

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA
INSTITUTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y AUTOMOTRIZ



**“MEJORA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE BLOQUES DE
CONCRETO POR MEDIO DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE
MÉTODOS”**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTA:
FABIAN ESTRADA DÍAZ**

**DIRECTORA DE TESIS:
DRA. ORQUÍDEA SÁNCHEZ LÓPEZ**

**CODIRECTOR DE TESIS:
DR. IGNACIO HERNÁNDEZ CASTILLO**

**ASESOR DE TESIS:
MTRO. ITZCÓATL BOLAÑOS GÓMEZ**

HCA. CD. DE HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA, MÉXICO. 01 DE AGOSTO DE 2024.

DEDICATORIA

En especial para las dos personas que son el motor de mi vida y la razón de mi existencia, que han luchado y sacrificado todo para darme lo mejor desde los primeros años de mi vida.

Con amor y cariño para ustedes:

*Papá **Rosalino Estrada Bravo** y*

*Mamá **Minerva Díaz Montaño**.*

De su hijo Fabian.

AGRADECIMIENTOS

Es relevante no olvidar que nuestras metas las hemos logrado con base en el esfuerzo y sacrificio propio y de nuestros seres queridos, aunque parezcan lejanas y difíciles, siempre se logran.

A Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón, iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante el transcurso de mi vida.

A mis padres Rosalino Estrada Bravo y Minerva Díaz Montaña les agradezco por sus sabios consejos, amor, cariño, comprensión y apoyo incondicional, porque fueron ellos quienes estuvieron siempre cerca de mí, en las dificultades y adversidades, en el arduo camino de formación académica, motivándome hacia un espíritu de superación para lograr una de mis metas.

A mis hermanos Griselda, Olivia y Adrián por sus consejos, cariño y por demostrarme que siempre puedo contar con ellos tanto en los mejores y peores momentos.

A mis cuñados José Luis, Nesfits y Adelina Yanel por el apoyo y consejos para concluir esta etapa.

A mis amigos, Eder Daniel, Dalia, Marco Antonio, Maritza, Natanael, Paulina, Joseph Isidro, Mario Alberto, Itandehui, Sinoe y José Francisco por todo el apoyo moral y afecto mostrado.

A mis directores de tesis, la Dra. Orquídea Sánchez López y al Dr. Ignacio Hernández Castillo, excelentes profesores comprometidos siempre con su trabajo, quienes me motivaron siempre para no rendirme y concluir este proyecto de tesis, les agradezco su esfuerzo, confianza, paciencia, experiencia y conocimientos compartidos.

A mi asesor de tesis el Mtro. Itzcóatl Bolaños Gómez le agradezco por haberme guiado durante el desarrollo de esta tesis, con base en su experiencia y conocimiento.

A mis revisores de tesis al Mtro. Víctor Manuel Cruz Martínez, Dr. Galdino Santos Reyes y Dr. Mario Márquez Miranda, por sus observaciones y recomendaciones durante el desarrollo de proyecto de tesis, con base en sus conocimientos y experiencias.

A los profesores de la Universidad Tecnológica de la Mixteca por contribuir en mi formación universitaria.

Al Sr. Ramón Luiz Martínez por su disponibilidad y amabilidad al permitirme desarrollar este proyecto de tesis en su empresa “Materiales para Construcción Martínez”.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria.....	II
Agradecimientos.....	III
Índice de figuras.....	VII
Índice de tablas.....	IX
Capítulo I. Marco de referencia.....	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.2.1. Descripción del lugar.....	3
1.2.2. Descripción del problema.....	5
1.3. Justificación.....	10
1.4. Hipótesis.....	10
1.5. Objetivos.....	10
1.5.1. Objetivo general.....	11
1.5.2. Objetivos específicos.....	11
1.6. Metas.....	11
1.7. Metodología.....	11
Capítulo II. Marco teórico.....	16
2.1. Antecedentes históricos de los bloques de concreto.....	16
2.2. Trabajos previos a la investigación.....	18
2.3. Maquinaria y equipo utilizado para elaborar bloques de concreto.....	19
2.3.1. Máquina bloquera manual.....	20
2.3.2. Bloquentes semi-automáticas.....	21
2.3.3. Máquinas automáticas.....	21
2.4. Generalidades de los bloques de concreto.....	22
2.4.1. Definición de bloque de concreto.....	22
2.4.2. Clasificación de los bloques.....	22
2.4.3. Dimensiones de los bloques.....	24
2.4.4. Materia prima para fabricación.....	25
2.4.4.1. Tepezil.....	25

2.4.4.2. Arena	25
2.4.4.3. Cemento.....	26
2.4.4.4. Agua	26
2.5. Normatividad.....	27
2.6. Productividad en una empresa.....	27
2.7. Estudio del trabajo y productividad	28
2.8. Herramientas de registro y análisis	30
2.9. Medición del trabajo.....	32
2.9.1. Estudio de tiempos	33
2.9.2. El número de ciclos.....	35
2.9.3. Valoración del ritmo de trabajo	37
2.9.4. Calificación del desempeño y holguras en un estudio de tiempos.....	37
2.9.5. El tiempo tipo o estándar	41
Capítulo III. Método de investigación	43
3.1. Selección del proyecto	43
3.2. Obtención y presentación de datos de la situación actual	44
3.2.1. Distribución de planta actual de la empresa	44
3.2.2. Proceso de fabricación actual de bloques de concreto.....	46
3.2.3. Estudio de tiempos del proceso de fabricación actual de bloques de concreto.....	46
3.2.4. Diagramas de registro y análisis de la situación actual.....	49
3.2.4.1. Diagramas del proceso de operación actual	49
3.2.4.2. Diagramas de flujo de proceso actual.....	51
3.2.4.3. Diagramas de recorrido del proceso actual.....	54
3.2.5. Condiciones actuales de las tarimas base.....	55
3.2.6. Instalación actual de la maquinaria.....	56
3.3. Análisis de datos.....	58
3.3.1. Diagrama de Pareto	59
3.3.2. Tiempo actual de producción de bloques de concreto ligeros	60
3.3.3. Tiempo actual de producción de bloques de concreto pesados	62
3.4. Desarrollo del método ideal	63
3.4.1. Diagramas de registro y análisis propuestos	64

3.4.1.1. Diagrama del proceso de operaciones propuesto	64
3.4.1.2. Diagrama de flujo del proceso propuesto para bloques.....	66
3.4.1.3. Diagrama de recorrido del proceso propuesto de bloques.....	69
3.4.2. Tiempo propuesto de producción de bloques de concreto ligeros	70
3.4.3. Tiempo propuesto de producción de bloques de concreto pesados	73
3.4.4. Propuesta de mejora de las condiciones de las tarimas base	75
3.4.5. Propuesta de mejora de la instalación de la banda transportadora.....	78
3.4.6. Propuesta para estandarización de la dosificación de materiales.....	78
Capítulo IV. Resultados y conclusiones	81
4.1. Presentación e instalación del método propuesto.....	81
4.2. Desarrollo y análisis del trabajo	85
4.3. Establecimiento de estándares de tiempo.....	87
4.4. Seguimiento.....	87
4.5. Conclusiones	88
Referencias	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Macro localización del municipio de San Jerónimo Silacayoapilla.....	3
Figura 2. Micro localización del municipio de San Jerónimo Silacayoapilla.	4
Figura 3. Bloquera "Materiales para Construcción Martínez".	4
Figura 4. Molino para mezclado de materiales.....	6
Figura 5. Banda transportadora para llenar tolva.	7
Figura 6. Tarima con costal para colocar debajo del molde.....	7
Figura 7. Llenado del molde a través de la tolva.....	8
Figura 8. Aplicación de vibro compactación.....	8
Figura 9. Desmolde de los bloques de concreto elaborados.....	9
Figura 10. Secado de los moldes a la intemperie.	9
Figura 11. Procedimiento sistemático de métodos y medición del trabajo.	13
Figura 12. Diferentes tipos de elementos de mampostería.....	16
Figura 13. Elaboración de bloques de concreto de forma manual.....	20
Figura 14. Máquina manual para elaborar bloques de concreto.....	20
Figura 15. Máquina semiautomática para elaborar bloques de concreto.	21
Figura 16. Máquina automática para elaborar bloques de concreto.	21
Figura 17. Ejemplo de piezas macizas de bloques.	22
Figura 18. Ejemplo de piezas huecas de bloques.	23
Figura 19. Ejemplo de piezas multiperforadas de bloques.....	23
Figura 20. Almacenamiento de tepezil.....	25
Figura 21. Almacenamiento de arena.....	26
Figura 22. Descomposición del tiempo de trabajo.....	29
Figura 23. Estudio del trabajo.	30
Figura 24. Símbolos utilizados en una descripción de proceso.....	31
Figura 25. Símbolos no estándares de los diagramas de procesos.....	31
Figura 26. Descomposición de un ciclo de trabajo.....	41
Figura 27. Distribución de planta actual de “Materiales para Construcción Martínez”.....	45
Figura 28. Proceso de fabricación de bloques de concreto.....	46
Figura 29. Diagrama de operaciones de proceso de bloques de concreto ligeros.....	50

Figura 30. Diagrama de operaciones de proceso de bloques de concreto pesados.	51
Figura 31. Diagrama de flujo de proceso actual de bloques de concreto ligeros.	52
Figura 32. Diagrama de flujo de proceso actual de bloques de concreto pesados.	53
Figura 33. Diagrama de recorrido del proceso actual de bloques de concreto ligeros.	54
Figura 34. Diagrama de recorrido del proceso actual de bloques de concreto pesados.	55
Figura 35. Condiciones de las tarimas base.....	56
Figura 36. Parte de los desperdicios generados por las malas condiciones de la tarima base...56	
Figura 37. Instalación actual de la banda transportadora.	57
Figura 38. Parte de desperdicio generado por la banda transportadora.....	57
Figura 39. Gráfica de Pareto de las causas que provocan desperdicios.	60
Figura 40. Diagrama de operaciones de proceso propuesto de bloques de concreto ligeros. ...	65
Figura 41. Diagrama de operaciones de proceso propuesto de bloques de concreto pesados...66	
Figura 42. Diagrama de flujo de proceso propuesto de bloques de concreto ligeros.	67
Figura 43. Diagrama de flujo de proceso propuesto de bloques de concreto pesados.	68
Figura 44. Diagrama de recorrido del proceso propuesto de bloques de concreto ligeros.	69
Figura 45. Diagrama de recorrido del proceso propuesto de bloques de concreto pesados.	70
Figura 46. Medidas de las tarimas base.....	75
Figura 47. Cubierta de PVC y fibra de vidrio.....	76
Figura 48. Colocación de la cubierta sobre la tarima base.	76
Figura 49. Cubierta plástica de polímero reciclado.....	77
Figura 50. Colocación de la cubierta plástica sobre la tarima.	77
Figura 51. Instalación de la banda transportadora propuesta.	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales para elaborar bloque ligero.....	6
Tabla 2. Materiales para elaborar bloque pesado.	6
Tabla 3. Dimensiones para elaborar bloques de concreto.	24
Tabla 4. Número de observaciones propuesta de Westinghouse.	36
Tabla 5. Número de observaciones recomendado por General Electric Company.	36
Tabla 6. Holguras recomendadas por la ILO.....	38
Tabla 7. Sistema Westinghouse para calificar habilidades.....	39
Tabla 8. Sistema Westinghouse para calificar esfuerzo.	40
Tabla 9. Sistema Westinghouse para calificar condiciones.....	40
Tabla 10. Sistema Westinghouse para calificar la consistencia.	41
Tabla 11. Registro del estudio de tiempos del proceso de elaboración de bloques ligeros.....	47
Tabla 12. Registro del estudio de tiempos del proceso de elaboración de bloques pesados.	48
Tabla 13. Causas que originan desperdicios y bloques fracturados.	59
Tabla 14. Ritmo de trabajo del estudio 1.....	61
Tabla 15. Ritmo de trabajo del estudio 2.....	62
Tabla 16. Tiempo establecido sin interrupciones para bloques ligeros.....	71
Tabla 17. Ritmo de trabajo del estudio 3.....	72
Tabla 18. Tiempos establecidos sin interrupciones para bloques pesados.....	73
Tabla 19. Ritmo de trabajo del estudio 4.....	74
Tabla 20. Dosificación de materiales para bloques de concreto ligeros.....	78
Tabla 21. Dosificación de materiales para bloques de concreto pesados.....	79
Tabla 22. Resumen de las propuestas de mejoras planteadas.....	81
Tabla 23. Comparación del método actual y propuesto en bloques ligeros.	82
Tabla 24. Comparación del método actual y propuesto de bloques pesados.	83
Tabla 25. Productividad de bloques de concreto ligeros.....	84
Tabla 26. Productividad de bloques de concreto pesados.	84
Tabla 27. Enfoque de Dale Carnegie.....	86
Tabla 28. Eficiencia del método actual y propuesto.....	88

CAPÍTULO I

MARCO DE REFERENCIA

CAPÍTULO I. MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo se presentan el planteamiento del problema, la justificación, la hipótesis, los objetivos, las metas y la metodología a emplear, además de los alcances y delimitaciones que se contemplan para el desarrollo del proyecto de tesis.

1.1. INTRODUCCIÓN

Para que una empresa siga siendo competitiva conforme pasa el tiempo debe estar en mejora continua para adaptarse rápidamente a los cambios del mercado o necesidades del cliente. La mejora de procesos es importante en una organización porque se pueden lograr grandes beneficios como: aumentar su eficiencia, reducir costos, mejorar la calidad de sus productos o servicios, aumentar la satisfacción del cliente y empleados, identificar o eliminar errores y optimizar la gestión de recursos, logrando ser más competitivas y rentables (Obando, 2023).

En el caso de la industria de la construcción, los avances han sido complicados ya que se detuvieron por un largo tiempo, al seguir produciendo con los mismos métodos y materiales de siglos anteriores, a diferencia de otros sectores que tuvieron grandes avances, asumiendo los desafíos tecnológicos y digitales. Actualmente, el sector de construcción comenzó a evolucionar e innovar sus procesos, además de contribuir con la elaboración de productos que no perjudiquen al medio ambiente (Technology, 2022).

En la Región Mixteca de Oaxaca existen empresas que elaboran bloques de concreto, pero que producen con métodos de trabajo transmitidos de generación en generación, por lo que les ha generado cierta variabilidad en sus distintas etapas del proceso de elaboración, es decir, no todas cuentan con un proceso estandarizado en cuanto a la dosificación de materiales, la cantidad de etapas que debe seguir el proceso, el tiempo que debe durar cada operación y entre otros factores que evitan generarles mejor productividad. Este problema afecta a las empresas bloqueras que se encuentran en Huajuapán de León y comunidades cercanas.

Por tal motivo, la presente investigación tiene como objeto de estudio plantear una propuesta de mejora en el proceso de elaboración de bloques de concreto para una empresa que se encuentra en la comunidad de San Jerónimo Silacayoapilla, Oaxaca, denominada “Materiales para Construcción Martínez”. Para llegar a implementar alguna mejora en el proceso de fabricación, se requiere de un análisis de las actividades y operaciones que se desarrollan dentro de todo el proceso de elaboración, por lo que se optó por desarrollar la investigación de acuerdo con la metodología basada en el procedimiento sistemático de métodos y medición del trabajo definido por Niebel y Freivalds (2012), dicho método consta de 8 etapas las cuales permitirán contribuir en mejorar el proceso productivo.

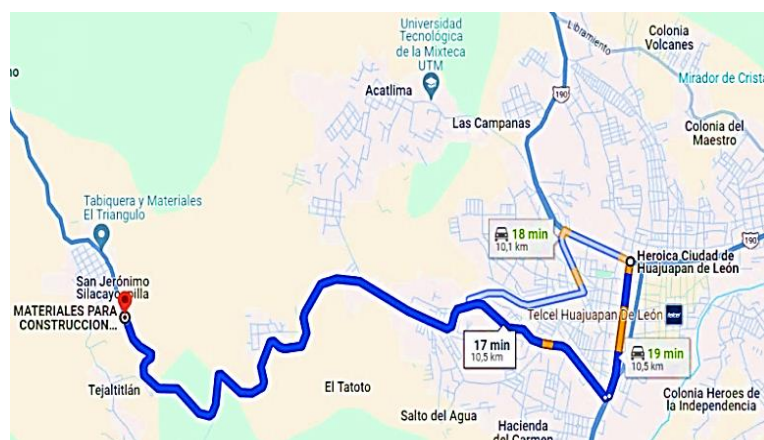
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR

La comunidad de San Jerónimo Silacayoapilla se encuentra ubicada sobre la carretera federal Huajuapán de León-Mariscala de Juárez, en el estado de Oaxaca, tiene aproximadamente 925 habitantes de acuerdo con el censo del año 2020 y está a 1 696 metros de altitud sobre el nivel del mar (Pueblosamerica, 2023). A continuación, en las Figuras 1 y 2, se muestra su macro y micro localización de la comunidad donde se encuentra la empresa, respectivamente.

Figura 1.

Macro localización del municipio de San Jerónimo Silacayoapilla.



Nota: La imagen fue capturada desde Google Maps. Fuente: Google s.f.

1.2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la Región Mixteca existen pequeñas empresas familiares que se dedican a la elaboración de materiales de construcción como: ladrillo rojo, adoquines, tabiques, bloques de concreto, entre otros; pero que aún manejan un proceso empírico, es decir, que los operarios que se encargan de elaborar los bloques de concreto lo fabrican con base en su experiencia o conocimientos transmitidos de generación en generación, por lo que no se ha estandarizado. Asimismo, al tratarse de pequeñas empresas familiares no buscan mejorar sus procesos o condiciones de trabajo, algunos de los motivos pueden ser: no contar con las herramientas para controlar su producción, desconocer que su producto debe tener ciertas características de calidad, o no le dan la importancia debida, entre otros.

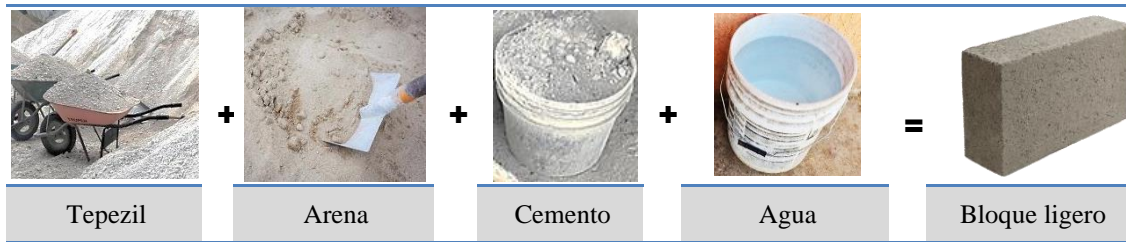
En el caso de la empresa bloquera “Materiales para Construcción Martínez”, se identificó que no cuenta con una estandarización de las proporciones de materiales (agua, arena y tepezil) por cada pieza o lote de bloque de concreto. Asimismo, el tiempo en cada etapa del proceso existe cierta variabilidad por cada ciclo, el tiempo de la vibración de la mezcla en los moldes no es la misma en todos los ciclos y el tiempo de secado se determina de acuerdo con el operador que esté a cargo del proceso. Otro problema es que generan desperdicios o residuos de bloques de concretos prefabricados que llegan a salir defectuosos y que de igual forma durante la elaboración de nuevas piezas se añaden al molino mezclador, pero como punto de vista esto puede causar alteraciones en la pieza al tratarse de un material ya contaminado con residuos de otro tipo de suelo y materia orgánica.

A continuación, se describe el proceso que lleva a cabo la empresa para elaborar bloques de concreto:

Paso 1. Dosificación de los materiales. Para elaborar el bloque ligero y bloque pesado, se requiere de los siguientes materiales que se muestran en las Tablas 1 y 2, respectivamente. Así mismo, de acuerdo con el bloque de concreto a elaborar, se colocan en el molino para mezclarlos en un determinado tiempo, como se observa en la Figura 4.

Tabla 1.

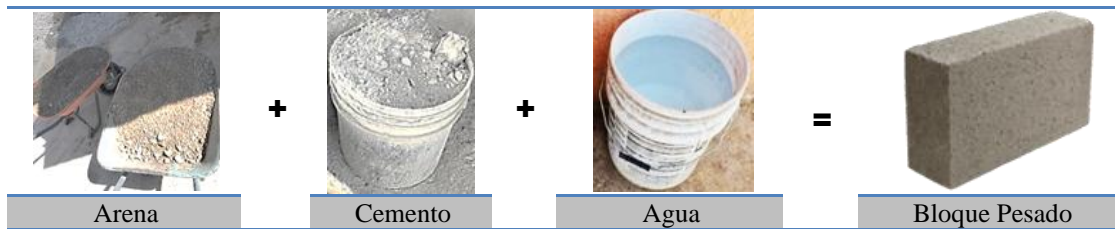
Materiales para elaborar bloque ligero.



Nota: La cantidad de arena que se aplica es apenas de 1 a 2 paladas e incluso nada, pero depende al momento de la dosificación. Fuente: Propia.

Tabla 2.

Materiales para elaborar bloque pesado.



Nota: Para elaborarlo no se requiere tepezil, solo de arena. Fuente: Propia.

Figura 4.

Molino para mezclado de materiales.



Fuente: Propia.

Paso 2. Activar banda transportadora para llenar la tolva. Al tener listo el material premezclado, se activa la banda transportadora para llenar la tolva, como se presenta en la Figura 5.

Figura 5.

Banda transportadora para llenar tolva.



Nota: Una vez lista la mezcla dosificada se activa la banda transportadora para llenar la tolva. Fuente: Propia.

Paso 3. Colocar tarima base. Se coloca una tarima con un pedazo de costal debajo del molde para que sirva como base al realizar el llenado de los moldes. Además, sirve para transportar los bloques una vez desmoldados al área de fraguado, como se muestra en la Figura 6.

Figura 6.

Tarima con costal para colocar debajo del molde.



Nota: Se usan como base del molde y para mover las piezas, miden aproximadamente de 95 cm x 67 cm. Fuente: Propia.

Paso 4. Llenar el molde con material premezclado. Se utiliza la mezcla dosificada de la tolva para llenar el molde diseñado para obtener 8 bloques de concreto de la medida de 40 cm x 20 cm x 14 cm, como se observa en la Figura 7.

Figura 7.

Llenado del molde a través de la tolva.



Nota: Mientras se utiliza la mezcla de la tolva el operador a cargo del molino mezclador se debe iniciar con una nueva mezcla dosificada en el molino para produciendo bloques. Fuente: Propia.

Paso 5: Aplicar vibro compactación. El operador debe aplicar vibro compactación para compactar el material en el molde y retirar el exceso de material, como se presenta en la Figura 8.

Figura 8.

Aplicación de vibro compactación.



Nota: Con ayuda de un pedazo de tabla se acomoda el material en el molde. Fuente: Propia.

Paso 6: Desmoldar los bloques de concreto. Se procede a desmoldar los bloques de concreto del molde de la máquina, como se observa en la Figura 9, para su secado a la intemperie.

Figura 9.

Desmolde de los bloques de concreto elaborados.



Fuente: Propia.

Paso 7. Retirar los bloques para su secado a la intemperie. Con apoyo de un diablito se retiran los bloques para llevarlos a la intemperie para su secado, como como se observa en la Figura 10.

Figura 10.

Secado de los moldes a la intemperie.



Fuente: Propia.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El sector de la construcción, a diferencia de otras industrias, su producto es diferente, es decir, ningún proyecto es o será igual a otro. En esta diferencia influyen aspectos como variabilidad de los materiales, variabilidad de la mano de obra, variabilidad del clima, variabilidad de la tecnología, etc. Esta condición particular hace que cada proyecto de construcción sea único y especial. Sin embargo, hay generalidades que es posible aplicar a cada proyecto con el objetivo de mejorar los procesos, y por lo tanto al producto final (Leandro Hernández, 2008).

Es por tal motivo que surge la necesidad de contribuir en particular en la empresa bloquera “Materiales para Construcción Martínez”, para analizar de manera real las operaciones que se realizan durante el proceso de elaboración de los bloques de concreto e identificar las causas que le provocan generar desperdicios o mermas, las variaciones de sus tiempos en cada proceso, la variación en cantidad de materiales, así como identificar otros factores que le dificulten realizar sus operaciones con mayor eficiencia, y asimismo dar una propuesta de solución que permita mejorar su método de trabajo y por consecuencia aumentar la productividad de la empresa.

1.4. HIPÓTESIS

La hipótesis del trabajo de tesis es la siguiente:

- El análisis de las operaciones en el proceso de fabricación de bloques de concreto contribuirá en la mejora de la productividad de la empresa.

1.5. OBJETIVOS

A continuación, se presentan el objetivo general y los específicos que se pretenden lograr al finalizar el presente trabajo de tesis:

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta de mejora en el proceso de fabricación de bloques de concreto mediante el análisis de las operaciones para la estandarización de actividades y el incremento de la productividad.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Elaborar diagramas de registro y análisis para identificar las operaciones del proceso.
2. Analizar cada operación del proceso de elaboración de bloques de concreto para establecer los elementos que influyen en cada una.
3. Estandarizar el tiempo de cada operación del proceso mediante un estudio de tiempos.
4. Identificar las causas que originan algún tipo de desperdicio para reducir su efecto en la productividad del proceso.
5. Proponer un método de trabajo en el proceso de elaboración de bloques para agilizar el flujo de materiales.

1.6. METAS

Las metas que se esperan obtener al final del trabajo de tesis son las siguientes:

1. Diagramas de registro y análisis del proceso.
2. Actividades clave en cada operación del proceso.
3. Tiempo estándar del proceso de producción de los bloques.
4. Causas que originan el desperdicio generado en la producción de bloques.
5. Propuesta de método de trabajo para el proceso de fabricación.

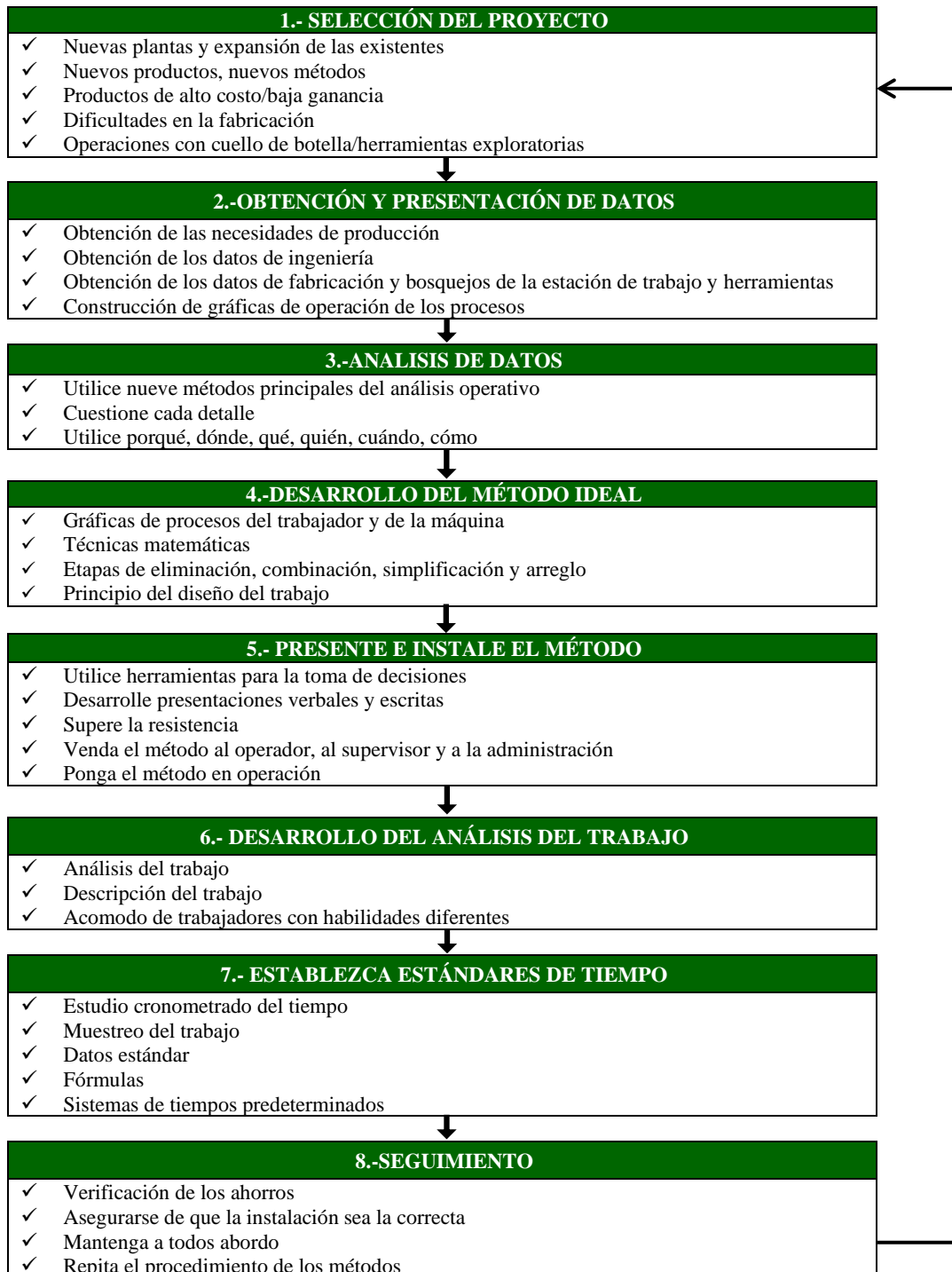
1.7. METODOLOGÍA

El método que se utilizó para el desarrollo del presente trabajo de investigación es el denominado Procedimiento Sistemático de Métodos y Medición del Trabajo, el cual se ajusta a esta investigación porque incluye el diseño, la creación y la selección de los mejores

métodos de fabricación, procesos, herramientas, equipos y habilidades para manufacturar un producto con base en las especificaciones desarrolladas por el área de ingeniería del producto. El procedimiento completo incluye la definición del problema; dividir el trabajo en operaciones; analizar cada operación con el fin de determinar los procedimientos de fabricación más económicos para la cantidad que se desee producir, considerando la seguridad del operador y su interés en el trabajo; aplicando los valores de tiempo apropiados; y posteriormente, se da seguimiento al proceso con el fin de garantizar que el método prescrito se haya puesto en operación (Niebel y Freivalds, 2012). Esta metodología permitirá realizar una propuesta de mejora a partir de la situación actual de la empresa y después hacer una comparación. En la Figura 11, se muestran las 8 etapas que conforman la metodología.

Figura 11.

Procedimiento sistemático de métodos y medición del trabajo.



Fuente: Niebel y Freivalds (2012).

Descripción de cada etapa de la metodología a utilizar

1. Selección del proyecto. Por lo general, los proyectos seleccionados representan, ya sea nuevos productos o productos existentes, una baja productividad, alto costo de manufactura o baja ganancia.

2. Obtención y presentación de datos. Integrar todos los hechos relevantes relacionados con el producto o servicio. Esta tarea incluye diagramas y especificaciones, cantidades requeridas, requerimientos de entrega y proyecciones de la vida anticipada del producto o servicio.

3. Análisis de datos. Utilizar los principales métodos de análisis de operaciones para decidir qué alternativa dará como resultado el mejor producto o servicio. Estos incluyen el propósito de la operación, el diseño de la parte, las tolerancias y especificaciones, los materiales, los procesos de manufactura, la configuración y las herramientas, las condiciones de trabajo, el manejo de materiales, la distribución de la planta y el diseño del trabajo

4. Desarrollo del método ideal. Seleccionar el mejor procedimiento para cada operación, inspección y transporte considerando las diversas restricciones asociadas con cada alternativa, entre ellas la productividad, la ergonomía y las implicaciones sobre salud y seguridad.

5. Presentación e implementación del método. Explicar el método propuesto a detalle a las personas responsables de su operación y mantenimiento.

6. Desarrollo del análisis del trabajo. Llevar a cabo un análisis del trabajo del método instalado con el fin de asegurar que los operadores sean seleccionados, entrenados y recompensados adecuadamente.

7. Establecimiento de estándares de tiempo. Estándar de tiempo justo y equitativo para el método instalado.

8. Seguimiento al método. Revisar si con el método instalado se están alcanzando la productividad y la calidad planeadas, si los costos se proyectaron correctamente y si se pueden hacer mejoras adicionales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En este apartado, se presenta la información relacionada que da sustento al desarrollo del proyecto de tesis.

2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

La mampostería se define como la elaboración de estructuras mediante la disposición ordenada de unidades como: piedras, ladrillos, adoquines, bloques de concreto, entre otros; cuyas dimensiones son pequeñas comparadas con el elemento que se va a construir (muro, bóveda, etc.), y cuyo peso y tamaño depende del sistema de manejo que se vaya a emplear. El componente básico para la construcción de mampostería es la unidad o pieza, que por su origen puede ser natural o artificial como se muestra en la Figura 12. Las unidades de piedra natural se utilizan sin labrar o labradas (Del Real Dávalos, 2013).

Existe una gran variedad de piezas de mampostería (piedras artificiales) que se utilizan en la construcción. Éstas difieren entre sí, tanto por la materia prima utilizada, como por las características geométricas de las piezas y por los procedimientos de fabricación empleados las materias primas más comunes son el barro, el concreto, con agregados normales o ligeros, y la arena con cal (Del Real Dávalos, 2013).

Figura 12.

Diferentes tipos de elementos de mampostería.



Nota: Cada tipo de mampostería se diferencia por los materiales empleados y algunos otros aspectos. Fuente: Del Real Dávalos (2013).

En el año de 1824 un albañil inglés de nombre Joseph Aspdin con ayuda de James Parker, desarrolló y patentó el cemento portland obtenido a partir de piedra de caliza arcillosa y carbón, calcinados a alta temperatura. El nombre se debió al parecido del color del producto con el de las rocas de la isla de Portland en el Reino Unido, el cual se transformó en uno de los materiales principales del hormigón moderno (Hernández y Mendoza, 2016). El autor hace referencia a un invento importante, el cual permitió el desarrollo de nuevos productos prefabricados entre ellos el bloque de concreto. Las primeras unidades de mampostería de concreto aparecieron casi al mismo tiempo que el proceso de curado a vapor y del desarrollo de cemento de mejor calidad. Los primeros bloques de concreto no fueron muy populares, debido a que eran sólidos, y por lo tanto bastante pesados. Sin embargo, hoy en día este sistema de unidades se mantiene con un gran auge en su fabricación, predisponiendo de menores costos y buen comportamiento estructural.

Según Hernández y Mendoza (2016), el primer bloque de concreto sólido fue construido en el año de 1833. A principios del siglo XX aparecieron los primeros bloques huecos para muros, la ligereza de estos nuevos bloques significó, por sus múltiples ventajas, un gran adelanto dentro de los materiales de construcción. Ambas invenciones se deben al ingenio y creatividad de diseñadores ingleses. En 1868, un constructor de apellido Frear fundó la que podría considerarse la primera planta para construir bloques de concreto en el continente americano bajo una patente propia, la cual tenía la particularidad que agregaba elementos decorativos.

En 1890 Harmon S. Palmer, realizó un primer diseño de bloque de concreto en los Estados Unidos. Después de 10 años de experimentación, patentó el diseño en 1900. Los bloques de Palmer fueron de 20.3 cm x 25.4 cm x 76.2 cm (Del Real Dávalos, 2013).

Según Del Real Dávalos (2013), en su trabajo de investigación menciona que para el año de 1905, se contabilizaba que más de 1500 empresas ya estaban fabricando bloques de concreto tan solo en los Estados Unidos. Para aquella época, los primeros bloques de concreto que se hacían se solían realizar a mano, y la capacidad de producción promedio era de 10 piezas o bloques por hora. Actualmente, la elaboración de bloques de concreto es un proceso sumamente automatizado que es capaz de producir hasta 2 000 piezas por hora.

La fabricación de bloques de concreto en México se remonta a las dos primeras décadas del siglo XX, cuando se inició su producción a escala muy reducida. La fase de industrialización principal ocurrió a mediados de los cuarenta, y tuvo como resultado un crecimiento muy importante a finales de los años cincuenta. Poco después ya grandes empresas elaboraban este producto y contaban con las instalaciones necesarias para satisfacer las crecientes demandas del mercado (IMCYC, 2004).

Originalmente, la fabricación de bloques de concreto en México se limitó a los tamaños normales, sin embargo, las crecientes demandas del mercado obligaron a los fabricantes a diversificar sus productos. Ahora se produce una gran variedad de bloques de concreto que difieren entre sí en cuanto a resistencia, dimensiones, permeabilidad, grado de absorción, peso, acabado, textura y color. Como consecuencia, el constructor cuenta hoy en día con el material idóneo para cada proyecto, tanto en el aspecto estructural como en el arquitectónico (IMCYC, 2004).

2.2. TRABAJOS PREVIOS A LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se presentan algunos trabajos relacionados con los bloques de concreto:

En el trabajo de investigación de Valdez Rodríguez (2010), titulado “implementación de mejoras en el proceso de fabricación de bloques de concreto liviano, en una fábrica de la zona metropolitana”, en el cual se enfoca en 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.

Bonilla Villalba (2019), en su trabajo de investigación “mejoramiento del proceso de fabricación de bloques en la empresa Serviblocks para reducir las pérdidas productivas aplicando herramientas de ingeniería”, en él propone lograr el mejoramiento del proceso de fabricación de bloques en la empresa ServiBlocks para la reducción de las pérdidas productivas, el cual carece de un control en la normalización en los procesos y un estándar en las dimensiones del bloque de concreto lo que pone en riesgo el prestigio de la empresa.

Hernández y Vargas (2017), en su trabajo de tesis titulado “Implementación de mejora de las operaciones en el área de producción de concreto premezclado, para optimizar los costos de producción en la empresa Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.”, se proponen como objetivo optimizar los costos de producción de la planta Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L, implementando mejora de las operaciones en el área de producción de concreto premezclado.

Montes Garces (2017), elaboró un trabajo de investigación titulado “Estandarización de procesos para mejorar la calidad del producto bloques de concreto en la empresa Mecablock, Carabayllo, 2016”, el cual tuvo como objeto de estudio estandarizar los procesos productivos para mejorar la calidad del producto bloques de concreto de la empresa Mecablock a partir del análisis de las ventas 2015 y 2016 y con proyección hacia el 2017. Menciona que un proceso se estandariza bajo 4 enfoques, Procesos operativos, Procesos de apoyo, Procesos de gestión en términos de gestión y Procesos de dirección; La unidad de estos es determinar la estandarización de cualquier tipo de proceso en función a estrategias, resultados, seguimiento y mejora continua.

Por lo anterior, en este trabajo de tesis se enfocará a proponer una mejora en el proceso de fabricación de bloques de concreto para agilizar y mejorar la productividad de la empresa.

2.3. MAQUINARIA Y EQUIPO UTILIZADO PARA ELABORAR BLOQUES DE CONCRETO

Las primeras máquinas utilizadas en la fabricación de bloques de concreto se limitaban a simples moldes metálicos en los cuales se compactaba la mezcla manualmente, tal como se muestra en la Figura 13; este método de producción se siguió utilizando hasta los años veinte, época en que aparecieron máquinas con martillos accionados mecánicamente. Más tarde se descubrió la conveniencia de la compactación y compresión simultáneas. Actualmente, las más modernas y eficientes máquinas para la elaboración de bloques de concreto utilizan este sistema de vibro-compactación (Urbina y Zamudio, 2005).

En algunas partes del interior de la República Mexicana el proceso de producción de bloques de concreto aún se realiza de forma manual. Aunque existen grandes máquinas automáticas que ya realizan este proceso, no están disponibles para algunas zonas rurales debido al alto costo de adquisición que representan (Urbina y Zamudio, 2005).

Figura 13.

Elaboración de bloques de concreto de forma manual.



Nota: El origen de elaborar bloques de concreto comenzó con método manual. Fuente: Urbina y Zamudio (2005).

En el mercado actualmente existen 3 tipos de máquinas para hacer bloques de concreto.

2.3.1. MÁQUINA BLOQUERA MANUAL

Son operadas manualmente mediante el uso de palancas y en las cuales el motor se pone en operación con un botón de encendido y uno de apagado, tal como se presenta en la Figura 14 (Urbina y Zamudio 2005).

Figura 14.

Máquina manual para elaborar bloques de concreto.



Nota: Son más económicas y fáciles de utilizar, pero se requiere más trabajo del operador. Fuente: Granda y Perlaza (2012).

2.3.2. BLOQUERAS SEMI-AUTOMÁTICAS

En estas máquinas se sustituyen las palancas por un sistema neumático (o hidráulico, dependiendo del modelo y marca) controlado por medio de accionadores del tipo on/off, tal como se muestra en la Figura 15 (Urbina y Zamudio, 2005).

Figura 15.

Máquina semiautomática para elaborar bloques de concreto.



Nota: Son rentables para empresas que cuentan con presupuestos limitados o que solo cumplen parte del proceso productivo dentro de su empresa. Fuente: Granda y Perlaza (2012).

2.3.3. MÁQUINAS AUTOMÁTICAS

Esta máquina está diseñada para trabajar sin la intervención humana al estar automatizada, es utilizada para proyectos de gran escala, en la Figura 16, se presenta este tipo de máquina.

Figura 16.

Máquina automática para elaborar bloques de concreto.



Nota: Están controladas en su totalidad por dispositivos programables. Fuente: Chaux y Perea (2016).

2.4. GENERALIDADES DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

Es importante conocer información básica del producto para poder estudiarlo con mejor familiarización.

2.4.1. DEFINICIÓN DE BLOQUE DE CONCRETO

En la construcción el bloque de concreto es un elemento prefabricado que sirve para construir muros. Aunque es importante destacar que, dentro del sector de la construcción, la palabra block es muy común, pero lo ideal es llamarlo bloque de concreto. Estos bloques están hechos de cemento, agua, y arena, es decir, de concreto tradicional. A esta mezcla se le pueden agregar aditivos para modificar el tiempo de curado e incrementar la resistencia a la compresión (Chávez, 2022). Los bloques de concreto se han posicionado en los últimos años como los sustitutos del adobe y el ladrillo e incluso del tabique, pues su uso implica ahorrar costos, pero también obtener la resistencia y seguridad que requiere cualquier proyecto de construcción (Industrial Bloquera, 2021).

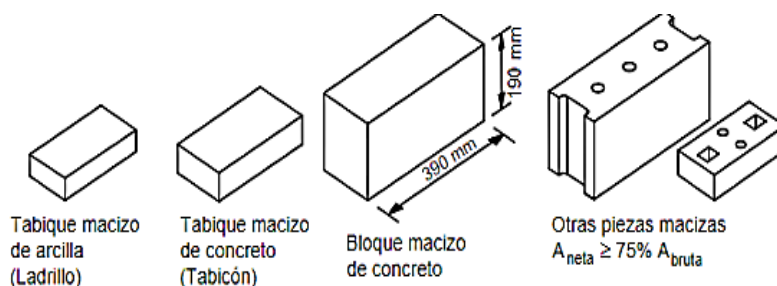
2.4.2. CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES

De acuerdo con la norma NMX-C-404-ONNCCE-2012, se clasifican de la siguiente forma (ONNCCE, 2012):

Pieza maciza. Los tabiques y bloques deben tener un área neta mayor o igual al 75% del área bruta y las paredes exteriores deben tener un espesor no menor que 20 mm para tabiques, como se muestra en la Figura 17.

Figura 17.

Ejemplo de piezas macizas de bloques.

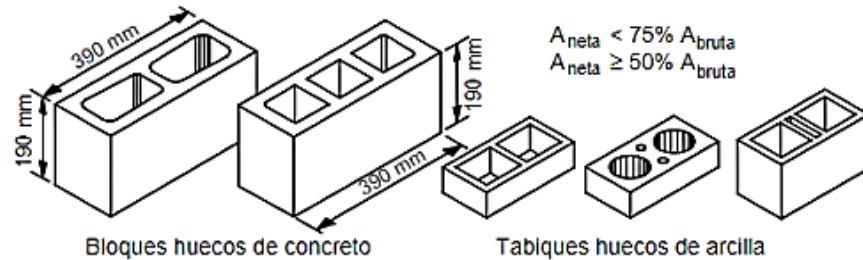


Fuente: ONNCCE (2012).

Pieza hueca. Los tabiques y bloques deben tener un área neta, calculada en la cara de menor espesor de pared, mayor o igual al 50% y menor al 75% del área bruta, para tabiques las paredes exteriores deben tener un espesor no menor que 15 mm y las paredes interiores deben tener un espesor no menor a 13 mm, como se muestra en la Figura 18.

Figura 18.

Ejemplo de piezas huecas de bloques.

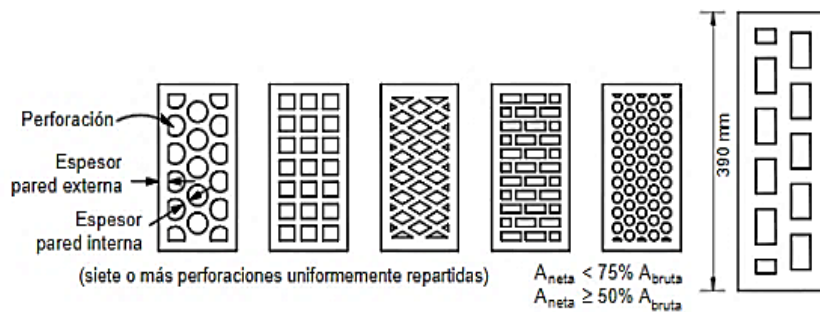


Fuente: ONNCCE (2012).

Pieza multiperforada. Los tabiques y bloques que tienen siete o más perforaciones de dimensiones similares, distribución uniforme y cumplen con los requisitos para piezas huecas salvo que el espesor de las paredes interiores no debe ser menor que 7 mm en tabiques ni de 10 mm en bloques, como se muestra en la Figura 19.

Figura 19.

Ejemplo de piezas multiperforadas de bloques.



Fuente: ONNCCE (2012).

Pieza accesoría. Es un elemento con algunas características de las piezas de mampostería con las cuales forman elementos estructurales como pueden ser un muro, pero con una geometría que le permite cumplir una función particular como por ejemplo la de conformar cimbra perdida en cadenas, castillos, dinteles, etc.

Pieza de ajuste. Es un elemento fabricado con geometría tal que mantiene las medidas de ancho y alto nominales, pero donde la longitud equivale a una fracción de la longitud nominal de una pieza de mampostería (mitad, tres cuartos, etc.). Si son piezas huecas, pueden o no presentar paredes interiores

2.4.3. DIMENSIONES DE LOS BLOQUES

En la Tabla 3, se establecen las dimensiones para elaborar bloques de concreto de acuerdo con la norma NMX-C-404-ONNCCE-2012 (ONNCCE, 2012).

Tabla 3.

Dimensiones para elaborar bloques de concreto.

Dimensión modular de bloques (Ancho x alto x largo) cm	Dimensión de fabricación de bloques (Ancho x alto x largo) cm	Espesor mínimo de paredes exteriores mm	Espesor mínimo de paredes interiores mm
10 x 20 x 40	10 x 19 x 39	20	20
12 x 20 x 40	12 x 19 x 39	20	20
14 x 20 x 40	14 x 19 x 39	25	25
15 x 20 x 40	15 x 19 x 39	25	25
20 x 20 x 40	20 x 19 x 39	32	25
25 x 20 x 40	25 x 19 x 39	32	30
30 x 20 x 40	30 x 19 x 39	32	30

Nota. Las dimensiones reales no deben diferir en más de ± 3 mm en la altura, ± 2 mm en el largo y ± 2 mm en el ancho respecto a las dimensiones de fabricación de las piezas. Fuente: ONNCCE (2012).

A petición expresa del cliente se pueden fabricar bloques de medidas especiales, si satisfacen todos los demás requisitos de esta norma, se considera que cumplen con la misma, siempre y cuando se incluya la información de dimensiones de fabricación.

2.4.4. MATERIA PRIMA PARA FABRICACIÓN

Los materiales que se ocupan para elaborar bloques de concreto son: tepezil, arena, cemento y agua. Aunque cabe hacer la aclaración de que para elaborar bloques pesados no se utiliza tepezil, y en caso de los bloques ligeros se utiliza una mínima cantidad de arena. A continuación, se definen cada uno de los materiales utilizados:

2.4.4.1. TEPEZIL

Es una piedra volcánica ígnea que posee formas variadas, predominando las alargadas y angulosas, compuesta de trióxido de sílice y trióxido de aluminio entre otros componentes; su textura es porosa, esponjosa o espumosa, tiene un color blanco grisáceo, ceniza o amarillento como se muestra en la Figura 20. El tepezil es térmico y con un proceso en condición seca se puede evitar la humedad en su utilización (Morales Padilla, 2008).

Figura 20.

Almacenamiento de tepezil.



Nota: Tepezil almacenado en la bloquera “Materiales para Construcción Martínez”. Fuente: Propia.

2.4.4.2. ARENA

La arena para construcción es un tipo de agregado fino o árido que se utiliza para fabricar hormigón, concreto y mortero; se compone de partículas de rocas trituradas que pueden ser muy pequeñas y finas o un poco más grandes dependiendo del uso para el que sea destinada, tal como se presenta en la Figura 21 (Ferrex, 2019).

La arena tiene dos orígenes:

- **Natural:** se le extrae de canteras aluviales, ríos, lagos o depósitos volcánicos.
- **Artificial:** se obtiene mediante la trituración de rocas por medios mecánicos.

Figura 21.

Almacenamiento de arena.



Fuente: Propia.

2.4.4.3. CEMENTO

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. Mezclado con agregados pétreos y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétrea, denominada hormigón o concreto. Su uso está muy generalizado en construcción. Cuenta con propiedades adhesivas y cohesivas, las cuales dan la capacidad de aglutinar otros materiales para formar un todo, sólido y compacto (Caballero y Florez, 2016).

2.4.4.4. AGUA

El agua para la mezcla de concreto debe estar limpia, puede ser la que se usa para beber ya que es buena para el concreto, siempre que no contenga azúcares o residuos de cítricos. El agua de ríos y quebradas puede usarse si no está turbia y esté libre de desechos orgánicos. El agua de mar debido a su contenido de sales puede bajar un poco la resistencia del block y producir manchas blanquecinas o fluorescencias (Gamboa de León Regil, 2005).

Si se usa agua sucia, el concreto será poco resistente y se dañará con facilidad. Lo recomendable es usar la menor cantidad de agua, para aumentar la concentración de la pasta agua-cemento y lograr mayor resistencia; reducir los poros del concreto y aumentar la durabilidad de este (Gamboa de León Regil, 2005).

2.5. NORMATIVIDAD

Según Hoyos Castellanos et al. (2019), mencionan algunas normas que se deben utilizar en el proceso de fabricación de bloques de concreto, pero las que tienen una mejor relación a este tema de investigación son las siguientes:

- **NMX-C-038-ONNCCE-2013**, Determinación de las dimensiones de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones.
- **NMX-C-404-ONNCCE-2012**, Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural.

2.6. PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA

La productividad se define comúnmente como una relación entre producción e insumo. Esta definición puede ser aplicada tanto para una empresa como para un sector de actividad económica o a toda la economía (Kanawaty, 1996). En otras palabras, se puede entender mejor como el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados. La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado, sino de la eficiencia con que se han combinado y utilizado los recursos para lograr los resultados específicos deseables (García Criollo, 2005). Algunas formas comunes de medir la productividad pueden ser:

$$\frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}} \text{ o } \frac{\text{Resultados empleados}}{\text{Recursos empleados}}$$

Cuando se mejora la productividad también se da un aumento en la cantidad de producción por hora de trabajo invertido. Las herramientas fundamentales que generan una mejora en la productividad incluyen métodos, medición del trabajo (estudio de tiempos estándares) y el diseño del trabajo. Los objetivos principales de los métodos, medición del

trabajo y diseño del trabajo es incrementar la productividad, lograr mejorar la confiabilidad en la seguridad del producto y reducir los costos unitarios, lo cual permite que se produzcan más bienes y servicios de calidad (Niebel y Freivalds, 2012). El incremento de la productividad también provoca una buena reacción en cadena en el interior de la empresa, fenómeno que se traduce en una mejor calidad de los productos, menores precios, estabilidad del empleo, permanencia de la empresa, mayores beneficios y mayor bienestar colectivo (García Criollo, 2005).

La eficacia y eficiencia son importante en una empresa debido a que la eficacia implica la obtención de los resultados deseados y puede ser el reflejo de cantidades, calidad percibida o ambos. La eficiencia se logra cuando se obtiene un resultado deseado con la mínima utilización de los insumos; es decir, se genera calidad y cantidad y se incrementa la productividad. De ello se desprende que la eficacia es hacer lo correcto y la eficiencia es hacer las cosas correctamente con el mínimo de recursos (García Criollo, 2005).

$$\mathbf{Productividad} = \frac{\text{Eficacia}}{\text{Eficiencia}} = \frac{\text{Valor} \rightarrow \text{Cliente}}{\text{Costo} \rightarrow \text{Productor}}$$

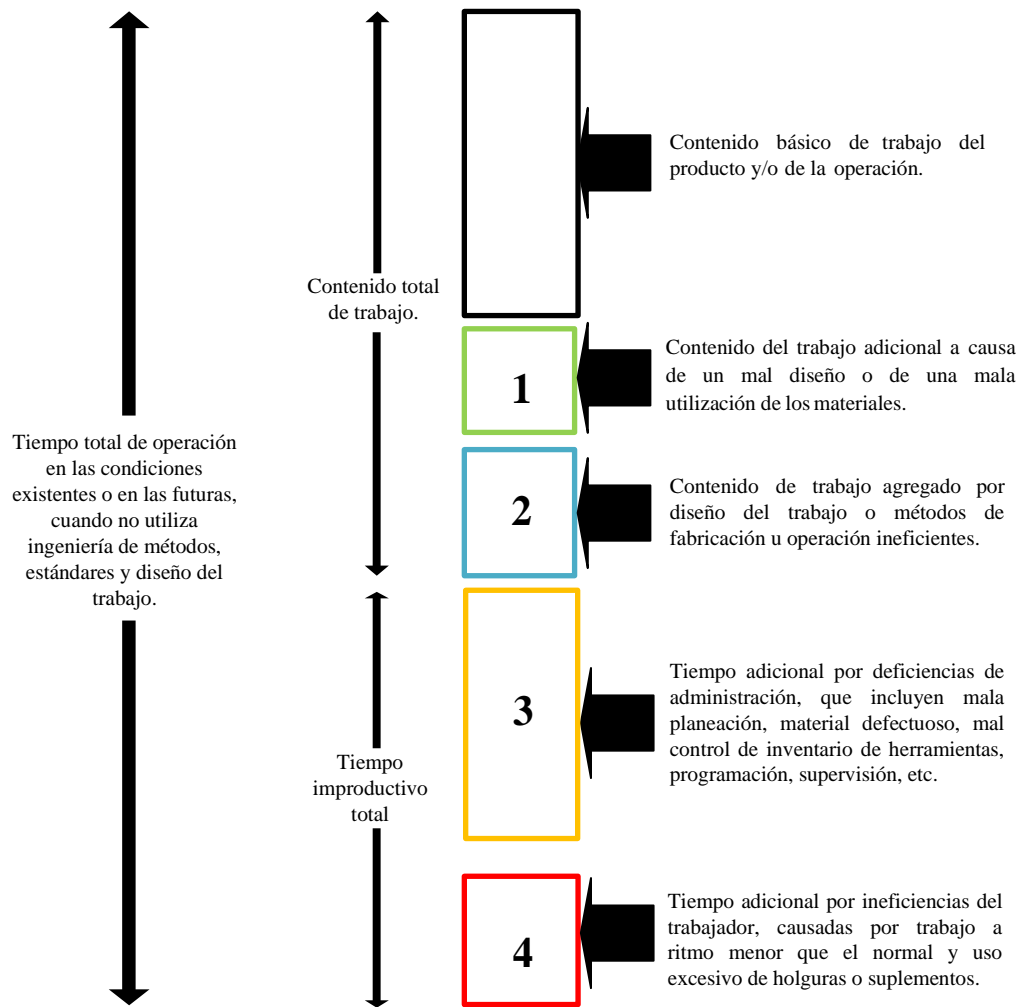
2.7. ESTUDIO DEL TRABAJO Y PRODUCTIVIDAD

El estudio del trabajo es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se estén realizando. Por lo tanto, tiene por objeto examinar de qué manera se está realizando una actividad, simplificar o modificar el método operativo para reducir el trabajo innecesario o excesivo, o el uso antieconómico de recursos y fijar el tiempo normal para la realización de la actividad (Kanawaty, 1996). Es necesario aclarar que la productividad no sólo se refiere a la mano de obra. Por lo tanto, el aumento de la productividad se debe considerar como un problema consistente en obtener el máximo provecho de todos los recursos disponibles, incluyendo los materiales y maquinaria en general (García Criollo, 2005).

El tiempo total invertido por un hombre o por una máquina para llevar a cabo una operación o para producir una cantidad determinada de productos o servicios, puede descomponerse, como se muestra en la Figura 22.

Figura 22.

Descomposición del tiempo de trabajo.



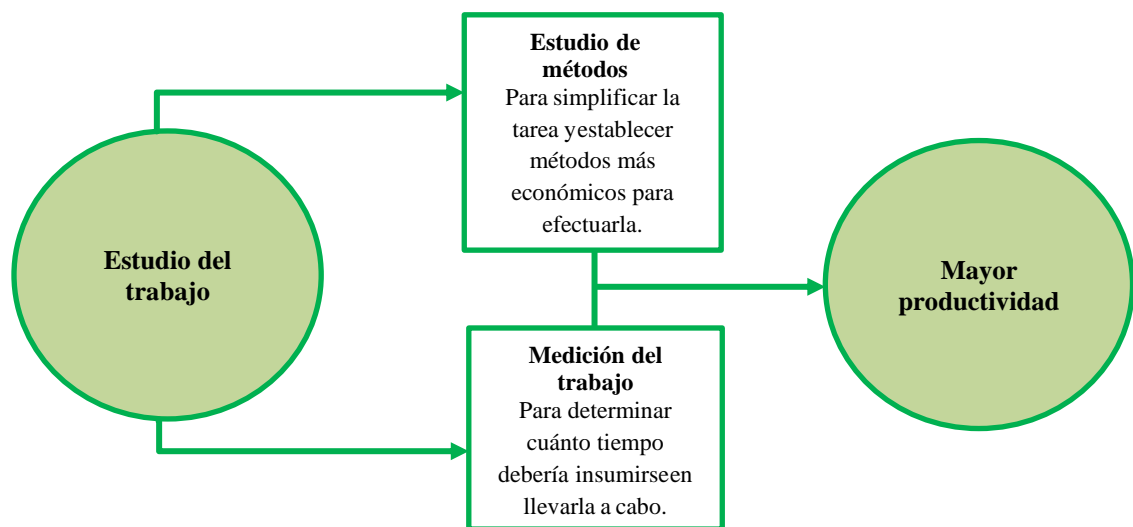
Fuente: Kanawaty (1996).

Para Kanawaty (1996), el estudio de métodos es el registro y examen crítico sistemático de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras, así mismo define la medición del trabajo como la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea según una norma de rendimiento preestablecida.

El estudio de métodos y la medición del trabajo están estrechamente vinculados. El estudio de métodos se relaciona con la reducción del contenido de trabajo de una tarea u operación. En cambio, la medición del trabajo se relaciona con la investigación de cualquier tiempo improductivo asociado con ésta, y con la consecuente determinación de normas de tiempo para ejecutar la operación de una manera mejorada. La relación entre ambas técnicas se presenta esquemáticamente en la Figura 23.

Figura 23.

Estudio del trabajo.












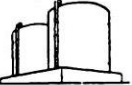

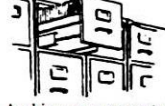

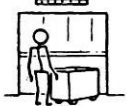

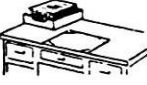




Fuente: Kanawaty (1996).

2.8. HERRAMIENTAS DE REGISTRO Y ANÁLISIS

Para García Criollo (2005), el análisis de los procesos trata de eliminar las principales deficiencias y lograr la mejor distribución posible de la maquinaria, equipo y área de trabajo dentro de la planta. Para ello, es conveniente clasificar las actividades que tienen lugar durante un proceso las cuales se clasifican como: operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes, las cuales se describen en la Figura 24.

Figura 24.

Símbolos utilizados en una descripción de proceso.

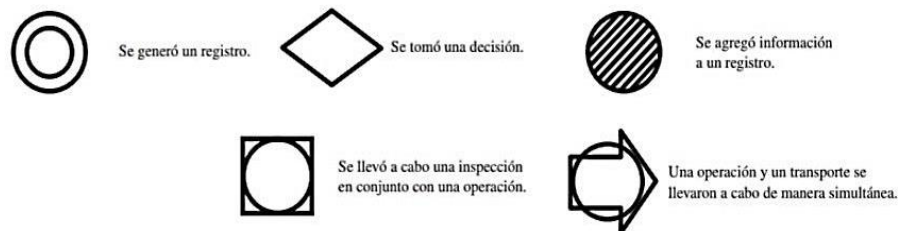
Operación  Un círculo grande indica una operación, como	 Clavar	 Mezclar	 Taladrar orificio
Transporte  Una flecha indica transporte, como	 Mover material mediante un carro	 Mover material mediante una banda transportadora	 Mover material transportándolo (mediante un mensajero)
Almacenamiento  Un triángulo representa almacenamiento, como	 Materia prima en algún almacenamiento masivo	 Producto terminado apilado sobre tarimas	 Archiveros para proteger documentación
Retrasos  Una letra D mayúscula indica un retraso, como	 Esperar un elevador	 Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado	 Documentos en espera a ser archivados
Inspección  Un cuadrado indica inspección, como	 Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad	 Leer el medidor de vapor en el quemador	 Analizar las formas impresas para obtener información

Fuente: Niebel y Freivalds (2012).

En la Figura 25, se muestran los símbolos no estándares que se utilizan en algunas ocasiones en los diagramas de operaciones.

Figura 25.

Símbolos no estándares de los diagramas de procesos.



Fuente: Niebel y Freivalds (2012).

Una vez determinadas las operaciones que llevarán la materia prima hasta convertirse en un producto terminado, estas actividades deben organizarse en un método lógico. Debe considerarse que existen operaciones que dependen de otras para llevarse a cabo. Para facilitar el estudio, ayudar a visualizar el proceso y documentarlo, se proponen los siguientes 3 diagramas:

- **Diagrama del proceso de operación:** Muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en un proceso de manufactura o de negocios, desde la llegada de la materia prima hasta el empaquetado del producto terminado. La gráfica muestra la entrada de todos los componentes y subensambles al ensamble principal. De la misma manera como un esquema muestra detalles de diseño tales como partes, tolerancias y especificaciones. Se utilizan los símbolos de operación e inspección únicamente.
- **Diagrama de flujo del proceso:** Es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demora y almacenamientos que ocurren durante el proceso. Además, incluyen la información que se considera deseable para el análisis como la distancia recorrida y el tiempo útil para registrar los costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales.
- **Diagrama de recorrido:** Es una representación gráfica de la distribución de los pisos y edificios que muestra la ubicación de todas las actividades en el diagrama de flujo del proceso. El diagrama de recorrido representa un complemento útil del diagrama de flujo de procesos debido a que indica el camino hacia atrás y las áreas posibles de congestión de tráfico y facilita el desarrollo de una configuración ideal de la planta.

2.9. MEDICIÓN DEL TRABAJO

La medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida (Kanawaty, 1996). Se define al trabajador calificado como aquel

que tiene la experiencia, los conocimientos y otras cualidades necesarias para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad.

Para García Criollo (2005), los objetivos de la medición del trabajo son incrementar la eficiencia en el trabajo y proporcionar estándares del tiempo que servirán de información a otros sistemas de la empresa.

Por otra parte, para Kanawaty (1996), las principales técnicas que se emplean en la medición del trabajo son muestreo del trabajo, estimación estructurada, estudio de tiempos y normas de tiempo predeterminadas.

2.9.1. ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio de tiempos consta de las siguientes etapas para su realización:

- Obtener y registrar toda la información posible acerca de la tarea, del operario y de las condiciones que pueden influir en la ejecución del trabajo.
- Registrar una descripción completa del método descomponiendo la operación en elementos.
- Examinar el desglose para verificar si se está utilizando los mejores métodos y movimientos, y determinar el tamaño de la muestra.
- Medir el tiempo con un instrumento apropiado, generalmente un cronómetro, y registrar el tiempo invertido por el operario en llevar a cabo cada elemento de la operación.
- Determinar simultáneamente la velocidad de trabajo efectiva del operario por correlación con la idea que tenga el analista de lo que debe ser el ritmo tipo.
- Convertir los tiempos observados en tiempos básicos.
- Determinar los suplementos que se añadirán al tiempo básico de la operación.
- Determinar el tiempo tipo propio de la operación.

El estudio de tiempos depende de la naturaleza de la operación individual. Asimismo, García Criollo (2005), establece que para poder llevar a cabo el estudio de tiempos se establece las siguientes fases.

1. Preparación
 - Selección de la operación
 - Selección del trabajador
 - Actitud frente al trabajador
 - Análisis de comprobación del método del trabajo

2. Ejecución
 - Obtención y registro de la información
 - Descomposición de la tarea en elementos
 - Cronometraje
 - Cálculo del tiempo observado

3. Valoración
 - Ritmo normal del trabajador promedio
 - Técnicas de valoración
 - Cálculo del tiempo base o valorado

4. Suplementos
 - Análisis de las demoras
 - Estudio de fatiga
 - Cálculo de suplementos y sus tolerancias

5. Tiempo estándar
 - Error del tiempo estándar
 - Cálculo de frecuencia de los elementos
 - Determinación de tiempos de interferencia
 - Cálculo de tiempo estándar

2.9.2. EL NÚMERO DE CICLOS

García Criollo (2005), propone que el número de ciclos que deberían de observarse para obtener un tiempo medio representativo de una operación se determina mediante los siguientes procedimientos:

1. **Fórmulas estadísticas:** Por medio de estas fórmulas se determina el número N de observaciones necesarias para obtener el tiempo de reloj representativo con un error de e% con riesgo fijado de R%. Se aplica la siguiente fórmula:

$$N = \left(\frac{K * \sigma}{e * x} \right)^2 + 1$$

Dónde:

K= Coeficiente de riesgo cuyos valores son 1 para riesgo de error de 32%, 2 para riesgo de error de 5% y 3 para riesgo de error de 0.3%.

σ = Desviación estándar de los tiempos de reloj obtenidos.

x = Media aritmética de los tiempos de reloj.

N = Frecuencia de cada tiempo de reloj tomado.

e = Error expresado en forma decimal.

2. **Ábaco de Lifson:** Es una aplicación gráfica del método estadístico para un número fijo de mediciones n = 10. La desviación típica se sustituye por un factor B.

$$B = \frac{S - I}{S + I}$$

Dónde:

S = Tiempo superior.

I = Tiempo inferior.

3. **Tabla Westinghouse:** Indica el número de observaciones necesarias en función de la duración del ciclo y del número de piezas que se fabrican al año, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4.*Número de observaciones propuesta de Westinghouse.*

Tiempo por ciclo (horas)	NÚMERO MÍNIMO DE CICLOS A ESTUDIAR		
	Actualmente más de 10000 por año	1000 a10000	Menos de 1000
1.000	5	3	2
0.800	6	3	2
0.500	8	4	3
0.300	10	5	4
0.200	12	6	5
0.120	15	8	6
0.080	20	10	8
0.050	25	12	10
0.035	30	15	12
0.020	40	20	15
0.012	50	25	20
0.008	60	30	25
0.005	80	40	30
0.003	100	50	40
0.002	120	60	50
Menos de 0.002	140	80	60

Fuente: Niebel y Freivalds (2012).

- 4. Criterio General Electric:** Establece el número de ciclos a cronometrar utilizando el tiempo del ciclo en minutos, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5.*Número de observaciones recomendado por General Electric Company.*

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00 - 5.00	15
5.00 - 10.00	10
10.00 - 20.00	8
20.00 - 40.00	5
40.00 o más	3

Fuente: Niebel y Freivalds (2012).

2.9.3. VALORACIÓN DEL RITMO DE TRABAJO

García Criollo (2005), menciona que la calificación de la actuación es la técnica para determinar equitativamente el tiempo requerido por un operador normal para ejecutar una tarea. Se entiende por operador normal, al operador competente y altamente experimentado que trabaje en las condiciones que prevalecen normalmente en la estación de trabajo, a un ritmo ni demasiado rápido ni demasiado lento, sino representativo de un término medio.

Kanawaty (1996), señala que un trabajador calificado es aquel que tiene experiencia, los conocimientos y otras cualidades necesarias para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactorias de seguridad, de cantidad y calidad.

Por otra parte, Niebel y Freivalds (2012), definen al operario calificado como un operario completamente experimentado que trabajen las condiciones acostumbradas en la estación de trabajo, a un paso ni demasiado rápido ni demasiado lento, pero representativo de un paso que se puede mantener a lo largo del día.

2.9.4. CALIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO Y HOLGURAS EN UN ESTUDIO DE TIEMPOS

Para García Criollo (2005), tres son los suplementos que pueden considerarse en un estudio de tiempos:

1. Suplementos por retrasos personales.
2. Suplementos por retrasos por fatiga (descanso).
3. Suplementos por retrasos especiales:
 - Demoras debidas a elementos contingentes frecuentes.
 - Demoras en la actividad del trabajador provocadas por supervisión.
 - Demoras causadas por elementos extraños inevitables, concesión que puede ser temporal o definitivo.

La Tabla 6, presenta los suplementos u holguras recomendados por la Oficina Internacional del Trabajo (ILO, *Internacional Labour Office*) para asignarle a un trabajador.

Tabla 6.

Holguras recomendadas por la ILO.

A. Holguras constantes	
1. Holgura personal.....	5
2. Holgura por fatiga básica.....	4
B. Holguras variable	
1. Holgura por estar parado.....	2
2. Holgura por posición anormal:	
a) Un poco incómoda.....	0
b) Incómoda (flexionado).....	2
c) Muy incómoda (acostado, estirado).....	7
3. Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar):	
Peso levantado, lb:	
5.....	0
10.....	1
15.....	2
20.....	3
25.....	4
30.....	5
35.....	7
40.....	9
45.....	11
50.....	13
60.....	17
70.....	22
4. Mala iluminación:	
a) Un poco abajo de lo recomendado.....	0
b) Bastante abajo de lo recomendado.....	2
c) Muy inadecuada.....	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad):	
a) variable.....	0-100
6. Atención cercana:	
a) Trabajo bastante fino.....	0
b) Trabajo fino o exacto.....	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto.....	5
7. Nivel de ruido:	
a) Continuo.....	0
b) Intermitente: fuerte.....	2
c) Intermitente: muy fuerte.....	5
d) De tono alto: fuerte.....	5
8. Esfuerzo mental:	
a) Baja.....	1
b) Media.....	4
c) Alta.....	8
9. Monotonía:	
a) Baja.....	0
b) Media.....	1
c) Alta.....	4
10. Tedio:	
a) Algo tedioso.....	0
b) Tedioso.....	2
c) Muy tedioso.....	5

Fuente: Niebel y Freivalds (2012).

Niebel y Freivalds (2012), mencionan que es uno de los sistemas de calificación que más se han usado por más tiempo, que en sus inicios fue llamado nivelación, fue desarrollado por Westinghouse Electric Corporation. Este sistema de calificación considera los siguientes cuatro factores para evaluar el desempeño del operario, asignándole un valor de acuerdo con el criterio del analista.

1. **Habilidad.** Destreza para seguir un método dado. La habilidad es el resultado de la experiencia y las aptitudes inherentes de coordinación natural y ritmo, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7.

Sistema Westinghouse para calificar habilidades.

Calificación para habilidades		
+0.15	A1	Superior
+0.13	A2	Superior
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Mala
-0.22	F2	Mala

Fuente: Niebel y Freivalds (2012).

2. **Esfuerzo.** Se define como una demostración de la voluntad para trabajar de manera eficaz. El esfuerzo es representativo de la velocidad con la que aplica la habilidad que, en gran medida, puede ser controlada por el operario, como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8.

Sistema Westinghouse para calificar esfuerzo.

Calificación para esfuerzo		
+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Fuente: Niebel y Freivalds (2012).

3. **Condiciones.** Afectan al operario y no a la operación, incluye temperatura, la ventilación, la luz y el ruido, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9.

Sistema Westinghouse para calificar condiciones.

Calificación para las condiciones		
+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excelente
+0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

Fuente: Niebel y Freivalds (2012).

4. **Consistencia.** Valores de tiempos elementales que se repiten constantemente, como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10.

Sistema Westinghouse para calificar la consistencia.

Calificación para la consistencia		
0.04	A	Perfecta
0.03	B	Excelente
0.01	C	Buena
0	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Mala

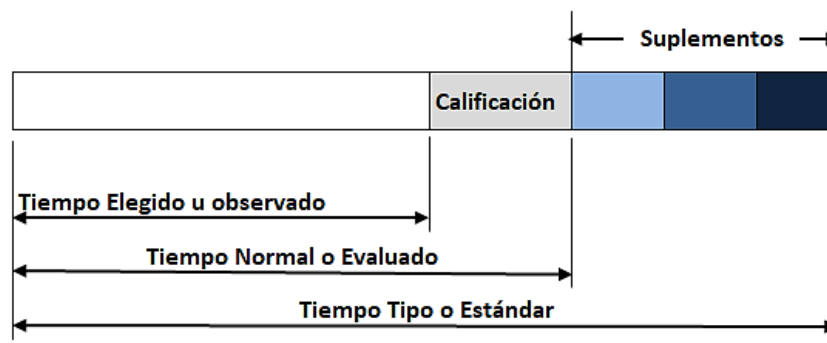
Fuente: Niebel y Freivalds (2012).

2.9.5. EL TIEMPO TIPO O ESTÁNDAR

García Criollo (2005), define al tiempo estándar como el tiempo que se concede para efectuar una tarea, en él están incluidos los tiempos de los elementos cíclicos, así como los elementos casuales o contingentes que fueron observados durante el estudio de tiempos. A estos tiempos ya valorados se les agrega los suplementos siguientes: personales, por fatiga y especiales, como se muestra en la Figura 26. Mientras, Kanawaty (1996), señala que el tiempo estándar es el tiempo total de ejecución de una tarea.

Figura 26.

Descomposición de un ciclo de trabajo.



Fuente: García Criollo (2005).

CAPÍTULO III

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO III. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En el presente capítulo, se presentan las actividades realizadas con base en cada paso del Procedimiento Sistemático de Métodos y Medición del Trabajo (Niebel y Freivalds, 2012).

3.1. SELECCIÓN DEL PROYECTO

El éxito de la implementación del programa de ingeniería de métodos depende de una clara y lógica selección del proyecto, el cual puede impactar de manera positiva en lo económico, técnico y humano. Asimismo, antes de iniciar este proyecto de tesis se realizaron visitas de campo en 5 empresas que se encuentran en Huajuapán de León y comunidades cercanas, las cuales se dedican a la fabricación de bloques de concretos. El motivo de estas visitas de campo fue para obtener un mejor panorama del proceso de elaboración de bloques de concreto en la Región Mixteca. La información obtenida de estas visitas de campo fue la siguiente:

- El proceso que se realiza en cada bloquera se basa en el aprendizaje empírico y/o hereditario.
- En cada bloquera existen factores que provocan variabilidad en el proceso como la mano de obra, la materia prima, la maquinaria, entre otros.
- Las dosificaciones en la mezcla de materiales son diferentes en cada bloquera.
- La cantidad de agua que utilizan en cada bloquera es diferente, por lo que en algunas obtiene una mezcla con mayor o menor humedad.
- En cada bloquera existe cierta cantidad y tipos de desperdicios.

De los problemas mencionados anteriormente surge la idea de estudiar el proceso de elaboración de bloques de concreto, pero de una empresa en particular porque es más fácil comprender su proceso y observarlo de forma más real. Por tal motivo, se optó por la bloquera “Materiales para Construcción Martínez”, en la cual se detectaron los mismos problemas ya mencionados, por lo que se requiere del análisis sus operaciones y actividades, para obtener la información suficiente para realizar alguna propuesta de mejora, además de comparar la situación actual de la empresa con la propuesta de mejora.

3.2. OBTENCIÓN Y PRESENTACIÓN DE DATOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Esta etapa es importante al momento de dar inicio con un proyecto de mejora porque se integran todos los hechos relevantes relacionados con el producto, servicios o desarrollo de centros de trabajo, los datos recolectados al ser analizados e interpretados dan comienzo a la identificación de algunas causas que originan a problemas existentes, aunque es importante asegurar que los datos a utilizar sean verídicos y confiables, porque de lo contrario los resultados a obtener serán erróneos.

Para este trabajo se proporcionaron datos concretos de la empresa, sin embargo, cabe aclarar que por ningún motivo se le dará mal uso a la información obtenida o proporcionada por la empresa debido al acuerdo de confidencialidad establecido con la misma.

La obtención y recolección de los datos de la situación actual de la empresa se realizó a través de la observación directa del proceso de elaboración de los bloques. El periodo de observación del proceso fue de 5 semanas durante el mes de diciembre de 2023 a febrero de 2024, durante este tiempo se analizó y registró información tal como las dimensiones del terreno de la empresa, las dimensiones de cada área dentro del terreno de la empresa, las actividades que se realizan diariamente en un turno de trabajo, las distancias que se recorren durante el proceso de elaboración, el tiempo de duración de cada operación del proceso actual, los materiales que utilizan para elaborar cada producto (bloque pesado y ligero), las proporciones de material que utilizan en la dosificación de la mezcla y las causas que generan los desperdicios.

3.2.1. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA ACTUAL DE LA EMPRESA

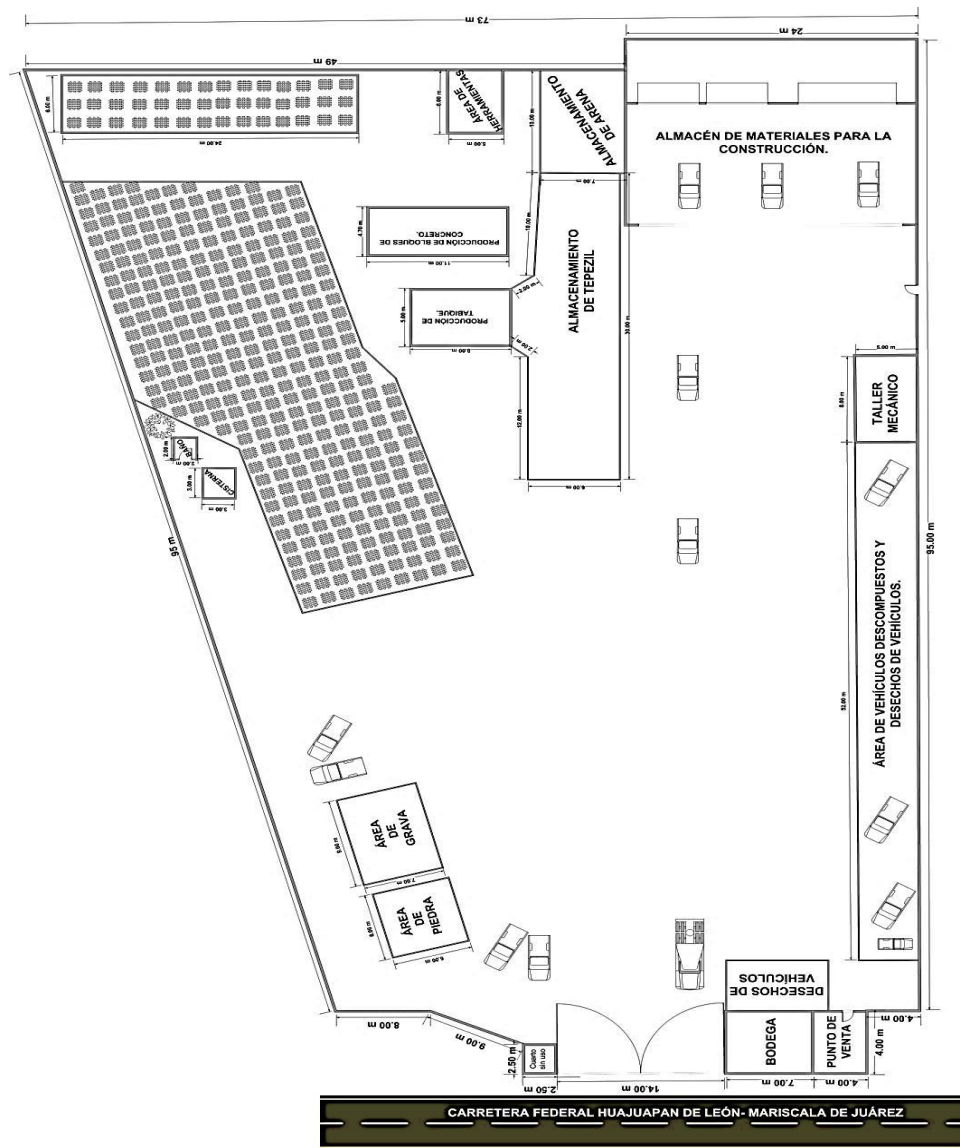
La distribución de planta es una colección física ordenada de los medios industriales tales como maquinaria, equipo, trabajadores, espacios requeridos para un mejor flujo de los materiales y almacenajes, además de conservar el espacio necesario para la mano de obra indirecta y servicios complementarios.

Otros beneficios que se obtienen al realizar una correcta distribución de planta son la reducción en costos de fabricación del producto, reducción de los riesgos para la salud, incremento de la seguridad, incremento de la producción, reducción de tiempos y movimientos, entre otros.

A continuación, en la Figura 27, se muestra la distribución de planta actual de la bloquera “Materiales para Construcción Martínez”, en la cual se observan todas las áreas con las que cuenta la empresa para llevar a cabo sus actividades diarias, tales como de ingreso de la materia prima, la salida de materiales de construcción para su venta, el área de producción de los bloques, el taller mecánico, el almacén de materia prima y el punto de venta. Las dimensiones del terreno y de las áreas internas se encuentran en metros.

Figura 27.

Distribución de planta actual de “Materiales para Construcción Martínez”.



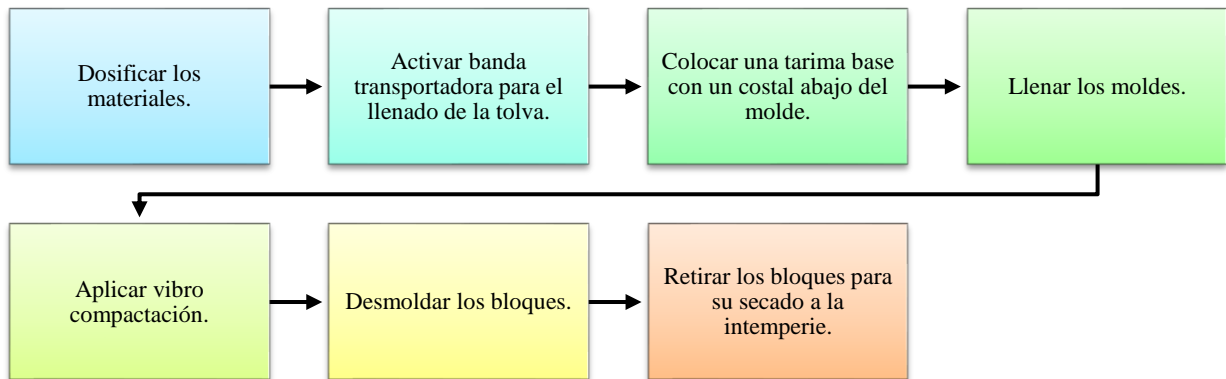
Fuente: Propia.

3.2.2. PROCESO DE FABRICACIÓN ACTUAL DE BLOQUES DE CONCRETO

El proceso de fabricación actual de bloques de concreto (ligero y pesado) que realiza la empresa se presenta de forma resumida en la Figura 28.

Figura 28.

Proceso de fabricación de bloques de concreto.



Fuente: Propia.

3.2.3. ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN ACTUAL DE BLOQUES DE CONCRETO


Al conocer información y obtener datos del proceso de elaboración de bloques actual que lleva a cabo la empresa, se determinó el número de observaciones necesarias para su análisis por medio del criterio que propone General Electric en la Tabla 4.

La duración del ciclo del proceso completamente estudiado, es decir, desde que inicia y finaliza el proceso, fue cronometrado y se estableció un tiempo de 8.64 min para bloques ligeros y 7.62 min para bloques pesados, por lo tanto, para este estudio se consideraron 10 ciclos para su análisis.

En las Tablas 11 y 12, se muestran los estudios de tiempos del proceso actual de la empresa.

Tabla 11.

Registro del estudio de tiempos del proceso de elaboración de bloques ligeros.

		ESTUDIO DE TIEMPOS													
		Empresa:						“Materiales para Construcción Martínez”						Fecha: 03/06/2024	
		Proceso:						Elaboración de bloques de concreto ligeros						Tiempo: Segundos	
		Analista:						Fabian Estrada Díaz						Estudio Núm. 1	
No.	Actividades	CICLOS										Tiempo total	Tiempo promedio		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Llenar carretillas de tepezil del almacenamiento.	60.48	63.06	46.50	61.35	71.43	58.04	46.89	60.81	70.46	63.17	602.19	60.22		
2	Acarrear las carretillas de tepezil para vaciarlas en el molino mezclador.	20.03	17.81	17.75	15.80	16.51	17.61	20.30	18.50	17.43	19.42	181.16	18.12		
3	Llenar bote de arena del almacenamiento.	8.11	8.50	9.86	6.69	7.63	8.44	7.48	7.17	8.02	8.15	80.05	8.01		
4	Acarrear bote de arena para vaciarla en el molino mezclador.	4.14	4.11	4.93	4.67	4.21	4.50	4.08	4.61	4.50	4.75	44.50	4.45		
5	Llenar botes de cemento del almacenamiento.	5.76	5.86	5.11	4.85	4.95	5.23	5.01	4.76	4.80	5.12	51.45	5.15		
6	Acarrear botes de cemento y vaciarlos en el molino mezclador.	5.43	4.74	4.60	5.20	4.86	5.12	5.36	4.75	5.50	5.49	51.05	5.11		
7	Llenar bote de agua del almacenamiento.	2.27	2.47	2.05	2.61	2.15	2.21	2.56	2.48	2.65	2.75	24.20	2.42		
8	Acarrear bote de agua para vaciarla en el molino mezclador.	2.52	2.83	2.65	2.82	2.56	3.01	2.39	2.64	2.86	2.92	27.20	2.72		
9	Esperar tiempo de mezclado e inspección de la humedad.	258.4	303.8	194.4	191.8	213.5	196.5	250.3	222.1	292.5	234.3	2357.54	235.75		
10	Transportar material premezclado por la banda transportadora para llenar la tolva.	24.88	21.42	22.40	23.46	26.44	29.53	23.51	25.60	24.91	23.73	245.88	24.59		
11	Traer tarima base con costal.	8.46	9.96	11.05	9.72	11.72	6.67	5.97	8.35	7.56	8.12	87.58	8.76		
12	Colocar tarima base y bajar el molde de la máquina.	4.26	4.17	3.28	3.22	4.24	4.20	3.26	3.25	4.22	4.18	38.28	3.83		
13	Abrir tolva para llenar el molde de material premezclado.	53.11	34.45	60.58	42.93	33.73	44.66	48.73	35.65	44.66	36.68	435.18	43.52		
14	Aplicar vibro compactación.	5.14	6.41	5.30	6.50	7.11	7.60	6.18	5.13	8.00	7.20	64.57	6.46		
15	Retirar el exceso de mezcla jalando la tapa del molde o con una tablita.	4.92	5.45	5.49	6.42	4.56	4.82	5.23	4.65	4.53	5.12	51.19	5.12		
16	Presionar palanca para levantar el molde para desmoldar los bloques.	1.73	1.55	1.78	1.72	1.62	1.58	1.75	1.78	1.69	1.80	17.00	1.70		
17	Trasladar el primer lote de 8 bloques para su secado a la intemperie.	20.12	19.27	22.27	20.24	22.43	19.89	23.14	22.60	20.63	19.35	209.94	20.99		
18	Regresar con el diablito por otro lote de 8 bloques.	18.12	19.15	20.41	19.02	18.46	19.89	17.56	19.58	19.36	19.61	191.16	19.12		
19	Trasladar los otros 8 bloques para su secado a la intemperie.	42.48	44.06	41.25	43.48	43.08	41.88	40.54	42.26	42.30	41.98	423.31	42.33		

Fuente: Propia.

Tabla 12.

Registro del estudio de tiempos del proceso de elaboración de bloques pesados.

		ESTUDIO DE TIEMPOS												
		Empresa:	"Materiales para Construcción Martínez"									Fecha:	03/06/2024	
		Proceso:	Elaboración de bloques de concreto pesados									Tiempo:	Segundos	
		Analista:	Fabian Estrada Díaz									Estudio Núm.	2	
No.	Actividades	CICLOS										Tiempo total	Tiempo promedio	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	Llenar carretillas de arena del almacenamiento.	65.40	68.75	76.50	71.35	75.43	68.04	66.89	70.81	70.46	73.17	706.80	70.68	
2	Acarrear las carretillas de arena para vaciarlas en el molino mezclador.	21.42	20.81	19.75	19.80	19.51	19.61	20.30	19.80	20.43	21.42	202.85	20.29	
3	Llenar botes de cemento del almacenamiento.	5.76	5.86	5.11	4.85	4.95	5.23	5.01	4.76	4.80	5.12	51.45	5.15	
4	Acarrear botes de cemento y vaciarlos en el molino mezclador.	5.43	4.74	4.60	5.20	4.86	5.12	5.36	4.75	5.50	5.49	51.05	5.11	
5	Llenar bote de agua del almacenamiento.	2.27	2.47	2.05	2.61	2.15	2.21	2.56	2.48	2.65	2.75	24.20	2.42	
6	Acarrear bote de agua para vaciarla en el molino mezclador.	2.52	2.83	2.65	2.82	2.56	3.01	2.39	2.64	2.86	2.92	27.20	2.72	
7	Esperar tiempo de mezclado e inspección de la humedad.	258.4	303.8	194.4	191.8	213.5	196.5	250.3	222.1	292.5	234.3	2357.54	235.75	
8	Transportar material premezclado por la banda transportadora para llenar la tolva.	24.88	21.42	22.40	23.46	26.44	29.53	23.51	25.60	24.91	23.73	245.88	24.59	
9	Traer tarima base con costal.	8.46	9.96	11.05	9.72	11.72	6.67	5.97	8.35	7.56	8.12	87.58	8.76	
10	Colocar tarima base con costal y bajar el molde de la máquina.	4.26	4.17	3.28	3.22	4.24	4.20	3.26	3.25	4.22	4.18	38.28	3.83	
11	Abrir tolva para llenar el molde de material premezclado.	53.11	34.45	60.58	42.93	33.73	44.66	48.73	35.65	44.66	36.68	435.18	43.52	
12	Aplicar vibro compactación.	5.14	6.41	5.30	6.50	7.11	7.60	6.18	5.13	8.00	7.2	64.57	6.46	
13	Retirar el exceso de mezcla jalando la tapa del molde o con una tablita.	4.92	5.45	5.49	6.42	4.56	4.82	5.23	4.65	4.53	5.12	51.19	5.12	
14	Presionar palanca para levantar el molde para desmoldar los bloques.	1.73	1.55	1.78	1.72	1.62	1.58	1.75	1.78	1.69	1.80	17.00	1.70	
15	Trasladar los 8 bloques para su secado a la intemperie.	20.12	19.27	22.27	20.24	22.43	19.89	23.14	22.6	20.63	19.35	209.94	20.99	

Fuente: Propia.

Es importante aclarar que los estudios de tiempo que se registraron en las Tablas 11 y 12, corresponden al tiempo observado de cada tipo bloque de concreto, como bien se mencionó se tomaron 10 lecturas de cada operación de acuerdo con el criterio de la Tabla 4, que propone

General Electric. Asimismo, se realizó el cálculo del tiempo total de los 10 ciclos por cada operación, así como los tiempos promedios respectivamente.

3.2.4. DIAGRAMAS DE REGISTRO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Para conocer de forma más detallada el proceso de elaboración actual de la empresa se organizó la información en diagramas que permiten identificar con claridad cada operación, transporte, inspección, almacenamiento y demora de las piezas o bloques de concreto.

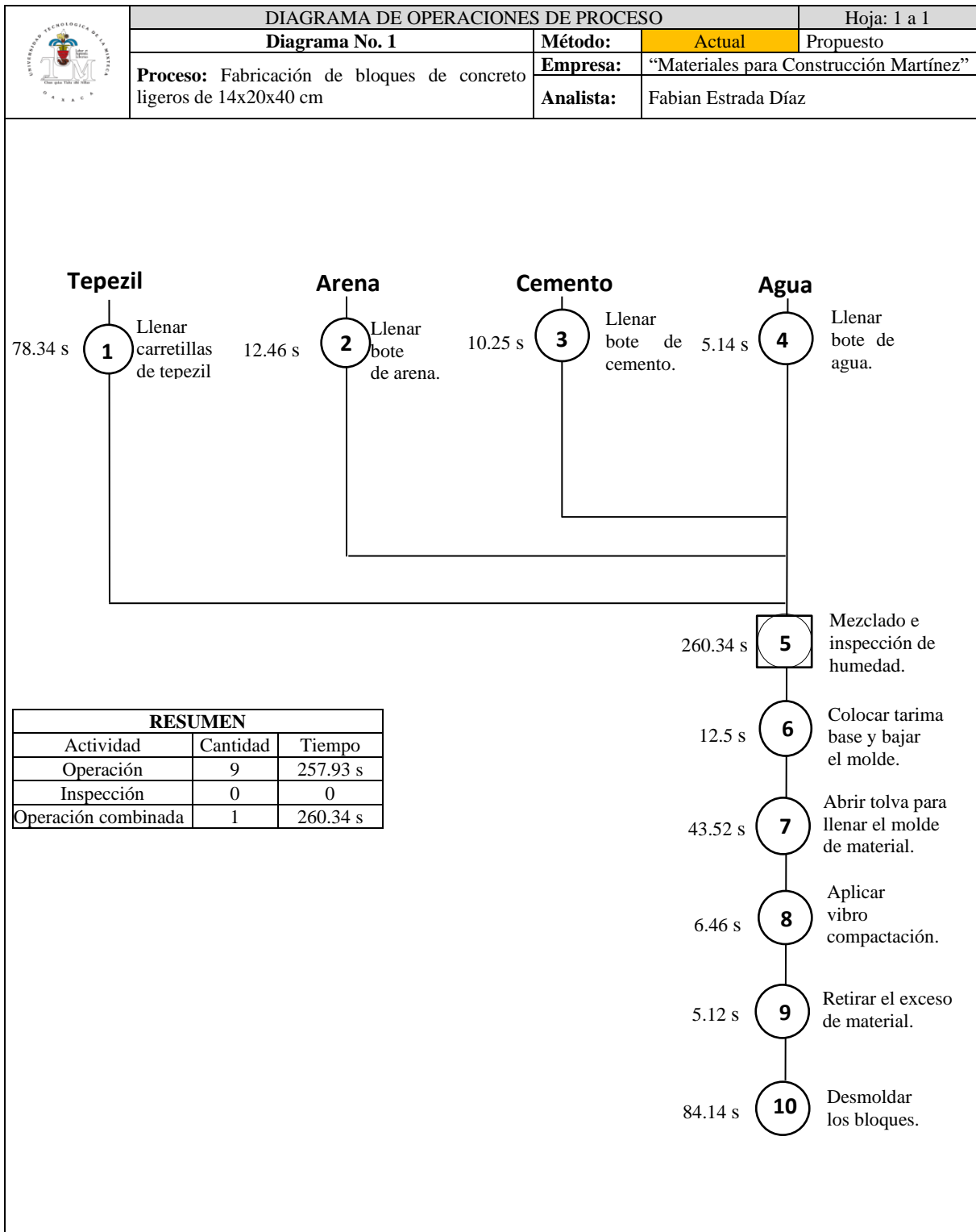
3.2.4.1. DIAGRAMAS DEL PROCESO DE OPERACIÓN ACTUAL

En las Figuras 29 y 30, se muestran los diagramas del proceso de operación actual que se desarrolló para el proceso de elaboración de los bloques que maneja actualmente la empresa y el tiempo que se tarda durante cada etapa del proceso desde la entrada de la materia prima hasta la salida del producto final, las operaciones se realizan de forma manual por los operadores.

En este diagrama se muestra la secuencia cronológica de todas las actividades que se realizan durante el proceso de elaboración de bloques de concreto, es decir, operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan para elaborar los bloques de concreto. Por ejemplo, en la Figura 29, se presenta el diagrama de procesos de operación para bloques ligeros, en el cual se muestra la entrada de materiales comenzando por el tepezil, arena, cemento y agua, para ser mezclados. Mientras que en la Figura 30, se presenta el mismo tipo de diagrama, pero para bloques pesados, que de igual forma se muestra la entrada de materiales comenzando por la arena, cemento y agua, para que sean mezclados. De acuerdo con los diagramas de ambos bloques, se observa que comparten la misma secuencia, es decir, pasan a la etapa de moldear el material premezclado y se aplica vibro compactación, para obtener como ensamble o producto final un lote de bloques sólido. Además, en los diagramas mencionados de los dos tipos de bloques se muestra el tiempo que dura cada actividad durante el proceso.

Figura 29.

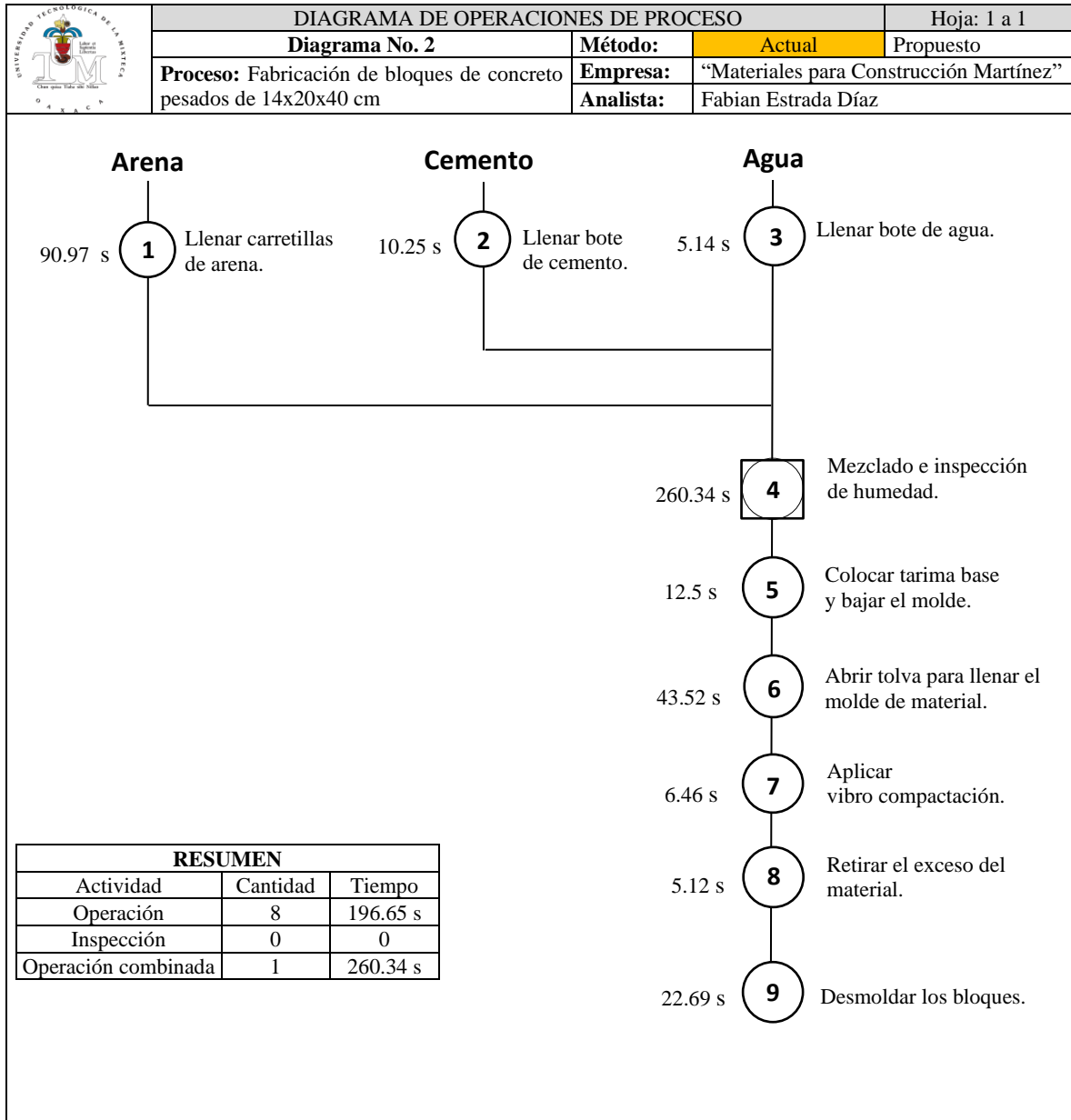
Diagrama de operaciones de proceso de bloques de concreto ligeros.



Fuente: Propia.

Figura 30.

Diagrama de operaciones de proceso de bloques de concreto pesados.




Fuente: Propia

3.2.4.2. DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO ACTUAL

En las Figuras 31 y 32, se muestran los diagramas de flujo del proceso actual de bloques ligeros y pesados, en los cuales se muestra la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenamientos que ocurren durante el proceso. Además, incluye el tiempo y distancia recorrida por el operador en cada etapa del proceso.

Figura 31.


Diagrama de flujo de proceso actual de bloques de concreto ligeros.

		DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO							Hoja: 1 de 1	
		Fecha:	29 de febrero de 2024		Resumen					
Diagrama	No. 1		Actividad		<input checked="" type="checkbox"/>	Actual	1	Propuesto		
Empresa:	"Materiales para Construcción Martínez"		Operación combinada		<input type="checkbox"/>	9				
Proceso:	Elaboración de bloques de concreto ligeros.		Operación		<input type="checkbox"/>	9				
Área:	Producción		Transporte		<input checked="" type="checkbox"/>	9				
Análista:	Fabian Estrada Diaz		Inspección		<input type="checkbox"/>	0				
Método:	Actual		Demora		<input type="checkbox"/>	0				
Tipo apropiado:	Propuesto		Almacenar		<input type="checkbox"/>	0				
		Operador		Material		Total		19		
		Máquina				Distancia (m)		58.6		
						Personas		3		
						Tiempo(s)		518.34		
Actividades	Operación combinada	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenar	Tiempo (s)	Distancia (m)	Observaciones	
1	Llenar carretillas de tepezil del almacenamiento.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	78.34		Lo realiza uno o dos operadores.	
2	Acarrear las carretillas de tepezil para vaciarlas en el molino mezclador.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3.00	Lo realiza uno o dos operadores.	
3	Llenar bote de arena del almacenamiento.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12.46		Realizado por un operador.	
4	Acarrear bote de arena para vaciarla en el molino mezclador.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		6.00	Realizado por un operador.	
5	Llenar botes de cemento del almacenamiento.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.25		Lo realiza un operador utilizando un bote y una pala.	
6	Acarrear botes de cemento y vaciarlos en el molino mezclador.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2.00	Realizado por un operador.	
7	Llenar bote de agua del almacenamiento.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.14		Realizado por un operador.	
8	Acarrear bote de agua para vaciarla en el molino mezclador.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2.00	Lo realiza un operador utilizando un bote.	
9	Mezclado e inspeccionar humedad del material premezclado.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	264.34		Revisar humedad (agregar más agua en caso necesario).	
10	Transportar material premezclado por la banda transportadora para llenar la tolva.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		6.20	Realizado por un operador.	
11	Traer una tarima base con costal.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3.40	Realizado por un operador.	
12	Colocar tarima base y bajar el molde de la máquina.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12.50		Realizado por un operador.	
13	Abrir tolva para llenar el molde de material premezclado.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	43.52		Realizado por un operador.	
14	Aplicar vibro compactación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6.46		Realizado por un operador.	
15	Retirar el exceso de mezcla jalando la tapa del molde o con una tablita.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.12		Realizado por un operador.	
16	Presionar palanca para levantar el molde para desmoldar los bloques.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	84.14		Realizado por un operador.	
17	Trasladar el primer lote de 8 bloques para su secado a la intemperie.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		12.00	Realizado por un operador con ayuda de un diablito.	
18	Regresar con el diablito por otro lote de 8 bloques.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		12.00	Realizado por un operador con ayuda de un diablito.	
19	Trasladar el segundo lote de 8 bloques para su secado a la intemperie.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		12.00	Realizado por un operador con ayuda de un diablito.	

Fuente: Propia.

Figura 32.

Diagrama de flujo de proceso actual de bloques de concreto pesados.

		DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO							Hoja: 1 de 1		
		Fecha:	29 de febrero de 2024		Resumen						
Diagrama	Núm. 2		Actividad		Actual		Propuesto				
Empresa:	“Materiales para Construcción Martínez”		Operación Combinada		<input checked="" type="checkbox"/>	1					
			Operación		<input type="checkbox"/>	8					
Proceso:	Elaboración de bloques de concreto pesados.		Transporte		<input checked="" type="checkbox"/>	6					
			Inspección		<input type="checkbox"/>	0					
Área:	Producción		Demora		<input type="checkbox"/>	0					
Analista:	Fabian Estrada Diaz		Almacenar		<input type="checkbox"/>	0					
Método:	Actual		Total					15			
	Propuesto		Distancia (m)					31.6			
Tipo apropiado:	Operador		Personas					3			
	Máquina		Tiempo(s)					457.07			
Actividades			Operación combinada	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenar	Tiempo (s)	Distancia (m)	Observaciones
1	Llenar carretillas de arena del almacenamiento.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	90.97		Realizado por uno o dos operadores.
2	Acarrear carretillas de arena para vaciarla en el molino mezclador.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		6.00	Realizado por un operador.
3	Llenar botes de cemento del almacenamiento.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.25		Lo realiza un operador.
4	Acarrear botes de cemento y vaciarlos en el molino mezclador.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2.00	Realizado por un operador.
5	Llenar bote de agua del almacenamiento.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.14		Realizado por un operador.
6	Acarrear bote de agua para vaciarla en el molino mezclador.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2.00	Lo realiza un operador.
7	Mezclado e inspeccionar humedad del material premezclado.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	260.34		Revisar humedad (agregar más agua en caso necesario).
8	Transportar material premezclado por la banda transportadora para llenar la tolva.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		6.20	Realizado por un operador.
9	Traer una tarima base con costal.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3.40	Realizado por un operador.
10	Colocar tarima base y bajar el molde de la máquina.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12.5		Realizado por un operador.
11	Abrir tolva para llenar el molde de material premezclado.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	43.52		Realizado por un operador.
12	Aplicar vibro compactación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6.46		Realizado por un operador.
13	Retirar el exceso de mezcla jalando la tapa del molde o con una tablita.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.12		Realizado por un operador.
14	Presionar palanca para levantar el molde para desmoldar los bloques.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	22.69		Realizado por un operador.
15	Retirar los 8 bloques para su secado a la intemperie.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		12.00	Realizado por un operador con ayuda de un diablito.

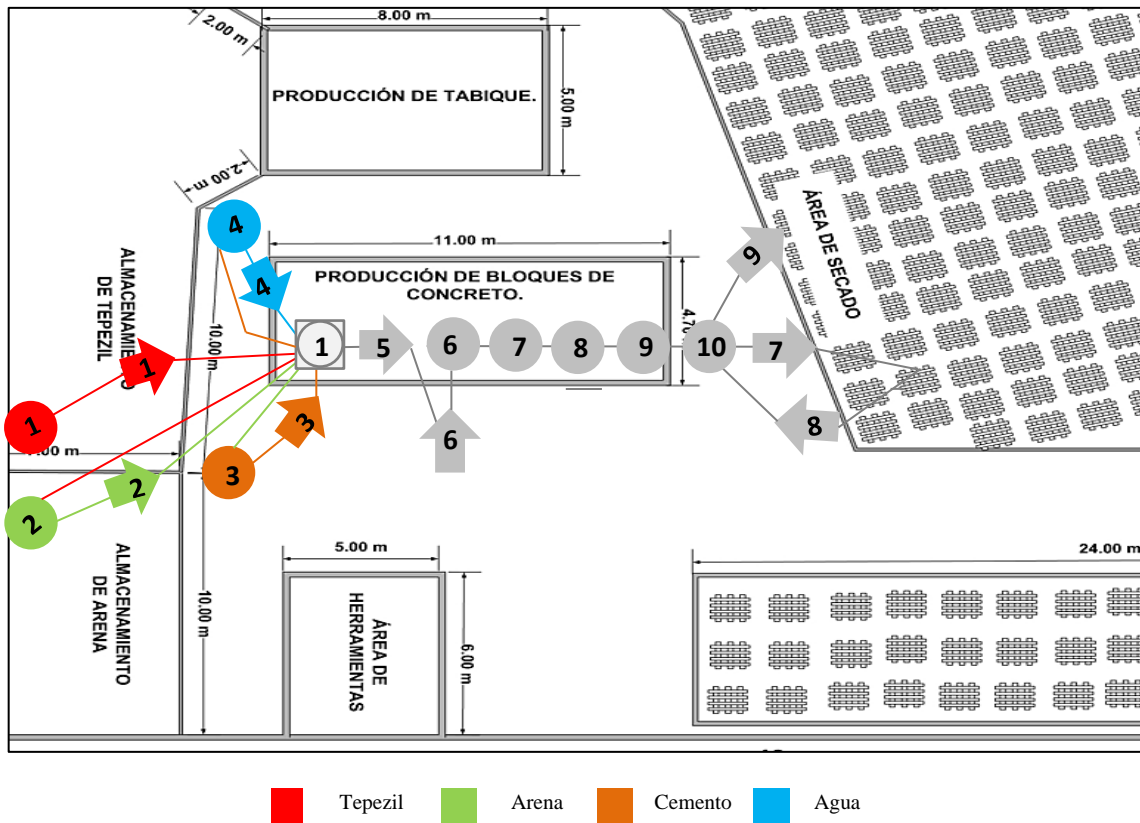
Fuente: Propia.

3.2.4.3. DIAGRAMAS DE RECORRIDO DEL PROCESO ACTUAL

En las Figuras 33 y 34, se muestran los diagramas de recorrido actual de los bloques de concreto ligero y pesado respectivamente, es un complemento del diagrama de flujo de proceso. Estos diagramas permiten visualizar el recorrido de las operaciones, inspecciones, transportes, almacenamientos y demoras del proceso de elaboración de los bloques de acuerdo con la distribución de la planta actual de la empresa.

Figura 33.

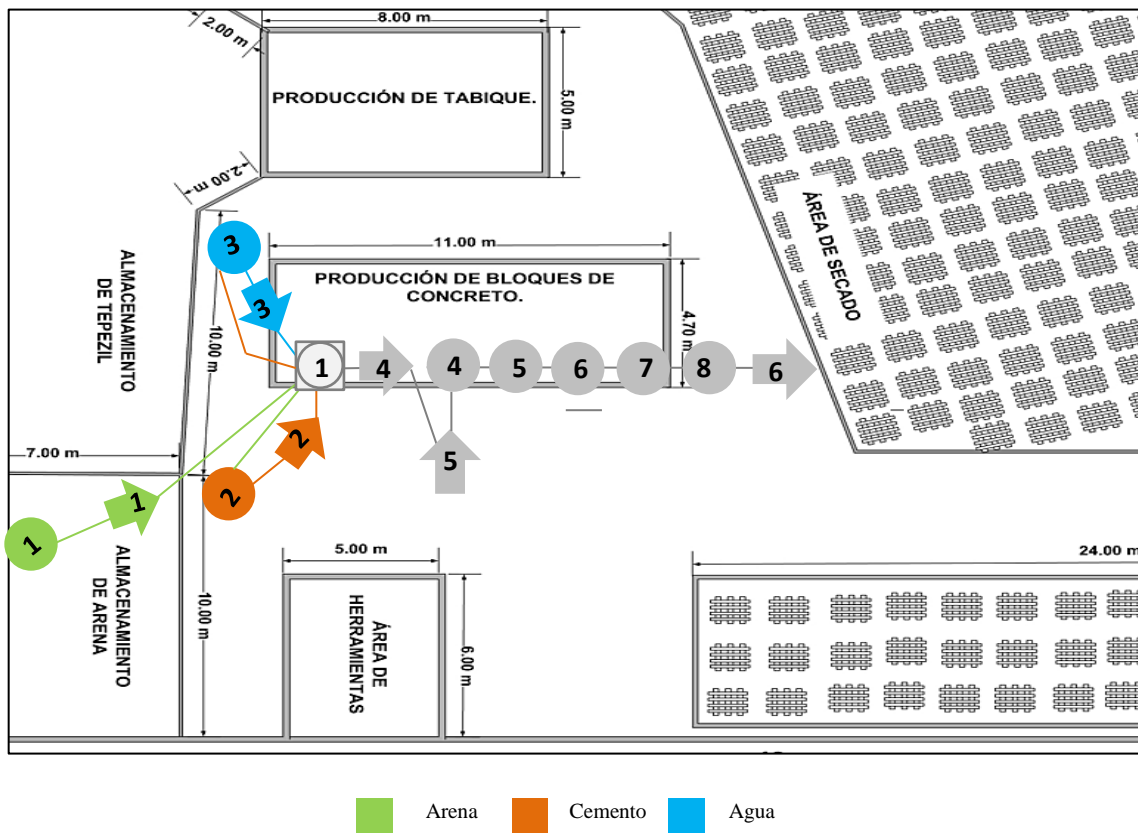
Diagrama de recorrido del proceso actual de bloques de concreto ligeros.



Fuente: Propia.

Figura 34.

Diagrama de recorrido del proceso actual de bloques de concreto pesados.



Fuente: Propia.

3.2.5. CONDICIONES ACTUALES DE LAS TARIMAS BASE

Se utilizan tarimas como base para retirar los bloques de concreto de la máquina y trasportarlos al lugar de fraguado y curado para su secado a la intemperie. Actualmente algunas de estas tablas se encuentran en mal estado, es decir, están rotas, desclavadas, desgastadas, con falta de un pedazo, entre otros, tal como se muestra en la Figura 35.

Figura 35.

Condiciones de las tarimas base.



Fuente: Propia.

Este problema influye en la generación de desperdicios o piezas defectuosas como se observa en la Figura 36.

Figura 36.

Parte de los desperdicios generados por las malas condiciones de la tarima base.



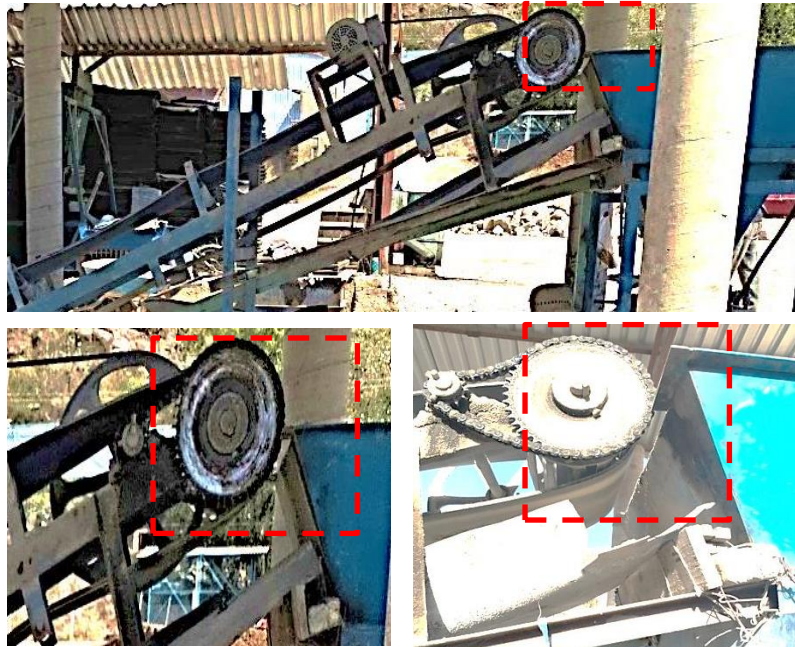
Fuente: Propia.

3.2.6. INSTALACIÓN ACTUAL DE LA MAQUINARIA

En la Figura 37, se muestra que la inadecuada instalación actual de la banda transportadora provoca que parte del material premezclado se derrame al piso provocando que se pierda tiempo en recogerlo, pero obteniendo ya un material contaminado con alta probabilidad de terminar como desperdicio.

Figura 37.

Instalación actual de la banda transportadora.



Fuente: Propia.

En la Figura 38 se observa parte del desperdicio generado por el ángulo de inclinación y la pequeña separación que existe entre la banda transportadora y la tolva.

Figura 38.

Parte de desperdicio generado por la banda transportadora.



Fuente: Propia.

3.3. ANÁLISIS DE DATOS

Con los datos recabados se identifica que es posible y factible eliminar o combinar una operación antes de intentar modificarla. Asimismo, para realizar análisis del método actual se suele utilizar el análisis de las operaciones para estudiar todos los elementos productivos e improductivos de una operación, además un análisis correcto de la situación permite el mejoramiento del método anterior, es decir, simplificar los procesos procedimientos operativos, mejor manejo o flujo de materiales, incrementar la productividad por unidad de tiempo y utilización del equipo con mayor eficacia.

En esta etapa de la investigación es importante revisar cada operación e inspección, que se presentan en los diagramas y/o método utilizado en la situación actual, además el apoyo de preguntas que puedan surgir del ¿por qué?, como por decir algunas:

- ¿Por qué es necesaria esta operación?
- ¿Por qué esta operación se lleva de esta manera?
- ¿Por qué se ha asignado para hacer este trabajo a este trabajador?

Otras preguntas que contribuyen a las propuestas de mejora están el cómo, quién, dónde y cuándo, por decir algunas:

- ¿Cómo puede llevarse a cabo esta operación de una mejor manera?
- ¿Quién puede realizar mejor esta operación?
- ¿Dónde puede realizarse la operación a un menor costo o con mayor calidad?
- ¿Cuándo puede realizarse la operación para invertir la menor cantidad de manejo de materiales?

Después de realizar el diagnóstico de la situación actual de la bloquera “Materiales para Construcción Martínez”, se obtuvo información relevante que se presentan en diagramas de registro y análisis mencionados anteriormente. Asimismo, el análisis con ayuda de las preguntas plantadas del por qué, cómo, quién, dónde y cuándo permitió visualizar oportunidades de mejora.

3.3.1. DIAGRAMA DE PARETO

En la Tabla 13, se muestra algunos de los problemas o causas que se presentan en la bloquera “Materiales para Construcción Martínez”, los cuales provocan desperdicios de material premezclado durante el proceso de fabricación de los bloques y también una cantidad considerable de bloques fracturados que equivale aproximadamente un 8 % de cada día de producción. Asimismo, esto también repercute de manera directa en la productividad de la empresa, en cuanto a pérdida y disminución de la obtención de una mayor cantidad de piezas.

Tabla 13.

Causas que originan desperdicios y bloques fracturados.

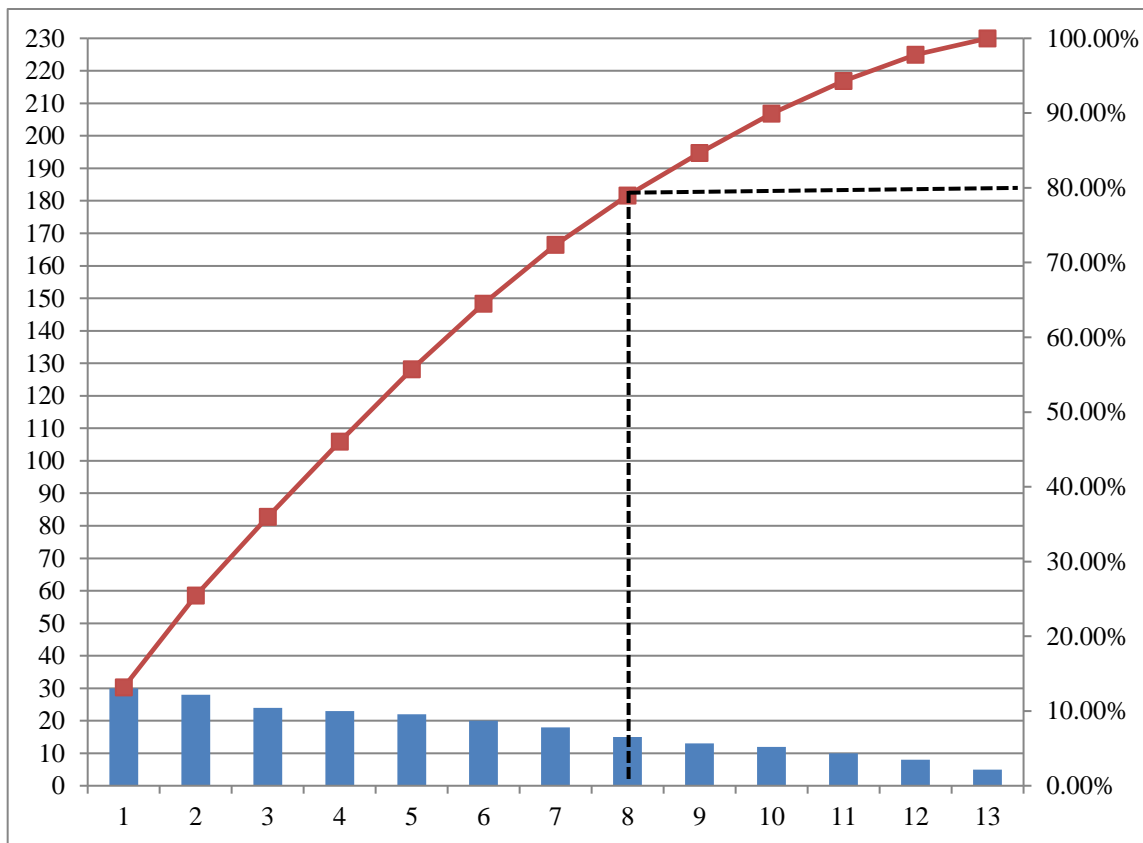
CAUSA/PROBLEMA	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)
1. Falta de tiempos estándares	30	12.30	12.30
2. Tarima base en mal estado	28	11.48	23.77
3. Incorrecta instalación de máquina	24	9.84	33.61
4. Derrame de material	23	9.43	43.03
5. Desproporción en la mezcla de materia prima	22	9.02	52.05
6. Falta de control en la dosificación	20	8.20	60.25
7. Inadecuada distribución de planta	18	7.38	67.62
8. Fatiga del operador	15	6.15	80.33
9. Falta de supervisión	13	5.33	85.66
10. Falta de capacitación del personal	12	4.92	90.57
11. Rotación del personal	10	4.10	94.67
12. Transporte inadecuado	8	3.28	97.95
13. Otros	5	2.05	100.00%
TOTAL	228	100.00%	

Fuente: Propia.

En la Figura 39, se encuentra de manera gráfica el Principio de Pareto o Ley del 80-20, la cual dice que el 80% de las consecuencias son el resultado del 20% de las causas, esta herramienta ayuda a identificar cuáles son los problemas o causas que se deben resolver primero o darles prioridad.

Figura 39.

Gráfica de Pareto de las causas que provocan desperdicios.



Fuente: Propia.

De acuerdo con la Ley 80-20, se muestra en la Figura 39 que los problemas o causas que la empresa debería enfocarse en resolver de manera prioritaria son las siguientes: falta de tiempos estándares, tarima base en mal estado, incorrecta instalación de máquina, derrame de material, desproporción en la mezcla de materia prima, falta de control en la dosificación, inadecuada distribución de planta y fatiga del operador. Por lo tanto, se necesitan implementar propuestas para disminuir el impacto de estas causas en la productividad.

3.3.2. TIEMPO ACTUAL DE PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO LIGEROS

A partir del estudio de tiempos registrados de bloques de concreto ligeros se obtuvieron el tiempo observado, el tiempo normal y el tiempo estándar. Además de utilizar el apoyo de las

tablas de Westinghouse para evaluar el desempeño del operario, asignándole un valor de acuerdo con el criterio propio. A continuación, se muestran los cálculos de cada tiempo que se divide el trabajo.

Tiempo elegido u observado (T_o)

$$T_o = 60.22 + 18.12 + 8.01 + 4.45 + 5.15 + 5.11 + 2.42 + 2.72 + 235.75 + 24.59 + 8.76 + 3.83 + 43.52 + 6.46 + 5.12 + 1.70 + 20.99 + 19.12 + 42.33 = 518.34 \text{ s}$$

Tiempo Normal (T_n)

Después, se procedió a la calificación del ritmo de trabajo, de acuerdo con la Tabla 14 recomendada por Westinghouse:

Tabla 14.

Ritmo de trabajo del estudio 1.

Habilidades	C2	0.03
Esfuerzo	C1	0.05
Condiciones	E	-0.03
Consistencia	E	-0.03
Sumatoria		0.02

Fuente: Propia.

La calificación obtenida se suma o resta al 100% dependiendo del signo y para para obtener el tiempo normal se aplica la fórmula siguiente:

$$T_n = T_o * (\text{Factor de calificación } \%)$$

$$T_n = 518.34 * (1.02)$$

$$T_n = 528.70 \text{ s}$$

Tiempo Estándar (T_e)

Acorde con la tabla de suplementos, se recomienda que para trabajadores hombres se asignan un suplemento para necesidades personales del 5% y un suplemento básico por fatiga del 4%. Por lo tanto, el porcentaje de suplementos total asignado es del 9%, entonces el tiempo estándar es el siguiente:

$$Te = Tn * (1 + \text{Suplementos})$$

$$Te = 528.70 * (1.09)$$

$$Te = 576.28 \text{ s}$$

Se tiene que el tiempo estándar por ciclo es de 9.60 min y por lo tanto corresponde al tiempo de producir un lote de 16 bloques de concreto ligeros. De acuerdo con el tiempo de ciclo obtenido se fabricarán 96 bloques ligeros por hora y en un día de trabajo de 10 horas de 6:00 am a 5:00 pm se llegarían a producir 1 000 piezas.

3.3.3. TIEMPO ACTUAL DE PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO PESADOS

Con base en el estudio de tiempos registrados de bloques de concreto pesados se obtienen el tiempo observado, el tiempo normal y el tiempo estándar. Además de utilizar el apoyo de las tablas de Westinghouse para evaluar el desempeño del operario, asignándole un valor de acuerdo con el criterio propio. A continuación, se muestran los cálculos de cada tiempo en que se divide el trabajo.

Tiempo observado (T_o)

$$T_o = 70.68 + 20.29 + 5.15 + 5.11 + 2.42 + 2.72 + 235.75 + 24.59 + 8.76 + 3.83 + 43.52 + 6.46 + 5.12 + 1.70 + 20.99 = 457.07 \text{ s}$$

Tiempo Normal (T_n)

Después, se procedió a la calificación del ritmo de trabajo de acuerdo con la Tabla 15 recomendada por Westinghouse:

Tabla 15.

Ritmo de trabajo del estudio 2.

Habilidades	C2	0.03
Esfuerzo	C1	0.05
Condiciones	E	-0.03
Consistencia	E	-0.03
Sumatoria		0.02

Fuente: Propia.

La calificación obtenida del tiempo observado se suma o resta al 100% dependiendo del signo y aplicando la fórmula se tiene que el tiempo normal es:

$$Tn = To * (\text{Factor de calificación } \%)$$

$$Tn = 457.07 * (1.02)$$

$$Tn = 466.21 \text{ s}$$

Tiempo Estándar (*Te*)

De acuerdo con la tabla de suplementos, recomienda que para trabajadores hombres se asignar suplemento para necesidades personales el 5% y suplemento básico por fatiga el 4%. Por lo tanto, el porcentaje de suplementos total para asignar es del 9%. Entonces el tiempo estándar es el siguiente:

$$Te = Tn * (1 + \text{Suplementos})$$

$$Te = 466.21 * (1.09)$$

$$Te = 508.16 \text{ s}$$

De lo anterior, se tiene que el tiempo estándar por ciclo es de 8.46 min y por lo tanto corresponde al tiempo de producir un lote de 8 bloques de concreto pesados. Con base en el tiempo de ciclo obtenido se fabricarán 56 bloques pesados por hora y en un día de trabajo de 10 horas de 6:00 am a 5:00 pm se llegarían a producir 567 piezas.

3.4. DESARROLLO DEL MÉTODO IDEAL

En esta parte se analizó la información recabada de la situación actual de la bloquera “Materiales para Construcción Martínez”, para generar las propuestas para contribuir con la mejora de la productividad de la empresa.

Las propuestas para mejorar la productividad de la empresa, se basa en eliminar los tiempos y actividades improductivos, además de lograr un mejor flujo de materiales que permitan agilizar el proceso de producción de los bloques, por ende, obtener un aumento en la cantidad de piezas producidas y al mismo tiempo disminuir el desperdicio.

3.4.1. DIAGRAMAS DE REGISTRO Y ANÁLISIS PROPUESTOS

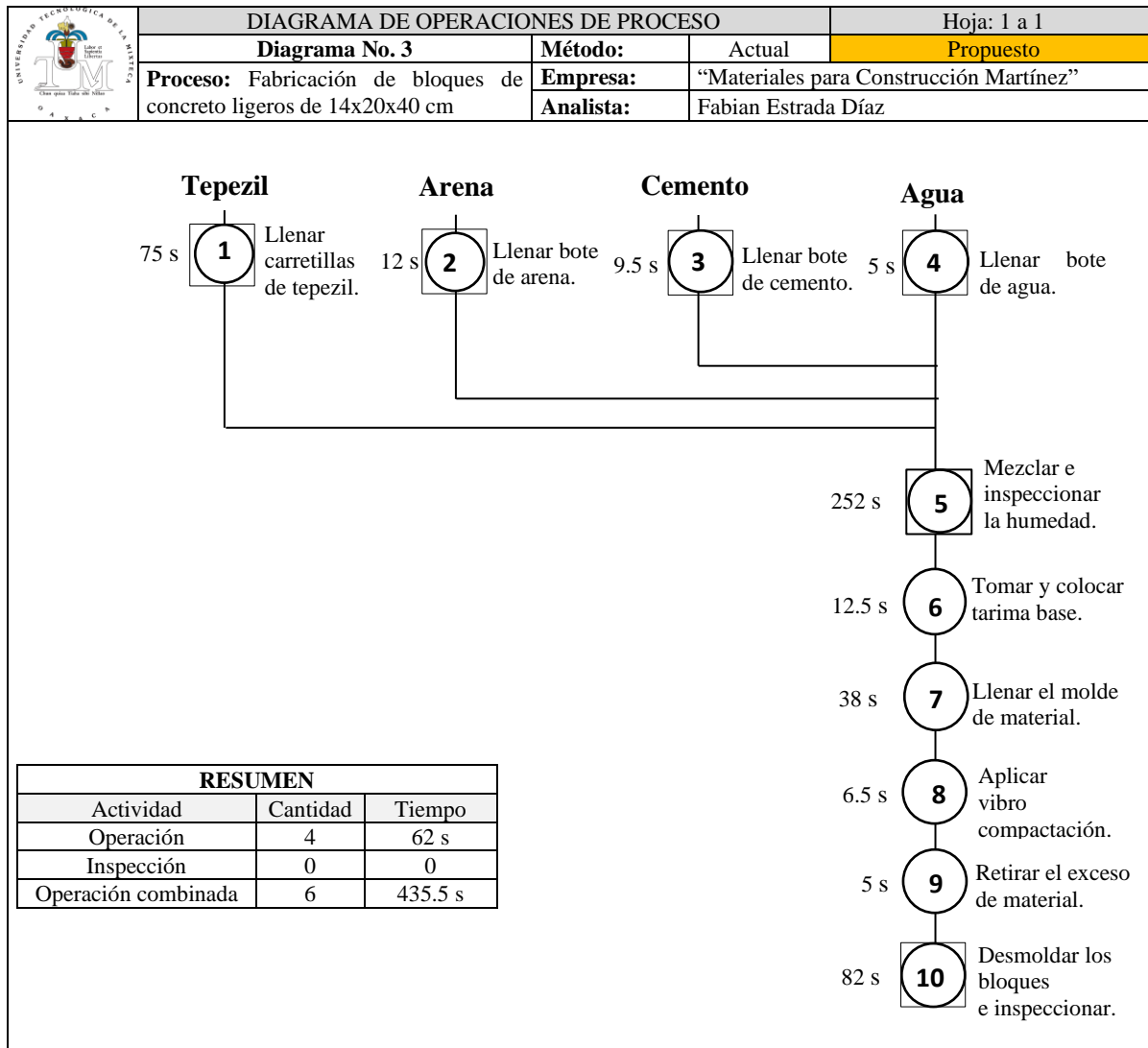
De acuerdo con los diagramas de registro y análisis de la situación actual de la empresa, se identificó que es posible la simplificación, eliminación y combinación de actividades, además de estandarizar los tiempos de cada operación.

3.4.1.1. DIAGRAMA DEL PROCESO DE OPERACIONES PROPUESTO

En las Figuras 40 y 41, se muestran los diagramas de operaciones propuestos de cada tipo de bloque respectivamente, en los cuales se estandarizó el tiempo de cada operación y se combinaron algunas actividades como operación-inspección. En ambos diagramas de los dos tipos de bloques se agregaron operaciones combinadas, es decir, antes del acarreo de los materiales, se realizará una inspección de la cantidad de material para mantener la misma mezcla para todos los ciclos, también se añadió una inspección durante el mezclado del material para manejar una mezcla no muy seca y tampoco muy aguada, asimismo se añadió una inspección final para revisar las características de calidad de los bloques, con la finalidad de disminuir los bloques defectuosos y por ende parte de los desperdicios.

Figura 40.

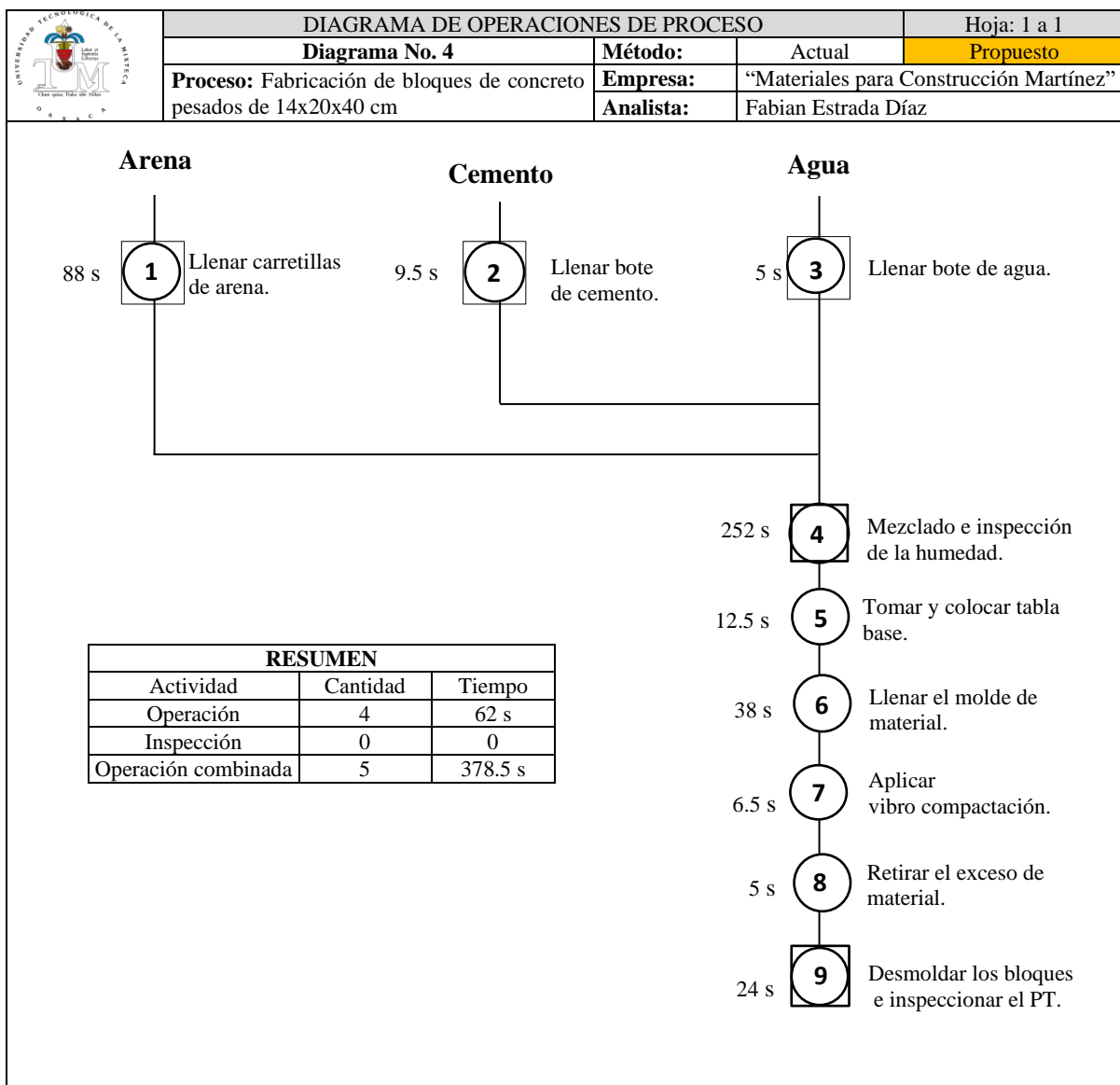
Diagrama de operaciones de proceso propuesto de bloques de concreto ligeros.



Fuente: Propia.

Figura 41.

Diagrama de operaciones de proceso propuesto de bloques de concreto pesados.




Fuente: Propia

3.4.1.2. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PROPUESTO PARA BLOQUES

En las Figuras 42 y 43 se muestran los diagramas de flujo de proceso propuestos, que, de acuerdo con el actual, se identificó que era posible eliminar el transporte de tablas a la máquina, además de agregar inspección durante la medición del material y del producto final, lo cual lo recomendable fue realizarlo durante la operación ejecutada, es decir como operación combinada. Asimismo, se establecieron tiempos estándares.

Figura 42.


Diagrama de flujo de proceso propuesto de bloques de concreto ligeros.

		DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO							Hoja: 1 de 1		
		Fecha:	14 de marzo de 2024		Resumen						
Diagrama	No. 3		Actividad		Actual	Propuesto					
Empresa:	"Materiales para Construcción Martínez"		Operación combinada		1	6					
			Operación		9	4					
Proceso:	Elaboración de bloques de concreto ligeros.		Transporte		9	8					
Área:	Producción		Inspección		0	0					
Análista:	Fabian Estrada Diaz		Demora		0	0					
Método:	Actual		Almacenar		0	0					
	Propuesto		Total		19	18					
Tipo apropiado:	Operador	Material	Distancia (m)		58.6	55.2					
	Máquina		Personas		3	3					
			Tiempo(s)		518.34	488.9					
Actividades			Operación combinada	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenar	Tiempo (s)	Distancia (m)	Observaciones
1	Llenar carretillas de tepezil del almacenamiento.							75.2			Lo realiza uno o dos operadores.
2	Acarrear las carretillas de tepezil para vaciarlas en el molino mezclador.								3.00		Lo realiza uno o dos operadores.
3	Llenar bote de arena del almacenamiento.							12			Realizado por un operador.
4	Acarrear bote de arena para vaciarla en el molino mezclador.								6.00		Realizado por un operador.
5	Llenar botes de cemento del almacenamiento.							9.5			Lo realiza un operador.
6	Acarrear botes de cemento y vaciarlos en el molino mezclador.								2.00		Realizado por un operador.
7	Llenar bote de agua del almacenamiento.							5			Realizado por un operador.
8	Acarrear bote de agua para vaciarla en el molino mezclador.								2.00		Lo realiza un operador.
9	Mezclado de los materiales e inspección de la humedad							252			Revisar humedad (agregar más agua en caso necesario).
10	Transportar material premezclado por la banda transportadora para llenar la tolva.								6.20		Realizado por un operador.
11	Tomar y colocar tarima base para bajar el molde de la máquina.							3.8			Realizado por un operador.
12	Abrir tolva para llenar el molde de material premezclado.							38			Realizado por un operador.
13	Aplicar vibro compactación.							6.5			Realizado por un operador.
14	Retirar el exceso de mezcla jalando la tapa del molde.							5			Realizado por un operador.
15	Desmoldar los bloques e inspeccionar el producto final.							82			Realizado por un operador y medir cada 1 de 8 piezas.
16	Trasladar el primer lote de 8 bloques al área de fraguado y curado.								12.00		Realizado por un operador con ayuda de un diablito.
17	Regresar con el diablito por otro lote de 8 bloques.								12.00		Realizado por un operador con ayuda de un diablito.
18	Trasladar los segundos 8 bloques para su al área de fraguado y curado.								12.00		Realizado por un operador con ayuda de un diablito.

Fuente: Propia.

Figura 43.

Diagrama de flujo de proceso propuesto de bloques de concreto pesados.

		DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO							Hoja: 1 de 1		
		Fecha:	14 de marzo de 2024		Resumen					Actual	Propuesto
Diagrama	No. 4		Actividad		<input checked="" type="checkbox"/>	1	5				
Empresa:	"Materiales para Construcción Martínez"		Operación		<input type="checkbox"/>	8	4				
			Transporte		<input checked="" type="checkbox"/>	6	5				
Proceso:	Elaboración de bloques de concreto pesados.		Inspección		<input type="checkbox"/>	0	0				
Área:	Producción		Demora		<input type="checkbox"/>	0	0				
Analista:	Fabian Estrada Diaz		Almacenar		<input type="checkbox"/>	0	0				
Método:	Actual		Total					15	14		
	Propuesto		Distancia (m)					31.6	28.2		
Tipo apropiado:	Operador	Material		Personas					3	3	
	Máquina		Tiempo(s)					457.07	440.4		
Actividades			Operación combinada	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenar	Tiempo (s)	Distancia (m)	Observaciones
1	Llenar carretillas de arena del almacenamiento.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	88		Realizado por un operador.
2	Acarrear las carretillas de arena para vaciarlas en el molino mezclador.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		6.00	Realizado por un operador.
3	Llenar botes de cemento del almacenamiento.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9.5		Lo realiza un operador.
4	Acarrear botes de cemento y vaciarlos en el molino mezclador.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2.00	Realizado por un operador.
5	Llenar bote de agua del almacenamiento.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5		Realizado por un operador.
6	Acarrear bote de agua para vaciarla en el molino mezclador.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2.00	Lo realiza un operador.
7	Mezclado de los materiales e inspección de la humedad.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	252		Revisar humedad (agregar más agua en caso necesario).
8	Transportar material premezclado por la banda transportadora para llenar la tolva.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		6.20	Realizado por un operador.
9	Tomar y colocar tarima base con costal para bajar el molde de la máquina.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12.5		Realizado por un operador.
10	Abrir tolva para llenar el molde de material premezclado.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	38		Realizado por un operador.
11	Aplicar vibro compactación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6.5		Realizado por un operador.
12	Retirar el exceso de mezcla jalando la tapa del molde.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5		Realizado por un operador.
13	Desmoldar los bloques y realizar una inspección.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	24		Realizado por un operador y medir cada 1 de 8 piezas.
14	Trasladar los 8 bloques al área de fraguado y curado.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		12.00	Realizado por un operador con ayuda de un diablito.

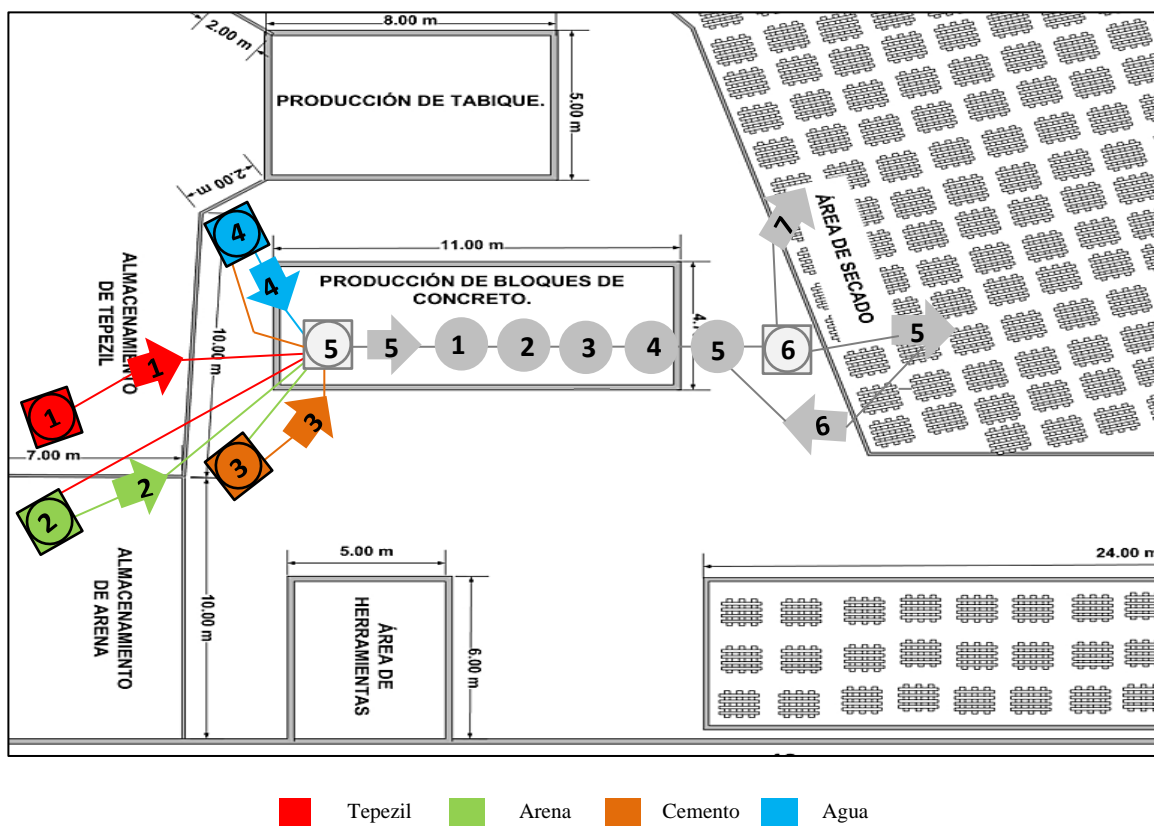
Fuente: Propia.

3.4.1.3. DIAGRAMA DE RECORRIDO DEL PROCESO PROPUESTO DE BLOQUES

En las Figuras 44 y 45, se muestran los diagramas de recorrido propuestos, de acuerdo con el análisis obtenido de la situación actual de la empresa, asimismo se pueden observar la eliminación del transporte de la tarima base a la máquina al proponer ponerlas junto a la máquina, combinación de operación e inspección con la finalidad de asegurar que se revise el material y pieza final conforme a lo requerido.

Figura 44.

Diagrama de recorrido del proceso propuesto de bloques de concreto ligeros.



Fuente: Propia.

Figura 45.

Diagrama de recorrido del proceso propuesto de bloques de concreto pesados.



Fuente: Propia.

3.4.2. TIEMPO PROPUESTO DE PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO LIGEROS

Considerando el criterio del encargado de la bloquera en la Tabla 16, se muestra el tiempo que el dueño considera el adecuado para realizar cada actividad durante todo el proceso de elaboración de bloques ligeros, aunque este tiempo se considera como el tiempo observado, pero sin añadirle las interrupciones o la calificación del desempeño del operador de acuerdo con el criterio observado.

Tabla 16.*Tiempo establecido sin interrupciones para bloques ligeros.*

ACTIVIDADES		TIEMPO ESTABLECIDO (segundos)
1	Llenar carretillas de tepezil del almacenamiento.	58.0
2	Acarrear las carretillas de tepezil para vaciarlas en el molino mezclador.	18.0
3	Llenar bote de arena del almacenamiento.	7.8
4	Acarrear bote de arena para vaciarla en el molino mezclador.	4.2
5	Llenar botes de cemento del almacenamiento.	5.0
6	Acarrear botes de cemento y vaciarlos en el molino mezclador.	4.5
7	Llenar bote de agua del almacenamiento.	2.5
8	Acarrear bote de agua para vaciarla en el molino mezclador.	2.5
9	Mezclado de los materiales e inspección de la humedad.	228.0
10	Transportar material premezclado por la banda transportadora para llenar la tolva.	24.0
11	Tomar y colocar tarima base para bajar el molde de la máquina.	3.8
12	Abrir tolva para llenar el molde de material premezclado.	38.0
13	Aplicar vibro compactación.	6.5
14	Retirar el exceso de mezcla jalando la tapa del molde.	8.5
15	Desmoldar los bloques e inspeccionar el producto final.	5.0
16	Trasladar el primer lote de 8 bloques al área de fraguado y curado.	19.0
17	Regresar con el diablito por otro lote de 8 bloques.	15.0
18	Trasladar los segundos 8 bloques para su al área de fraguado y curado.	40.0

Fuente: Propia.

Tiempo observado (T_o) es el siguiente:

$$T_o = 58.0 + 18.0 + 7.8 + 4.2 + 5.0 + 4.5 + 2.5 + 2.5 + 228.0 + 24.0 + 3.8 + 38.0 + 6.5 + 8.5 + 5.0 + 19.0 + 15.0 + 40.0 = 488.9 \text{ s}$$

Con la información proporcionada por el encargado de la producción, se obtuvo el tiempo normal y el tiempo estándar, para evaluar el desempeño del operario se utilizó la información de las tablas de Westinghouse para asignar un valor de acuerdo con el criterio propio.

Tiempo Normal (T_n)

Después, se procedió a la calificación del ritmo de trabajo de acuerdo con la Tabla 17 recomendada por Westinghouse:

Tabla 17.

Ritmo de trabajo del estudio 3.

Habilidades	C2	0.03
Esfuerzo	C1	0.05
Condiciones	E	-0.03
Consistencia	E	-0.03
Sumatoria		0.02

Fuente: Propia.

La calificación obtenida del tiempo observado se suma o resta al 100% dependiendo del signo. Se aplica la fórmula siguiente para obtener el tiempo normal:

$$T_n = T_o * (\text{Factor de calificación } \%)$$

$$T_n = 488.9 * (1.02)$$

$$T_n = 498.67 \text{ s}$$

Tiempo Estándar (T_e)

De acuerdo con la tabla de suplementos se recomienda que para trabajadores hombres se debe asignar un suplemento para necesidades personales el 5% y un suplemento básico por fatiga el 4%. Por lo tanto, el porcentaje de suplementos total para asignar es de 9%, entonces el tiempo estándar es el siguiente:

$$T_e = T_n * (1 + \text{Suplementos})$$

$$T_e = 498.67 * (1.09)$$

$$T_e = 543.55 \text{ s}$$

Del cálculo anterior se tiene que el tiempo estándar por ciclo es de 9.05 min, el cual corresponde al tiempo de producir un lote de 16 bloques de concreto ligeros. Considerando el tiempo de ciclo obtenido se fabricarán 96 bloques ligeros por hora y en un día de trabajo de 10 horas de 6:00 am a 5:00 pm se llegarían a producir 1 060 piezas.

3.4.3. TIEMPO PROPUESTO DE PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO PESADOS

De acuerdo con el criterio del encargado de la bloquera en la Tabla 18, se muestra el tiempo que el dueño considera el adecuado para realizar cada actividad durante todo el proceso de elaboración de bloques pesados, aunque este tiempo se considera como el tiempo observado, pero sin añadirle las interrupciones o la calificación del desempeño del operador de acuerdo con el criterio observado.

Tabla 18.

Tiempos establecidos sin interrupciones para bloques pesados.

ACTIVIDADES		TIEMPO ESTABLECIDO (segundos)
1	Llenar carretillas de arena del almacenamiento.	65
2	Acarrear las carretillas de arena para vaciarlas en el molino mezclador.	23
3	Llenar botes de cemento del almacenamiento.	5
4	Acarrear botes de cemento y vaciarlos en el molino mezclador.	4.5
5	Llenar bote de agua del almacenamiento.	2.5
6	Acarrear bote de agua para vaciarla en el molino mezclador.	2.5
7	Mezclado de los materiales e inspección de la humedad.	228
8	Transportar material premezclado por la banda transportadora para llenar la tolva.	24
9	Tomar y colocar tarima base con costal para bajar el molde de la máquina.	3.8
10	Abrir tolva para llenar el molde de material premezclado.	38
11	Aplicar vibro compactación.	6.5
12	Retirar el exceso de mezcla jalando la tapa del molde.	5
13	Desmoldar los bloques y realizar una inspección.	5
14	Trasladar los 8 bloques al área de fraguado y curado.	19

Fuente: Propia.

Tiempo observado (T_o)

$$T_o = 65.0 + 23.0 + 5.0 + 4.5 + 2.5 + 228.0 + 24.0 + 3.8 + 38.0 + 6.5 + 5.0 + 5.0 + 19.0 = 440.5 \text{ s}$$

Con la información proporcionada por el encargado de la producción, se puede obtener el tiempo normal y el tiempo estándar, utilizando el apoyo de las tablas de Westinghouse para evaluar el desempeño del operario, asignándole un valor de acuerdo con el criterio propio.

Tiempo Normal (T_n)

Después, se procedió a la calificación del ritmo de trabajo de acuerdo con la Tabla 19 recomendada por Westinghouse:

Tabla 19.

Ritmo de trabajo del estudio 4.

Habilidades	C2	0.03
Esfuerzo	C1	0.05
Condiciones	E	-0.03
Consistencia	E	-0.03
Sumatoria		0.02

Fuente: Propia.

La calificación obtenida del tiempo observado se suma o resta al 100%, dependiendo del signo. Se aplica la fórmula para obtener el tiempo normal:

$$T_n = T_o * (\text{Factor de calificación } \%)$$

$$T_n = 440.5 * 1.02$$

$$T_n = 449.31 \text{ s}$$

Tiempo Estándar (T_e)

De acuerdo con la tabla de suplementos se recomienda que para trabajadores hombres se asigne suplemento para necesidades personales del 5% y un suplemento básico por fatiga del 4%. Por lo tanto, el porcentaje de suplementos total para asignar es del 9%. Entonces el tiempo estándar es el siguiente:

$$T_e = T_n * (1 + \text{Suplementos})$$

$$T_e = 449.31 * (1.09)$$

$$T_e = 489.74 \text{ s}$$

Por lo anterior, el tiempo estándar por ciclo es de 8.16 min, dicho tiempo es el que se requiere para producir un lote de 8 bloques pesados. Tomando en cuenta el tiempo de ciclo se obtendrán 56 bloques de concreto pesados en una hora y en un día de trabajo de 10 horas de 6:00 am a 5:00 pm se llegarían a producir 588 piezas.

3.4.4. PROPUESTA DE MEJORA DE LAS CONDICIONES DE LAS TARIMAS BASE

Para mejorar las condiciones de las tarimas se propone utilizar alguna cubierta de plástico para lograr una mejor resistencia de la tarima base, además de poder aplicar la vibro compactación de manera más uniforme, con esto se puede eliminar la utilización del costal y evitar tener menos cantidad de piezas fracturadas.

Como bien se mencionó anteriormente en la descripción del proceso de la bloquera “Materiales para Construcción Martínez”, las medidas de las tarimas son de 95 cm x 67 cm como se muestra en la Figura 46.

Figura 46.

Medidas de las tarimas base.



Fuente: Propia.

Primera opción

La empresa Visalbe, tienda de Materiales para la construcción ubicada en Monterrey, Nuevo León, comercializa una cubierta de material de PVC y fibra de vidrio de 4 mm de espesor que se propone, como se observa en la Figura 47.

Figura 47.

Cubierta de PVC y fibra de vidrio.



Fuente: Visalbe (2022).

El beneficio es proteger las tarimas y la recuperación de las tarimas dañadas con desprendimiento. Por lo que en la Figura 48 se observa un ejemplo de la implementación de la propuesta.

Figura 48.

Colocación de la cubierta sobre la tarima base.



Nota: Para su colocación se pueden utilizar tornillos colocándolos con ayuda de un taladro.

Fuente: Visalbe (2022).

La producción diaria es aproximadamente de mil piezas diarias, pero por cada lote de 8 piezas se utiliza una tarima, entonces para las mil piezas se necesitan 125 tarimas. De acuerdo con la información proporcionada por la empresa Visalbe el costo que tiene esta propuesta es de \$75 por cada pieza, por lo tanto, la cantidad de inversión para comenzar con la implementación es de \$9 375, aproximadamente. Por lo que invertir en este tipo de mejora contribuye en la disminución de las pérdidas monetarias de la empresa y aumenta sus utilidades.

Segunda opción

En la Figura 49, se muestra un producto de la empresa Estrumaq ubicada en Guadalajara, Jalisco, enfocada con la innovación y modernización de las placas de madera. Dicho producto es una cubierta plástica de polímeros reciclados, tiene un peso aproximado de 7 kg y un espesor de 1 cm. Este producto considerado como una segunda propuesta implica una mayor inversión, pero la calidad del material influye en el tiempo de vida que puede llegar a tener las tarimas junto con la cubierta.

Figura 49.

Cubierta plástica de polímero reciclado.

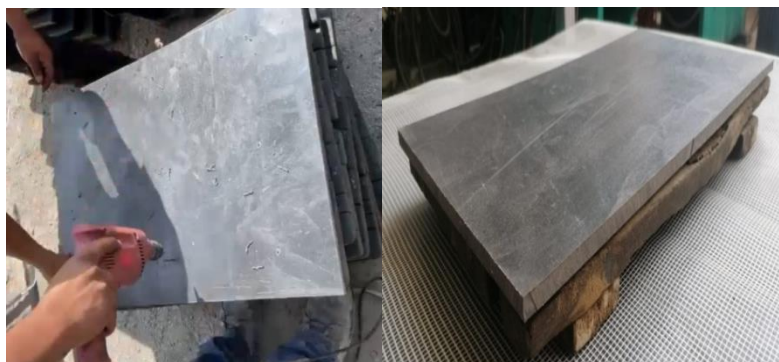


Fuente: Estrumaq (2020).

En la Figura 50, se muestra la colocación de la cubierta plástica de polímero reciclado sobre la tarima. El costo por pieza es de \$216, por lo tanto, la inversión para las 125 tarimas es de alrededor de \$27 000 pesos.

Figura 50.

Colocación de la cubierta plástica sobre la tarima.



Fuente: Estrumaq (2020).

3.4.5. PROPUESTA DE MEJORA DE LA INSTALACIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA

En la Figura 51, se muestra la propuesta de mejora, la cual consiste en recorrer la banda transportadora hacia la tolva para eliminar el espacio que provoca que el material se derrame al piso.

Figura 51.

Instalación de la banda transportadora propuesta.



Fuente: Santamaría (2016).

3.4.6. PROPUESTA PARA ESTANDARIZACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE MATERIALES

En la Tabla 20, se muestra la dosificación de materiales propuesta por el dueño de la empresa para elaborar bloques de concreto ligeros, por cada ciclo de trabajo.

Tabla 20.

Dosificación de materiales para bloques de concreto ligeros.

Material	Cantidad requerida	Cantidad de piezas obtenidas	Dimensiones
Tepezil	3 carretillas	16 piezas	40 x 20 x 14 cm
Cemento	1 bote de 19 litros		
Arena	2 paladas		
Agua	1 bote de 19 litros		

Fuente: Propia.

En la Tabla 21, se muestra la dosificación de materiales propuesta por el dueño de la empresa para elaborar bloques de concreto pesados por cada ciclo de trabajo.

Tabla 21.

Dosificación de materiales para bloques de concreto pesados.

Material	Cantidad requerida	Cantidad de piezas obtenidas	Dimensiones
Cemento	1 bote de 19 litros	8 piezas	40 x 20 x 14 cm
Arena	2 carretillas		
Agua	1 bote de 19 litros		

Fuente: Propia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este último capítulo, se presentan los resultados después de haber desarrollado los pasos del método, así como las conclusiones respectivas.

4.1. PRESENTACIÓN E INSTALACIÓN DEL MÉTODO PROPUESTO

Después de haber estudiado y analizado el proceso para la elaboración de bloques de concreto, algunas de las propuestas se encuentran implementadas y otras se encuentran en proceso de validación para que posiblemente se lleguen a implementar a largo plazo. A continuación, se muestra en la Tabla 22, las propuestas de mejora que se plantearon:

Tabla 22.

Resumen de las propuestas de mejoras planteadas.

PROPUESTA	QUÉ SE LOGRARÁ	ESTABLECIDA	POR PRESENTAR
Diagramas de registro y análisis propuestos.	Eliminación, simplificación y combinación de operaciones. Además de disminuir o eliminar distancias y disminuir tiempos.	X	
Propuesta de mejora de las condiciones de las tarimas base.	Contribuye para una mejor vibro compactación del material, mejorar las condiciones de las tarimas y disminuir las fracturas de piezas.		X
Modificar la instalación de la banda transportadora.	Contribuir con la disminución de desperdicios que surge por el material derramado.		X
Estandarización de la dosificación de materiales propuesta.	Lograr una mejor homogenización de la mezcla y asegurar que todas las piezas tengan las mismas proporciones.	X	







Fuente: Propia.

Resultados del estudio de tiempos del método actual y propuesto

En la Tabla 23, se muestra la comparación de los resultados obtenidos en el proceso de elaboración de bloques de concreto ligeros actual y propuesto. En el proceso propuesto se tienen 6 operaciones combinadas, 4 operaciones, 8 actividades de transporte y ninguna inspección, demora o almacenamiento, lo cual incide en la distancia recorrida de 55.2 m que en comparación con la distancia del proceso actual de 58.6 m es menor. Asimismo, el tiempo estimado del proceso de fabricación propuesto es de 488.9 s un valor menor con respecto al tiempo del proceso actual de 518.34 s. Por lo tanto, con el método propuesto se logra una disminución de 3.4 m de distancia y 29.44 s con respecto al tiempo del proceso de producción.

Tabla 23.

Comparación del método actual y propuesto en bloques ligeros.

BLOQUES LIGEROS				
ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPUESTA	DIFERENCIA
Operación combinada		1	6	5
Operación		9	4	5
Transporte		9	8	1
Inspección		0	0	0
Demora		0	0	0
Almacenar		0	0	0
Total		19	18	1
Distancia (m)		58.6	55.2	3.4
Personas		3	3	0
Tiempo (s)		518.34	488.9	29.44

Fuente: Propia.

En la Tabla 24, se presenta la comparación de los resultados del proceso de elaboración de bloques pesados que se lleva a cabo actualmente, así como el propuesto. En el proceso propuesto se consideraron 5 operaciones combinadas, 4 operaciones, 5 actividades de transporte y ninguna inspección, demora o almacenamiento, lo cual incide en la distancia recorrida de 28.2 m que en comparación con la distancia del proceso actual de 31.6 m es menor. Así como el tiempo estimado del proceso de fabricación propuesto es de 440.4 s un

valor menor con respecto al tiempo del proceso actual de 457.07 s. Por lo tanto, con el método propuesto se logra una disminución de 3.4 m de distancia y 16.67 s con respecto al tiempo del proceso de producción.

Tabla 24.

Comparación del método actual y propuesto de bloques pesados.

BLOQUES PESADOS				
ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPUESTO	DIFERENCIAS
Operación combinada	◻	1	5	4
Operación	○	8	4	4
Transporte	⇒	6	5	1
Inspección	□	0	0	0
Demora	D	0	0	0
Almacenar	▽	0	0	0
Total		15	14	2
Distancia (m)		31.6	28.2	3.4
Personas		3	3	0
Tiempo(s)		457.07	440.4	16.67

Fuente: Propia.

Resultados estimados de la productividad en general del método actual y propuesto

De acuerdo con el estudio de tiempos y la información recabada de los diagramas de registro y análisis, se determinó la productividad del proceso en general de bloques de concreto ligeros y pesados.

En la Tabla 25, se muestran los datos registrados de la productividad de bloques de concreto ligeros, se observa una mejora en cuanto al número de piezas con respecto a la implementación del método propuesto, es decir, se observa una mejora de 60 piezas más por día, 360 piezas más por semana.

Tabla 25.

Productividad de bloques de concreto ligeros.

PRODUCTIVIDAD DE BLOQUES DE CONCRETO LIGEROS			
Tiempo	Actual (Piezas)	Propuesto (Piezas)	Diferencias (Piezas)
Hora	96	96	0
Día	1 000	1 060	60
Semana	6 000	6 360	360

Fuente: Propia.

En la Tabla 26, se muestran los datos registrados de la productividad de bloques de concreto pesados, se observa una mejora en cuanto al número de piezas con respecto a la implementación del método propuesto, es decir, se observa una mejora de 21 piezas más por día, 126 piezas más por semana.

Tabla 26.

Productividad de bloques de concreto pesados.

PRODUCTIVIDAD DE BLOQUES DE CONCRETO PESADOS			
Tiempo	Actual (Piezas)	Propuesto (Piezas)	Diferencias (Piezas)
Hora	56	56	0
Día	567	588	21
Semana	3 402	3 528	126

Fuente: Propia.

Por lo tanto, de acuerdo con los resultados mostrados, al llegar a implementar el método propuesto completamente se pueden obtener mejores ganancias para la empresa al realizar una mayor cantidad de piezas en menor tiempo, además de implementar en el método propuesto la inspección tanto de los materiales como del producto final.

4.2. DESARROLLO Y ANÁLISIS DEL TRABAJO

Antes de comenzar con la implementación de cualquiera de las propuestas planteadas, se debe pensar en la forma que se deben plantear primeramente al dueño de la empresa para que revise cada propuesta y autorice su ejecución. Aunque es importante aclarar que todo cambio en una empresa es complicado por la resistencia se puede llegar a tener por parte del personal en general.

Como ingenieros industriales, se necesitan habilidades de comunicaciones interpersonales, por lo que influir en sus pensamientos y cambiarlos, requiere de algunos métodos o algunas de las técnicas como por ejemplo en la Tabla 27, se presenta el enfoque de Dale Carnegie, el cual puede ayudar en crear una forma de implementar los nuevos cambios o eliminar la resistencia de realizar los métodos de trabajo propuestos.

Tabla 27.

Enfoque de Dale Carnegie.

Técnicas fundamentales para el manejo de personal.
<ol style="list-style-type: none">1. En vez de criticar a las personas, intente entenderlas.2. Todas las personas necesitan sentirse importantes.3. Todas las personas están interesadas en sus propias necesidades.
Seis formas de agradecerles a las personas.
<ol style="list-style-type: none">1. Interésese genuinamente por los demás.2. Sonría.3. El nombre de las personas es el sonido más importante.4. Ser buen oyente.5. Hablar en términos de los intereses de la otra persona.6. Hacer que la otra persona se sienta importante.
Doce formas de ganarse a las personas para que piensen como usted.
<ol style="list-style-type: none">1. La única manera de obtener lo mejor de una discusión es evitarla.2. Mostrar respeto por las opiniones de otras personas.3. Si está equivocado, admitirlo rápido y enfáticamente.4. Comenzar de una manera amigable.5. Hacer que la otra persona diga sí, de inmediato.6. Dejar que la otra persona sienta que la idea es de él o ella.7. Dejar que la otra persona hable a su gusto.8. Tratar honestamente de ver las cosas desde el punto de vista de la otra persona.9. Simpatice con las ideas o deseos de la otra persona.10. Apoyarse en los motivos más nobles.11. Dramatizar las ideas.12. Derribar un reto.
Nueve formas de cambiar a las personas.
<ol style="list-style-type: none">1. Iniciar con un elogio y una apreciación honesta.2. Llamar la atención hacia los errores de las personas en forma indirecta.3. Hablar sobre sus propios errores antes de criticar a otras personas.4. Hacer preguntas en vez de dar órdenes directas.5. Dejar que la otra persona salga bien librada.6. Elogiar hasta la más ligera mejora.7. Dar a la otra persona una buena reputación.8. Utilice al exhorto.9. Hacer que la otra persona se sienta feliz de hacer lo que usted sugirió.

Fuente: Niebel y Freivalds (2012).

4.3. ESTABLECIMIENTO DE ESTÁNDARES DE TIEMPO

Los tiempos estándares se obtuvieron con base en el criterio propuesto por el dueño y el encargado de producción, los cuales se registraron en las Tablas 16 y 18, pero de acuerdo con el estudio del comportamiento humano, el dominar una operación requiere un periodo de nivelación relacionado con el aprendizaje, lo que se llama curva de aprendizaje, por lo que es necesario calificar el desempeño del operador y establecer estándares de tiempo para medir el avance del operador.

Con los tiempos establecidos considerando la experiencia del encargado, fue necesario calcular los tiempos estándar para conocer comportamiento diario de una jornada de trabajo, los cuales se presentan a continuación.

- **Para bloques ligeros**

$$T_e = 543.55 \text{ s/ciclo} = 9.05 \text{ min/ciclo}$$

- **Para bloques pesados**

$$T_e = 489.74 \text{ s/ciclo} = 8.16 \text{ min/ciclo}$$

4.4. SEGUIMIENTO

Para cualquier implementación de mejora continua que se llegue a implementar, ya sea de las que se proponen en esta tesis, así como otras, se debe dar seguimiento para obtener resultados favorables, además de mantener comunicación con el dueño o encargado del área de producción. Cabe señalar que por el momento no se presentan acciones de seguimiento, ya que solo se contempló una propuesta de mejora en el documento de tesis.

4.5. CONCLUSIONES

Considerando las experiencias aprendidas, las modificaciones en un lugar de trabajo son complicadas por la resistencia al cambio, pero cabe mencionar que todo cambio por muy menor que sea puede ser benéfico para la empresa en donde se llegue a implementar, estos beneficios pueden ser desde ahorro de tiempo, disminución de los desperdicios, mejora de la calidad del producto e incluso reducción en costos. Y es precisamente lo que se propuso como objetivo en este trabajo de tesis, realizar mejoras en la producción de bloques de concreto por medio del programa de ingeniería de métodos.

Con base en los datos obtenidos en la investigación y al realizar una comparación del método actual con el método propuesto respecto al registro de datos de las Tablas 25 y 26, se mejoró la productividad en cuanto a la cantidad de piezas implementando el método propuesto, ya que la producción por día con el método propuesto se puede llegar a producir 60 piezas/día más de bloques de concreto ligeros y 20 piezas/día más para bloques de concreto pesados. Cabe mencionar que otro aspecto importante, el cual es el aumento de la eficiencia del método propuesto con respecto al método actual. En que la Tabla 28 se muestra la eficiencia de cada método.

Tabla 28.

Eficiencia del método actual y propuesto.

Bloque	Método	Piezas/día	Eficiencia	Diferencia
Ligero	Actual	1 000	100%	6%
	Propuesto	1 060	106%	
Pesado	Actual	567	100%	4%
	Propuesto	588	104%	

Fuente: Propia.

Por lo tanto, se observa en la Tabla 28 una mejora en cuanto a la eficiencia del método propuesto, es decir, existe una mejora del 6% para los bloques ligeros y un 4% para los bloques pesados.

De acuerdo con el objetivo general de desarrollar una propuesta de mejora en el proceso de fabricación de bloques de concreto mediante el análisis de las operaciones para la estandarización de actividades y el incremento de la productividad, se tuvo resultados favorables para la empresa dentro de su área de producción, asimismo, los objetivos específicos establecidos como el de elaborar diagramas de registro y análisis para identificar las operaciones del proceso tanto para los bloques de concreto ligeros y pesados, logró proporcionar la información relevante para identificar las principales causas de muchos problemas y de las áreas de oportunidad para ayudar en mejorar, además otro de los objetivos específicos de haber analizado cada operación del proceso de elaboración de bloques de concreto para establecer los elementos que influyen en cada una, se pudo identificar algunas actividades clave de las cuales depende la eficiencia o eficacia de la producción de los bloques de concreto.

La estandarización del tiempo de cada operación del proceso mediante un estudio de tiempos siempre es importante debido a los resultados que se obtuvieron al disminuir tiempos improductivos, eliminar operaciones innecesarias e incluso combinar algunas actividades que se podían realizar en conjunto. Se disminuyó el tiempo en 29.44 s para el proceso de elaboración de bloques ligeros y en 16.64 s de bloques pesados, por lo que en ambos procesos también se disminuyó la distancia en 3.4 m, lo que influye de forma positiva en el ahorro de tiempo, por tanto, la disminución de tiempo en ambos procesos muestra un aumento en el número de piezas y por ende un aumento en las ganancias de la empresa.

Otro punto importante de este trabajo fue identificar las causas que originan algún tipo de desperdicio que afectan la productividad del proceso, por lo que a través del diagrama de Pareto se pudieron mostrar las principales causas, las cuales se atendieron realizando propuestas de mejora que la empresa validaría para implementarlas.

Si la propuesta de mejora se implementa y se da seguimiento como nuevo método de trabajo en el proceso de elaboración de bloques, puede ayudar a agilizar el flujo de materiales, mejorar el proceso de producción y la calidad del producto.

REFERENCIAS

Bonilla Villalba, A. D. (julio de 2019). *Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi*. Recuperado el 15 de febrero de 2024, de Mejoramiento del proceso de fabricación de bloques en la empresa serviblocks, para reducir las pérdidas productivas aplicando herramientas de ingeniería:
<https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5442/1/PI-001379.pdf>

Caballero Meza, B. y Florez Lengua, O. (2017). *Repositorio Universidad de Cartagena*. Recuperado el 25 de noviembre de 2023, de Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico polietilen-tereftalato (PET) como alternativa sostenible para la construcción:
<https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/4404/documento%20final%20tesis%20de%20grado.pdf?bitstreamId=ccb9cd04-c4bd-40bb-93a4-43a141c2b110&locale-attribute=es>

Chaux Hernández, C. G. y Perea Murillo, B. J. (20 de agosto de 2016). *Repositorio Universidad Cooperativa de Colombia*. Recuperado el 28 de noviembre de 2023, de Elaboración de una máquina que optimice la producción de unidades de mampostería estructural para mediados del año 2016 en la región de los llanos orientales.: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/8b1498be-52ee-4049-a2b5-f0967ee628cf/content>

Chávez, L. (11 de agosto de 2022). *Cementos Torice*. Recuperado el 22 de noviembre de 2023, de Blocks de concreto: descubre cuánto gastarás al fabricarlos tú mismo y

cómo hacerlos: <https://cementostorices.com/blog/construccion/blocks-de-concreto-cuanto-cuestan-y-como-hacerlos-tu-mismo/>

Del Real Dávalos, J. A. (enero de 2013). *Repositorio Institucional UANL (Universidad Autónoma de Nuevo León)*. Obtenido de Influencia del curado con CO2 en mampostería fabricada con sistemas cementantes tenarios: <https://eprints.uanl.mx/3661/1/1080256595.pdf>

Estrumaq. (23 de julio de 2020). *Estrumaq Jalisco*. Recuperado el 16 de abril de 2024, de Tablas plásticas para Bloqueras: <https://www.facebook.com/ESTRUMAQ?mibextid=ZbWKwL>

Ferrex. (9 de septiembre de 2019). *Ferrex Materiales de Construcción*. Recuperado el 25 de octubre de 2023, de Arena para construcción: <https://www.facebook.com/FERREX.MX/posts/2666265613423908/>

Gamboa de León Regil, O. E. (abril de 2005). *Biblioteca USAC*. Recuperado el 23 de octubre de 2023, de Optimización del proceso de fabricación de bloques de concreto del estándar 15x20x40 cm con grado de resistencia 28 kg/cm², caso específico fuerte-block máquinas #1 y #2.: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1468_IN.pdf

García Criollo, R. (2005). *Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo* (segunda ed.). México: McGraw-Hill.

Google. (s.f.). Recuperado el 29 de enero de 2024, de <https://www.google.com/maps>

Granda Mejía, C. J. y Benavides Perlaza, W. A. (11 de diciembre de 2012). Obtenido de "Análisis, diseño e implementación para la automatización de las etapas de una

máquina

bloquera":

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/676/1/te341.pdf>

Hernández Ibarra, A. G. y Mendoza., M. D. (2 de Mayo de 2016). *New-Block*. Recuperado el 23 de noviembre de 2023, de Newblockblog: <https://newblockblog.wordpress.com/author/newblockblog/>

Hernández Vásquez, J. J. y Vargas Zaquinaula, M. D. (2017). *Repositorio de la Universidad Privada del Norte*. Recuperado el 15 de febrero de 2024, de Implementación de mejora de las operaciones en el área de producción de concreto premezclado, para optimizar los costos de producción en la empresa Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L: <https://hdl.handle.net/11537/11217>

Hoyos Castellanos, C. A., Treviño Montemayor, F. y González Peña, A. (6 de febrero de 2019). Diseño de una mezcla de mortero con plástico reciclado para la fabricación de blocks de mampostería. *Universo de la tecnológica, II*, 13-17. Recuperado el 24 de octubre de 2023, de Diseño de una mezcla de mortero con plástico reciclado para la fabricación de blocks de mampostería: <https://revista.utnay.edu.mx/index.php/ut/article/download/30/14>

IMCYC. (agosto de 2004). *Construcción y tecnología*. Recuperado el 24 de noviembre de 2023, de Las posibilidades del concreto: <https://www.imcyc.com/cyt/agosto04/POSIBILIDADES.pdf>

Industrial Bloquera (17 de noviembre de 2021). *Industrial Bloquera*. Recuperado el 22 de agosto de 2023, de Características que debe cumplir un block de alta calidad: <https://blog.industrialbloquera.com.mx/caracteristicas-blocks-alta-calidad>

Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (cuarta ed.). Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.

Leandro Hernández, A. G. (2008). Mejoramiento de los procesos constructivos. *Tecnología en Marcha*, 21(4), 64-68.

Montes Garces, J. (2017). *Repositorio Universidad César Vallejo*. Recuperado el 15 de febrero de 2024, de Estandarización de procesos para mejorar la calidad del producto bloques de concreto en la empresa Mecablock, Carabayllo, 2016: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/21919/Montes_GJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Morales Padilla, M. A. (2008). *Tesis*. Recuperado el 15 de enero de 2024, de Evaluación de la resistencia a la compresión de blocks fabricados en región de Perote, Ver., de acuerdo a la norma NMX-C-ONNCCE-2004: <https://silo.tips/download/universidad-veracruzana-facultad-de-ingenieria-civil-region-xalapa#>

Niebel, B. W. y Freivalds, A. (2012). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: McGraw-Hill Companies.

Obando, R. (1 de marzo de 2023). *HubSpot*. Recuperado el 23 de noviembre de 2023, de Mejora de procesos: qué es, metodologías, herramientas y ejemplos: <https://blog.hubspot.es/sales/mejora-procesos#:~:text=La%20mejora%20de%20procesos%20es%20relevante%20en%20tu%20organizaci%C3%B3n%20porque,r%C3%A1pido%20a%20los%20cambios%20del>

ONNCCE, S. C. (13 de diciembre de 2012). *NMX-C-404-ONNCCE-2012*. Recuperado el 15 de enero de 2024, de Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural especificaciones y métodos de ensayo: <https://pdfcoffee.com/nmx-c-404-onncce-2012pdf-3-pdf-free.html>

Pueblosamerica (27 de noviembre de 2023). *Pueblos de México en Internet*. Obtenido de <https://mexico.pueblosamerica.com/creditos-datos.php>

Santamaría, A. (2016). BP-Máquinas bloqueras [Video]. YouTube. Recuperado de https://youtu.be/N5DvJP4s_iY?si=C48AqPUDxFOaKDD2

Technology, H. (4 de enero de 2022). *Hüga Technology*. Recuperado el 27 de noviembre de 2023, de La evolución de la construcción. De una industria dormida a la industria del futuro: <https://www.hugatechnology.com/web/es/blog/la-evolucion-la-construccion-una-industria-dormida-la-industria-del-futuro>

Urbina Ramírez, M. C. y Zamudio González, R. (diciembre de 2005). *Repositorio Dspace*. Recuperado el 23 de octubre de 2023, de Máquina bloquera semi-automática: <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/15429>

Valdez Rodríguez, C. M. (septiembre de 2010). *Biblioteca Universidad de San Carlos de Guatemala*. Recuperado el 15 de febrero de 2024, de Implementación de mejoras en el proceso de fabricación de bloques de concreto liviano, en una fábrica en la zona metropolitana: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2252_IN.pdf

Visalbe. (18 de marzo de 2022). *Bloquera Visalbe*. Recuperado el 16 de abril de 2024, de Tienda de materiales para la construcción: <https://www.facebook.com/BloqueraVisalbe?mibextid=bWKwL>