curado de los bloques. El tamaño de esta área dependerá del tipo y número de equipo disponible para fabricar bloques.

#### **1.3.2.1. Equipo**

Los bloques pueden elaborarse tanto manualmente como a máquina. La mayoría de máquinas modernas tienen capacidad de vibrar y comprimir los

bloques simultáneamente y cuentan con mecanismos para producir los bloques de una misma altura. La compresión de la mezcla dentro de los moldes puede ser por un sistema hidráulico, neumático o manual.

Un aspecto importante es que no ocurran vibraciones en el momento de desmoldar los bloques.

Además de las máquinas de moldeo, se requiere de mezcladoras adecuadas. En nuestro medio se utilizan con buenos resultados mezcladoras amasadoras de eje horizontal.

### **1.3.3 Área de almacenamiento y despacho**

El área de almacenamiento y despacho del producto terminado tiene mucho que ver con la producción y deberá ser desarrollada en conjunto con las otras.

## **1.4 Historia de la fabricación de bloques de concreto en Guatemala**

En Guatemala, la mejora de la calidad en los materiales de construcción ha sido desatendida por fabricantes, técnicos y usuarios del producto y por las instituciones responsables de normalizar y hacer que se cumplan las normas.

A partir de 1976, como consecuencia del terremoto de febrero, se incrementó el uso del block como material de muros en las viviendas. La gran demanda provocó la proliferación de fábricas de estos elementos, a tal grado que también aparecieron fábricas de máquinas de hacer bloques. Debido al escaso control de calidad de los materiales de construcción y a la falta de apoyo técnico de las construcciones, surgió gran deterioro en la calidad de los

bloques, lo cual está registrado en los ensayos que el Centro de Investigaciones de Ingeniería realiza como parte de los servicios que presta a la sociedad guatemalteca dentro de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Simultáneamente parece haber habido un deterioro en la calidad de la mano de obra, pues la demanda en los años posteriores al terremoto trajo consigo el apareamiento de operarios con escasa formación.

Con el transcurrir de los años esta crítica situación disminuyó, pues el nivel de construcción de viviendas bajó y la competencia ha hecho que se establezca la calidad pre-terremoto. La calidad de los bloques, sin embargo, permanece en la actualidad en un promedio de  $15 \text{ kg/cm}^2$ , en cuanto a resistencia a la compresión.

Debido a la falta de programas permanentes de investigación se ha retrasado la emisión de normas de calidad adecuadas al medio nacional y la puesta en marcha de un reglamento único de construcción de viviendas. También se han dejado por un lado los programas de mano de obra tanto en el nivel operativo como de mandos intermedios. La supervisión en construcción de viviendas de mampostería es una tarea que casi no se ejecuta.



## **2. DIAGNÓSTICO**

### **2.1 Elementos que participan en la producción de bloques de concreto liviano**

En la actualidad, la fábrica produce bloques de concreto utilizando los materiales que a continuación se detallan:

#### **2.1.1 Materia prima**

La fábrica selecciona su materia prima de manera visual, es decir, si los materiales e insumos tienen una apariencia visualmente “aceptable”, son sometidos al proceso de producción.

##### **2.1.1.1. Cemento**

Se utiliza cemento Pórtland Tipo I de clase 4000 psi, que actualmente les provee Cementos Progreso. Este cemento cumple con las Normas COGUANOR NGO 41 005 “Cemento Pórtland. Clasificación y Especificaciones”.

##### **2.1.1.2. Agregados**

La fábrica utiliza arena de pómez blanca y arena tipo selecto en la fabricación de los bloques de concreto, ambas provenientes del municipio de

Villa Nueva, departamento de Guatemala. La camionada<sup>1</sup> de arena pómez blanca tiene un costo de Q410.00, y la camionada de arena tipo selecto Q200.00.

### **2.1.1.3. Agua**

El agua que se utiliza es la proporcionada por la Empresa Municipal, la cual es apta para la fabricación de bloques de concreto, pues no debe contener ningún elemento orgánico que perjudique la calidad del producto. Esta se almacena en un estanque con una capacidad de 1.5 metros cúbicos de agua, que se encuentra cerca del área de mezclado.

### **2.1.1.4. Aditivos**

Los aditivos ofrecen numerosos beneficios como resultado de la dispersión e hidratación del cemento, por ejemplo:

- Incremento del desarrollo inicial de resistencias
- Mejoran la cohesividad y la estabilidad dimensional
- Permiten una mejor compactación de la mezcla (reducción de vacíos)
- Impermeabilizan o reducen la absorción de agua
- Incremento de las resistencias
- Lubricantes de mezcla para reducir la abrasión de las partes de los moldes (desmoldantes).

La fábrica no utiliza ningún tipo de aditivos para la fabricación del producto.

---

<sup>1</sup> Una camionada tiene aproximadamente 15 metros cúbicos.

#### **2.1.1.5. Pigmentos**

Los pigmentos deben ser de calidad adecuada para resistir el ataque de los compuestos liberados en la hidratación del cemento, como el hidróxido cálcico y el de los agentes del clima como los rayos solares y la lluvia. La variedad de colores y de tonos que es posible obtener resulta prácticamente ilimitada, dadas las distintas mezclas que pueden hacerse combinando diferentes pigmentos.

En esta fábrica, al igual que los aditivos, los pigmentos no son utilizados durante el proceso de fabricación de bloques de concreto.

### **2.2 Proceso de fabricación de bloques de concreto**

En el proceso de fabricación de bloques, las etapas son básicamente las siguientes:

#### **2.2.1 Selección y almacenamiento de materiales**

Actualmente, existen dos áreas generales: el área de producción y el patio que se encuentra en la parte trasera del área de producción. La arena pómez y el selecto se descarga en el patio, el cual está a la intemperie. Dentro del área de producción que está techada, el cemento se almacena en tarimas y el agua se almacena en una pileta. Cabe mencionar que la calidad de cada uno de éstos materiales se estima por observación y con base en la experiencia del trabajador.

### **2.2.2 Dosificación de la mezcla**

Las proporciones en la mezcla se realizan de la siguiente manera:

- 1 saco de cemento
- 2.5 cubetas de agua
- 0.5m<sup>3</sup> de arena pómez
- ½ carretada de selecto (aproximadamente 0.05m<sup>3</sup>)

### **2.2.3 Elaboración de la mezcla**

Para elaborar la mezcla, en la fábrica se procede de la siguiente forma:

- a) Se mide la cantidad de arena pómez y tipo selecto por usar y se vierte en la mezcladora ya activa.
- b) Se agrega la cantidad de cemento según la proporción anteriormente descrita y se mezcla con la arena hasta tener un color uniforme.
- c) Se agrega el agua necesaria, cuidando que no se sobrepase.

Se mezcla hasta que pueda formarse una pequeña bola con la mano, que no chorree ni se desmorone.

### **2.2.4 Elaboración de los bloques**

Cuando la mezcla esta lista, se abre la compuerta que la deja fluir y se coloca bajo la tolva alimentadora. Se aplica vibración al molde por un corto tiempo entre 1 y 2 segundos para acomodar la mezcla.

Se vuelve a llenar el molde y se enrasa con la “tabla” o bandeja. Se voltea el molde de modo que la bandeja o tabla quede debajo, y se bajan los martillos compactadores antes de aplicar la vibración para que la mezcla se compacte suficientemente. Se aplica vibración entre tres y cinco segundos para la compactación de los bloques. Luego de esto los moldes se remueven hacia arriba, dejando los bloques libres sobre sus bandejas o tablas.

En este momento los bloques se evalúan visualmente. Si presentan defectos se deberán retirar de la tabla y devolver el material a la tolva o pila de mezcla para volver a utilizarlo. Los bloques buenos pasan al área de fraguado.

### **2.2.5 Fraguado de los bloques**

Cuando se han desmoldado los bloques, estos deben permanecer en reposo, en un sitio protegido del sol, la lluvia y los vientos fuertes, para evitar la evaporación del agua de la mezcla y su secado prematuro.

Se dejan fraguar hasta que lleguen a una resistencia suficiente para ser manipulados (entre 12 y 24 horas). Después de esto, los bloques son retirados de las tablas o tomados del piso y colocados en tarimas de no más de cuatro bloques, dejando espacios de dos centímetros entre ellos para que circule el aire.

### **2.2.6 Curado de los bloques**

Una vez los bloques han sido fraguados, se trasladan al área de curado en donde se busca que el bloque de concreto mantenga la temperatura y el contenido de humedad necesarios para que se puedan desarrollar la resistencia y demás propiedades deseadas en el concreto.

Actualmente los bloques de concreto permanecen entre dos y tres días en el patio de curado, dependiendo la demanda de venta.

### **2.2.7 Almacenamiento de los bloques**

Cuando los bloques han sido curados, se almacenan en el patio de almacenamiento, el cual se encuentra en la parte trasera del área de producción.

Se pueden formar pilas de nueve bloques máximo, debidamente aislados de la humedad del piso, tomando en cuenta que la distribución de los bloques durante el almacenamiento debe permitir el fácil acceso a cada una de las diferentes pilas.

### **2.2.8 Diagramas del proceso actual**

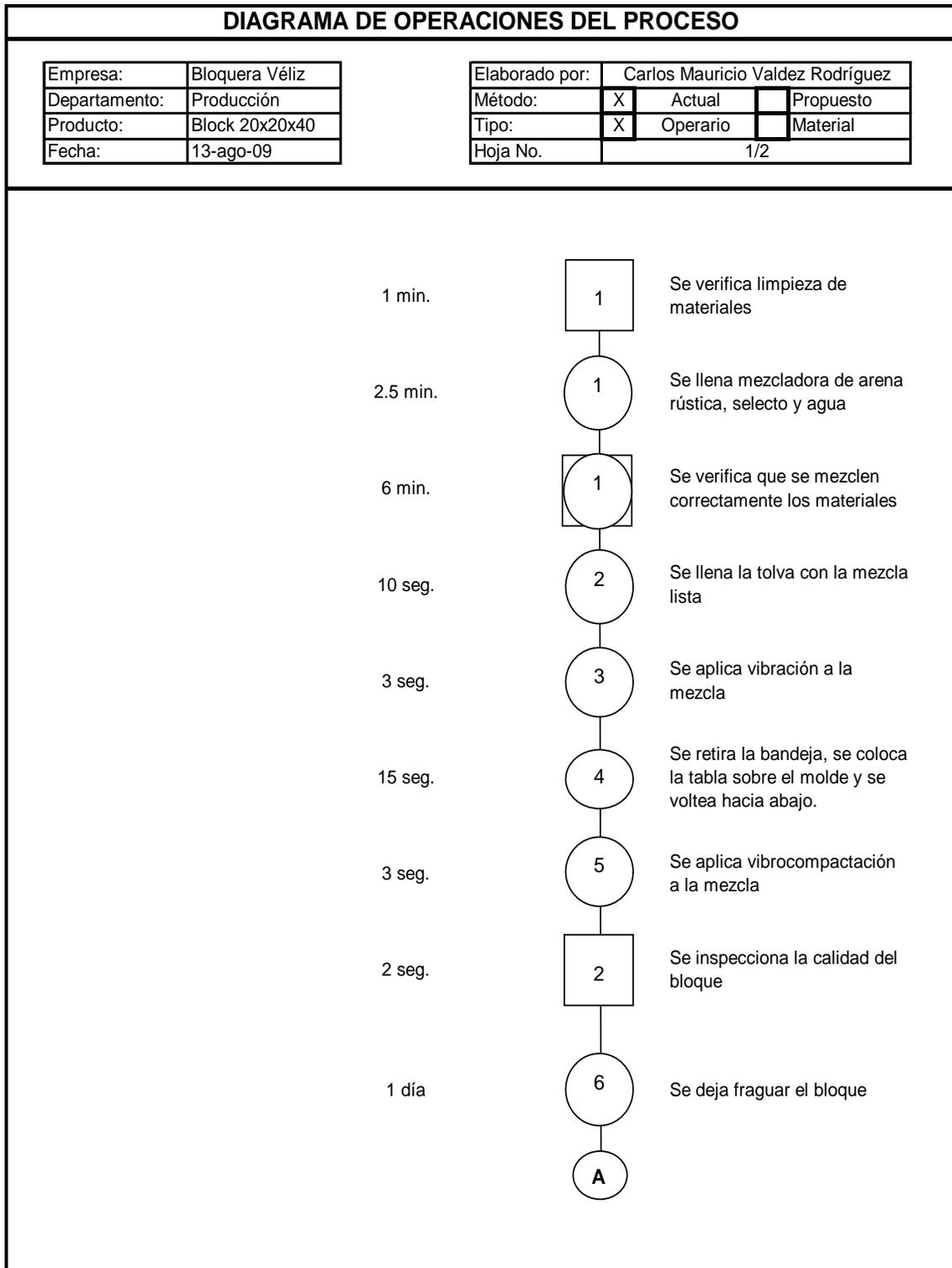
Los diagramas de operaciones muestran la secuencia de actividades que se llevan a cabo para realizar el proceso de producción. A continuación se muestran los diagramas de operaciones, de flujo del proceso, de recorrido y el diagrama de hombre – máquina, los cuales muestran la situación actual de la fábrica.

#### **2.2.8.1. Diagrama de operaciones del proceso**

Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro del proceso de fabricación de bloques de concreto, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; incluye, además, toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido. Con fines analíticos y como ayuda para descubrir y eliminar

ineficiencias, es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante un proceso dado en tres clasificaciones. Estas se conocen bajo los términos de operaciones, inspecciones, retrasos o demoras.

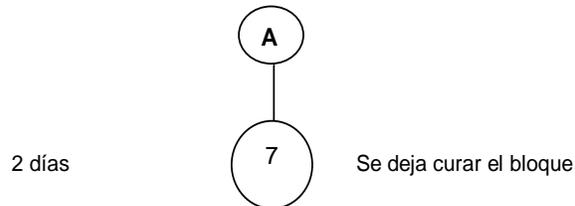
Figura 1. Diagrama de operaciones del proceso, método actual



### DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa:	Bloquera Véliz
Departamento:	Producción
Producto:	Block 20x20x40
Fecha:	13-ago-09

Elaborado por:	Carlos Mauricio Valdez Rodríguez			
Método:	<input checked="" type="checkbox"/>	Actual	<input type="checkbox"/>	Propuesto
Tipo:	<input checked="" type="checkbox"/>	Operario	<input type="checkbox"/>	Material
Hoja No.	2/2			



### RESUMEN

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO
Operación	○	7	4323.02 min
Inspección	□	2	1.03 min
Operación e Inspección	◻	1	6 min
<b>TOTALES</b>		<b>10</b>	<b>4330.05 min</b>

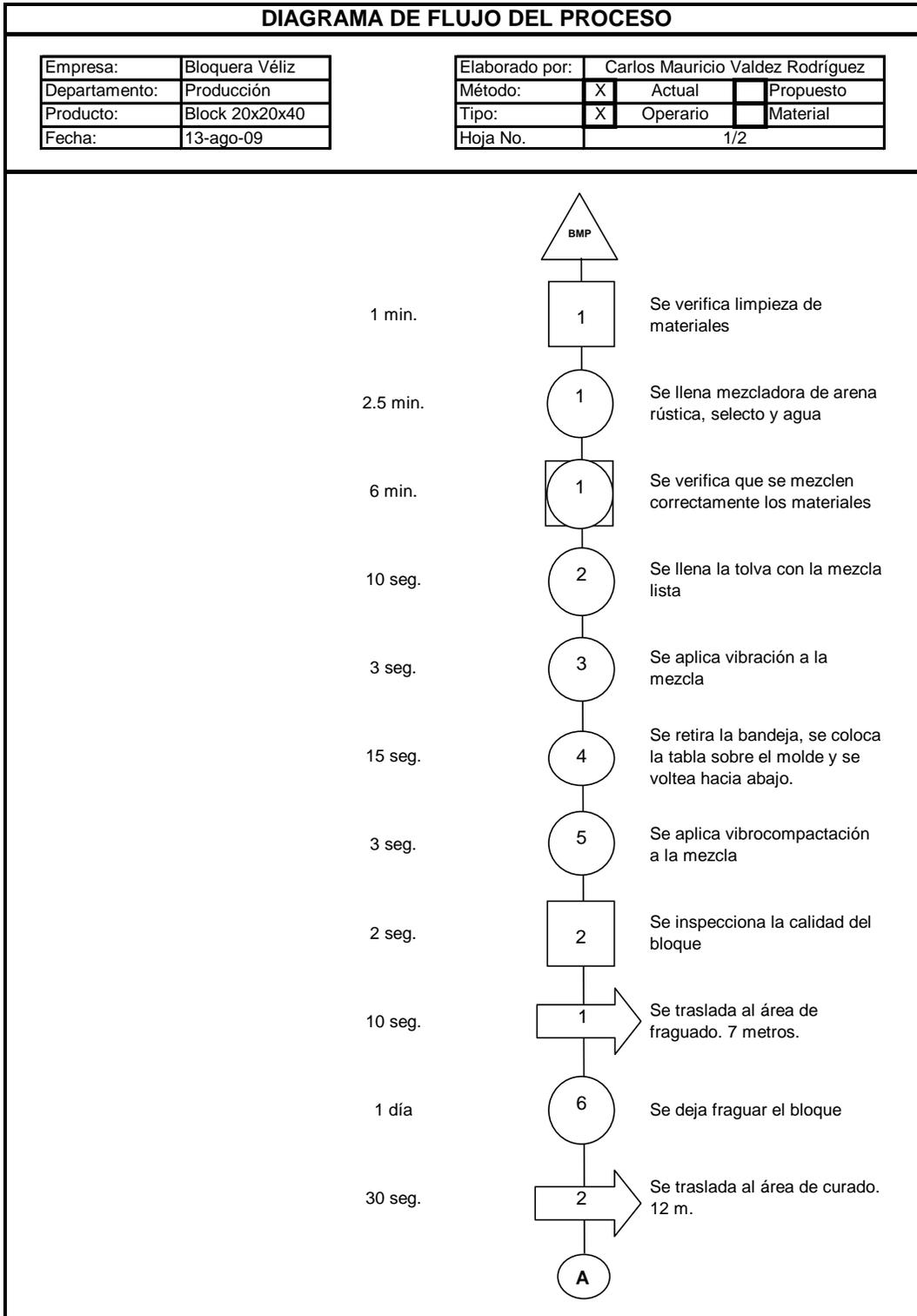
#### 2.2.8.2. Diagrama de flujo del proceso

Es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, los transportes, las inspecciones, las esperas y los almacenamientos que ocurren durante un proceso. Incluye, además, la información que se considera deseable para el análisis, por ejemplo el tiempo necesario y la distancia recorrida. Sirve para las secuencias de un producto, un operario, una pieza, etcétera.

Para poder realizar el diagrama de operaciones del proceso se detalla a continuación las actividades del proceso de fabricación adicionando el tiempo que se lleva realizar dicha actividad:

- Se verifica que las materias primas estén libres de materiales orgánicos e impurezas. (1min)
- Se llena la mezcladora con arena pómez, arena tipo selecto, cemento y agua (2.5 min.)
- Se verifica el correcto funcionamiento de la mezcladora y la adecuada mezcla de los materiales (6 min.)
- Se llenan las tolvas con la mezcla lista (10 seg.)
- Se aplica vibración a la mezcla (3 seg.)
- Se retira la bandeja, se coloca la tabla sobre el molde y se voltea hacia abajo (15 seg.)
- Se aplica vibrocompactación a la mezcla (3 seg.)
- Se inspecciona la calidad del bloque de concreto (2 seg.)
- Se traslada al área de fraguado (10 seg.) 7m.
- Se fragua el bloque durante 24 horas.
- Se traslada al área de curado (30 seg.) 12 m.
- Se cura durante dos días
- Se traslada al área de almacenamiento (1 min.) 18m.

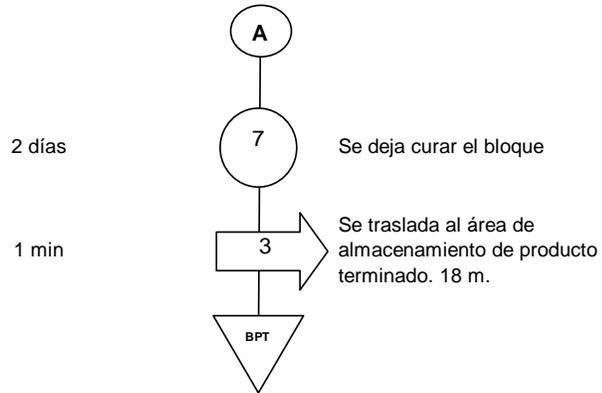
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso, método actual



### DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

Empresa:	Bloquera Véliz
Departamento:	Producción
Producto:	Block 20x20x40
Fecha:	13-ago-09

Elaborado por:	Carlos Mauricio Valdez Rodríguez			
Método:	<input checked="" type="checkbox"/>	Actual	<input type="checkbox"/>	Propuesto
Tipo:	<input checked="" type="checkbox"/>	Operario	<input type="checkbox"/>	Material
Hoja No.	2/2			



### RESUMEN

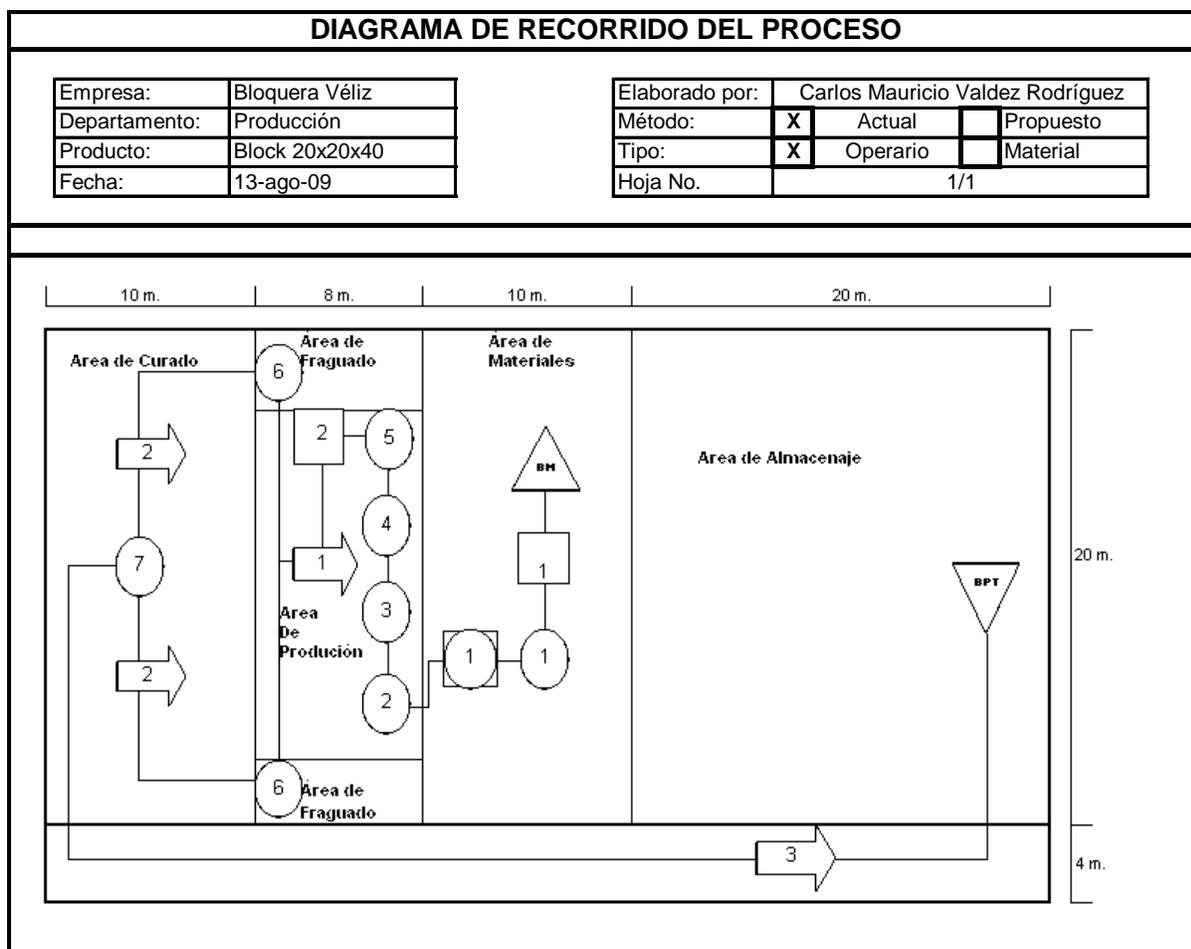
ACTIVIDAD	SÍMBOLO	CANTIDAD	DISTANCIA	TIEMPO
Operación	○	7	-	4323.02 min
Inspección	□	2	-	1.03 min
Operación e Inspección	○□	1	-	6.00 min
Transporte	→	3	37 metros	1.67 min
Almacenaje	▽ BPT	2	-	-
<b>TOTALES</b>		<b>15</b>	<b>37 metros</b>	<b>4331.72 min</b>

### 2.2.8.3. Diagrama de recorrido

Con el diagrama de flujo del proceso obtenemos la mayor parte de la información pertinente, relacionado con un proceso de fabricación. Pero este no

posee una representación objetiva en el plano del curso de trabajo. Con el diagrama de recorrido, se puede representar de acuerdo con la secuencia del proceso, todo lo que ocurre dentro de un área productiva, para visualizar y desarrollar un mejor método.

Figura 3. Diagrama de recorrido del proceso, método actual



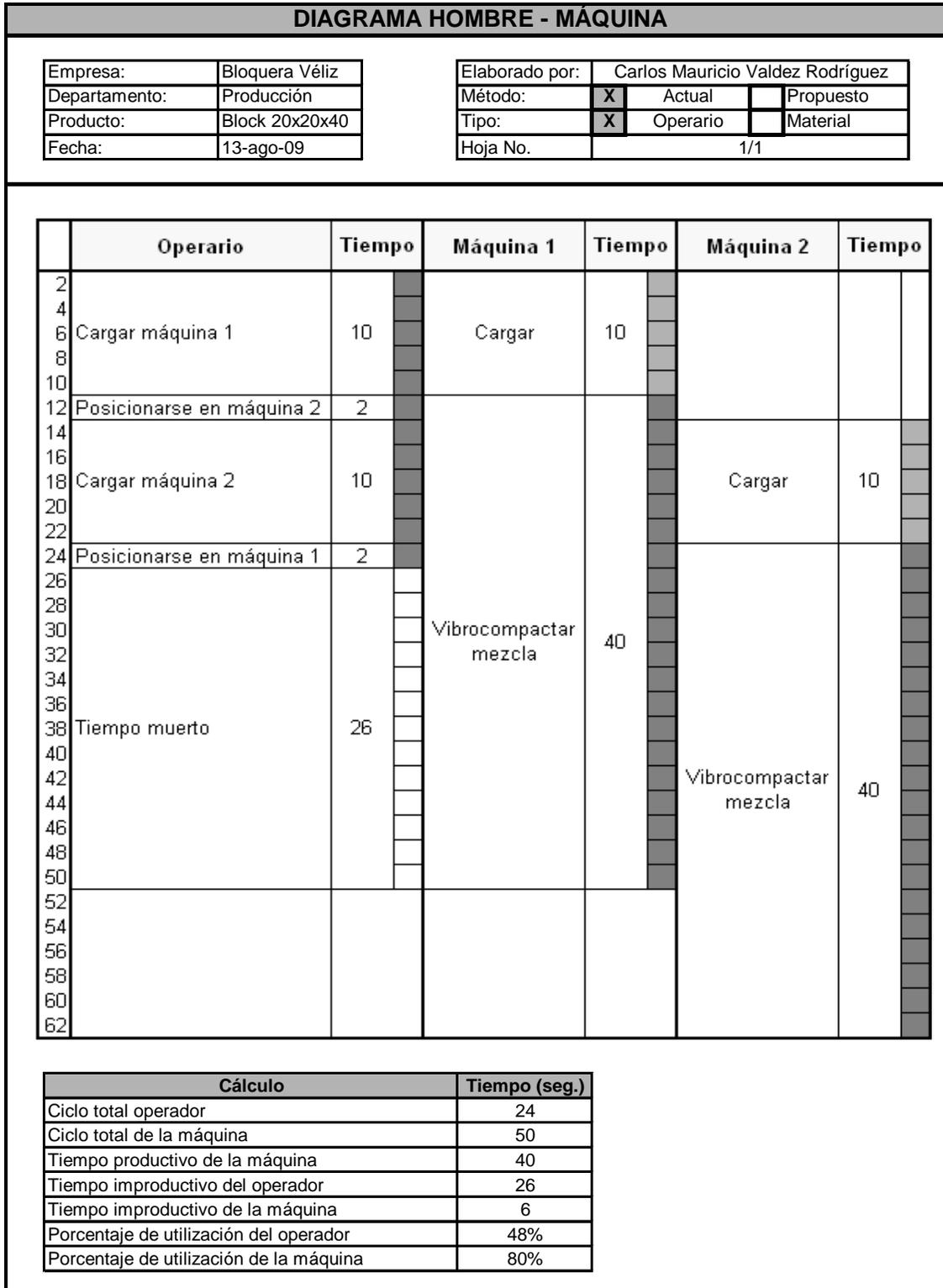
Es evidente que el diagrama de recorrido es un complemento valioso del diagrama de curso de proceso, pues en él puede trazarse el recorrido inverso y encontrar las áreas de posible congestionamiento de tránsito, y así se facilita el poder lograr una mejor distribución en la planta.

#### **2.2.8.4. Diagrama hombre – máquina**

El diagrama de hombre-máquina se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una estación de trabajo a la vez. El diagrama muestra la relación de tiempo exacta entre el ciclo de trabajo de una persona y el de la máquina. Estas características pueden ayudar a lograr una utilización más completa tanto del trabajador como de la máquina y un mejor balance del ciclo de trabajo.

Para efectos de este estudio, se enfocará en el diagrama de los llenadores de bandejas.

Figura 4. Diagrama hombre-máquina, método actual



## **2.3 Maquinaria y equipo**

### **2.3.1 Mezcladora**

En la fábrica se utiliza una mezcladora elaborada específicamente para la empresa, la cual trabaja con corriente eléctrica de 220 Kw.

### **2.3.2 Vibro-compactadora**

Actualmente se utilizan cuatro máquinas vibrocompactadoras para moldear los bloques de concreto, fabricadas con un motor que opera con corriente eléctrica de 110 Kw.

## **2.4 Manejo y transporte**

Al momento de terminar de moldear los bloques de concreto en la vibro-compactadora, es muy importante tratarlos con mucho cuidado. No se deben tirar. Deben ser colocados de manera organizada sin afectar su forma original.

Actualmente los bloques son manipulados en pares, pues cada tabla contiene dos bloques de concreto, y para transportar una mayor cantidad de bloques, se utilizan carretillas especiales.

## **2.5 Fraguado y curado de los bloques de concreto**

Como se mencionó, al momento de desmoldar los bloques de concreto, estos deben permanecer en reposo, en un sitio protegido del sol, la lluvia y los vientos fuertes, para evitar la evaporación del agua de la mezcla y su secado prematuro.

Es muy importante proporcionar tiempos de fraguado y curado apropiados para que el bloque de concreto alcance la resistencia adecuada para manipularlo, transportarlo y utilizarlo en la construcción.

## **2.6 Aspectos que mejoran la calidad en los bloques de concreto liviano**

Mucho incide en la calidad del bloque la calidad en la selección de los materiales por utilizar. Sin embargo, es importante hacer hincapié en las proporciones de materiales que se utilizan para fabricar el bloque de concreto, y es por esto que uno de los principales aspectos que ayudan a mejorar la calidad del bloque es la distribución de los tamaños de los agregados que se utilizan en la mezcla.

En la fábrica, actualmente la mezcla se realiza con arena pómez y arena tipo selecto en proporciones de 10:1 respectivamente. Esta amalgama se efectúa con el objeto de que la mezcla sea más uniforme al momento en que la arena tipo selecto al ser de grano más pequeño, llene los espacios que quedan entre los granos de la arena pómez y exista una mejor compactación de la mezcla.

## **2.7 Costos de producción**

### **2.7.1 Mano de obra**

El costo promedio de mano de obra, actualmente es de Q620.00/trabajador a la semana; la fábrica tiene 26 trabajadores.

### **2.7.2 Materia prima**

Los costos de materia prima son: a) Cemento: Q58.60/saco, b) Arena pómez: Q410.00/camionada, c) Arena tipo selecto: Q200.00/camionada, d) Agua: Q 2.54/m<sup>3</sup>.

### **2.7.3 Transporte**

En el caso de esta fábrica, los compradores llevan su transporte para trasladar los bloques de concreto que compran, por lo que la fábrica no incurre en costos para mover su producto terminado.

### **2.7.4 Energía eléctrica**

El costo de energía eléctrica oscila en un promedio de Q7,500.00 mensuales.

### **2.7.5 Desperdicios**

La tasa promedio de desperdicios es alrededor de dos a cinco bloques de concreto diarios. Estos se dañan por diversas causas, entre ellas mezcla mal elaborada, mala vibrocompactación, daños al manipularlos, entre otros.

### **2.7.6 Costo de producción por unidad**

Las proporciones de materiales para producir 62 bloques de concreto son las siguientes:

Tabla I. **Proporciones de materiales para producir 62 bloques de concreto**

PROPORCIONES	kg	m <sup>3</sup>
Cemento	42.28	0.03964
Arena pómez	475.8	0.63808
Selecto	70.34	0.06601
Agua	66.70	0.07751
<b>Rendimiento (# bloques)</b>	<b>62</b>	<b>62</b>

Al reunir los costos de cada material con los datos anteriores en una misma tabla para poder apreciar mejor los costos, se tiene que el costo total de fabricación por unidad es el siguiente:

Tabla II. **Costo de fabricación para producir 62 bloques de concreto**

Material	Curva sin corregir		
	m <sup>3</sup>	Costo/m <sup>3</sup>	Total (Q)
Cemento	0.039644	1,478.17 Q	58.60 Q
Arena pómez	0.638084	13.33 Q	8.51 Q
Polvillo	0.066009	27.33 Q	1.80 Q
Agua	0.077510	2.54 Q	0.20 Q
<b>Costo materia prima</b>			<b>69.11 Q</b>
Mano de Obra	-	-	22.63 Q
<b>Costo primo</b>			<b>91.74 Q</b>
Energía eléctrica	-	-	15.50 Q
<b>Costo fabril</b>	-	-	<b>107.24 Q</b>
Rendimiento	62 bloques		
<b>Costo fabril por bloque</b>	<b>1.73 Q</b>		

## 2.8 Aspectos que mejoran la calidad en la fabricación de los bloques de concreto liviano

Según las normas ISO-9000, calidad es el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio, que le confiere la aptitud para

satisfacer necesidades expresas o implícitas. Para garantizar la calidad de un bloque es importante observar los diferentes aspectos del proceso de fabricación.

### **2.8.1 Selección de materia prima**

La materia prima debe seleccionarse de acuerdo con su utilidad y limpieza, verificando que no contenga elementos orgánicos que puedan ocasionar deterioro en el proceso de fabricación. Es importante tener proveedores constantes que surtan de los materiales en el momento oportuno.

### **2.8.2 Selección de agregado**

En la fábrica utilizan arena pómez y selecto como agregados para la fabricación de bloques de concreto liviano. Los agregados forman parte en un 85 a 90% del producto terminado. Debido a esto, es importante su limpieza y durabilidad.

### **2.8.3 Selección de cemento**

Para la fabricación de bloques de concreto liviano puede utilizarse cualquier cemento hidráulico para uso general en la construcción y se le presta especial atención a la clase de resistencia del concreto. En la fábrica en estudio se utiliza cemento Pórtland Tipo I de clase 4000 libras por pulgada cuadrada.

### **2.8.4 Selección de agua**

Como se mencionó, es de suma importancia la limpieza del agua que se utiliza en la fabricación de bloques de concreto. Si el agua contiene muchas

sales, puede disminuir la resistencia del bloque y producir manchas blanquecinas o eflorescencias.

#### **2.8.5 Uso de aditivos**

Actualmente no se utilizan aditivos en la fabricación de bloques de concreto liviano.

#### **2.8.6 Uso de pigmentos**

La fábrica no utiliza pigmentos o colorantes que incidan en el color resultante del bloque.



### **3. PROPUESTA DE METODOLOGÍAS EFICIENTES PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO LIVIANO**

#### **3.1 Dosificación de los agregados**

Los agregados utilizados por los fabricantes artesanales y tecnificados de bloques de concreto liviano y normal, presentan una deficiencia en la granulometría (distribución de tamaños). Estos tamaños de agregados son en su mayoría la parte intermedia del agregado, es decir, los agregados para bloques de concreto presentan gran cantidad de gruesos y finos con escasa presencia de intermedios o medios.

Un agregado con una graduación adecuada de tamaños permite obtener una mezcla más trabajable, con un acomodamiento de sus partículas o granos más eficiente, que da como resultado un concreto con mejores características, sobre todo en el incremento de la resistencia a compresión, lo que permite al fabricante optimizar el uso de cemento en la producción de bloques de concreto.

De forma tradicional el incremento de las resistencias de los concretos para elaborar bloques se realiza incrementando la cantidad de cemento en la mezcla. Esta práctica es la más sencilla para el fabricante, pero los costos se incrementan de forma alarmante para el productor.

### 3.1.1 Análisis de la curva granulométrica en los agregados

La distribución ponderada de agregados en una mezcla es de vital importancia para obtener un bloque que cumpla con la norma establecida para los bloques de concreto.

Como se indicó, lo común para incrementar las resistencias de los concretos para elaborar bloques es aumentar la cantidad de cemento, y siendo una forma sencilla de lograr mayor resistencia, tiene la gran desventaja de requerir de elevados costos para el productor.

Hay que tomar en cuenta que el precio de los bloques es bajo y las utilidades son escuetas o casi nulas en algunos casos, por lo que incrementar la resistencia de los bloques mejorando la granulometría de los agregados utilizados es una opción más viable para el fabricante desde el punto de vista de mejorar la calidad de los bloques en cuanto a resistencia se refiere.

Tradicionalmente la mezcla está formada por granos grandes y pequeños, pero escasos granos de tamaño medio. Al agregar a la mezcla granos de tamaño medio, los espacios entre grano y grano disminuyen, haciendo una mezcla mucho más compacta, que da como resultado un bloque de concreto fabricado con una mayor resistencia. Para compensar la falta de fracciones en los agregados que se utilizan en la fábrica de bloques, se puede utilizar el agregado de 5/16". La Figura 1 muestra la curva de granulometría idónea para bloques de concreto liviano, según CETEC<sup>2</sup>.

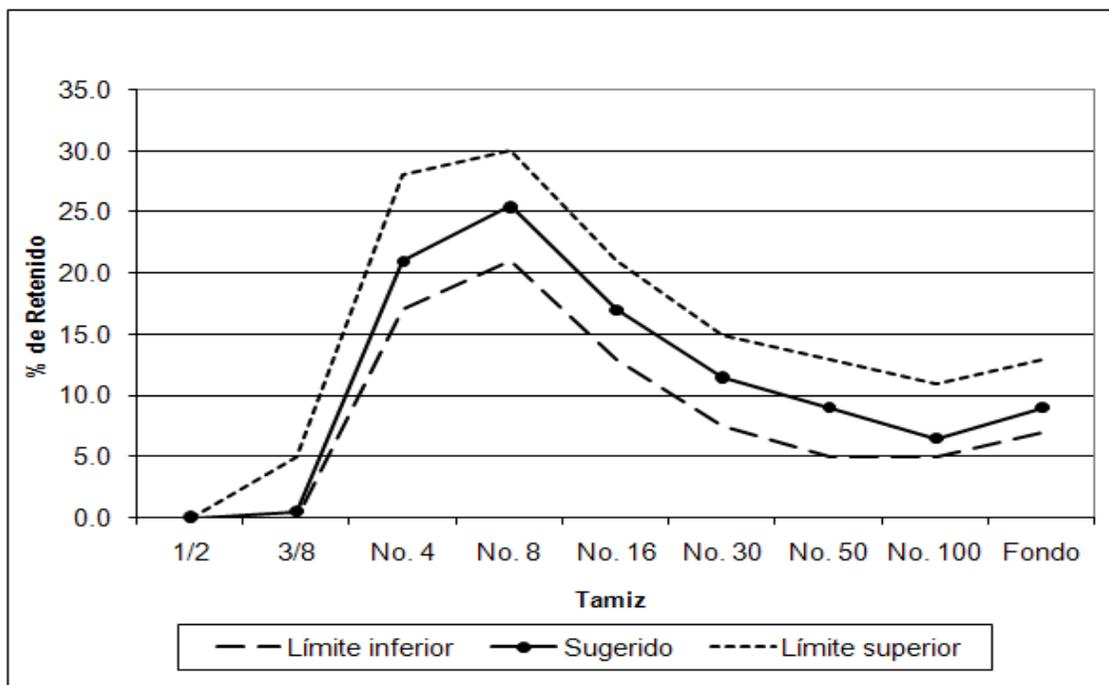
---

<sup>2</sup> CETEC: Centro Tecnológico, Planta de Producción La Pedrera, Cementos Progreso, S.A.

Tabla III. Granulometría para bloques de peso liviano (bloques de 25 y 35 kg/cm<sup>2</sup>), según CETEC

TAMIZ O MALLA		% RETENIDO INDIVIDUAL en peso			% ACUMULADO RETENIDO IDEAL
plg	mm	Mínimo	Ideal	Máximo	
1/2	12.50	0.0	0.0	0.0	0.0
3/8	9.50	0.0	0.5	5.0	0.5
No. 4	4.75	17.0	21.0	28.0	21.5
No. 8	2.36	21.0	25.5	30.0	47.0
No. 16	1.18	13.0	17.0	21.0	64.0
No. 30	0.60	7.5	11.5	15.0	75.5
No. 50	0.30	5.0	9.0	13.0	84.5
No. 100	0.15	5.0	6.5	11.0	91.0
FONDO		7.0	9.0	13.0	-
Módulo de finura					3.84

Figura 5. Límites prácticos usando agregados para bloques livianos (bloques de 25 y 35 kg/cm<sup>2</sup>), según CETEC

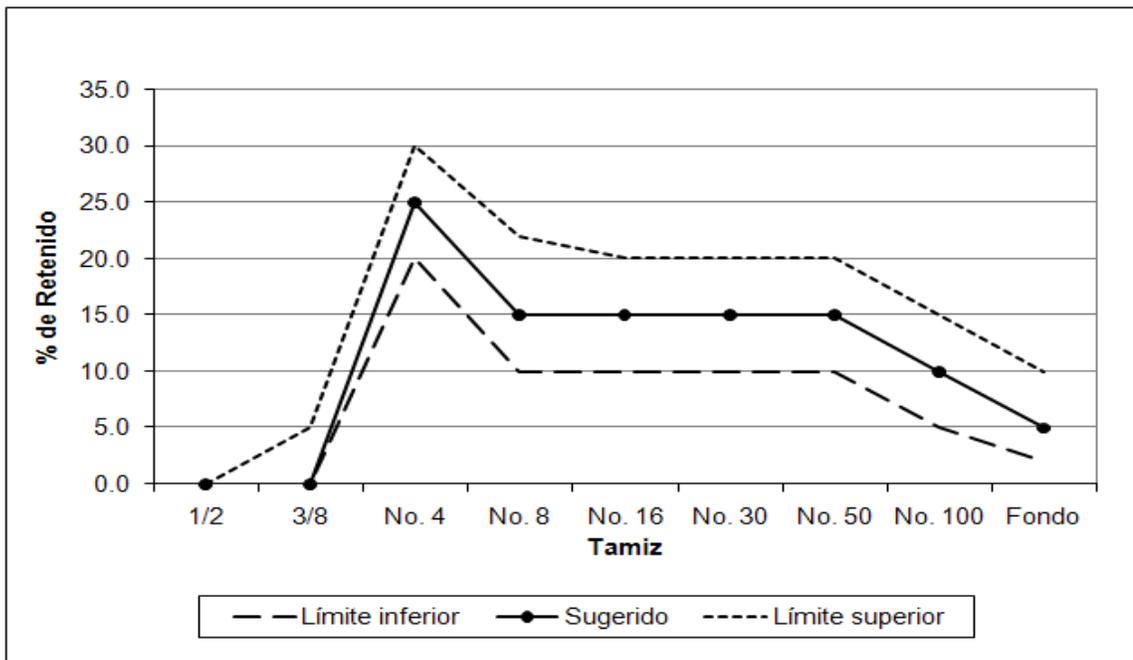


La Figura 6 muestra la granulometría idónea para bloques con agregado de densidad normal, según el IMCYC<sup>3</sup>.

Tabla IV. **Granulometría para bloques de peso normal (bloques de 50 y 70 kg/cm<sup>2</sup>), según IMCYC**

TAMIZ O MALLA		% RETENIDO INDIVIDUAL en peso			% ACUMULADO RETENIDO IDEAL
plg	mm	Mínimo	Ideal	Máximo	
1/2	12.50	0.0	0.0	0.0	0.0
3/8	9.50	0.0	0.0	5.0	0.0
No. 4	4.75	20.0	25.0	30.0	25.0
No. 8	2.36	10.0	15.0	22.0	40.0
No. 16	1.18	10.0	15.0	20.0	55.0
No. 30	0.60	10.0	15.0	20.0	70.0
No. 50	0.30	10.0	15.0	20.0	85.0
No. 100	0.15	5.0	10.0	15.0	95.0
FONDO		2.0	5.0	10.0	-
Módulo de finura					3.70

Figura 6. **Límites prácticos usando agregados para bloques normales (bloques de 50 y 70 kg/cm<sup>2</sup>) según IMCYC**



<sup>3</sup> IMCYC: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto

### 3.1.2 Curva granulométrica combinada

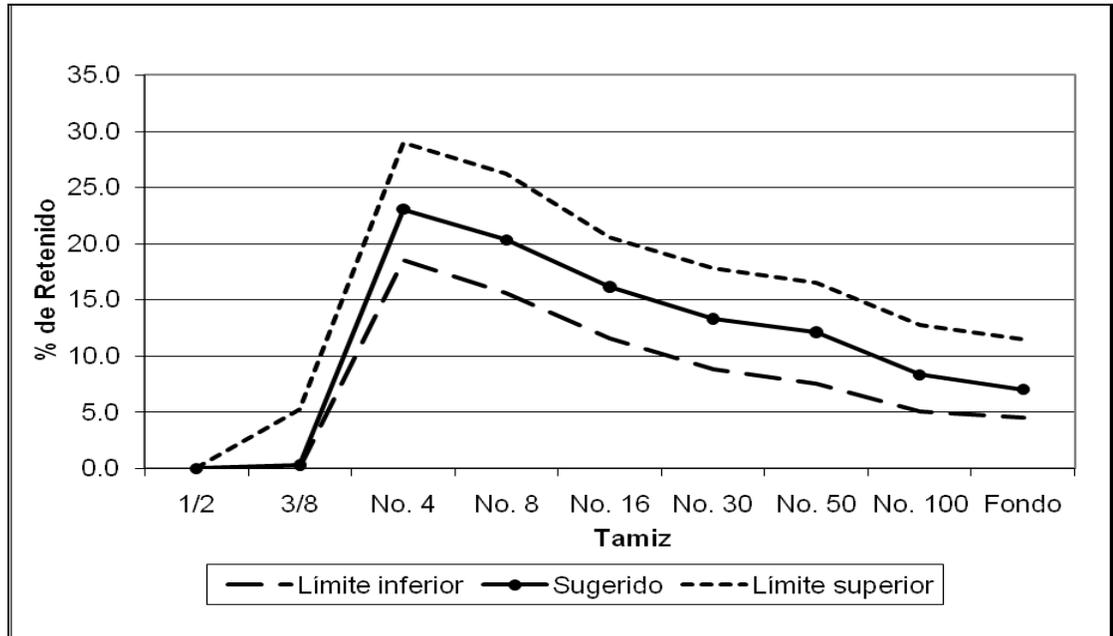
De los análisis de curvas anteriores se obtuvo una curva corregida de agregado combinado que cumpliera con las especificaciones de granulometría para bloques de concreto liviano y se pudiera agregar a la mezcla granos de tamaño medio, que en este caso es agregado de 5/16”.

A continuación se presenta una curva combinada de agregados de densidad normal y liviana.

Tabla V. **Combinación granulométrica de bloques de peso liviano y normal**

TAMIZ O MALLA		% RETENIDO INDIVIDUAL en peso			% ACUMULADO RETENIDO IDEAL
plg	mm	Mínimo	Ideal	Máximo	
1/2	12.50	0.00	0.00	0.00	0.0
3/8	9.50	0.00	0.30	5.25	0.3
No. 4	4.75	18.50	23.00	29.00	23.3
No. 8	2.36	15.55	23.30	26.25	46.6
No. 16	1.18	11.55	16.10	20.55	62.7
No. 30	0.60	8.80	13.30	17.80	76.0
No. 50	0.30	7.55	12.10	16.55	88.1
No. 100	0.15	5.00	8.30	12.75	96.4
FONDO		4.50	7.00	11.50	-
Módulo de finura					3.77

Figura 7. Límites prácticos usando agregados para bloques normales y livianos



### 3.1.3 Elaboración de bloques y dosificación de materia prima

Se analizaron los resultados del producto terminado en la fábrica de bloques de concreto liviano. A continuación se muestran las proporciones tradicionales de materia prima para la elaboración de los bloques de concreto liviano.

Tabla VI. Dosificación de selecto

Polvillo o selecto	
Muestra	Pesos neto (kg)
Muestra # 1	22.92
Muestra # 2	23.68
Muestra # 3	23.74
<b>Total</b>	<b>70.34</b>
<i>Peso promedio de selecto</i>	<i>23.45</i>

Tabla VII. **Dosificación de arena pómez y polvillo**

<b>Arena pómez y selecto</b>	
<b>Muestra</b>	<b>Peso neto (kg)</b>
Muestra # 1	17.54
Muestra # 2	17.04
Muestra # 3	17.52
Muestra # 4	16.16
Muestra # 5	16.12
Muestra # 6	16.90
Muestra # 7	17.24
Muestra # 8	17.84
Muestra # 9	17.36
Muestra # 10	17.10
Muestra # 11	16.48
Muestra # 12	16.94
Muestra # 13	17.32
Muestra # 14	17.08
Muestra # 15	16.78
Muestra # 16	17.38
Muestra # 17	16.40
Muestra # 18	17.98
<b>Total pómez + selecto</b>	<b>307.18</b>
<i>Promedio de pesos pómez + selecto</i>	<i>17.07</i>

Tabla VIII. Dosificación de agua

Agua	
Muestra (cubeta de 5 galones)	Peso neto (kg)
Muestra # 1	8.38
Muestra # 2	8.96
Muestra # 3	8.48
Total agua pesada	25.82
Promedio de pesos agua	8.61
<b>Total agua agregada (7.75 cubetas)</b>	<b>66.70</b>

Tabla IX. Proporciones de materiales para bloques de concreto liviano

PROPORCIONES	UNIDADES cubetas de 5 galones	kg	Pies cúbicos	m <sup>3</sup>
Cemento tipo I un saco	1.00	42.28	1.40	0.03964
Arena pómez	29.00	475.80	22.53	0.63808
Polvillo	3.00	70.34	2.33	0.06601
Agua	7.75	66.70	2.74	0.07751
<b>Totales agregados</b>		546.14	24.86	0.70
<b>Totales agua+agregados+cemento</b>		655.12	29.00	0.82
<b>Totales agregados + cemento</b>		<b>588.42</b>	<b>26.26</b>	<b>0.74</b>

Tabla X. Rendimiento según proporciones para bloques de concreto liviano

PROPORCIONES	Cemento	Pómez	Polvillo	Agua
Volumen m <sup>3</sup>	0.0396	0.6381	0.0660	0.0775
Volumen P <sup>3</sup>	1.400	22.531	2.331	2.737
Volumen Cubetas 5 gal.	1.000	29.000	3.000	7.750
Peso kg	42.280	475.800	70.340	66.700
<b>Rendimiento</b>	<b>31 tablas</b>	<b>62 bloques</b>	<b>0.68 kg de cemento por bloque</b>	

Como se dijo, al introducir tamaños medios en el agregado, se mejora la curva granulométrica, así se obtiene una mejor productividad en el proceso de fabricación. Por esta razón los agregados medios que serán añadidos para formar la nueva mezcla (mezcla con granulometría corregida) son del tipo tamiz No. 8 (pasa 4" - retiene 8") y tamiz No. 16 (pasa 8" - retiene 16").

A continuación se muestran las nuevas proporciones de materia prima para la elaboración de los bloques de concreto liviano, tomando en cuenta la incorporación de tamaños medios.

**Tabla XI. Dosificación de cemento y agregados en la mezcla con granulometría corregida**

<b>Cemento y Agregados</b>	
<b>Cubicación Nueva Mezcla</b>	<b>Peso neto (kg)</b>
Cemento y Agregados	39.11
Agregados	20.89
<b>Total</b>	<b>60.00</b>

**Tabla XII. Dosificación de agua en la mezcla con granulometría corregida**

<b>Agua</b>	
<b>Muestra (cubetas de 5 galones)</b>	<b>Peso neto (kg)</b>
Muestra # 1	8.38
Muestra # 2	8.96
Muestra # 3	8.48
Total agua pesada	25.82
Promedio de pesos agua	8.61
<b>Total agua agregada (7 cubetas)</b>	<b>60.25</b>

**Tabla XIII. Proporciones de insumos para bloques de concreto liviano con granulometría corregida**

<b>PROPORCIONES</b>	<b>UNIDADES cubetas de 5 galones</b>	<b>kg</b>	<b>Pies cúbicos</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
Cemento tipo I un saco	1.00	42.28	1.3	0.036812
Arena pómez	29.00	475.8	22.53	0.638000
Polvillo	3.00	70.34	2.33	0.066000
Agregado 5/16"	0.75	20.89	0.58	0.016500
Agua	7.00	60.25	2.47	0.070009
<b>Totales agregados</b>		<b>567.03</b>	<b>25.44</b>	<b>0.72050</b>
<b>Totales agua+agregados+cemento</b>		<b>669.56</b>	<b>29.21</b>	<b>0.82732</b>
<b>Totales agregados + cemento</b>		<b>609.31</b>	<b>26.74</b>	<b>0.75731</b>

**Tabla XIV. Rendimiento según proporciones para bloques de concreto liviano**

<b>PROPORCIONES</b>	<b>Cemento</b>	<b>Pómez</b>	<b>Polvillo</b>	<b>Nuevo agregado</b>	<b>Agua</b>
Volumen m <sup>3</sup>	0.0368	0.6380	0.0660	0.0165	0.0700
Volumen P <sup>3</sup>	1.400	22.530	2.330	0.580	2.470
Volumen Cubetas 5 gal.	1.000	29.000	3.000	0.750	7.000
Peso kg	42.280	475.800	70.340	20.890	60.250
<b>Rendimiento</b>	<b>33 tablas</b>	<b>66 bloques</b>	<b>0.64 kg de cemento por bloque</b>		

### **3.1.4 Identificación de las operaciones en el proceso de fabricación**

Como se ha descrito, en el proceso de fabricación de bloques de concreto liviano se puede identificar las siguientes operaciones:

- Selección de la materia prima
- Dosificación de la mezcla
- Elaboración de la mezcla
- Llenado de tolva
- Elaboración de bloques
- Fraguado de bloques
- Curado de bloques
- Almacenaje de bloques

Para efectos de cronometración se estudiarán las operaciones de dosificación de la mezcla, vibrocompactación y transporte al área de curado.

### **3.1.5 Cronometración**

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

A continuación se presenta el estudio de tiempos para las operaciones seleccionadas del proceso de fabricación de bloques de concreto, las cuales se analizaron según muestras de cinco ciclos por operación.

#### **3.1.5.1. Dosificación de la mezcla**

Para analizar esta operación es necesario dividirla en sus elementos y así analizar cada uno de ellos.

Los elementos que forman parte de la operación de dosificación y elaboración de la mezcla son: a) agregar arena pómez, b) agregar selecto, c) agregar cemento, d) agregar agua.

El tiempo promedio del elemento “agregar arena rústica” es:  $(68.0+68.5+64.0+67.3+70.0)/(5) = 67.6$  segundos. Este es el tiempo en que el operador hace normalmente la operación.

El tiempo promedio del elemento “agregar selecto” es:  $(20.0+17.8+21.4+25.0+20.3)/(5) = 20.9$  segundos. Este es el tiempo en que el operador hace normalmente la operación.

El tiempo promedio del elemento “agregar cemento” es:  $(22.0+23.5+20.8+22.2+23.5)/(5) = 22.4$  segundos. Este es el tiempo en que el operador hace normalmente la operación.

El tiempo promedio del elemento “agregar agua” es:  $(28.0+26.0+27.7+25.7+28.2)/(5) = 27.1$  segundos. Este es el tiempo en que el operador hace normalmente la operación.

En la siguiente tabla se muestran los tiempos observados de los distintos elementos que conforman la operación de dosificación de la mezcla en distintos ciclos:

Figura 8. Hoja de cronometración para dosificación de mezcla

HOJA DE CRONOMETRACIÓN (Tiempos en segundos)							
Empresa:	Fábrica Véliz				Elaborado por:	Carlos Mauricio Valdez Rodríguez	
Departamento:	Producción				Producto:	Bloque de concreto liviano 20x40x40	
Estudio No.	1				Operación:	Dosificación de Mezcla	
Fecha:	13-ago-09				Hoja No.	1/1	
Ciclos							
Elementos	1	2	3	4	5	Total	Promedio
Agregar arena rústica	68.0	68.5	64.0	67.3	70.0	337.8	<b>67.6</b>
Agregar selecto	20.0	17.8	21.4	25.0	20.3	104.5	<b>20.9</b>
Agregar cemento	22.0	23.5	20.8	22.2	23.5	111.9	<b>22.4</b>
Agregar agua	28.0	26.0	27.7	25.7	28.2	135.6	<b>27.1</b>
						$\Sigma$	<b>138.0</b>

El tiempo promedio observado para la operación de dosificar la mezcla está dado por la suma de los tiempos promedios de cada elemento:

$$\text{Tiempo medio observado} = T_{m_{\text{elemento1}}} + T_{m_{\text{elemento2}}} + T_{m_{\text{elemento3}}} + T_{m_{\text{elemento4}}} + T_{m_{\text{elemento5}}}$$

$$\text{Tiempo medio observado} = 67.6 + 20.9 + 22.4 + 27.1 = 138.0 \text{ segundos.}$$

### 3.1.5.2. Vibrocompactación

Al igual que la operación anterior debemos desfragmentar en sus distintos elementos la operación y así analizar cada uno de ellos.

Los elementos que forman parte de la operación de vibrocompactación son: a) Posicionar máquina y bandeja, b) aplicar vibración, c) retirar bandeja, d) retirar abundancia de mezcla, e) colocar tabla sobre molde, f) voltear el molde, g) aplicar vibrocompactación, h) desmontar bloques, i) subir moldes.

El tiempo promedio del elemento “posicionar máquina y bandeja” es:  
 $(3.1+3.5+2.8+3.2+3.6)/(5) = 3.2$  segundos. Este es el tiempo en que el operador hace normalmente este elemento de la operación.

El tiempo promedio del elemento “aplicar vibración” es:  
 $(3.2+2.9+3.3+3.0+3.1)/(5) = 3.1$  segundos. Este es el tiempo en que el operador hace normalmente este elemento de la operación.

El tiempo promedio del elemento “retirar bandeja” es:  
 $(0.9+1.0+1.2+1.1+.09)/(5) = 1.0$  segundos. Este es el tiempo en que el operador hace normalmente este elemento de la operación.

El tiempo promedio del elemento “retirar abundancia de mezcla” es:  
 $(1.3+0.9+1.0+1.5+1.1)/(5) = 1.2$  segundos. Este es el tiempo en que el operador hace normalmente este elemento de la operación.

El tiempo promedio del elemento “colocar tabla sobre el molde” es:  
 $(2.8+3.3+2.5+2.4+2.7)/(5) = 2.7$  segundos. Este es el tiempo en que el operador hace normalmente este elemento de la operación.

El tiempo promedio del elemento “voltear el molde” es:  
 $(2.3+1.8+2.2+2.1+1.9)/(5) = 2.1$  segundos. Este es el tiempo en que el operador hace normalmente este elemento de la operación.

El tiempo promedio del elemento “aplicar vibrocompactación” es:  
 $(4.9+4.1+3.5+3.6+4.1)/(5) = 4.0$  segundos. Este es el tiempo en que el operador hace normalmente este elemento de la operación.

El tiempo promedio del elemento “desmontar bloques” es:  $(2.1+2.5+2.0+2.3+2.3)/(5) = 2.2$  segundos. Este es el tiempo en que el operador hace normalmente este elemento de la operación.

El tiempo promedio del elemento “subir molde” es:  $(1.4+0.7+1.2+0.9+1.1)/(5) = 1.1$  segundos. Este es el tiempo en que el operador hace normalmente este elemento de la operación.

Al consolidar los anteriores cálculos, se aprecia mejor la determinación del tiempo promedio para realizar la vibrocompactación de la mezcla.

Figura 9. Hoja de cronometración para vibrocompactación de mezcla

HOJA DE CRONOMETRACIÓN (Tiempos en segundos)							
Empresa:	Fábrica Véliz		Elaborado por:	Carlos Mauricio Valdez Rodríguez			
Departamento:	Producción		Producto:	Bloque de concreto liviano 20x40x40			
Estudio No.	1		Operación:	Vibrocompactación de mezcla			
Fecha:	13-ago-09		Hoja No.	1/1			
Elementos	Ciclos					Total	Promedio
	1	2	3	4	5		
Posicionar máquina y bandeja	3.1	3.5	2.8	3.2	3.6	16.2	3.2
Aplicar vibración	3.2	2.9	3.3	3.0	3.1	15.5	3.1
Retirar bandeja	0.9	1.0	1.2	1.1	0.9	5.1	1.0
Retirar abundancia de mezcla	1.3	0.9	1.0	1.5	1.1	5.8	1.2
Colocar tabla sobre el molde	2.8	3.3	2.5	2.4	2.7	13.7	2.7
Voltear el molde	2.3	1.8	2.2	2.1	1.9	10.3	2.1
Aplicar vibrocompactación	4.9	4.1	3.5	3.6	4.1	20.2	4.0
Desmontar bloques	2.1	2.5	2.0	2.3	2.3	11.2	2.2
Subir molde	1.4	0.7	1.2	0.9	1.1	5.3	1.1
						Σ	20.7

Se tiene entonces que el tiempo promedio observado de la operación vibrocompactación de la mezcla está dado por las sumo de los tiempos promedios de cada elemento:

Tiempo medio observado =  $T_{m_{elemento1}} + T_{m_{elemento2}} + T_{m_{elemento3}} + T_{m_{elemento4}} + T_{m_{elemento5}} + T_{m_{elemento6}} + T_{m_{elemento7}} + T_{m_{elemento8}} + T_{m_{elemento9}}$ .

TMO =  $3.2+3.1+1.0+1.2+2.7+2.1+4.0+2.2+1.1 = 20.7$  segundos. Es decir, el tiempo medio para realizar la operación de vibrocompactación de la mezcla es de 20.7 segundos.

### 3.1.5.3. Transporte al área de curado

Utilizando la misma mecánica, se determinará el tiempo promedio que se necesita para transportar los bloques ya fraguados en su etapa inicial al área de curado.

Los elementos que conforman esta operación son: a) coger la tabla, b) caminar al área de fraguado, c) colocar tabla y verificar posición, d) caminar a área de fraguado.

El tiempo promedio del elemento “coger tabla” es:  $(0.9+0.7+1.0+0.6+0.8)/(5) = 0.8$  segundos. Este es el tiempo en que el operador hace normalmente este elemento de la operación.

El tiempo promedio del elemento “caminar al área de curado” es:  $(9.5+9.0+9.1+9.3+9.0)/(5) = 9.2$  segundos. Este es el tiempo en que el operador hace normalmente este elemento de la operación.

El tiempo promedio del elemento “colocar tabla y verificar posición” es:  $(2.0+1.4+1.8+1.9+2.3)/(5) = 1.9$  segundos. Este es el tiempo en que el operador hace normalmente este elemento de la operación.

El tiempo promedio del elemento “caminar a área de fraguado” es:  $(7.7+8.0+7.6+7.9+7.7)/(5) = 7.8$  segundos. Este es el tiempo en que el operador hace normalmente este elemento de la operación.

Al consolidar los anteriores cálculos en una tabla para mejor apreciación:

Figura 10. **Hoja de cronometración para el transporte al área de curado**

HOJA DE CRONOMETRACIÓN (Tiempos en segundos)								
Empresa:	Fábrica Véliz		Elaborado por:	Carlos Mauricio Valdez Rodríguez				
Departamento:	Producción		Producto:	Bloque de concreto liviano 20x40x40				
Estudio No.	1		Operación:	Transporte al área de curado				
Fecha:	13-ago-09		Hoja No.	1/1				
		Ciclos						
Elementos	1	2	3	4	5	Total	Promedio	
Coger la tabla	0.9	0.7	1.0	0.6	0.8	4.0	<b>0.8</b>	
Caminar al área de fraguado	9.5	9.0	9.1	9.3	9.0	45.9	<b>9.2</b>	
Colocar tabla y verificar posición	2.0	1.4	1.8	1.9	2.3	9.4	<b>1.9</b>	
Caminar a área de fraguado	7.7	8.0	7.6	7.9	7.7	38.9	<b>7.8</b>	
						$\Sigma$	<b>19.6</b>	

Se puede ver entonces, que el tiempo promedio observado para realizar la operación de transporte de bloques al área de curado está dada por la sumatoria de los tiempos promedios de los elementos que la componen en:

$$\text{Tiempo medio observado} = T_{m_{\text{elemento1}}} + T_{m_{\text{elemento2}}} + T_{m_{\text{elemento3}}} + T_{m_{\text{elemento4}}}$$

$TMO = 0.8+9.2+1.9+7.8= 19.6$  segundos. Es decir, el tiempo medio para realizar la operación de transporte de bloques al área de curado es de 19.6 segundos.

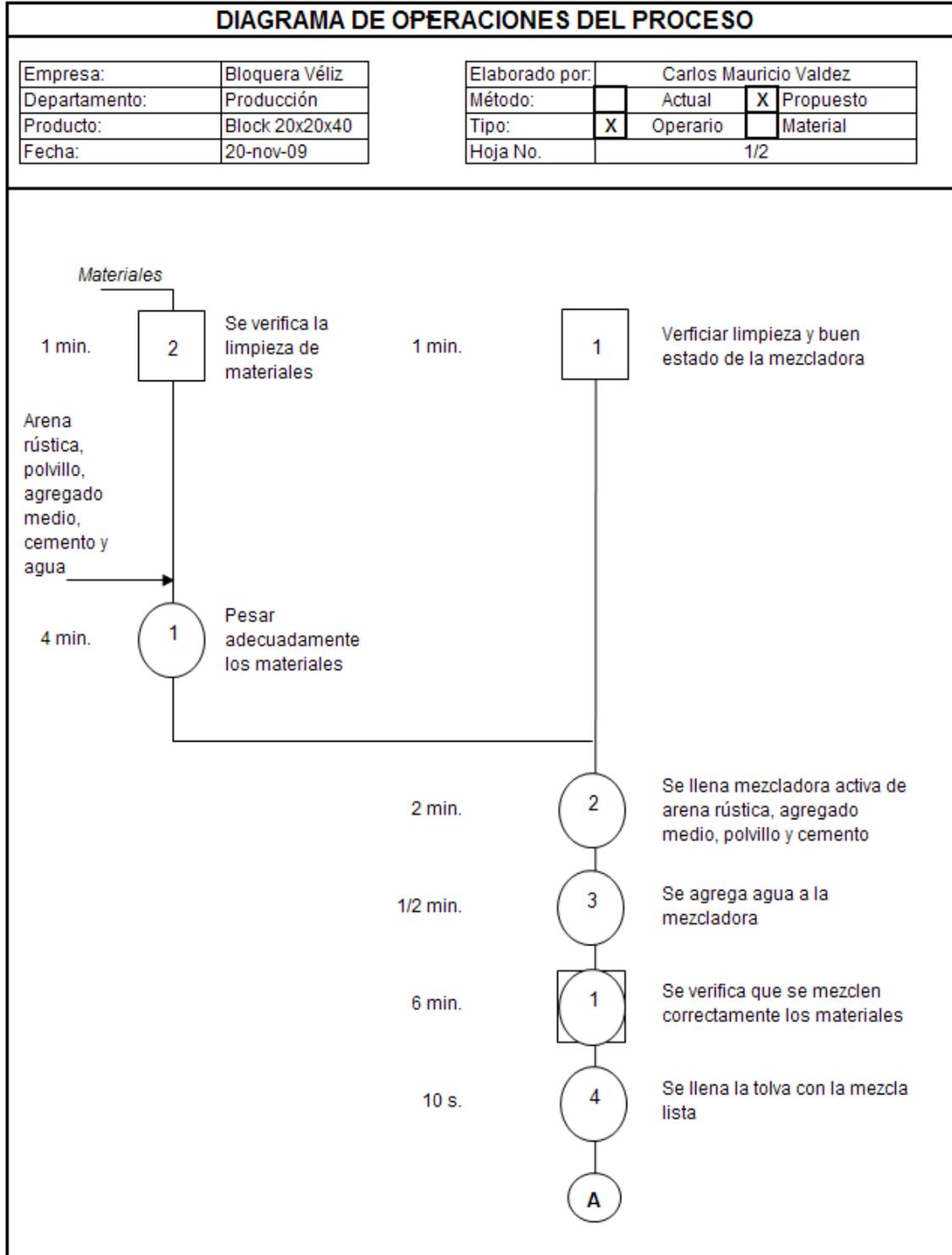
## **3.2 Diagramación del proceso mejorado**

Los cambios en el proceso de fabricación se detallan a continuación en los siguientes diagramas, lo cuales muestran las diferencias respecto al método que la fábrica utiliza actualmente.

### **3.2.1 Diagrama de operaciones del proceso**

El diagrama mejorado de operaciones del proceso se muestra a continuación:

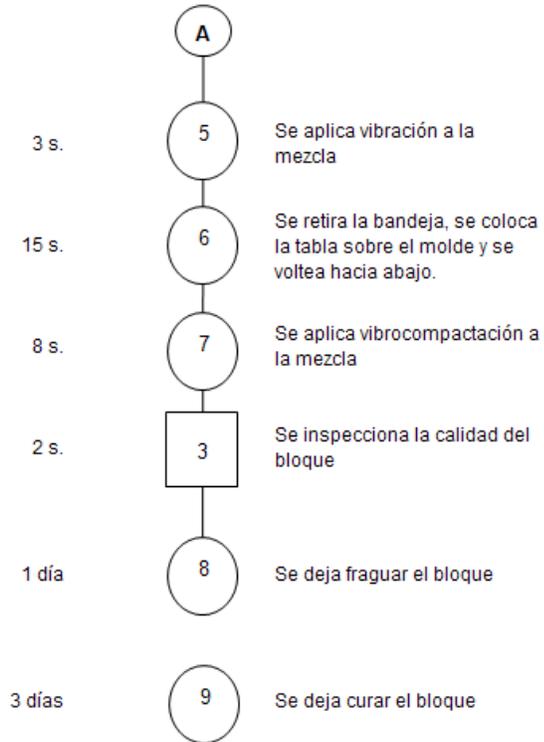
Figura 11. Diagrama mejorado de operaciones del proceso



### DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa:	Bloquera Véliz
Departamento:	Producción
Producto:	Block 20x20x40
Fecha:	20-nov-09

Elaborado por:	Carlos Mauricio Valdez		
Método:	<input type="checkbox"/>	Actual	<input checked="" type="checkbox"/> Propuesto
Tipo:	<input checked="" type="checkbox"/>	Operario	<input type="checkbox"/> Material
Hoja No.	1/2		



### RESUMEN

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	CANTIDAD	DISTANCIA	TIEMPO
Operación	○	9	-	5767.01 min
Inspección	□	3	-	2.03 min
Operación e Inspección	◻	1	-	6.00 min
<b>TOTALES</b>		<b>13</b>	<b>-</b>	<b>5775.04 min</b>

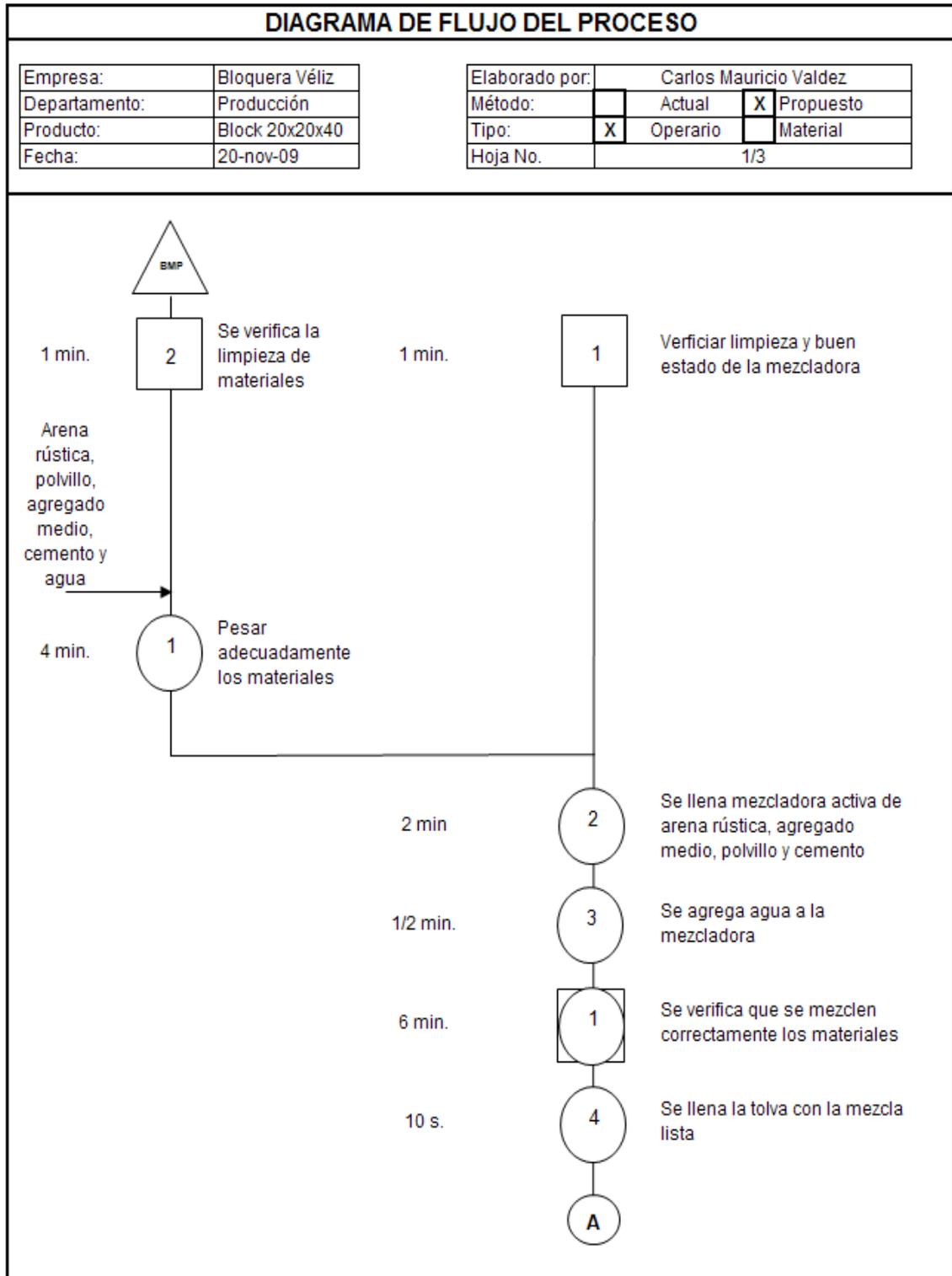
Es importante notar que a pesar de que el tiempo total de la fabricación aumente en un 33%, al permitir curar correctamente el bloque un día más que en el método actual, el bloque alcanza mayor resistencia y por ende se fabricará un bloque de mejor calidad.

Además, se evidencia la necesidad de medir las cantidades de agregados y demás materia prima que se utiliza en el proceso de fabricación, pues las dosificaciones por volúmenes aparentes producen muchas variaciones que afectan la calidad y suben los costos.

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

El diagrama mejorado de flujo del proceso se muestra a continuación:

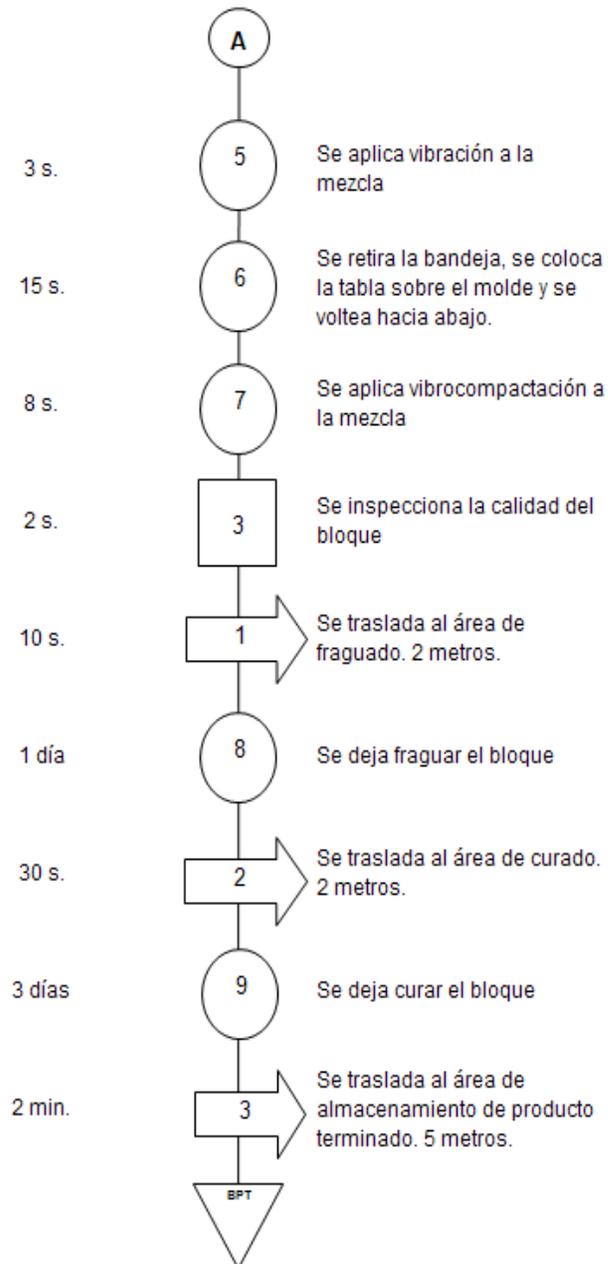
Figura 12. Diagrama mejorado del flujo del proceso



## DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

Empresa:	Bloquera Véliz
Departamento:	Producción
Producto:	Block 20x20x40
Fecha:	20-nov-09

Elaborado por:	Carlos Mauricio Valdez		
Método:	<input type="checkbox"/>	Actual	<input checked="" type="checkbox"/> Propuesto
Tipo:	<input checked="" type="checkbox"/>	Operario	<input type="checkbox"/> Material
Hoja No.	2/3		



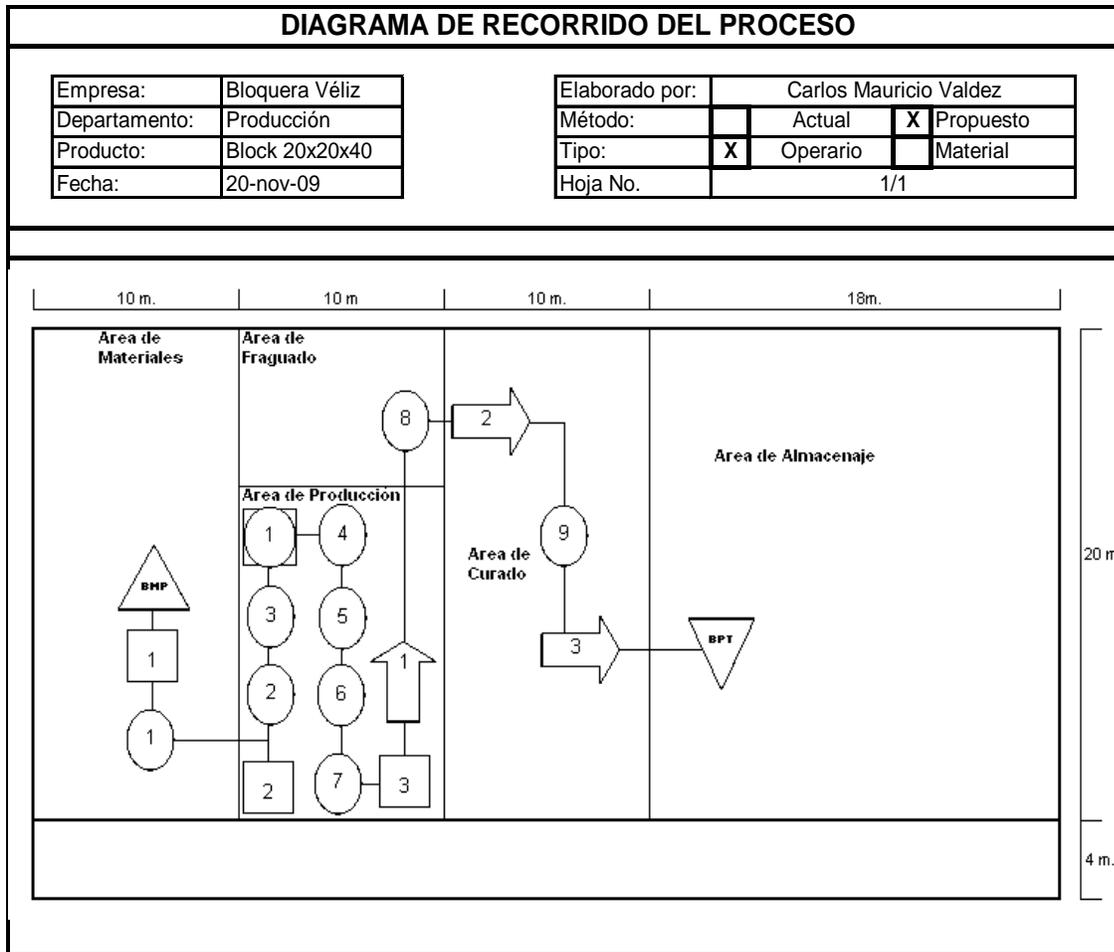
<b>DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO</b>				
Empresa:	Bloquera Véliz	Elaborado por:	Carlos Mauricio Valdez	
Departamento:	Producción	Método:	<input type="checkbox"/> Actual	<input checked="" type="checkbox"/> Propuesto
Producto:	Block 20x20x40	Tipo:	<input checked="" type="checkbox"/> Operario	<input type="checkbox"/> Material
Fecha:	20-nov-09	Hoja No.:	3/3	
<b>RESUMEN</b>				
ACTIVIDAD	SÍMBOLO	CANTIDAD	DISTANCIA	TIEMPO
Operación		9	-	5767.01 min
Inspección		3	-	2.03 min
Operación e Inspección		1	-	6.00 min
Transporte		3	9 metros	1.67 min
Almacenaje		2	-	-
<b>TOTALES</b>		<b>17</b>	<b>9 metros</b>	<b>57576.71 min</b>

Además de los beneficios descritos anteriormente en el diagrama de operaciones mejorado, la distancia total recorrida en comparación con el método actual disminuye en un 76%, y esto ayuda tener mayor ergonomía y facilidad al momento de trasladar los bloques a las distintas áreas, según el momento de fabricación.

### 3.2.3 Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido mejorado se muestra a continuación:

Figura 13. Diagrama mejorado de recorrido del proceso



A diferencia del método actual, este método reacondiciona los ambientes de trabajo de tal forma que las distancias entre las áreas de transporte disminuyen por estar colindando conjuntamente. Las distancias máximas se muestran en el diagrama de flujo del proceso.

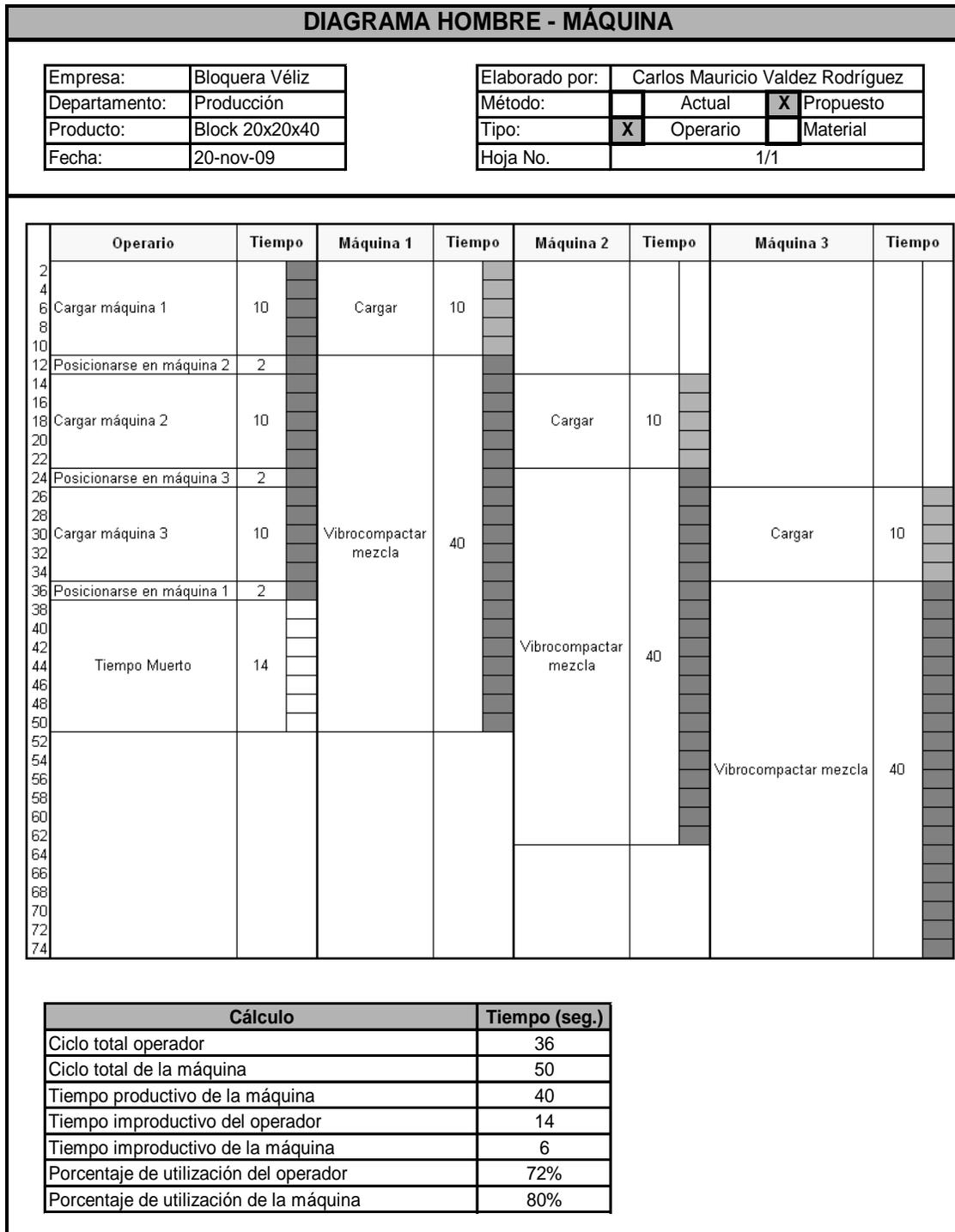
También se aprecia en la anterior gráfica que el área de fraguado ahora es una sola área, lo cual ayuda a tener un mejor control de todos los lotes de bloques de concreto en esta operación.

Cabe mencionar también que en el método actual se utiliza la calle para transportar los bloques del área de curado al área de almacenaje. En el método propuesto todos los transportes se realizan dentro del área real de producción, lo cual evita problemas logísticos a la hora de que asfalten, pavimenten o utilicen dicha calle agentes externos a la fábrica.

#### **3.2.4 Diagrama hombre-máquina**

El diagrama hombre-máquina mejorado se muestra a continuación:

Figura 14. Diagrama mejorado hombre - máquina



En el método actual del diagrama hombre-máquina se hace notar el tiempo ocioso que tiene el trabajador que es de 26 segundos. En este método propuesto el tiempo ocioso disminuye agregando al trabajador una máquina más para llenar, reduciéndolo a 14 segundos. Esto no sólo hace que el trabajador sea más productivo, sino que acrecienta la capacidad de producción, logrando una eficiencia en el operador de un 72%, a comparación del 48% de eficiencia en el método actual.

### **3.3 Estandarización de tiempos en operaciones manuales**

A continuación se detalla el cálculo de los tiempos estándar para realizar las operaciones que anteriormente se cronometraron, las cuales son: a) dosificación de mezcla, b) vibrocompactación de la mezcla, c) transporte al área de curado.

#### **3.3.1 Cronometración de operaciones manuales**

Simplificando y consolidando los tiempos cronometrados de los elementos de las distintas operaciones, se aprecian de una mejor manera en la siguiente tabla:

**Tabla XV. Tiempo medio observado en dosificación de mezcla, vibrocompactación y transporte al área de curado**

<b>Operación</b>	<b>Tiempo medio observado</b>
Dosificación de mezcla	137.96
Vibrocompactación de mezcla	20.66
Transporte al área de curado	19.64

### 3.3.2 Determinación de las condiciones

Para calcular el tiempo estándar en una operación, es necesario determinar primero el tiempo normal para realizar la operación, y para esto se necesita conocer las condiciones laborales en las cuales el trabajador realizó las actividades de la operación.

La calificación de la actuación o determinación de condiciones se determina según 4 criterios:

- Habilidad: es la eficiencia para seguir un método dado no sujeto a variación por voluntad del operador.
- Esfuerzo: es la voluntad de trabajar, controlable por el operador dentro de los límites impuestos por la habilidad.
- Condiciones: son las condiciones (luz, ventilación, calor) que afectan únicamente al operario y no aquellas que afecten la operación.
- Consistencia: son los valores de tiempo que realiza el operador que se repiten en forma consistente o inconstante.

Para la operación de dosificación de la mezcla la calificación de la actuación está dada por la siguiente tabla:

Tabla XVI. **Calificación de la actuación en la dosificación de la mezcla**

<b>Categoría</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Descripción</b>
Habilidad	0.00	Medio
Esfuerzo	+0.05	Bueno
Condiciones	0.00	Media
Consistencia	-0.05	Mala
<b>Total</b>	<b>0.00</b>	

Por lo tanto, para la operación de dosificación de la mezcla, el tiempo observado medio es igual al tiempo normal, que es igual a 138.0 segundos.

Para la operación de vibrocompactación de la mezcla, la calificación de la actuación está dada por la siguiente tabla:

**Tabla XVII. Calificación de la actuación en la vibrocompactación**

<b>Categoría</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Descripción</b>
Habilidad	+0.05	Buena
Esfuerzo	+0.10	Excelente
Condiciones	0.00	Media
Consistencia	+0.05	Buena
<b>Total</b>	<b>+0.20</b>	

Por lo tanto, para la operación de vibrocompactación de la mezcla el tiempo normal es igual al tiempo medio observado multiplicado por un factor de  $(1+0.20)= 1.20 = 120\%$ . Es decir, el tiempo normal para esta operación es igual a  $20.7 * 1.20 = 24.84$  segundos.

Para la operación de transporte de bloques al área de curado, la calificación de la actuación está dada por la siguiente tabla:

**Tabla XVIII. Calificación de la actuación en el transporte al área de curado**

<b>Categoría</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Descripción</b>
Habilidad	0.00	Media
Esfuerzo	+0.05	Buena
Condiciones	0.00	Media
Consistencia	+0.05	Buena
<b>Total</b>	<b>+0.10</b>	

Por lo tanto, para la operación de vibrocompactación de la mezcla el tiempo normal es igual al tiempo medio observado multiplicado por un factor de  $(1+0.10)= 1.10 = 110\%$ . Es decir, el tiempo normal para esta operación es igual a  $19.6 * 1.10 = 21.56$  segundos.

### 3.3.3 Identificación de suplementos

Los suplementos o tolerancias están delimitadas por las demoras personales, la fatiga y los retrasos inevitables que se dan durante la realización de las operaciones en una jornada laboral y normalmente se mantienen en un rango entre 15% a 25% del tiempo normal.

Para efectos de este estudio se aplicará una tasa de 18% para las tolerancias en el tiempo normal de las operaciones.

### 3.3.4 Cálculos de tiempos estándar

Al combinar el tiempo cronometrado, las condiciones para el tiempo normal y las consideraciones de tolerancias, se determina fácilmente el tiempo estándar en segundos, el cual está dado en la siguiente tabla para cada operación analizada:

Tabla XIX. **Cálculo de tiempo estándar para dosificación de mezcla, vibrocompactación y transporte al área de curado**

Operación	Tiempo medio observado	Calificación	Tiempo normal	Tolerancias	Tiempo estándar
Dosificación de mezcla	137.96	0.00	137.96	18%	162.80
Vibrocompactación de mezcla	20.66	0.20	24.79	18%	29.25
Transporte al área de curado	19.64	0.10	21.60	18%	25.49

### 3.4 Análisis comparativo de los resultados

Luego de analizar los dos escenarios; el primero con la curva granulométrica de agregados finos y gruesos y el segundo con la curva granulométrica de agregados finos, medios y gruesos se tienen los siguientes resultados:

#### 3.4.1 Análisis de las propiedades de los bloques de concreto liviano

Al comparar los resultados de rendimiento según los dos casos de proporciones de agregados, los bloques fabricados de la manera tradicional generan un rendimiento de 31 tablas, lo que es 62 bloques, y para los bloques fabricados agregando el agregado 5/16" el rendimiento fue de 33 tablas o 66 bloques. Se ve pues, que hay una diferencia significativa de cuatro bloques.

Además, existe diferencia en la resistencia final que presentan dichos bloques. Los bloques primeros obtuvieron una resistencia final de 19.80 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que los bloques con agregados medios incluidos obtuvieron una resistencia final de 29.70 kg/cm<sup>2</sup>. A continuación se muestra una tabla comparativa que demuestra la economía que se adquiere al modificar la granulometría de la forma antes mencionada.

Tabla XX. Rendimiento según proporciones para bloques de concreto liviano

Tipos de mezcla de los agregados	Cemento (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Kg cemento/unidad de resistencia
Curva sin corregir	42.28	25.5	1.6580
Curva corregida	42.28	29.7	1.4236

Aquí se aprecia mejor el ahorro que se tiene con una curva granulométrica corregida en los agregados, con un aumento de resistencia de un 16.47% y una ventaja de kilogramo de cemento por unidad de resistencia de  $(1.6580 - 1.4236)/(1.6580) = 0.141375 = 14.14\%$ . Esto es sin lugar a duda un incremento significativo en la eficiencia para el productor y por consiguiente un aumento en la productividad.

### 3.4.2 Comparación de costos (método actual versus método mejorado)

A continuación se muestra una tabla en la cual puede apreciarse muy bien la diferencia significativa que existe en los costos de fabricación de bloques de concreto liviano, comparando la curva de agregados no corregida versus la curva de agregados corregida.

Tabla XXI. **Comparación de costos de fabricación de bloques de concreto liviano - curva sin corregir versus curva corregida de agregados**

Material	Curva sin corregir			Curva corregida		
	m <sup>3</sup>	Costo/m <sup>3</sup>	Total (Q)	m <sup>3</sup>	Costo/m <sup>3</sup>	Total (Q)
Cemento	0.039644	1,478.17 Q	58.60 Q	0.036812	1,478.17 Q	54.41 Q
Arena pómez	0.638084	13.33 Q	8.51 Q	0.638000	13.33 Q	8.51 Q
Polvillo	0.066009	27.33 Q	1.80 Q	0.066000	27.33 Q	1.80 Q
Agregados medios	0.000000	16.15 Q	0.00 Q	0.016500	16.15 Q	0.27 Q
Agua	0.077510	2.54 Q	0.20 Q	0.070009	2.54 Q	0.18 Q
<b>Costo materia prima</b>			<b>69.11 Q</b>			<b>65.17 Q</b>
Mano de Obra	-	-	22.63 Q	-	-	23.10 Q
<b>Costo primo</b>			<b>91.74 Q</b>			<b>88.27 Q</b>
Energía eléctrica	-	-	15.50 Q	-	-	15.50 Q
<b>Costo fabril</b>	-	-	<b>107.24 Q</b>	-	-	<b>103.77 Q</b>
Rendimiento	62 bloques			66 bloques		
<b>Costo fabril por bloque</b>	<b>1.73 Q</b>			<b>1.57 Q</b>		

Como se puede observar, el costo de fabricación al utilizar una curva de agregados sin corregir es de Q1.73 por unidad de producción, mientras que el costo de fabricación al utilizar una curva de agregados corregida es de Q1.57 por unidad de producción.

Con esto se demuestra que la corrección de la curva granulométrica de agregados en los bloques de concreto liviano se logra a través de la inserción de agregados medios, los cuales llenan los espacios que quedan entre los tamaños grandes y pequeños, mejorando así la resistencia y la calidad de los bloques, y por consiguiente se obtiene un ahorro sustancial de cemento, que es el insumo más costoso para el fabricante.

## **4. IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍAS EFICIENTES PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO LIVIANO**

### **4.1 Sensibilización al fabricante**

Una de las reacciones más frecuentes al momento de implementar un nuevo método en un proceso de fabricación es la resistencia al cambio. Para esto es sumamente necesario crearle conciencia al fabricante por qué es importante entregar al consumidor un bloque de concreto liviano que cumpla con características de calidad y seguridad al momento de llevar a cabo los sistemas constructivos.

Una de las mejores formas de proponerles a los productores y fabricantes el método mejorado es a través de la retroalimentación, ya que de esta manera podrán tener la sensibilización necesaria para fabricar bloques de concreto liviano que posean propiedades y características físicas que cumplan con la Norma Coguanor NGO 41054 “Especificaciones”.

Por otra parte, no será muy difícil que el fabricante acepte cambiar su método de trabajo tradicional, pues de esa manera realizará más bloques de concreto liviano de mayor calidad con menor costo e incrementará significativamente su productividad.

### **4.2 Proceso de capacitación**

La capacitación tiene como finalidad llenar las brechas de conocimiento en un tema específico, que en este caso será lograr que tanto el fabricante como el

operador se den cuenta de la importancia que tiene fabricar bloques de concreto liviano que cumplan con estándares de calidad.

Las ventajas no solamente inciden en disminución de costos para el fabricante, también incrementan el conocimiento y técnica de los trabajadores y proporciona a la sociedad un producto terminado útil y confiable en los desarrollos constructivos.

#### **4.2.1 Capacitación al fabricante**

Debe venderse la idea al fabricante mediante el incremento del rendimiento en los bloques de concreto y el decremento en los costos de fabricación. Al informar al fabricante sobre la normalización de los bloques de concreto se debe explicar la norma de manera amena al fabricante.

Sin embargo, aunque se logre hacer conciencia en el fabricante de las grandes ventajas que tiene producir un bloque de concreto que cumpla con los estándares de calidad, la labor no es suficiente si los operadores desconocen que existe una norma para fabricar estos bloques de concreto y más aún si desconocen las ventajas técnicas y económicas que esto implica.

#### **4.2.2 Charlas técnicas a operadores**

Para lograr una capacitación efectiva es necesario realizar charlas técnicas a las cuales asistan los fabricantes y puedan ellos comprender las múltiples ventajas que ofrece modificar correctamente la dosificación de los agregados, así como la importancia que tiene mantener el método mejorado en la forma especificada y no permitir a los trabajadores que reinstalen el método

antiguo o introduzcan elementos no permitidos. Es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Ser amable con el fabricante
- Definir su trabajo y averiguar su experiencia
- Despertar su interés por aprender
- Colocar al educando en posición adecuada
- Explicar y demostrar una a una las fases importantes
- Resaltar cada punto clave
- Instruir de manera clara, completa paciente
- Comprobar lo aprendido
- Corregir errores

La observación en la práctica es una actividad que debe tomarse en cuenta al terminar el adiestramiento con el fabricante, porque se le instruye en la práctica, y además se le enseña que ha terminado su etapa de aprendizaje y que todo el trabajo que él realice estará bajo su responsabilidad, también a quién debe dirigirse si tiene dudas acerca del trabajo.

#### **4.3 Implementación de lineamientos de seguridad industrial en el proceso de fabricación de bloques de concreto liviano**

A continuación se muestra una fotografía en la cual se aprecian claramente las deficiencias de seguridad eléctrica que posee la fábrica.

**Figura No. 15. Cableado eléctrico en fábrica Véliz**



Fuente. Fotografía tomada en fábrica Véliz

Además de que la caja de conexiones eléctricas está expuesta inapropiadamente en el área de trabajo, los conductores eléctricos están desordenados. Esto tiene incidencia en el consumo de energía, pues para que la electricidad se aproveche, se debe hacer que circule por los circuitos con el mínimo de pérdida, y en este caso la resistencia de los conductores eléctricos se ve afectado por la longitud de los mismos y la humedad del ambiente. Es recomendable contactar a un electricista que ordene los conductores eléctricos y los una en la medida de lo posible a través de canales eléctricos para mayor seguridad.

Es importante que las áreas de acceso y tránsito estén libres de basura, botes, herramientas y otros objetos que puedan causar un accidente.

Es recomendable que se instale al menos un extinguidor tipo “A, B, C”, debido a las interacciones eléctricas en las máquinas de mezclado y volteo,

pues la fábrica debe contar con un programa efectivo para controlar pérdidas por incendios que salvaguarden vidas humanas, lesiones personales, la propiedad, lograr operaciones sin interrupciones y prevenir los contactos de incendio.

Por otra parte, en toda actividad laboral existen situaciones inquebrantables de peligro; ante esta ineludible situación los empresarios, técnicos, gerentes y demás personal técnico y obrero, han diseñado técnicas con el fin de evitar el constante perecimiento de obreros. Sin embargo, a pesar de que se recomienda buscar el epicentro del problema para atacar y solucionarlo de raíz, eso no siempre es posible. Es por tal motivo que los dispositivos de protección personal tienen un rol fundamental en la higiene y seguridad del operario, ya que los mismos se encargan de evitar el contacto directo con superficies, ambiente, y cualquier otro ente que pueda afectar negativamente su existencia, aparte de crear comodidad en el sitio de trabajo. Es de suma importancia que todos los trabajadores sin excepción porten su equipo de seguridad personal, ya que a la fecha ninguno de ellos utiliza equipo de protección.

El equipo apropiado para su actividad debe ser:

- Casco de protección: para proteger la cabeza del trabajador
- Gabacha: para evitar que le salpique concreto, agua, arena y otros materiales que puedan dañar su vestimenta de trabajo.
- Guantes: para proteger las manos. Se recomiendan guantes de nitrilo.
- Sorderas: evitará contusiones auditivas a causa del alto grado de decibeles emitido por las máquinas.
- Botas: para proteger los pies de golpes y caídas de objetos en ellos.

- Cinturones: ayuda a prevenir fatigas musculares en la espalda y áreas contiguas.

Frecuentemente al obrero le molesta llevar puesto el equipo de protección porque se limita la libertad de movimientos de modo que no sorprende que a veces no lo utilice. El objetivo fundamental del equipo es evitar que alguna parte del cuerpo del trabajador haga contacto con riesgos externos, al mismo tiempo impedir que el calor y la humedad se escapen del cuerpo y como consecuencia la alta temperatura y el sudor incomoden al trabajador, lo cual le causa evidente fatiga y más rápido. Pero si se comparan estos aspectos contra los riesgos que se suscitan y los accidentes que pueden ocasionarse, se establece que es completamente necesario el uso adecuado del equipo de protección. Más que una carga o molestia para el trabajador, debe convertirse en una cultura para el fabricante y los operarios.

## **5. MEJORA CONTINUA**

### **5.1 Auditoría del proceso de fabricación de bloques de concreto liviano**

Es importante que exista un control del producto terminado para poder identificar las áreas, aspectos o elementos que estén dando problema y así corregir y atacar la causa de estos.

#### **5.1.1 Herramientas de control**

A continuación se muestran técnicas que facilitan el control del producto terminado, lo cual es de gran ayuda para los fabricantes para mejorar su producción y la eficacia de la fabricación de bloques de concreto.

##### **5.1.1.1. Hoja de verificación**

La hoja de verificación es un formato construido especialmente para recabar datos de tal forma que sea sencillo su registro sistemático y que a la vez sea fácil analizar la manera en que influyen los principales factores que intervienen en una situación o problema específico.

En el proceso de fabricación de bloques de concreto liviano los bloques defectuosos se pueden analizar según la operación que causó el problema. Para esto se puede realizar una hoja de verificación.

Figura 16. Hoja de verificación

HOJA DE VERIFICACIÓN			
Producto: <u>Bloque de 20x40x40</u>		Empresa: <u>Bloquera Véliz</u>	
		Fecha: <u>20-nov-09</u>	
		Inspector: <u>Carlos Valdez</u>	
Defectuoso por	Frecuencia	Subtotal	%
Dosificación	<del>////</del> /	6	46%
Llenado de bandeja		0	0%
Vibrocompactación	////	4	31%
Manejo pre-fraguado	///	3	23%
	<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100%</b>

Este mismo formato puede utilizarse para evaluar la situación necesaria, según sus objetivos y el propósito que se persigue. Es importante determinar siempre el período durante el cual se obtendrán los datos.

El uso excesivo de la hoja de verificación puede llevar a obtener datos sin ningún objeto concreto e importante. Para evitar esto, debe procurarse que cada hoja con la que se obtienen datos tenga un objetivo claro y de importancia.

#### 5.1.1.2. Estratificación

La estratificación es una estrategia de clasificación de datos, de tal forma que en una situación dada se facilite la identificación de las fuentes de la variabilidad (origen de los problemas). En específico clasifica o agrupa los problemas de acuerdo con los diversos factores que influyen en los mismos, tal como el tipo de fallas, los métodos de trabajo, la maquinaria, los turnos, los obreros, los proveedores, los materiales, etc.

La estratificación es una poderosa estrategia de búsqueda que facilita entender cómo influyen los diversos factores o variantes que intervienen en una situación problemática, de tal forma que se puedan localizar prioridades y pistas que permitan profundizar en la búsqueda de las verdaderas causas de un problema.

A continuación se muestra una gráfica de una posible hoja de verificación orientada a detectar las variabilidades en la operación de vibro-compactado.

Figura 17. Hoja de estratificación

HOJA DE ESTRATIFICACIÓN												
Producto: Bloque de 20x40x40						Empresa: Bloquera Véliz		Fecha: 20-nov-09		Inspector: Carlos Valdez		
Operario	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado	
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM
Operario 1	oo	o	ooo	o	oooo		ooo	o	ooo			oo
	x	x			xx	xxx	x		xx		x	xxx
	+		+++			+		++		+		
Operario 2	ooo	o	oo		oooo	oooo	oo	o	oo	oo		ooo
	x	xxx	xx	xx		x		xxx		xx	x	
		+++			++			+		+		
Operario 3	oo	o	oo	oo	ooo	oooo	oo	oo	oo		o	oo
	x	xx		xxx	xxx	xxx		xx		xx		x
			+			+	+			+		
x Manipulación + Vibrocompactado o Llenado												

Con la ayuda de esta hoja de estratificación pueden cuantificarse los defectos en los bloques según su causa generadora del problema, que bien puede ser el operario, el turno, el día o puede depender de alguna otra operación anterior.

### 5.1.1.3. Test de productividad

La productividad es un índice que permite saber qué tan bien está la producción, es decir, si se logran los objetivos propuestos con los recursos contemplados para tal fin.

Los dos parámetros necesarios para medir la productividad son la eficacia y la eficiencia. La eficacia mide el grado de cumplimiento de objetivos. Por ejemplo, si se fabricaron 6500 bloques a la semana y el plan de producción era de 7000 bloques semanales, se alcanzó una eficacia igual a  $(6500/7000) = 92.86\%$ . La eficiencia se mide por la cantidad de recursos utilizados para cumplir con los objetivos. Por ejemplo, si evaluamos dos métodos distintos para fabricar bloques de concreto, y con el primer método se producen 62 bloques utilizando 42.28 kilogramos de cemento, y con el segundo método se produce la misma cantidad de bloques, pero utilizando 40.00 kg. de cemento, entonces la eficiencia del segundo método respecto al primero es igual a  $(42.28-40.00)/(42.28) = 5.39\%$ . Esto quiere decir que se está utilizando menos cantidad de cemento para fabricar el mismo número de bloques. Esto es eficiencia.

La productividad se calcula entonces dividiendo la eficacia/eficiencia.

A continuación se muestra una gráfica que puede ayudar a medir la productividad mensual de la fábrica respecto a la utilización de materia prima y conocer de esta manera si se está mejorando la forma de producir mes a mes.

Figura 18. Test de productividad

TEST DE PRODUCTIVIDAD					
Producto:	Bloque de 20x40x40		Empresa:	Bloquera Véliz	
			Fecha:	20-nov-09	
			Inspector:	Carlos Valdez	
EFICACIA			EFICIENCIA		
Bloques por producir	7000	unidades	Cemento por utilizar	4774	Kg.
Bloques producidos	6820	unidades	Cemento utilizado	4700	Kg.
Razón de eficacia actual	97.43%		Razón de eficiencia actual	98.45%	
Razón de eficacia anterior	96.00%		Razón de eficiencia anterior	97.05%	
<b>Variación de eficacia</b>	<b>1.49%</b>		<b>Variación de eficiencia</b>	<b>1.44%</b>	
PRODUCTIVIDAD EN CEMENTO					
Productividad actual	98.96%				
Productividad anterior	97.05%				
<b>Variación de productividad</b>	<b>1.97%</b>				

Al igual que el cemento, se puede medir la productividad respecto a cualquier materia prima en interés o en consolidado de recursos para obtener un índice de productividad global. Este control puede reflejar al fabricante en qué áreas tiene una potencial mejora o modificación que logre acrecentar el índice de productividad, ya que es obvio que al mejorar el índice de productividad, los costos disminuyen, las utilidades aumentan y se produce de una mejor manera.



## CONCLUSIONES

1. A través de un análisis detallado se logró establecer un sistema que brinda lineamientos que mejoran el proceso de fabricación, como la eficiencia en la utilización de los insumos, la redistribución de la planta de producción y el intento por promover la importancia de fabricar un bloque de concreto que sea efectivo y seguro en la construcción.
2. Se analizó el proceso actual de fabricación de bloques de concreto liviano, desglosando cada una de sus operaciones para lograr identificar las áreas de mejora.
3. Al estudiar el proceso se analizaron también las diferentes proporciones de granos que se utilizan en la mezcla de agregados, por lo que se determinó una curva granulométrica que mejora las proporciones y acomodamiento de los granos en la mezcla.
4. Luego de analizar los ensayos se verificó que al utilizar en la mezcla de agregados, además de granos gruesos y finos, granos de tamaño medio, mejora la curva granulométrica final, la cual incide directamente en la calidad y resistencia final del bloque de concreto liviano.
5. Se logró determinar un procedimiento que permite el ahorro de cemento en la fabricación de los bloques de concreto liviano, que consiste en obtener una mezcla mucho más compacta ya que los espacios que quedan entre los granos gruesos y finos, se llenan con granos de tamaño medio.

6. Utilizando herramientas como la hoja de verificación, la estratificación y el test de productividad, el fabricante puede medir de una manera fácil y directa los cambios históricos que ocurren en operaciones específicas del proceso de fabricación, facilitando la identificación de aspectos por mejorar.
7. Al implementar una mezcla de mejores porcentajes de distribución granulométrica en el proceso de fabricación, se pudo constatar, a través de un análisis de costos, que la productividad aumenta debido a que los costos de fabricación disminuyen, ya que, se utiliza menos cemento para producir un bloque que tiene mayor resistencia y mejor calidad.
8. En el apartado de capacitación se pretendió promover el cumplimiento de las normas de especificación nacionales e internacionales relacionados con los bloques de concreto liviano.

## RECOMENDACIONES

1. Que el jefe de producción acomode las distintas áreas de operaciones según se muestra en el diagrama de recorrido del proceso del método mejorado, ya que tendrá más unificado el proceso de fabricación y habrá menos distancias recorridas.
2. El área donde se elabora la mezcla y se fabrican los bloques, el área de curado y al menos una parte del área de almacenamiento, deben estar cubiertos para evitar que agentes como el viento y la lluvia dañen la calidad de la operación en la fabricación del bloque.
3. En la recepción de los agregados es importante llevar un control del nivel de limpieza de los mismos, para exigir al proveedor un agregado limpio de materias orgánicas u otros agentes que dañen la calidad del bloque final.
4. Que se pesen las cantidades de materiales que conforman la mezcla, ya que calcularlas visualmente no garantiza una mezcla bien proporcionada que ayude a obtener un bloque con las características necesarias para la construcción.
5. Es importante que al realizar la mezcla de agregados se respeten las proporciones propuestas, ya que si las proporciones de los tamaños de los granos no son las adecuadas, se puede producir un bloque deficiente, además de un alto costo de fabricación por desperdicios.

6. Que el jefe de producción lleve un control histórico mensual de los test de productividad, para poder facilitar la identificación de variaciones causantes de ineficiencia para que puedan controlarse y aminorar su impacto.
  
7. Los operadores en el área de recepción de materia prima debe velar por que los agregados se almacenen clasificados por tamaños en espacios delimitados por particiones, o en pilas bien separadas unas de otras. Se deben alejar de la contaminación con basura, desperdicios, combustibles, aceites o polvo para evitar que existan desperdicios y los costos fabriles no disminuyan como se estimó.
  
8. Es de suma importancia que el jefe de producción insista en las capacitaciones de los operadores, pues al tener ellos la costumbre de trabajar con los métodos actuales tienden a rechazar el nuevo método, ya sea por miedo, resistencia o incredulidad de la efectividad del nuevo sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

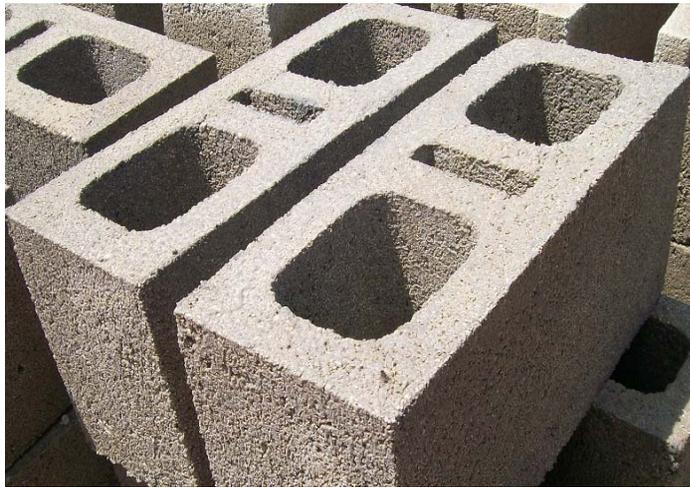
1. Alonzo López, Luis Alberto. Estudio de productividad y mejora en el proceso de fabricación de blocks, en la empresa Procomaz. Trabajo de Graduación de Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2002. 97 páginas.
2. B-Caro Wong, Bryan Francisco. **Factor de corrección en granulometría para el proporcionamiento de mezclas de concreto.** USAC 1994. 111 páginas.
3. Cementos Progreso. **Hablemos en concreto, No. 5. Bloques de Concreto.** Documento didáctico – informativo sobre materiales para la construcción. 21 páginas.
4. García Criollo, Roberto. **Estudio del trabajo.** México. McGrawHill Interamericana, 2<sup>a</sup> ed. 2007. 476 páginas.
5. Gutiérrez Pulido, Humberto. **Calidad total y productividad.** 2<sup>a</sup> ed. México. McGrawHill Interamericana, 2002. 421 páginas.
6. Nievel, Benjamín. **Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos.** 9<sup>a</sup> ed. México. McGrawHill Interamericana, 1997.
7. Palacios Vázquez, Donaldo Tomás. **Procedimientos de control de calidad en el proceso de fabricación de bloques de concreto.** USAC 2000. 92 páginas.



## ANEXOS

### ANEXO 1.

Block de 20x20x40 cm<sup>3</sup>.



Área de materiales, fábrica Véliz.



Fuente. Fotografía tomada en fábrica Véliz.