

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Ana Grettel Leandro Hernández, Ing. Manuel Alán Zuñiga, Ing. Ángel Navarro Mora, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



Ing. Gustavo Rojas Moya
Director



Ing. Ana Grettel Leandro Hernández.
Profesora Guía



Ing. Manuel Alán Zuñiga.
Profesor Lector



Ing. Ángel Navarro Mora.
Profesor Observador

Propuesta de mejoramiento de procesos constructivos en la construcción del Centro Nacional de Congresos y Convenciones

Abstract

The developed theme was the measurement of productivity and its yields in construction processes of the National Center of Congress and Conventions, and the search of a good plan to get improvements. The main objective was to analyze three constructive processes that were selected in the construction work that was made by the construction company EDICA with the purpose to implement tools to help to increase its efficiency and productivity.

Different methods were used to make this project such as: field measurement, videotaping, surveys and more information collected with which by tools like flow diagrams, Ishikawa flow, value flow diagrams, methods like Crew Balance and Work Sampling and others with which was possible to know the yields, productivity, displacements, times and more value information for making improvement proposals.

The selected processes were the following: the preparation and the placement of wooden framework and concrete subfloor, the welding of roof trusses and its placement in the main room; also, the movement of land and the preparation of the parking. The best productivities were found in the mounting of roof trusses with 64% and the worst in the welding of roof trusses with just the 28%.

The measurement shown that the activities carried out with machinery or in the workshop generate better productivities than performed manually. The main recommendations in the improvement plan are mainly guided to have better sizes in the teamwork, avoid unnecessary displacements, the design of the place should be improved and reduce the debris.

Resumen

El tema desarrollado fue la medición de productividad y rendimientos en procesos constructivos del Centro Nacional de Congresos y Convenciones y la búsqueda de un adecuado plan de mejora. El objetivo principal fue analizar tres procesos constructivos seleccionados en la obra realizada por la constructora EDICA, con el fin de implementar herramientas que contribuyeran a incrementar su eficiencia y productividad.

Se utilizaron métodos de medición en campo, toma de videos, encuestas, y demás información recopilada y, mediante herramientas como diagramas de flujo, diagramas de Ishikawa, métodos como Crew Balance y Work Sampling, diagramas de flujo de valor y además se logró conocer los rendimientos, productividades, desplazamientos, tiempos y otras informaciones de valor para la realización de la propuesta de mejora.

Los procesos seleccionados fueron la preparación y colocación de formaleta y de contrapiso, el soldado de cerchas y su colocación en el salón principal, además del movimiento de tierras y preparación de la zona de parqueos. Las productividades más grandes se encontraron en el montaje de cerchas con un 64%, y las menores en el soldado de las cerchas con apenas un 28%. Las mediciones demostraron que las actividades realizadas con maquinaria o en taller, generan mejores productividades en comparación con las realizadas manualmente.

Las recomendaciones en el plan de mejora fueron guiadas principalmente a la implementación de cuadrillas con tamaños más adecuados, buscar menos desplazamientos innecesarios, mejorar el diseño de sitio y reducir escombros.

Propuesta de mejoramiento de procesos constructivos en la construcción del Centro Nacional de Congresos y Convenciones

Propuesta de mejoramiento de procesos constructivos en la construcción del Centro Nacional de Congresos y Convenciones

ERICK BADILLA PIEDRA

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

Noviembre de 2017

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

PREFACIO	1
RESUMEN EJECUTIVO	2
INTRODUCCIÓN.....	4
MARCO TEÓRICO	5
METODOLOGÍA.....	10
RESULTADOS	17
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	70
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	82
APÉNDICES	83
ANEXOS	139
REFERENCIAS	140

Prefacio

El proyecto realizado tiene importancia en el campo de la construcción debido a la problemática presentada en temas de productividad y eficiencia de los procesos que realiza. Por ejemplo, en el campo de la manufactura se reportan productividades de hasta un 85%, en tanto en los procesos constructivos se reportan valores entre 40% y 60% (según material obtenido del curso de diseño de procesos constructivos del Tecnológico de Costa Rica); por ende es de suma importancia lograr un incremento en la eficiencia y eficacia de los procesos, con lo cual se logre la inversión de menos recursos para obtener los resultados deseados.

Con la realización del proyecto se obtuvo información relevante para la empresa constructora EDICA. Se pudo observar y analizar las labores estudiadas; demostrar las labores realizadas de manera adecuada, aquellas que podrían mejorarse y por último las que debían de modificarse con el fin de sacar provecho a la mano de obra, maquinaria y materiales involucrados.

El objetivo principal fue realizar un análisis de tres procesos constructivos seleccionados, los cuales fueran los de mayor interés en el ámbito constructivo y económico, para la empresa. Esto se efectuó mediante la aplicación de varias metodologías para la medición de la eficiencia en los procesos, con el propósito de reducir los tiempos no productivos y mejorar aspectos que agregaran valor a dichos procesos.

Agradecimientos:

Quiero agradecer enormemente a mi familia por el apoyo mostrado durante estos últimos años de estudio, por sus buenos consejos y por estar siempre cerca para lo que necesitara, a pesar de las adversidades.

Al personal del Instituto Tecnológico de Costa Rica (profesores, administrativos, etc.), que siempre me brindó su ayuda en temas que necesitaba y en general, a los profesores que me impartieron los cursos, por esforzarse en hacerme crecer como persona y profesionalmente; en especial a la profesora Ana Grettel Leandro la cual fue un gran apoyo durante todo este proceso tan exigente del proyecto de graduación.

Por último y no menos importante, quiero dar gracias a la empresa Constructora EDICALTDA por dejarme realizar este proyecto en una construcción de tanta importancia como el Centro Nacional de Congresos y Convenciones de Costa Rica; por brindarme el tiempo y apoyo que necesitara para conseguir el objetivo planteado inicialmente.

Resumen ejecutivo

El tema desarrollado fue la medición de productividad y rendimientos en procesos constructivos del Centro Nacional de Congresos y Convenciones y la búsqueda de un adecuado plan de mejora.

Para la Escuela de Ingeniería en Construcción, el proyecto permitió la obtención de nueva información acerca de Construcción Lean y sobre la eliminación de actividades que no generen valor a los procesos. Con ello, la Escuela se enriquece de nuevo conocimiento e información obtenida de un proyecto de gran magnitud.

Para la empresa Constructora EDICA LTDA la información obtenida contribuyó tanto con el proyecto actual como con futuras proyectos o edificaciones.

El objetivo principal planteado fue analizar tres procesos constructivos seleccionados en la obra realizada por la constructora EDICA con el fin de implementar herramientas que contribuyeran a incrementar su eficiencia y productividad. Entre los objetivos específicos más importantes se encontraba el análisis de las condiciones de sitio para determinar los procesos que iban a ser estudiados, sus tareas y su secuencia lógica, la estimación de productividad y rendimientos en los procesos seleccionados, la definición de las técnicas de medida de productividad y rendimientos que mejor se adaptaran a las condiciones del proyecto, la elaboración de mapas de flujo de valor para los procesos seleccionados con el fin de la obtención de actividades que aportaran valor a los procesos, el diseño de una propuesta de mejora y la validación de esta por parte de los encargados.

Los principales métodos que fueron utilizados para lograr describir y obtener la mejor

interpretación de la información recopilada fueron la técnica de medición de productividad llamada Crew Balance, la medición de trabajo productivo, trabajo contributivo, trabajo no contributivo, diagramas de flujo de procesos, diagramas de Ishikawa para explorar todas las causas reales o potenciales (entradas) que explican un efecto de interés (salida), el cálculo de rendimientos mediante distintas mediciones en sitio, diagramas de flujo de valor, diagramas de recorrido, entre otros.

La secuencia seguida en el proyecto inició con la observación en el sitio de los procesos realizados, encuestas y consulta a expertos que conocían el proyecto como los ingenieros residentes; luego la representación a través de diagramas de flujo de la secuencia lógica en los procesos elegidos, la realización de diagramas de Ishikawa en la que se mostraron las causas de reducción en productividad; se investigaron y analizaron las distintas técnicas de medición de productividad y rendimientos que son utilizadas en proyectos similares; se observó y midió directamente en el sitio, mediante grabación de videos de los procesos seleccionados con el fin de realizar la recolección de datos y tener un respaldo para su mejor análisis; se identificó, mediante el concepto de Lean Construction, los procesos que no aportan valor y se representó la información mediante mapas de flujo de valor para su apreciación; se realizó un análisis de los datos recopilados y el diseño de alternativas innovadoras aplicables que ayudaran a mejorar los procesos de la empresa. Los ingenieros de la empresa revisaron y aprobaron las propuestas de mejoramiento de los procesos; y se propició la promoción de las alternativas dadas para su aplicación en la empresa; para ello se hizo una explicación a los principales encargados del proyecto para que promovieran las mejoras correspondientes en los departamentos involucrados.

Los resultados obtenidos demostraron que los porcentajes de trabajo productivo en cada uno de los procesos alcanzó un 61% en el taller de limpiado de formaleta, un 46% en la colocación de la formaleta para los muros de concreto, un 56% en la preparación del terreno para los parqueos, el soldado de cerchas presentó apenas un 28% de trabajo productivo, el montaje de la cerchas alcanzó un 64% y en cuanto al contrapiso para el salón principal, la preparación de la armadura en taller tuvo un 59% de trabajo productivo y la preparación en campo un 38%, demostrando que los trabajos realizados con maquinaria o en taller son los que presentaron mayores productividades.

Las actividades que agregan menos valor a los procesos fueron similares en cada una de las actividades estudiadas. Se encontró mucho tiempo en descansos, traslados que no son parte de la actividad, observación o conversación entre trabajadores, esperas a que terminen trabajos previos Dichas actividades alcanzan, en algunas tareas como la colocación de la formaleta, el 51% de trabajo no contributivo, un 42% en la preparación de la formaleta, 36% en esperas para el movimiento de tierras, 58% en la soldadura de piezas de las cerchas, un 25% en el montaje de

estas cerchas, un 37% en la preparación de armadura para contrapiso y en su colocación alcanza un 48%, con lo que se muestra la gran cantidad de tiempos que no agregan valor a los procesos.

Los rendimientos obtenidos en los procesos fueron respectivamente la colocación de formaleta con 0,3 m²/HH, en movimiento de tierras 0,017 m³/HH, en la preparación y montaje de cerchas fue de 20,83 h/cercha y por último en la preparación y colocación de contrapiso fue de 0,04 m²/HH.

Las conclusiones principales fueron que es posible mejorar en todos los procesos estudiados debido a que existían actividades con muy bajos rendimientos y productividades; los diseños de sitio son un obstáculo al mejoramiento en productividad, por lo cual la mejora en estos fue una de las soluciones propuestas; la eliminación de escombros y material que se encuentre obstaculizando los trabajos fue también una de las medidas en la que más énfasis se dio, y otras tales como pérdidas innecesarias de tiempo que demuestran los resultados obtenidos y cómo deben ser mejorados.

Introducción

El proyecto consistió en la medición de la productividad e investigaciones en procesos constructivos del Centro Nacional de Congresos y Convenciones (CNCC), dicha edificación es un complejo que está en su etapa de construcción y al finalizar contará con 15.600 metros cuadrados en conjunto con, aproximadamente 10 hectáreas; de terreno incluyendo obras exteriores tales como: parqueos, lagunas y planta de tratamiento. El complejo está ubicado en Barreal de Heredia, fue cedido por el Programa Integral de Mercadeo Agropecuario (PIMA), mediante un convenio con el ICT (Instituto Costarricense de Turismo) Este contará con área para exposiciones, vestíbulos, servicios, salones de convenciones, zonas de estacionamientos, área para exposiciones al aire libre y zonas de carga y descarga.

Este proyecto pretendió medir productividad y rendimientos en los principales procesos, esto si se clasifican que se encuentren en la ruta crítica y con ello contar con una referencia de medida y plan de mejora para ser ejecutados por la constructora en próximos proyectos.

El estudio se realizó principalmente en el edificio principal del proyecto con mediciones en el salón principal 3993 m², en procesos como colocación de relleno de contrapiso, colocación de formaleta, y colocación de estructura metálica del techo); además en obras exteriores se estudió el movimiento de tierra, corte, nivelación y colocación de lastre en parqueos (de aproximadamente un movimiento de tierra de 400000 m³ y parqueos de 22000 m²).

En cuanto a los antecedentes del proyecto, es importante recalcar en relación con eficiencia de los procesos constructivos, se ha realizado una gran cantidad, y la problemática en productividad encontrada, por ejemplo, si se compara con la manufactura, por lo que gran cantidad de universidades han realizado tesis e

investigaciones con el fin de la mejorar la continua en el área de la construcción.

Los objetivos que se plantearon fueron los siguientes:

- Propuesta de mejoramiento de procesos constructivos seleccionados en la obra realizada por la constructora EDICA del Centro de Congresos y Convenciones Nacional con el fin de implementar herramientas que contribuyan a incrementar su eficiencia y productividad.

Los objetivos específicos son

- Analizar las condiciones del sitio para determinar los procesos que van a ser estudiados, sus tareas y su secuencia lógica.
- Estimar productividad y rendimientos en los procesos seleccionados.
- Elaborar mapas de flujo de valor para los procesos seleccionados.
- Proponer acciones de mejora para incrementar la eficiencia de los procesos seleccionados.
- Validar las propuestas de mejora.

Marco teórico

Productividad

Como se mencionó en la introducción, el principal objetivo del proyecto fue lograr la medición de productividad y eficiencia en procesos importantes de la construcción del Centro Nacional de Congresos y Convenciones con el fin de buscar métodos para mejorarlos. Debido a esto es de gran importancia tener conocimiento de conceptos como eficacia “Capacidad para lograr un fin empleando los mejores medios posibles” (Robert y David, 2005) y el significado de productividad, siendo esta la “relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados” (Jiménez, Castro y Brenes 2009). Con lo anterior puede entenderse el objetivo planteado en el proyecto donde se busca obtener y mejorar la cantidad de bienes y servicios producidos con la menor cantidad de recursos utilizados, manteniendo la calidad deseada en el producto.

La productividad puede ser mejorada, según los autores mencionados anteriormente con mejores relaciones entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos; en este caso cuando se presenta una mayor productividad con menos recursos o la obtención de los resultados buscados con el menor tiempo posible.

Según Roberto García en su libro de Estudio de Trabajo en 2005 la productividad puede incrementarse de varias maneras: observándolo desde un punto de vista teórico, uno de estos es aumentando el producto con el mismo insumo, también con un menor insumo obtener la misma cantidad de producto o realizarlo de manera proporcional, donde se aumente el producto y se reduzca el insumo, siendo este el caso en el que se daría una mejora de mayor calidad.

Con los conceptos demostrados por estos autores, puede entenderse gráficamente el

concepto de productividad de una manera más simple y con sus respectivas partes, donde un resultado mayor a uno demuestra una mejor productividad y viceversa.

Productividad= (Producción / Insumos)

Explicación de trabajo productivo, contributivo y no contributivo

En el libro *Productividad, la solución a los problemas de la empresa*, de David Bain se demuestra una gran cantidad de conceptos de enorme importancia para el mejor entendimiento acerca de factores que afectan la productividad.

En dicho libro se describe el trabajo productivo como el tiempo que emplea el trabajador para producir una unidad de construcción; el trabajo contributivo como el tiempo que emplea el trabajador en realizar trabajos de apoyo, los cuales son necesarios para la correcta realización del trabajo productivo; por último el trabajo no contributivo que también es conocido como pérdidas, estas no pueden clasificarse entre las dos anteriores por lo tanto se conocen con ese nombre, no agregan ningún valor a la actividad.

Los anteriores conceptos generan un mejor criterio de cuáles actividades deben promoverse y cuáles son las que deben disminuirse y erradicarse, siendo los trabajos productivos lo más importantes y los cuales deben promoverse en mayor medida, y luego los contributivos que son de gran ayuda, buscando disminuir los no productivos. Con lo anterior, se busca encontrar la forma más eficaz de realizar trabajo productivo, disminuyendo el contributivo y eliminar todas las actividades que generan pérdida.

En cuanto a mediciones de productividad que se hayan realizado mediante estudios en otros países, se puede citar el realizado en la Universidad Católica de Chile por Luis Botero y Martha Álvarez en el cual buscaron el mejoramiento en el sector constructivo mediante las observaciones y estudio en más de 40 proyectos (370000 m² de construcción). Esa investigación dio como resultado de un análisis estadístico lo siguiente: 47% de trabajo productivo, 28% contributivo y 25% no contributivo. En estos resultados se demuestra que las principales actividades que se realizan como parte del trabajo contributivo son limpieza, mediciones, transportes, instrucciones y en el caso de las no contributivas se encuentran los reprocesos, las necesidades fisiológicas, viajes, descansos, ocios, esperas.

En otra investigación realizada en Medellín se encontraron datos de un 37% de trabajo productivo, 36% de contributivo y 27% de trabajo no contributivo y la clasificación de los dos últimos son similares tanto en las actividades realizadas como en porcentaje.

Técnicas de medición de la productividad

Según Dozzi y AbouRizk el método de muestreo Work Sampling mide la productividad que se presenta en cuadrillas, esto mediante una cierta cantidad de observaciones por un determinado periodo en el cual se pueda lograr la medición de la productividad que tiene los procesos en estudio. En dicha técnica se muestra el tiempo dedicado por parte de trabajadores a cierta actividad, y mediante las observaciones y estudio, cómo se puede lograr las mejoras requeridas tanto en rendimientos como el flujo en el que se da el trabajo.

Para la aplicación de esta metodología se da la implementación de muestras, las cuales pueden ser mediante videos con el fin de que no se escapen detalles que puedan ser valiosos, o mediante observación directa, planeando previamente el tiempo adecuado entre cada una de las tomas de datos, para lograr las interpretaciones requeridas. Una vez realizadas estas mediciones se puede clasificar como productivas o no y determinar las medidas para lograr mejoras.

La técnica de medición de productividad llamada Crew Balance según Kuprenas y Fakhouri es un gráfico hombre-máquina desarrollado por ingenieros. Consiste en la toma de muestras y la posterior realización de un gráfico de barras en el cual se muestran las tareas realizadas por cada uno de los trabajadores en un tiempo establecido, y, según sean los resultados se pretende reasignar las tareas que no agregan algún tipo de valor.

En esta técnica existen varios puntos de importancia, por ejemplo, se recomienda realizar un mínimo de 384 observaciones para obtener una muestra representativa; tiene que describirse las características propias del lugar en donde se realiza la medición y definir los recursos involucrados en el trabajo.

Rendimientos

En el siguiente listado de pasos se detalla cómo realizar la obtención de rendimientos de acuerdo con el libro Costos de Construcción:

Pasos por seguir

El seguimiento de los pasos por seguir, demuestra un sistema ordenado, donde se van obteniendo los datos que representan valores importantes en el análisis de los rendimientos.

- Primeramente, se debe realizar la toma de los datos, estableciendo la cantidad de trabajadores, la duración, y demás puntos de interés.
- Luego el cálculo de rendimiento con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{t * n}{V}$$

Donde:

R = Rendimiento en horas-hombre/unidad

t = Tiempo de duración de la actividad

n = Número de obreros que participaron en dicha actividad y que pertenecen a una misma categoría

V = Volumen de trabajo realizado

Diagramas de flujo

- Se deben eliminar los datos que se encuentran lejanos a las demás mediciones, debido a que no son representativos.
- Cálculo de la media aritmética

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n}$$

- Cálculo de la desviación estándar

$$\sigma = \frac{\sqrt{(R_1 - \bar{R})^2 + (R_2 - \bar{R})^2 + \dots + (R_n - \bar{R})^2}}{n}$$

- Cálculo de coeficientes de variación

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{R}} * 100$$

- Aplicación de factores que afectan el rendimiento y que consideran tiempos que utilizan los trabajadores para otras actividades que sean necesarias.

$$fi = \frac{tc * 100}{hd - tc}$$

Donde:

fi = Factor de incremento

tc = Tiempo consumido en otras actividades

hd = Horas diarias de trabajo total

- Rendimiento real obtenido

$$R = \bar{R}(1 + fi)$$

Los diagramas de flujo de procesos son una representación gráfica de la secuencia de actividades que constituyen un proceso o procedimiento. Con estos gráficos “se proporciona una imagen clara de toda la secuencia de acontecimientos del proceso y mejora la distribución de los trabajadores y el manejo de los materiales” (García 2005).

Según Manene (2011) estos diagramas ayudaban a designar cualquier representación gráfica de un procedimiento o parte de este, razón por la cual, en la actualidad, las empresas lo utilizan como uno de los principales instrumentos en la realización de cualquier método o sistema.

Realizar un diagrama de flujo ayuda a las personas que se van a encargar de la realización, revisión, solución de problemas y demás a entender cuál es el seguimiento adecuado que debe darse para la búsqueda del cumplimiento de objetivos. Con este tipo de diagramas se trabaja en el proceso de entender mejor lo que se quiere y representar el proceso de manera objetiva. Permite la identificación de los problemas para plantear propuestas de mejora.

A continuación, se presenta la simbología utilizada y el significado de cada uno de ellos para elaborar diagramas de flujo:



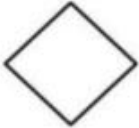

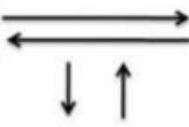
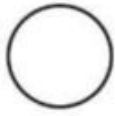
SÍMBOLO	NOMBRE
	Terminal
	Entrada y salida
	Decisión
	Proceso
	Líneas de flujo de información
	Conector

Figura 1. Simbología utilizada en la elaboración de diagramas de flujo. (Manene, 2011)

Diagramas de Ishikawa

Uno de los conceptos por utilizar el proyecto para representar las causas que afectan la productividad, son los diagramas de Ishikawa Su creador, Kaoru Ishikawa en 1943 los definió como diagramas utilizados para explorar todas las causas reales o potenciales (entradas) que explican un efecto de interés (salida). La implementación de este concepto es un parámetro primordial con el cual se puede evidenciar cuáles son las causas más relevantes y que pueden producir reducción en la productividad.

Estos diagramas son también los conocidos con el nombre de causa-efecto y con ellos lo que se pretende es la separación de las causas. Estas causas son divididas en distintos enfoques separados por ejemplo en materiales, mano de obra, máquinas o equipo, métodos, medio ambiente, con lo cual pueden interpretarse, de una mejor manera, dónde se originan las causas del problema para luego enfocarse en estos aspectos y encontrar soluciones adecuadas para su mejoramiento.

Lean Construction

El concepto de Lean Construction, según Pablo Orihuela (2014) es maximizar la entrega de valor al cliente e incrementar la productividad mediante la eliminación de los desperdicios. Este concepto se tomó como referencia para la realización de la propuesta de mejora y las evaluaciones se realizaron mediante observaciones de trabajo en campo (toma de muestras como videos, encuestas, tiempos de desplazamientos, realización de procesos, y otros que se encuentren como causantes de la pérdida de eficiencia en cierto parámetro estudiado).

En el libro Observar para crear de los autores Mike Rother y Jhon Shook, estos describen con gran claridad, los diagramas de flujo de valor. En el libro, se explica que una cadena de valor “es el conjunto de acciones tanto de valor agregado, como las que no agregan valor, que se necesitan actualmente para mover un producto a través de los principales flujos esenciales para cada uno de ellos.” (Rother y Shook, 1999).

En fin, el objeto principal de los mapas de flujo de valor es el análisis y mejoramiento mediante la ilustración de las actividades realizadas para su mejor interpretación.

Los símbolos de Value Stream Mapping se clasifican en cuatro categorías según el libro Observar para Crear: proceso, material, información y general.

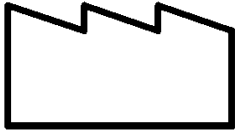
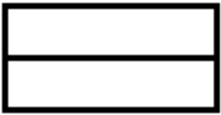

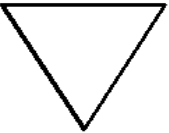





Símbolo	Nombre
	Cliente/proveedor
	Caja de datos
	Celda de trabajo
	Inventario
	Envío
	Flecha de empuje
	Traslado
	Información electrónica
	Operarios

Figura 2. Simbología utilizada en mapas de flujo de valor (Rother y Shook, 1999)

Diagrama de recorrido

Según Freivalds Andris (2014) el diagrama de recorrido es el que complementa la información tomada de diagramas de flujo. En los mismos se muestra la secuencia de cada actividad durante todo el proceso. Estos diagramas se plasman en el diseño de sitio con el objetivo de mejorar lugares donde puedan presentarse retrocesos, desplazamientos innecesarios, puntos donde se acumula el tránsito y otros procesos que deban mejorarse, con el fin de disminuir tiempos en actividades y mejorar los rendimientos.






Símbolo	Nombre
	Operación: indica las principales fases del proyecto
	Inspección: Verifica calidad
	Transporte: Indica movimiento de materiales
	Almacenamiento: Indica depósito de un objeto
	Demora: Parciales o abandono momentáneo

Figura 3. Simbología utilizada en diagramas de recorrido (Kanawuty ,1998)

Metodología

A continuación se explicará la metodología utilizada para la elaboración del proyecto. En ella se dará a conocer cómo se dio cada paso de la realización de la investigación, desde la escogencia de los procesos hasta las mediciones, aspectos de la recopilación de información, el avance observado y otros aspectos de interés.

Reconocimiento y escogencia de los procesos seleccionados

Primeramente, se realizó un reconocimiento de la obra mediante una guía dirigida por parte del ingeniero residente del edificio principal, en la cual se mostró el avance hasta el momento (junio de 2017), que fue de aproximadamente un 40%. También se registraron los compartimentos del edificio principal, algunos de los materiales que se estaban usando, las obras faltantes, y más información relevante para ir formando una idea de cuáles procesos iban a ser los escogidos o asignados debido a requerimientos para el proyecto.

También se aplicó una guía dirigida con el ingeniero residente de las obras exteriores, en la cual se mostró el terreno en el que se habían realizado trabajos y cuanto faltaba, con el objetivo de tener una idea de cuales procesos serían los principales a estudiar desde un punto de vista económico y de importancia .

Con la información mencionada, con la visualización y estudio de planos y con la consulta a los expertos en el proyecto, en este caso los ingenieros residentes del proyecto, se llegó a la conclusión de que los principales procesos para el proyecto de investigación eran los que se iban a realizar en el salón de exhibiciones (salón principal de 3900 m²) y también las labores realizadas en

obra exterior (movimiento de tierras en 10 hectáreas de terreno, aproximadamente 400000 m³ de movimiento de tierra donde la mitad es corte y bote y el restante corte y relleno). La escogencia no se realizó con diagramas de Pareto dado que existía la necesidad de estudio de actividades específicas; lo cual fue el resultado de la consulta a expertos y también según su criterio las de mayor importancia dentro de la ruta crítica..

Representación de la secuencia lógica de los procesos elegidos a través de diagramas de flujo

Mediante la observación de cada uno de los procesos estudiados, se llegó a la elaboración de diagramas de flujo, en los cuales se puede observar y detallar cuáles tareas fueron las principales dentro de cada actividad y a la vez en cada uno de los procesos seleccionados.

Con estos diagramas pudo estudiarse el seguimiento de cada proceso, cuál es su actividad predecesora, sucesora y cuáles son las actividades críticas para evitar algún tipo de atraso, también las que deben tener un mayor detalle en su realización y cuáles tienen un proceso de clasificación o aceptación que puedan llevar a su retroceso si no se encuentran bajo el estándar esperado, lo que provoca atrasos y por ende reducción en rendimientos y productividad.

Análisis de recorridos para la determinación de distancias

Se realizó el estudio del lugar en el que se desarrollaron cada uno de los procesos, el diseño de todo el sitio en conjunto con los recorridos realizados por los trabajadores, las distancias de

movimiento de materiales, la cantidad de trabajadores realizando los procesos, y demás información recopilada mediante consulta a trabajadores, encargados, toma de fotografías y videos.

Este punto del trabajo fue sumamente importante debido a que con la información recopilada en conjunto con otras mediciones, se llega a la conclusión de las mejoras que pueden darse, modificando recorridos y colocación de materiales, y al final, plasmarlo en un nuevo diseño de sitio que produzca mejores rendimientos y productividad.

Realización de diagramas de Ishikawa

Con la elaboración de diagramas de Ishikawa se llegó a las conclusiones del porqué se dan los problemas de productividad en los procesos estudiados; estos demuestran las causas y a la vez, las consecuencias de estos actos.

Estas causas y consecuencias se pudieron obtener mediante una serie de actividades como encuestas a los encargados, en este caso los maestros de obras, que son los que siempre se encuentran en la obra visualizando que las labores vayan de acuerdo con lo estipulado, también mediante la visualización en campo y toma de videos, con lo cual al unir la información se dio una mejor percepción de los problemas que presentaba cada uno de los procesos estudiados.

Búsqueda de técnicas de medición de productividad y rendimientos

En cuando a los estudios realizados e investigaciones sobre la técnica más adecuada para medir, se llegó a la conclusión de que las técnicas que mejor se adaptarían al proyecto son las técnicas Crew Balance y Five Minutes Rating.

En la primera, mediante un gráfico de barras verticales, se muestra el tiempo productivo, contributivo y no contributivo de cada uno de los procesos con lo que se puede observar la eficiencia y productividad que presentan los trabajadores.

Con el método Five Minutes Rating además de tener el dato de cuántos están

realizando las labores, también se obtiene el proceso que realizan en un momento determinado. Los métodos necesitan 384 observaciones para ser estadísticamente válidos, ya que con estos se puede tener muestras de las labores que sí agregan valor a los procesos, cuáles contribuyen y cuáles deben mejorarse o reducirse con el fin de evitar pérdidas tanto en tiempo como en dinero para la empresa.

Mediciones directas en el sitio, mediante grabación de videos

Mediante la toma de muestra de videos se tuvo el respaldo e información para poder utilizar las técnicas escogidas y de esta manera, obtener las mediciones de productividad y rendimientos. Los videos fueron de una larga duración con lo cual se pudo obtener la información necesaria para que las técnicas demostraran en realidad si los trabajadores realizaban o no las labores con la efectividad esperada, los tiempos que toman en las labores productivas y cuáles debía ser mejoradas.

Aplicación de Lean Construction y su representación en diagramas

En este caso, la aplicación de la técnica Lean Construction para la determinación de las actividades que no agregaron valor a los procesos fue de gran importancia; con la información recopilada en los puntos anteriores mediante videos, encuestas, tiempos (productivos, contributivos y no contributivos), diseño de sitio, y otra información se pudo llegar a la elaboración de diagramas de flujo de valor, en los cuales se pudo representar las actividades que dependían de otras, cuáles podían eliminarse ya que no generan valor a los procesos, y poder elaborar el mapa de valor mejorado. Mediante varios análisis pudo tomarse la decisión de eliminar algunas actividades que de acuerdo con el análisis no generaban valor.

Análisis de los datos y diseño de alternativas innovadoras aplicables

Se propusieron alternativas que podían mejorar los procesos, y con esto aumentar la eficiencia y productividad, y llevar a la obtención de productos con la menor cantidad de insumos posibles.

Para la implementación de este punto se realizaron diagramas de recorrido y diagramas de flujo de valor con las correcciones correspondientes, las cuales se consideraron pertinentes para su mejor entendimiento y aplicación.

Además, se elaboró un resumen de los datos recopilados, que demostraba la productividad de los procesos seleccionados, las tareas que no generan valor en los procesos, cuáles son innecesarios y cuales deben implementarse de una mejor manera.

Revisión y validación del plan de mejora por parte de los ingenieros

Una vez realizado el plan de mejora y de las ideas planteadas, estas se presentaron a los encargados del proyecto, los cuales las estudiaron para su posible implementación en las actividades faltantes del proyecto que faltaban, o proyectos futuros de la empresa. Además, se procedió un resumen de las situaciones presentadas en el proyecto, en la que se demostró y pudo discutirse cómo afectan ciertos procesos al proyecto en general.

Promoción de las alternativas dadas y aprobadas a los encargados del proyecto.

La explicación brindada a ingenieros y maestros de obras de valores verdaderos de lo que se presenta en campo y las medidas para mejorar estas actividades, fue de gran importancia, Cada uno de los maestros de obras, al ver lo importante de este tema, podrán tomar medidas hasta llegar al punto implementar pequeñas

acciones para incrementar la productividad deseada.

Actividades seleccionadas

A continuación, se mostrarán imágenes de los procesos seleccionados y del seguimiento que se dio a estos, desde el inicio de la toma de muestras.

Preparación y colocación de formaleta en muros de concreto.

El primer proceso seleccionado fue la preparación y colocación de formaleta; en este caso las figuras 4, 5 y 6 muestran su seguimiento. Primeramente en la figura 4 se muestra el taller de limpieza; en la figura 5, el apilamiento para su posterior uso; y en la figura 6, su colocación en el sitio para continuar con el ciclo.



Figura 4. Taller de limpieza de formaleta

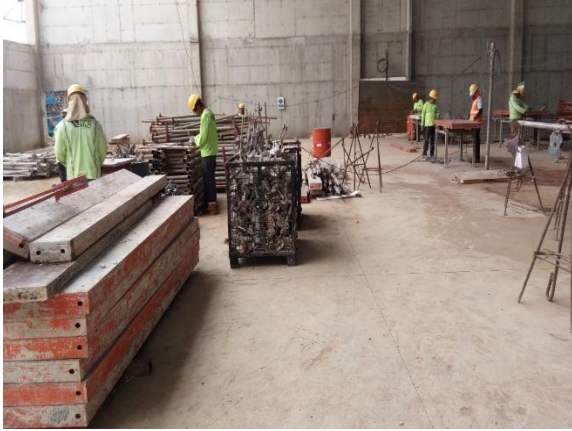


Figura 5. Apilamiento de formaleta luego de su limpieza para su utilización.



Figura 7. Terreno antes de su preparación con máquina realizando corte



Figura 6. Formaleta colocada en sitio para colada de muro de concreto.



Figura 8. Colocación de geotextil posterior al corte y nivelación.

Preparación del terreno y movimiento de tierras para parques.

El segundo proceso seleccionado fue la preparación y movimiento de tierras para la construcción de parques. En las figuras 7, 8, 9 y 10 se muestra respectivamente el proceso desde el corte de terreno, la colocación de geo textil para impermeabilizar en la figura 8, la posterior colocación de subbase en la figura 9 y la conformación y compactación del lastre en la figura 10, con lo cual queda listo para seguir con los procesos de colocación de las demás capas del pavimento.



Figura 9. Terreno lastreado con subbase en parqueos y su acabado con conformadora y compactadora.



Figura 11. Salón de exhibiciones antes de la colocación de la armadura de techo.



Figura 10. Terreno conformado y compactado, listo para colocación de capas posteriores.



Figura 12. Alineado, soldado y preparación de la cercha principal antes de su montaje.

Preparación y montaje de estructura de techo en el salón de exhibiciones

El tercer proceso seleccionado fue la preparación y colocación de estructura de techo en el salón principal. En la figura 11 se muestra el salón antes de la colocación de las cerchas; se sigue en la figura 12 con el alineado y soldado de las cerchas; en la figura 13 se muestran las grúas camión utilizadas en el montaje; en la figura 14 el proceso de alzado, montaje y colocación en la posición final y en las figuras 15 y 16 se muestra la colocación en su posición final con los posteriores resoldados y montaje del techo.



Figura 13. Grúas encargada del montaje de la armadura de techo colocando estructuras secundarias.



Figura 14. Montaje de cerchas principales de 54 metro en el salón principal de exhibiciones



Figura 15. Estructura de techo principal y secundaria colocada.



Figura 16. Estructura de techo y cerramiento concluidos.

Taller de armadura y preparación de la colocación de contrapiso en el salón principal de exhibiciones.

El cuarto proceso seleccionado fue la preparación y colocación de contrapiso en el salón principal, primeramente se muestra. En la figura 17 el proceso de preparación de mallas en el taller de armadura utilizadas en el contrapiso; en la figura 18 se observa el terreno antes de empezar con su respectivo corte y preparación, en la figura 19 el terreno ya fue nivelado y se encuentran en la colocación de lastre que sirve como base para el contrapiso; posterior a esto. En la figura 20 se muestra todo el proceso que debió llevar el contrapiso antes de la chorroa: primero la colocación de plástico para impermeabilizar; en segundo lugar, la colocación de los separadores; luego las dovelas en las juntas del contrapiso, y la colocación de la malla con los espaciamientos de planos estructurales. Para concluir en la figura 21 con el contrapiso colocado y se encuentra en el proceso de pulido y cortado de juntas.



Figura 17. Taller de armadura donde se preparan las mallas a utilizar en contrapiso.



Figura 18. Lugar donde se colocará el contrapiso antes de su preparación.

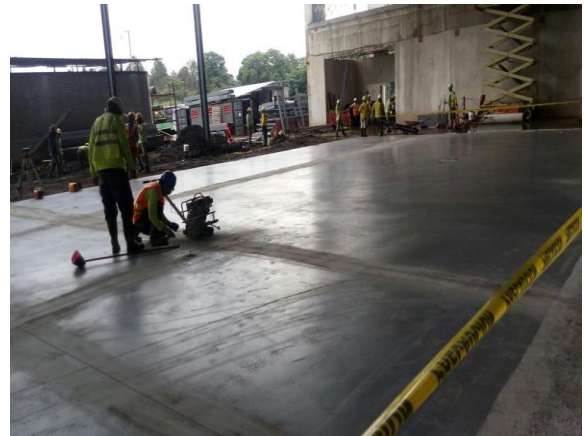


Figura 21. Detallado de contrapiso, corte de juntas y pulido con helicóptero.



Figura 19. Terreno nivelado y colocación de lastre como base de contrapiso.

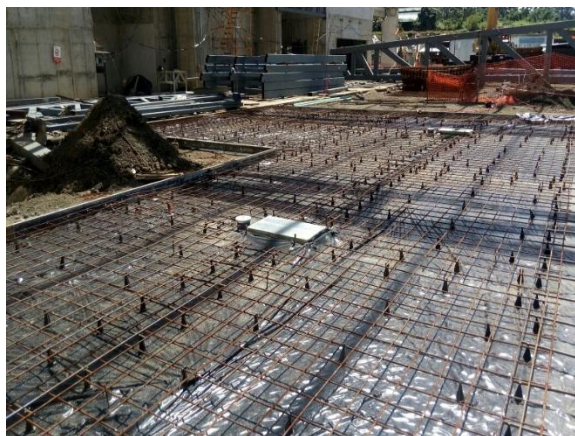


Figura 20. Colocación de materiales y armadura de contrapiso (plásticos, malla, separadores)

Resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de las distintas mediciones en campo, consultas, encuestas, toma de videos, mediciones de distancias y demás procesos que fueron realizados para la obtención de información.

Se mostrarán los resultados para cada uno de los cuatro procesos seleccionados: de preparación y colocación de formaleta, movimiento de tierras y preparación del terreno para la construcción de parqueos, la preparación y colocación del techo para el salón principal y por último, la preparación y colocación de contrapiso en el salón principal.

En los resultados se mostrarán los diagramas de flujo de cada uno de los procesos estudiados, también los resultados de las mediciones de trabajo productivo, contributivo y no contributivo, los gráficos de Crew Balance que demuestran las actividades realizadas y sus respectivos porcentajes. Posteriormente se presenta la cantidad de trabajo realizado por cada trabajador para su comparación, los resultados de rendimientos en los procesos, los diagramas de recorrido que se encontraron y los mejorados. Los tiempos de recorridos, encuestas, los diagramas de flujo de valor y también sus respectivos mejorados con el fin de reducir los tiempos, y otra información de importancia para la mejor interpretación de los datos recopilados en campo.

A continuación, en la figura 22 se muestra el seguimiento que se dio en el proceso de preparación y colocación de formaleta, desde las especificaciones pertinentes, su traslado a obra y

apilamiento, hasta su posterior colocación y de nuevo el proceso de limpieza para su próxima utilización.

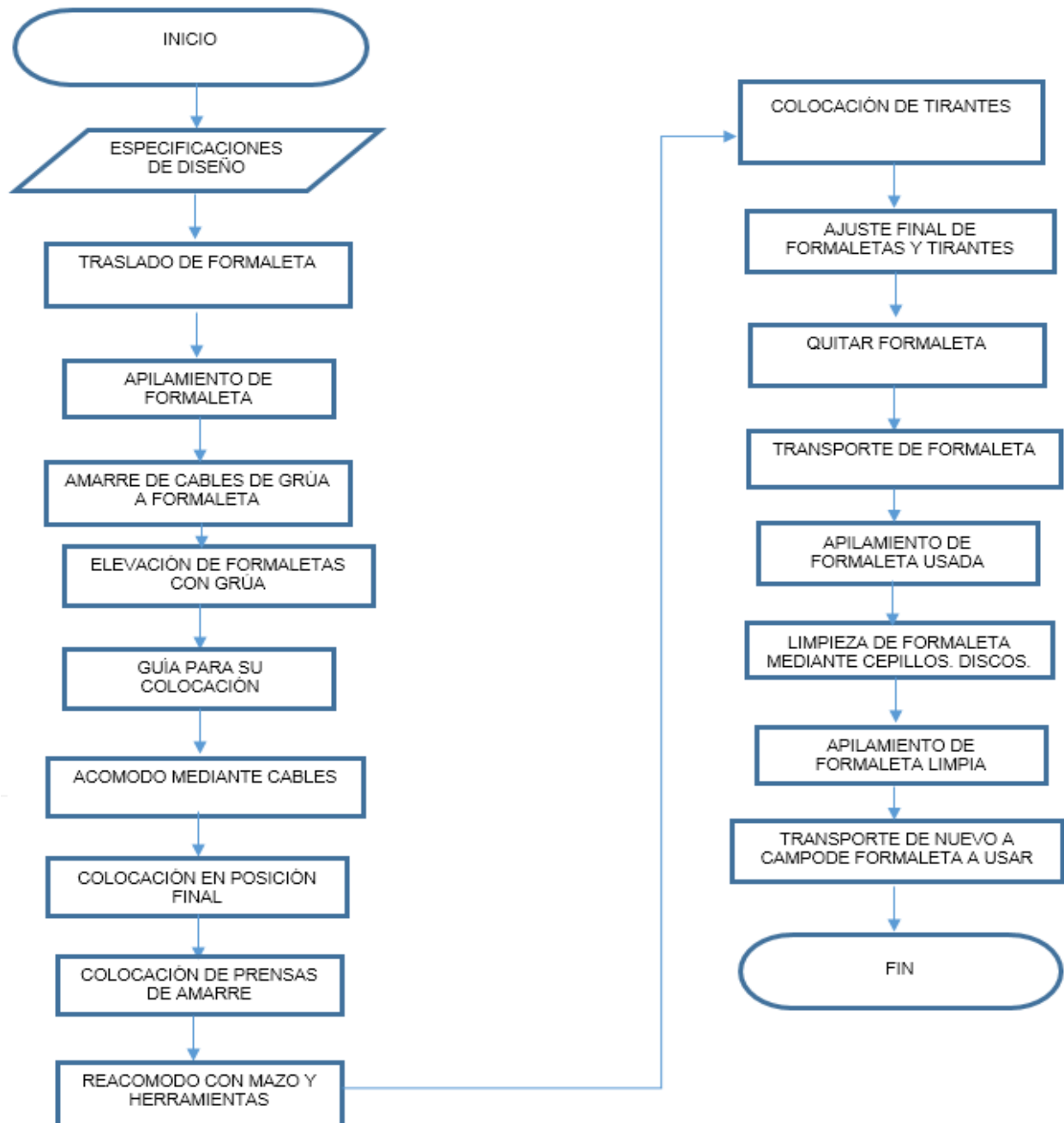


Figura 22. Diagrama de flujo en la preparación y colocación de formaleta en el salón principal.

A continuación, en la figura 23, se muestra el seguimiento que se dio en el proceso de movimiento de tierras y preparación del terreno para la construcción de parqueos. En este se

muestra el proceso desde el corte de tierra, su traslado, hasta los procesos de nivelación y conformación, finalizando los muestreos en la colocación de lastre como subbase.

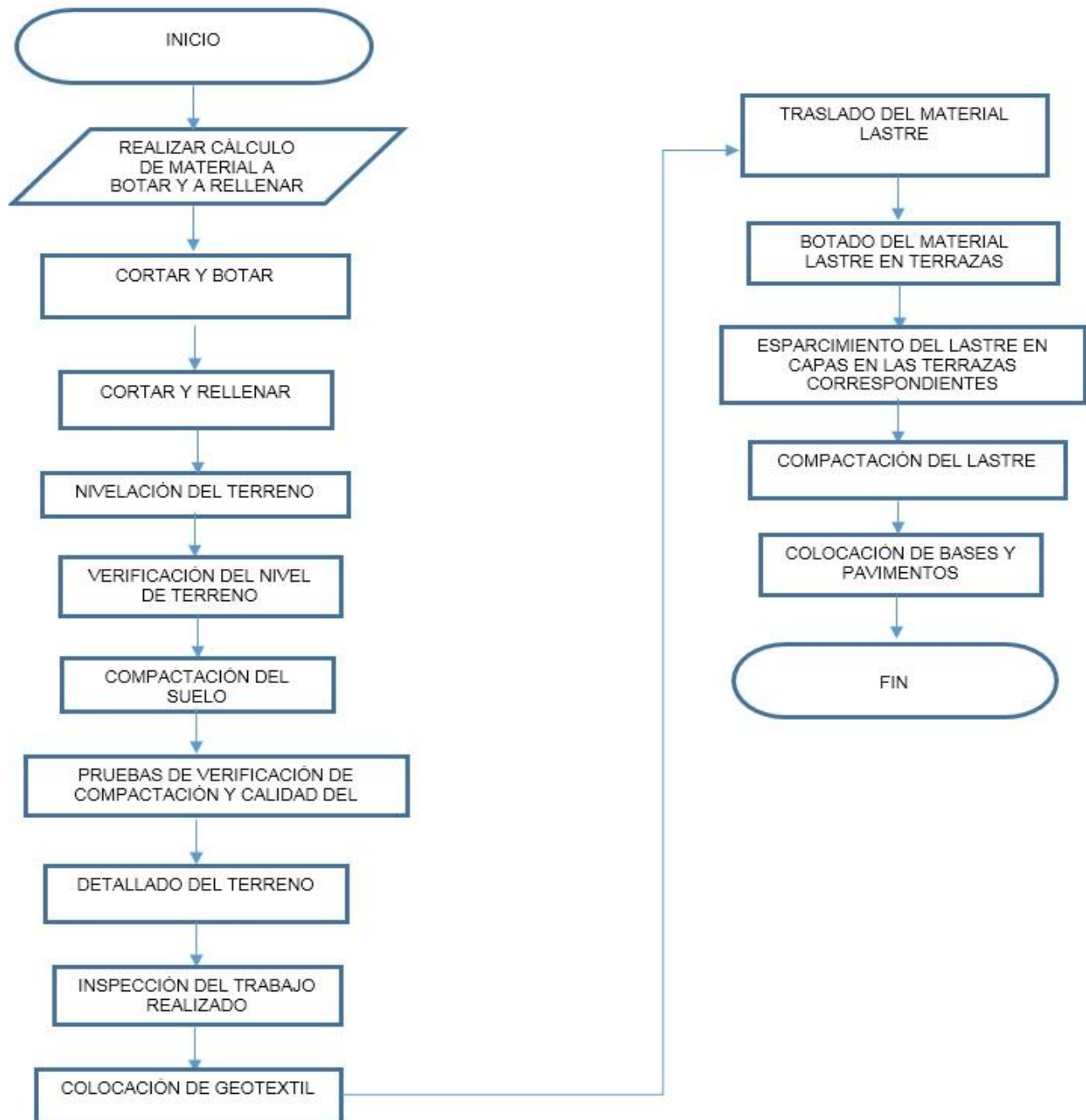


Figura 23. Diagrama de flujo en la preparación y movimiento de tierras en la zona de parqueos.

A continuación, en la figura 24 se muestra el seguimiento que se dio en el proceso de preparación y colocación de armadura de techo en el salón principal. Se muestra el seguimiento del proceso desde la planeación, los respectivos

pedidos de las piezas, el soldado en campo, la inspección que se realizó antes del montaje, la colocación con las grúas, el proceso de resoldado en su posición final y la colocación de las demás partes que conforman la estructura del techo.

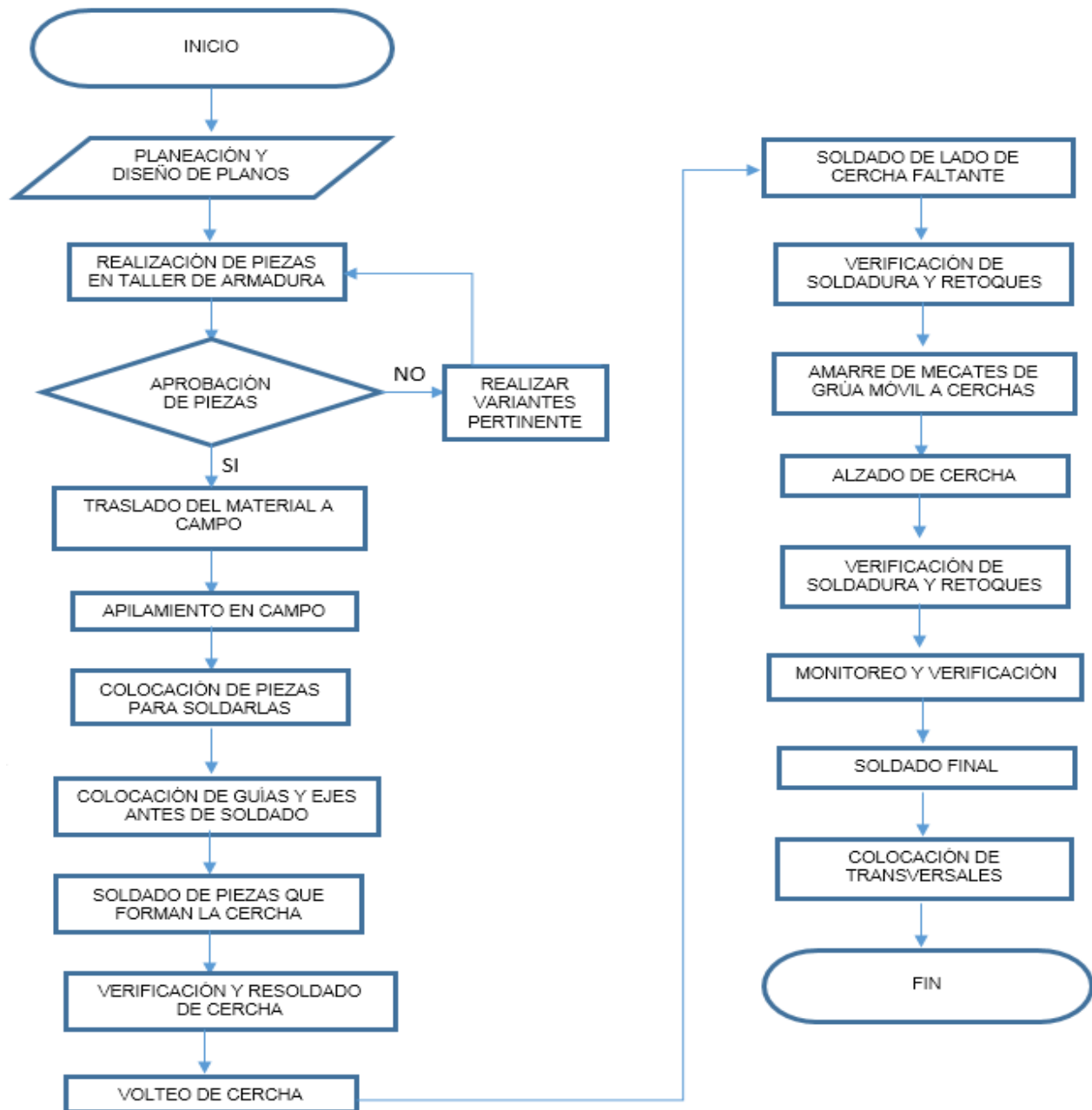


Figura 24. Diagrama de flujo en la preparación y colocación de cerchas y armadura de techo en el salón principal.

A continuación, en la figura 25 se muestra el seguimiento que se dio en el proceso de preparación y colocación de contrapiso en el salón principal. Se muestra el seguimiento desde la preparación de mallas en el taller de armadura, la

preparación del terreno con corte, nivelación, colocación de base, y las posteriores colocaciones de mallas, separadores, dovelas, para finalizar con la colocación del concreto y su posterior pulido.

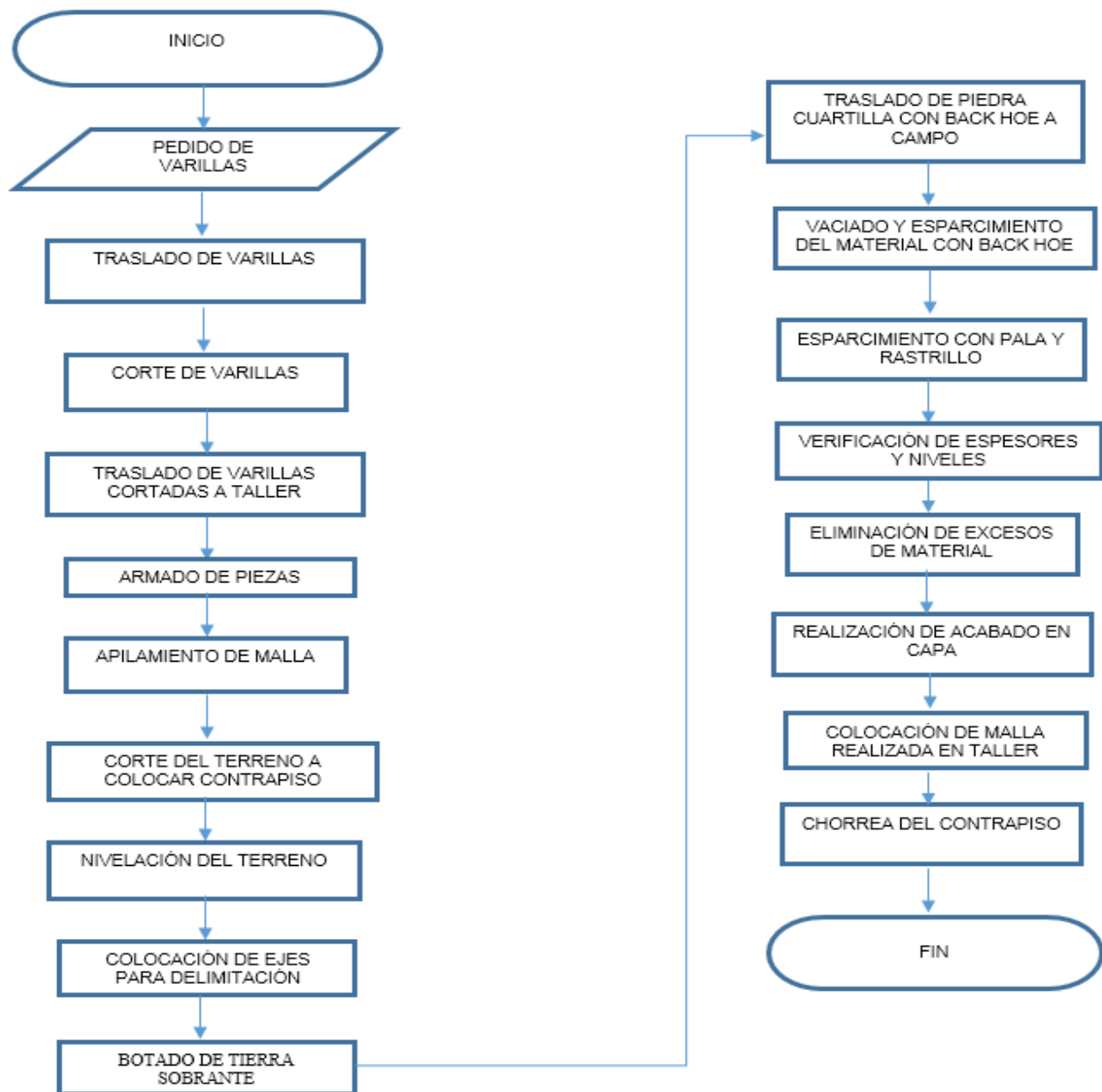


Figura 25. Diagrama de flujo en la preparación en taller de armadura y colocación de contrapiso en el salón principal.

Preparación y colocación de formaleta en el salón principal

A continuación, se muestran los resultados de productividad y rendimientos obtenidos en la preparación y colocación de formaleta. Primeramente, se muestran los resultados de los rendimientos para este proceso en el cuadro 1,

luego la productividad en la colocación y por último, la productividad en la preparación. En los gráficos mostrados el color verde representa trabajo productivo, el amarillo contributivo y el rojo no contributivo.

CUADRO 1. CÁLCULO DE RENDIMIENTO EN HORAS PEÓN DE COLOCACIÓN DE FORMAleta						
FECHA	HORA	TIEMPO(h)	# PERSONAL	HORAS OPERARIO	AVANCE(m2)	RENDIMIENTO h/m2
05/07/2017	09:10	0,43	5	2,15	7	0,31
11/07/2017	09:40	0,34	5	1,7	7	0,24
13/07/2017	10:40	1,1	4	4,4	14	0,31
R PROMEDIO						0,29
Desviación						0,0010
CV						0,36
fi						0,042
Rend. Real						0,30

Colocación de formaleta

A continuación se muestran los resultados promedio obtenidos en los procesos realizados para la colocación de formaleta en el salón principal.

Primeramente en la figura 26 se muestra el porcentaje de productividad que es alcanzado en el proceso de colocación de formaleta; luego en el cuadro 1 la clasificación de las actividades en

productivas, contributivas y no contributivas. El porcentaje en el que se producen cada una de las actividades se representan en el cuadro 2 y figura 27; para finalizar con información de la productividad de cada uno de los trabajadores que participaron en el proceso de colocación de la formaleta; en el cuadro 3 y figura 28.

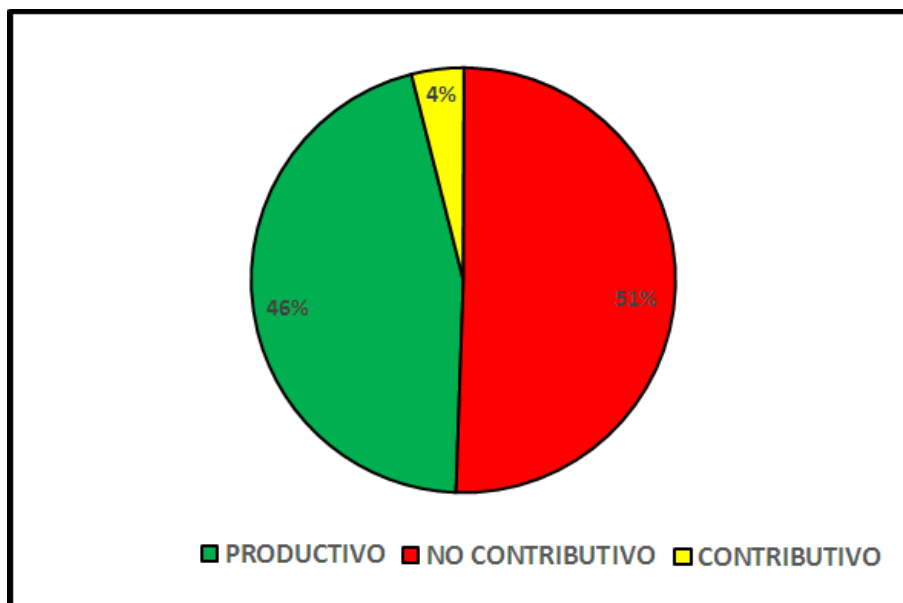


Figura 26. Porcentajes de la productividad medida en la colocación de formaleta.

El Cuadro 2 muestra la clasificación de las actividades del proceso de colocación de formaleta, demostrando en verde el trabajo productivo, en amarillo el contributivo y en rojo las

que se clasificaban como no contributivo. Se especifica según la cantidad de muestreos cuántas veces fue realizado por cada uno de los trabajadores cada una de las actividades.

CUADRO 2. CLASIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y LA CANTIDAD DE VECES QUE CADA TRABAJADOR REALIZA CADA UNA DE ELLAS EN COLOCACIÓN DE FORMALETA					
	Peón	Operario1	Operario 2	Operario 3	Ayudante
1. Alcanzar objetos	7	0	2	1	3
2. Observando	2	16	17	14	13
3. Trasladándose	38	1	4	14	4
4. Ajustando	17	48	49	32	21
5. Esperando	2	9	2	10	11
6. Solicitando Material	3	0	0	0	0
7. Halando cuerda	4	0	0	0	7
8. Descansando	3	6	6	9	21
9. Martillando	4	0	0	0	0

El Cuadro 3 se muestra la clasificación de las actividades del proceso de colocación de

formaleta con el porcentaje promedio de veces que fue realizado por cada uno de los trabajadores.

CUADRO 3. PORCENTAJE DE CADA ACTIVIDAD REALIZADA POR CADA UNO DE LOS TRABAJADORES EN COLOCACIÓN DE FORMALETA.

	Peón	Operario1	Operario 2	Operario 3	Ayudante
1 Alcanzando objetos	8,75%	0,00%	2,50%	1,25%	3,75%
2 Observando	2,50%	20,00%	21,25%	17,50%	16,25%
3 Trasladándose	47,50%	1,25%	5,00%	17,50%	5,00%
4 Ajustando	21,25%	60,00%	61,25%	40,00%	26,25%
5 Esperando	2,50%	11,25%	2,50%	12,50%	13,75%
6 Solicitando material	3,75%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
7 Halando cuerda	5,00%	0,00%	0,00%	0,00%	8,75%
8 Descansando	3,75%	7,50%	7,50%	11,25%	26,25%
9 Martillando	5,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

En la figura 27 se muestra el Crew Balance del proceso de colocación de formaleta. En el gráfico se especifican las actividades realizadas, los trabajadores involucrados, y el porcentaje

representado gráficamente de cada actividad realizada por cada trabajador.

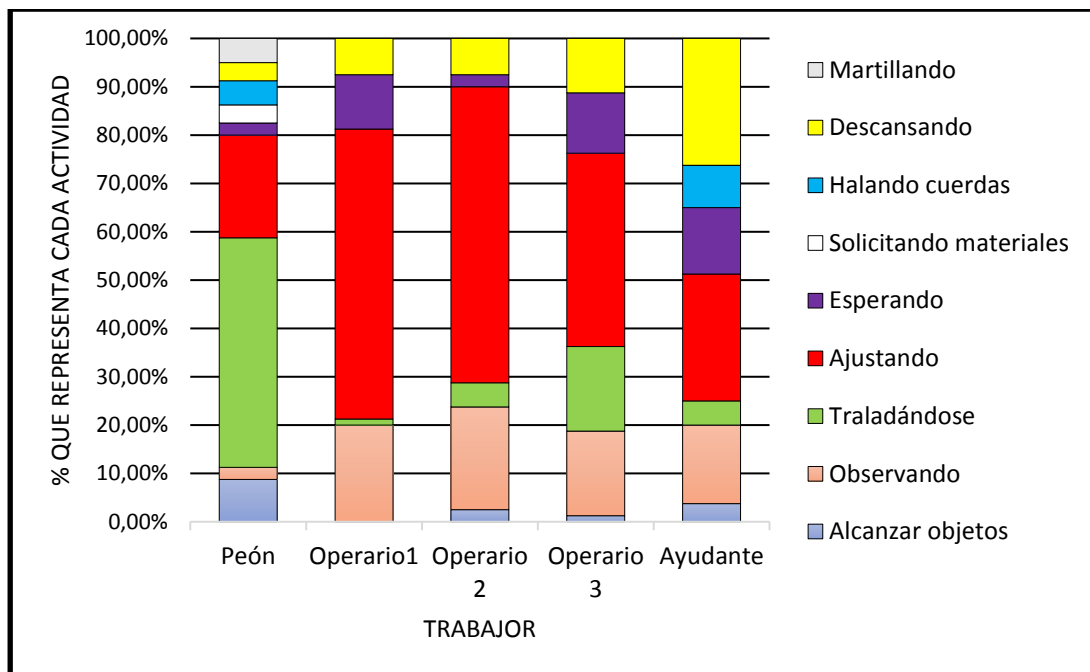


Figura 27. Crew balance de las actividades realizadas por cada trabajador en colocación de formaleta.

En el cuadro 4 se muestra los porcentajes de trabajo productivo, contributivo y no contributivo

realizado por cada uno de los trabajadores, con lo cual queda demostrado cuales aportan mayor productividad al proceso.

CUADRO 4. PORCENTAJE DE PRODUCTIVIDAD DE CADA UNO DE LOS TRABAJADORES EN COLOCACIÓN DE FORMALETA.					
	Peón	Operario1	Operario 2	Operario 3	Ayudante
Productivo	31%	60%	61%	40%	35%
Contributivo	13%	0%	3%	1%	4%
No contributivo	56%	40%	36%	59%	61%

En la figura 28 se muestran gráficamente los porcentajes de trabajo productivo, contributivo y

no contributivo realizado por cada uno de los trabajadores para el proceso de colocación de formaleta.

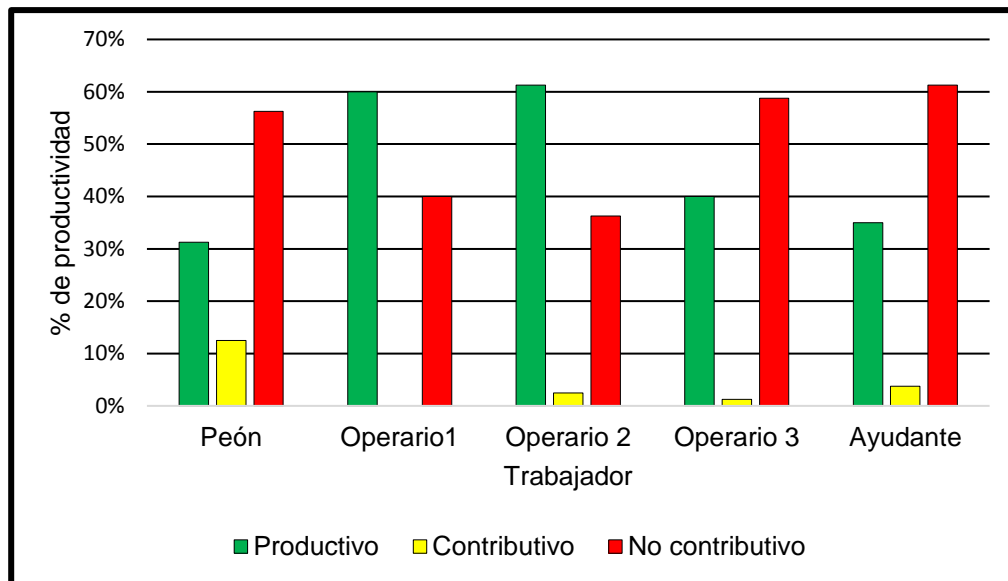


Figura 28. Comparativo de la productividad presentada por cada trabajador en colocación de formaleta.

Preparación de formaleta

A continuación, se muestran los resultados promedio obtenidos en los procesos realizados para la preparación de formaleta en el salón principal.

Primeramente, en la figura 29 se muestra el porcentaje de productividad que es alcanzado en el proceso de preparación de formaleta; luego en

el cuadro 5 la clasificación de las actividades en productivas, contributivas y no contributivas; el porcentaje en el que se producen cada una de ;as actividades se representan en el cuadro 6 y figura 30; para finalizar, con información de la productividad que presenta cada uno de los trabajadores que participaron en el proceso de preparación de la formaleta en el cuadro 7 y figura 31

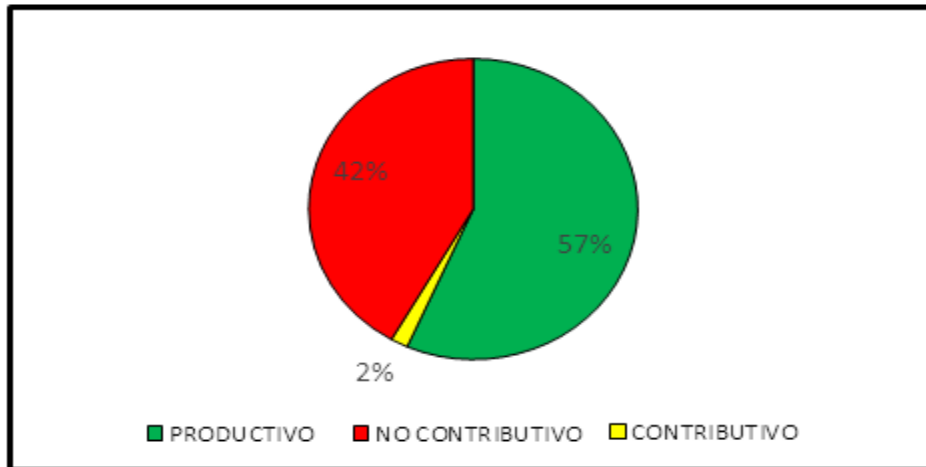


Figura 29. Porcentajes de la productividad medida en la preparación de formaleta.

El Cuadro 5 muestra la clasificación de las actividades del proceso de preparación de formaleta, demostrando en verde el trabajo productivo, en amarillo el contributivo y en rojo

como no contributivo. Se especifica según la cantidad de muestreos cuántas veces fueron realizados las actividades por cada uno de los trabajadores.

CUADRO 5. CANTIDAD DE VECES QUE CADA TRABAJADOR REALIZA UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA EN PREPARACIÓN DE FORMALETA.									
	Peón 1	Peón 2	Peón 3	Peón 4	Peón 5	Peón 6	Peón 7	Peón 8	Peón 9
1. Lijando tirantes	13	12	0	0	0	0	0	0	0
2. Quitando concreto de tirantes	3	16	10	0	0	0	0	2	0
3. Quitando concreto con disco en tirantes	0	0	11	0	0	0	0	0	0
4. Lijando formaleta	0	2	0	0	0	2	0	0	0
5. Quitar concreto en formaleta	0	0	0	22	7	12	11	7	13
6. Quitar concreto en formaleta con disco	0	0	1	8	17	23	27	14	3
7. Trasladando materiales	0	0	0	2	2	2	1	0	0
8. Descansando	18	14	22	14	20	7	4	22	26
9. Trasladándose	12	2	2	0	0	0	3	1	4

En el cuadro 6 se muestran, en porcentaje promedio las actividades realizadas por cada uno

de los trabajadores en el proceso de preparación de formaleta.

CUADRO 6. PORCENTAJE DE CADA ACTIVIDAD REALIZA POR CADA UNO DE LOS TRABAJADORES EN PREPARACIÓN DE FORMALETA.									
	Peón 1	Peón 2	Peón 3	Peón 4	Peón 5	Peón 6	Peón 7	Peón 8	Peón 9
1. Lijando tirantes	28,3%	26,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2. Quitando concreto de tirantes	6,5%	34,8%	21,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,3%	0,0%
3. Quitando concreto con disco en tirantes	0,0%	0,0%	23,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
4. Lijando formaleta	0,0%	4,3%	0,0%	0,0%	0,0%	4,3%	0,0%	0,0%	0,0%
5. Quitar concreto en formaleta	0,0%	0,0%	0,0%	47,8%	15,2%	26,1%	23,9%	15,2%	28,3%
6. Quitar concreto en formaleta con disco	0,0%	0,0%	2,2%	17,4%	37,0%	50,0%	58,7%	30,4%	6,5%
7. Traslado de materiales	0,0%	0,0%	0,0%	4,3%	4,3%	4,3%	2,2%	0,0%	0,0%
8. Descansando	39,1%	30,4%	47,8%	30,4%	43,5%	15,2%	8,7%	47,8%	56,5%
9. Traslándose	26,1%	4,3%	4,3%	0,0%	0,0%	0,0%	6,5%	2,2%	8,7%

En la figura 30 se muestra el Crew Balance del proceso de preparación de formaleta, en él se especifican las actividades realizadas, los

trabajadores involucrados, y el porcentaje representado gráficamente de las actividades realizada por cada trabajador.

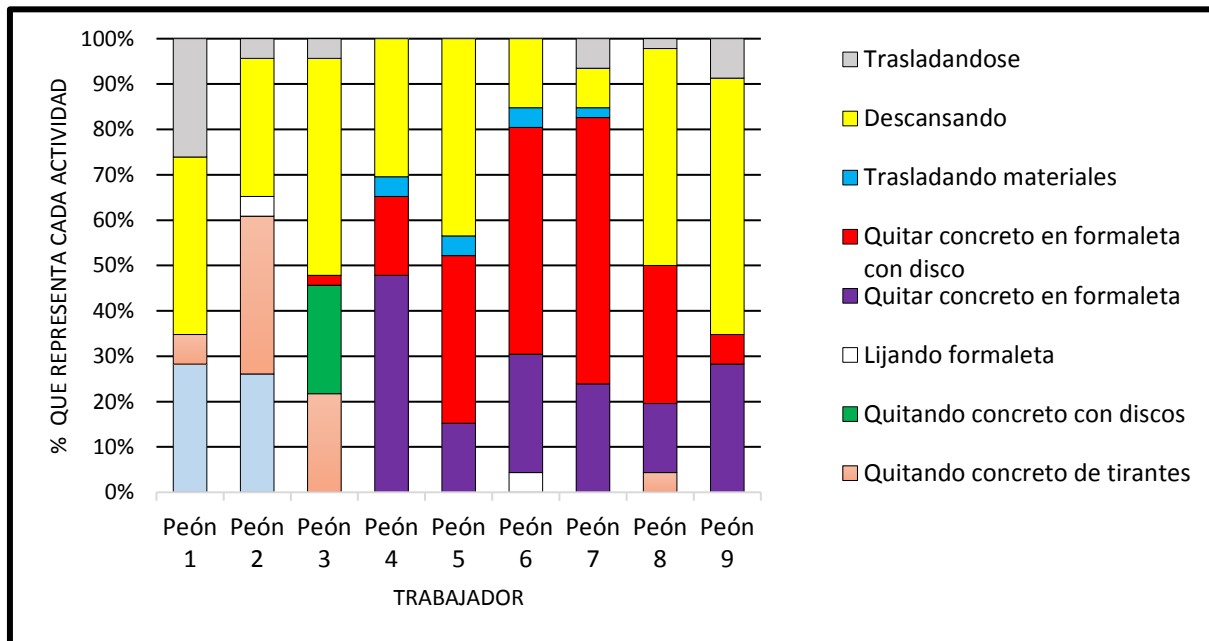


Figura 30. Crew balance de las actividades realizadas por cada trabajador en preparación de formaleta

En el cuadro 7 se muestran los porcentajes de trabajo productivo, contributivo y no contributivo realizado por cada uno de los trabajadores en la preparación de formaleta, con lo cual queda

demonstrado cuáles actividades aportan mayor productividad al proceso.

CUADRO 7. PORCENTAJE DE PRODUCTIVIDAD DE CADA UNO DE LOS TRABAJADORES EN PREPARACIÓN DE FORMALETA.									
	Peón 1	Peón 2	Peón 3	Peón 4	Peón 5	Peón 6	Peón 7	Peón 8	Peón 9
Productivo	35%	65%	48%	65%	52%	81%	83%	50%	35%
Contributivo	0%	0%	0%	5%	4%	4%	2%	0%	0%
No contributivo	65%	35%	52%	30%	44%	15%	15%	50%	65%

En la figura 31 se muestra gráficamente los porcentajes promedio de cada peón en cuanto a

trabajo productivo, contributivo y no contributivo en el proceso de preparación de formaleta.

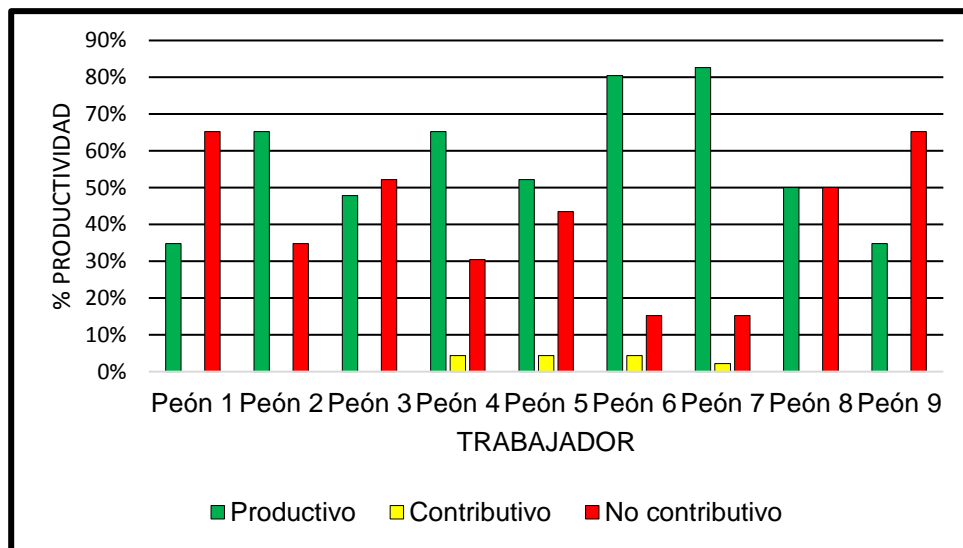


Figura 31. Comparativo de la productividad presentada por cada trabajador en preparación de formaleta.

Movimiento de tierras y preparación de terreno en parques

A continuación se muestran los resultados de productividad y rendimientos obtenidos en movimiento de tierras y preparación del terreno para parques. Primeramente, en el cuadro 8 se muestran los resultados, luego la productividad en

el movimiento de tierras y preparación. En los gráficos mostrados el color verde representa trabajo productivo, el amarillo contributivo y el rojo no contributivo.

CUADRO 8. CÁLCULO DE RENDIMIENTO EN MOVIMIENTO DE TIERRAS						
FECHA	HORA	TIEMPO(h)	OPERARIOS	HORAS OPERARIO	AVANCE(m3)	RENDIMIENTO h/m3
17/07/2017	09:47	0,11	2	0,22	10	0,022
16/08/2017	09:46	0,07	2	0,14	14	0,010
16/08/2017	10:00	0,105	2	0,21	15	0,014
R PROMEDIO						0,015
Desviación						0,000025
CV						0,162
fi						0,087
Rend. Real						0,017

Preparación de terreno y movimiento de tierras en parques

A continuación se muestran los resultados promedio obtenidos promedio en los procesos realizados de movimiento de tierras y preparación en parques.

Primeramente en la figura 32, se muestra el porcentaje de productividad que es alcanzado en

el proceso de preparación del terreno; luego en el cuadro 9, la clasificación de las actividades en productivas, contributivas y no contributivas; el porcentaje en el que se producen cada una de las actividades se representan en el cuadro 10 y figura 33; para finalizar con información de la productividad que presenta cada uno de los trabajadores que participaron en el proceso de movimiento de tierra y preparación del terreno en el cuadro 11 y figura 34.

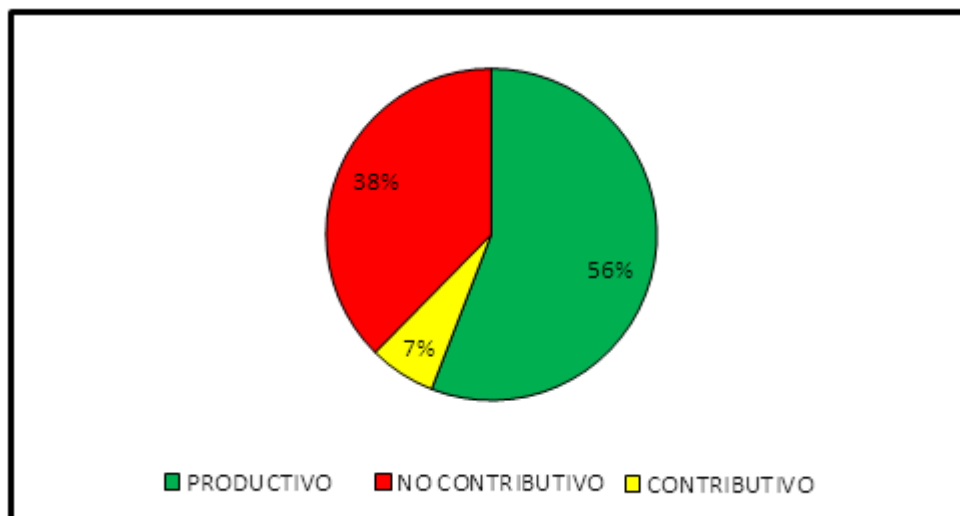


Figura 32. Porcentajes de la productividad en movimiento de tierras.

El Cuadro 9 muestra la clasificación de las actividades del proceso de preparación del terreno y movimiento de tierras, demostrando en verde el trabajo productivo, en amarillo el contributivo y en

rojo las que se clasifican como no contributivo. Se especifica según la cantidad de muestreos, cuántas veces fueron realizadas las actividades por cada uno de los trabajadores.

CUADRO 9. CANTIDAD DE VECES QUE CADA MÁQUINA REALIZA UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA EN MOVIMIENTO DE TIERRAS.			
	Excavadora	Vagoneta articulada 1	Vagoneta articulada 2
1. Cortando	26	0	0
2. Cargando pala	41	0	0
3. Vaciado en vagoneta	39	0	0
4. Transportando	0	26	87
5. Esperando ser cargado	0	84	0
6. Parqueando vagoneta	0	8	10
7. Esperando	23	7	0
8. Vagoneta es revisada	0	8	0
9. Parqueado	0	0	36
10. Acomodando material	4	0	0

En el cuadro 10 se muestra el porcentaje promedio de las actividades realizadas en el proceso de

preparación y movimiento de tierras por cada una de las máquinas.

CUADRO 10. PORCENTAJE DE CADA ACTIVIDAD REALIZADA POR CADA UNA DE LAS MÁQUINAS EN MOVIMIENTO DE TIERRAS.			
	Excavadora	Vagoneta articulada 1	Vagoneta articulada 2
1. Cortando	19,5%	0,0%	0,0%
2. Cargando pala	30,8%	0,0%	0,0%
3. Vaciado en vagoneta	29,3%	0,0%	0,0%
4. Transportando	0,0%	19,5%	65,4%
5. Esperando ser cargado	0,0%	63,2%	0,0%
6. Parqueando vagoneta	0,0%	6,0%	7,5%
7. Esperando	17,3%	5,3%	0,0%
8. Vagoneta es revisada	0,0%	6,0%	0,0%
9. Parqueado	0,0%	0,0%	27,1%
10. Acomodando material	3,0%	0,0%	0,0%

En la figura 33 se muestra el Crew Balance del proceso de movimiento de tierras. En el mismo se especifican las actividades realizadas, los

trabajadores involucrados, y el porcentaje representado gráficamente de las actividades realizadas por cada máquina.

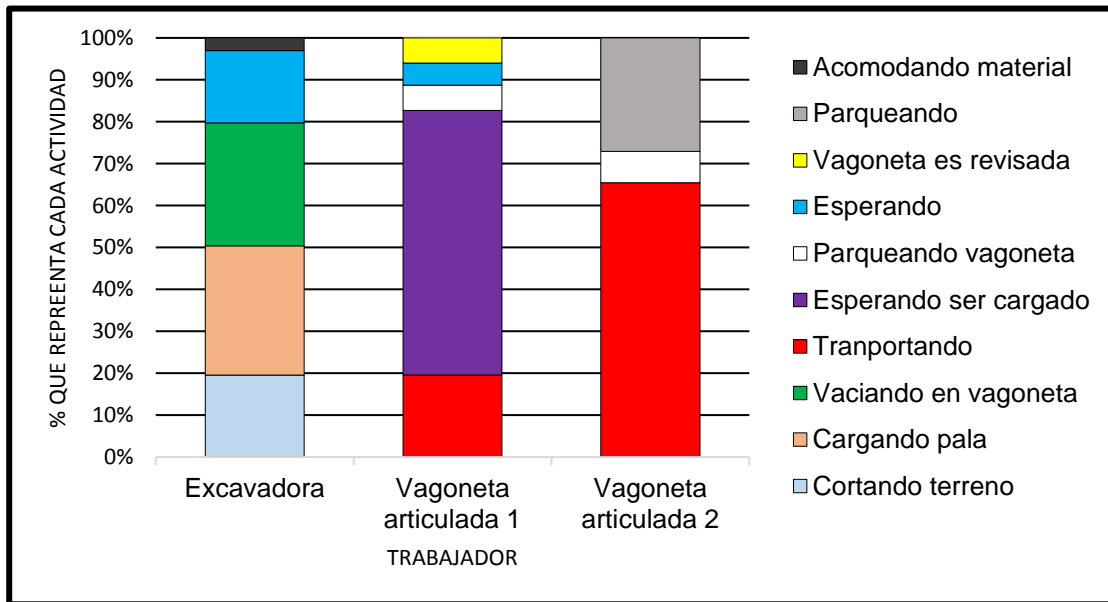


Figura 33. Crew balance de las actividades realizadas por cada máquina en movimiento de tierras

En el cuadro 11 se muestran los porcentajes de trabajo productivo, contributivo y no contributivo

realizado por cada uno de los trabajadores con su máquina en el movimiento de tierras , con lo cual queda demostrado cuáles aportan mayor productividad al proceso.

CUADRO 11. PORCENTAJE DE PRODUCTIVIDAD DE CADA UNO DE LAS MÁQUINAS EN MOVIMIENTO DE TIERRAS.			
	Excavadora	Vagoneta articulada 1	Vagoneta articulada 2
Productivo	83%	20%	65%
Contributivo	0%	12%	8%
No contributivo	17%	68%	27%

En la figura 28 se muestran gráficamente los porcentajes de trabajo productivo, contributivo y no contributivo en el movimiento de tierras

realizado por cada una de las máquinas y trabajadores .

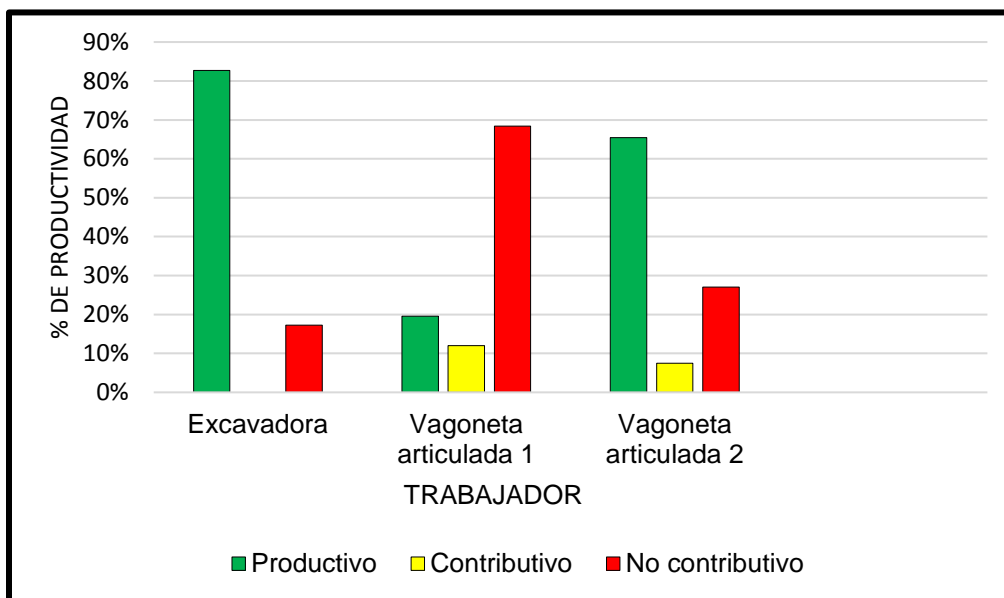


Figura 34. Comparativo de la productividad presentada por cada máquina en movimiento de tierras.

PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE CERCHAS Y ARMADURA DE TECHO EN SALÓN PRINCIPAL

A continuación se muestran los resultados de productividad y rendimientos obtenidos en

preparación y colocación de armadura en el techo del salón principal. Primeramente en el cuadro 12 se muestran los resultados de los rendimientos para este proceso, luego, la productividad en preparación de cerchas y posteriormente la productividad en el montaje. En los gráficos mostrados el color verde representa trabajo productivo, el amarillo contributivo y el rojo no contributivo.

CUADRO 12. CÁLCULO DE RENDIMIENTO EN MONTAJE DE CERCHAS						
FECHA	HORA	TIEMPO(h)	# PERSONAL	HORAS OPERARIO	CERCHAS	RENDIMIENTO h/cercha
08/08/2017	09:26	1,25	11	13,75	1	13,75
24/08/2017	09:00	1,4	13	18,2	1	18,20
02/09/2017	09:46	1,83	15	27,45	1	27,45
R PROMEDIO						19,8
Desviación						32,56
CV						164,45
fi						0,05
Rend. Real						20,84

Preparación de armadura de techo en salón principal

A continuación se muestran los resultados promedio en los procesos realizados de preparación de armadura de techo en el salón principal.

En la figura 35 se muestra el porcentaje de productividad que es alcanzado en el proceso de preparación de armadura del techo. En el cuadro 13 se presenta la clasificación de las actividades en productivas,

contributivas y no contributivas; el porcentaje en el que se producen cada una de las actividades se representan en el cuadro 14 y figura 36. Para finalizar con información de la productividad que presenta cada uno de los trabajadores que participaron en el proceso de preparación de armadura en el cuadro 15 y figura 37.

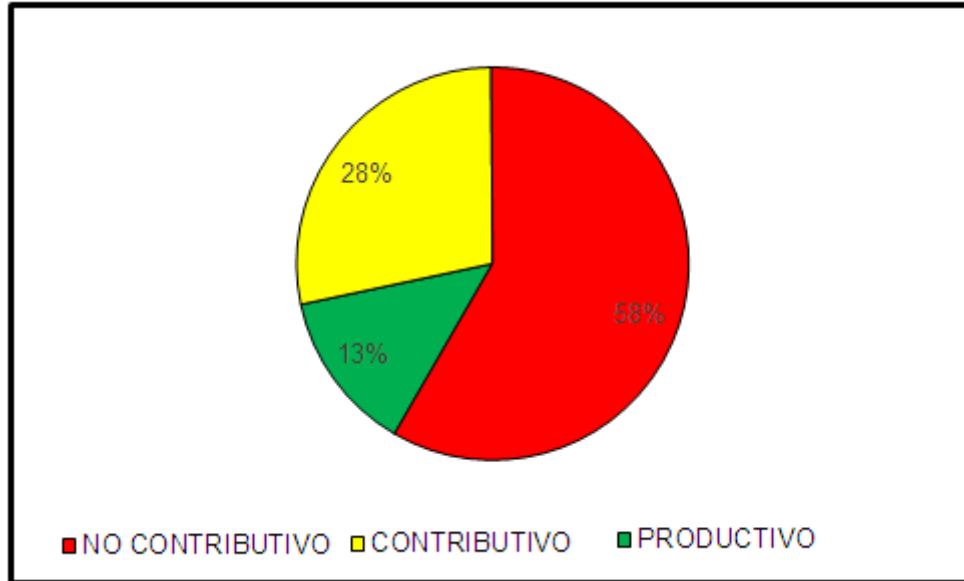


Figura 35. Porcentajes de la productividad en la soldadura de cerchas.

El Cuadro 13 muestra la clasificación de las actividades del proceso de preparación y soldado de cerchas, demostrando en verde el trabajo productivo, en amarillo el contributivo y en rojo las que se clasificaban como no

contributivo. Se especifica según la cantidad de muestreos, cuántas veces fueron realizadas las actividades por cada uno de los trabajadores.

CUADRO 13. CANTIDAD DE VECES QUE CADA TRABAJADOR REALIZA UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA EN SOLDADURA DE CERCHAS.			
	Soldador 1	Soldador 2	Soldador 3
1. Soldar	57	2	30
2. Hablar	1	6	12
3. Descansar	8	12	11
4. Trasladándose	1	30	10
5. observar	2	12	5
6. Alistando herramientas	8	6	14
7. Martillando	6	2	0
8. Planeando	2	18	21
9. Midiendo	35	28	16
10. Alcanzando objetos	0	7	0
12. Cortando	10	7	1
11. Ajustando	0	0	10

En el cuadro 14 se muestran los porcentajes promedio de las actividades realizadas por cada uno de los trabajadores en el proceso de

soldado y preparación de cerchas para el salón principal.

CUADRO 14. PORCENTAJE DE CADA ACTIVIDAD REALIZADA POR CADA UNO DE LOS TRABAJADORES EN SOLDADURA DE CERCHAS.			
	Soldador 1	Soldador 2	Soldador 3
1. Soldar	43,8%	1,5%	23,1%
2. Hablar	0,8%	4,6%	9,2%
3. Descansar	6,2%	9,2%	8,5%
4. Traslándose	0,8%	23,1%	7,7%
5. Observar	1,5%	9,2%	3,8%
6. Alistando herramientas	6,2%	4,6%	10,8%
7. Martillando	4,6%	1,5%	0,0%
8. Planeando	1,5%	13,8%	16,2%
9. Midiendo	26,9%	21,5%	12,3%
10. Alcanzando objetos	0,0%	5,4%	0,0%
12. Cortando	7,7%	5,4%	0,8%
11. Ajustando	0,0%	0,0%	7,7%

En la figura 36 se muestra el Crew Balance del proceso de soldado de cerchas; en el mismo se especifican las actividades, los

trabajadores involucrados y el porcentaje representado gráficamente de las actividades ejecutadas por cada trabajador.

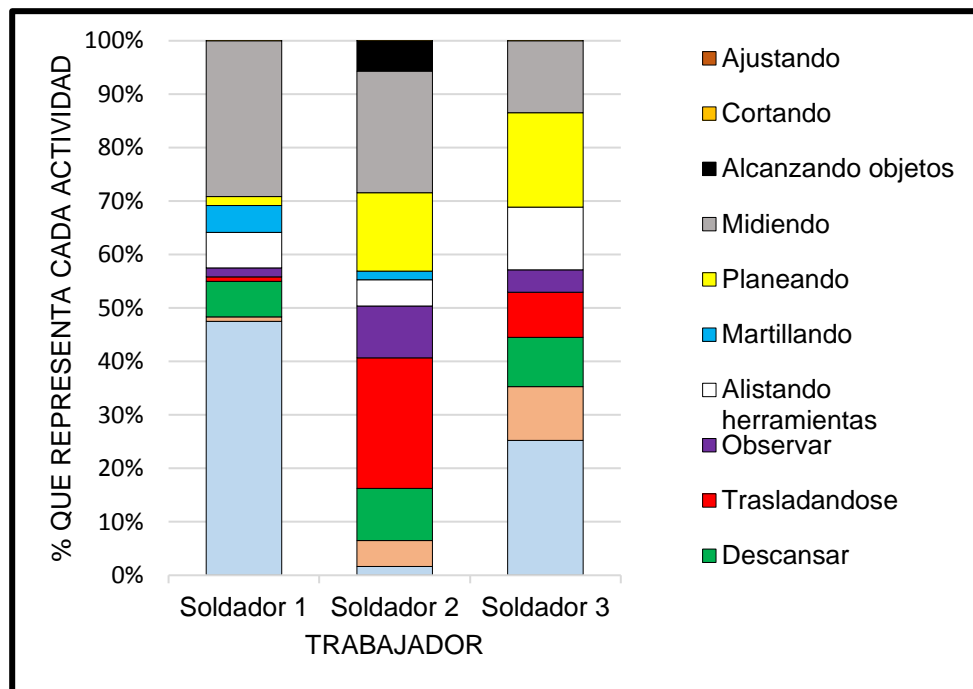


Figura 36. Crew balance de las actividades realizadas por cada trabajador en soldadura de cerchas.

En el cuadro 15 se muestran los porcentajes de trabajo productivo, contributivo y no contributivo

realizado por cada uno de los trabajadores en el proceso de soldado de cerchas, con lo cual queda demostrado los que aportan mayor productividad al proceso.

CUADRO 15. PORCENTAJE DE PRODUCTIVIDAD DE CADA UNO DE LOS TRABAJADORES EN SOLDADURA DE CERCHAS.			
	Soldador 1	Soldador 2	Soldador 3
Productivo	56%	8%	32%
Contributivo	35%	45%	39%
No contributivo	9%	46%	29%

En la figura 37 se muestran gráficamente los porcentajes de trabajo productivo, contributivo y no contributivo realizado por cada uno de los

trabajadores para el proceso de soldado de cercha.

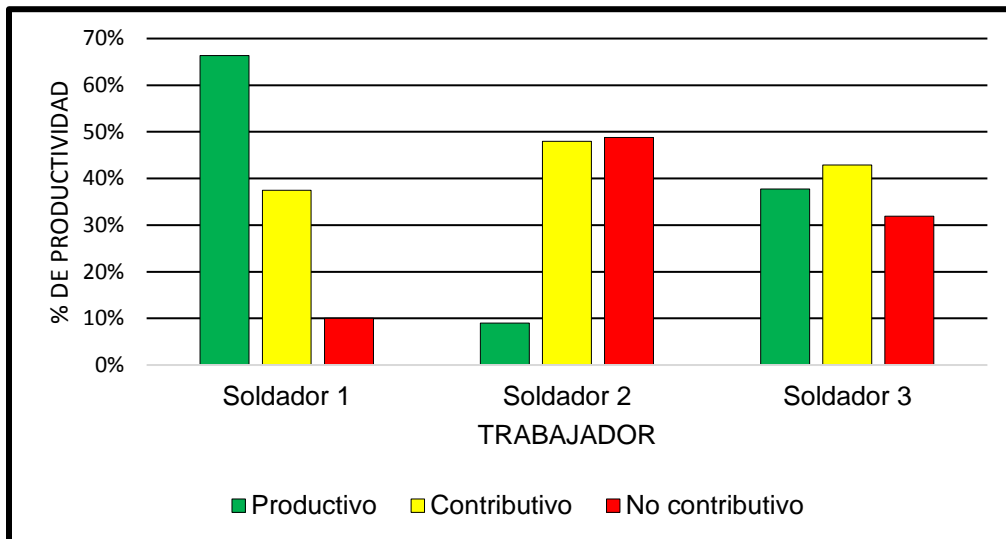


Figura 37. Comparativo de la productividad presentada por cada trabajador en soldadura de cerchas.

Montaje de cerchas

A continuación se muestran los resultados promedio obtenidos en los procesos realizados del montaje de cerchas del techo en el salón principal.

Primeramente, en la figura 38 se muestra el porcentaje de productividad que es alcanzado en el proceso de montaje de cerchas; luego en el cuadro 16 la clasificación

de las actividades en productivas, contributivas y no contributivas; el porcentaje en el que se producen cada una de las actividades se representan en el cuadro 17 y figura 39; para finalizar con información de la productividad que presenta cada uno de los trabajadores en el proceso de montaje de cerchas, en el cuadro 18 y figura.

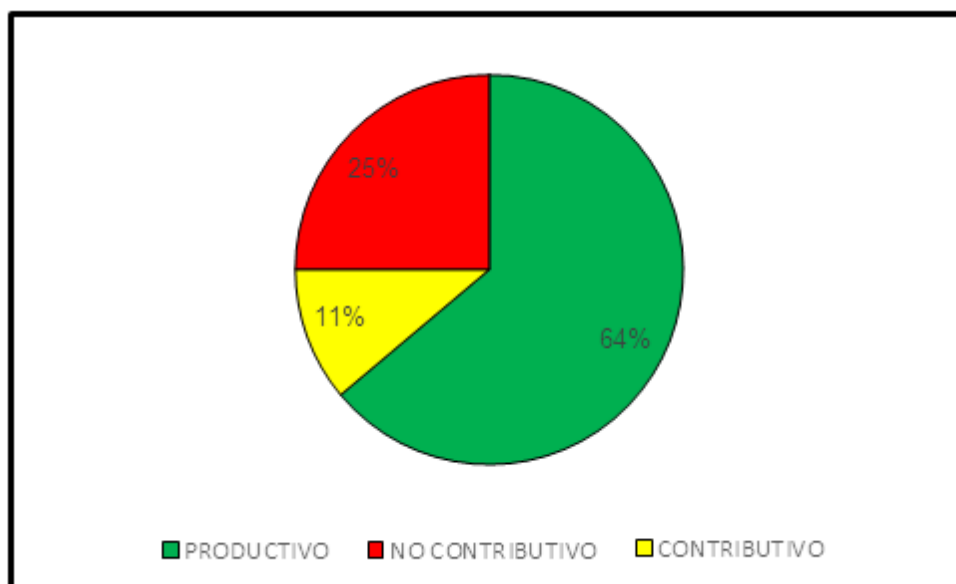


Figura 38. Porcentajes de la productividad montaje de cerchas.

El Cuadro 16 se muestra la clasificación de las actividades del proceso de montaje de cerchas, demostrando en verde el trabajo productivo, en amarillo el contributivo y en rojo

las que se clasificaban como no contributivo. Se especifica según la cantidad de muestreos cuántas veces fueron realizadas las actividades por cada uno de los trabajadores.

CUADRO 16. CANTIDAD DE VECES QUE CADA TRABAJADOR REALIZA UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA EN MONTAJE DE CERCHAS.

	MO	Gruero 1	Gruero 2	Peón 1	Peón 2	Peón 3	Peón 4	Sold. 1	Sold. 2	Sold. 3	Sold. 4	Enc.Se guridad
1. Dando órdenes	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. Manejar grúa	0	36	36	0	0	0	0	0	1	0	0	0
3. Guiar con cuerdas	0	0	0	36	36	36	36	0	0	0	0	0
4. Esperar	0	0	0	0	0	0	0	27	27	27	27	0
5. Ver	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6. Guiar	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	0
7. Dar y mantener Órdenes de seguridad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
8. Sostener cercha	0	0	0	0	0	0	0	6	5	6	6	0

En el cuadro 17 se muestra el porcentaje promedio de las actividades realizadas por

cada uno de los trabajadores en el proceso de montaje de cerchas en el salón principal.

CUADRO 17. PORCENTAJE DE CADA ACTIVIDAD REALIZADA POR CADA UNO DE LOS TRABAJADORES EN MONTAJE DE CERCHAS.												
	MO	Gruero 1	Gruero 2	Peón 1	Peón 2	Peón 3	Peón 4	Sold. 1	Sold. 2	Sold. 3	Sold. 4	Enc. Seguridad
1. Dando órdenes	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2. Manejar grúa	0%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%
3. Guiar con cuerdas	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
4. Esperar	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	75%	75%	75%	75%	0%
5. Ver	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6. Guiar	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8%	8%	8%	8%	0%
7. Dar y mantener órdenes de seguridad	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
8. Sostener cercha	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	14%	17%	17%	0%

En la figura 39 se muestra el Crew Balance del proceso de montaje de cerchas en el salón principal; en el mismo se especifican las actividades realizadas, los trabajadores

involucrados, y el porcentaje representado gráficamente de las actividades realizadas por cada trabajador.

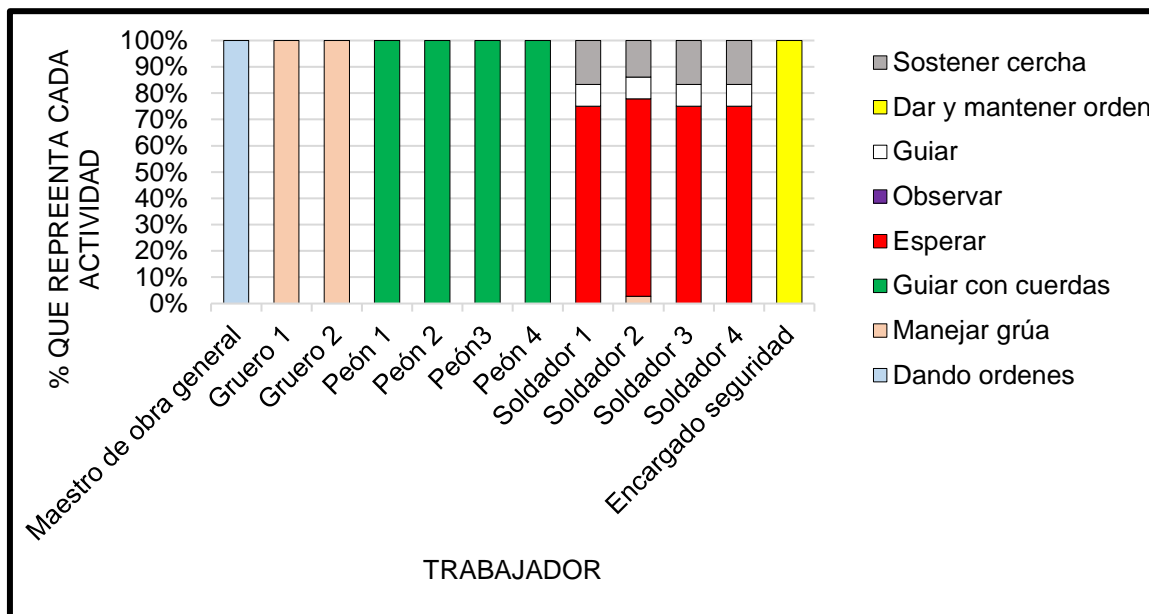


Figura 39. Crew balance de las actividades realizadas por cada trabajador en montaje de cerchas.

En el cuadro 18 se muestran los porcentajes de trabajo productivo, contributivo y no contributivo

realizado por cada uno de los trabajadores en el proceso de montaje de cerchas, con lo cual queda demostrado cuáles aportan mayor productividad al proceso.

CUADRO 18. PORCENTAJE DE PRODUCTIVIDAD DE CADA UNO DE LOS TRABAJADORES EN MONTAJE DE CERCHAS.												
	MO	Gruero 1	Gruero 2	Peón 1	Peón 2	Peón 3	Peón 4	Sold 1	Sold 2	Sold 3	Sold . 4	Encargado seguridad
Productivo	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	17%	17%	17%	17%	0%
Contributivo	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8%	8%	8%	8%	100%
No contributivo	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	75%	75%	75%	75%	0%

En la figura 40 se muestran gráficamente los porcentajes de trabajo productivo, contributivo y no contributivo realizado por cada uno de los

trabajadores para el proceso de soldado de cerchas.

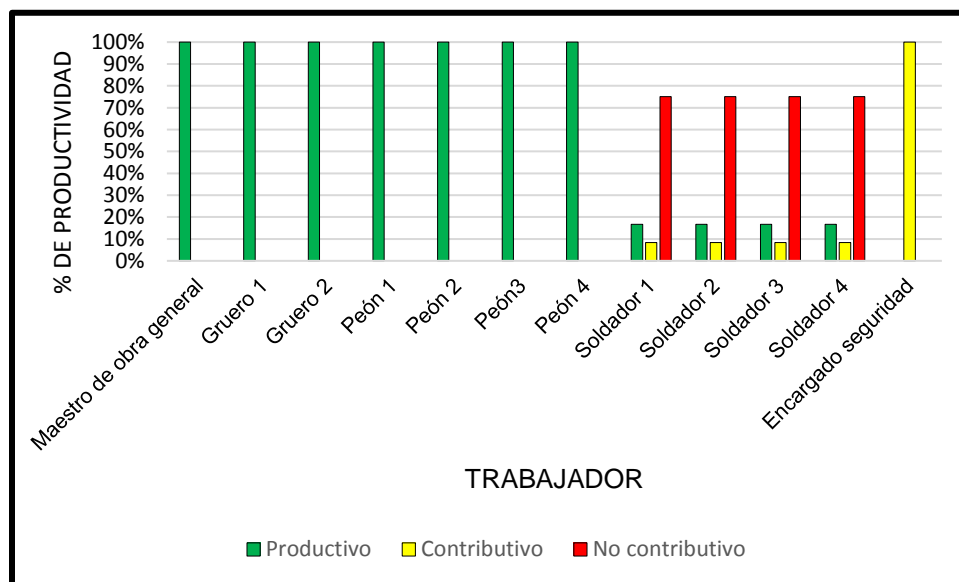


Figura 40. Comparativo de la productividad presentada por cada trabajador en montaje de cerchas

Preparación y colocación del contrapiso en el salón principal

A continuación se muestran los resultados de productividad y rendimientos obtenidos en preparación y colocación de contrapiso para el salón principal. Primeramente se muestran los resultados de los rendimientos para este proceso en el cuadro 19; luego la productividad en la

colocación de armadura y posteriormente, la productividad en el taller de armadura donde se realizaron las mallas. En los gráficos mostrados, el color verde representa trabajo productivo, el amarillo contributivo y el rojo no contributivos

CUADRO 19. CÁLCULO DE RENDIMIENTO EN HORAS PEÓN DE COLOCACIÓN DE CONTRAPISO						
FECHA	HORA	TIEMPO(h)	# PERSONAL	HORAS OPERARIO	AVANCE m2	RENDIMIENTO h/m2
20/07/2017	09:26	0,416	8	3,328	96	0,0347
23/08/2017	09:56	0,51	7	3,57	80	0,0446
02/09/2017	09:10	0,43	8	3,44	90	0,0382
R PROMEDIO						0,039
Desviación						0,00039
CV						0,66
fi						0,05
Rend. Real						0,04

Colocación de contrapiso

Seguidamente se muestran los resultados promedio obtenidos en los procesos realizados para la colocación de contrapiso en el salón principal.

En primer lugar, en la figura 41 se muestra el porcentaje de productividad que es alcanzado en el proceso de colocación del contrapiso; luego en el cuadro 20 la clasificación de las actividades en productivas,

contributivas y no contributivas; el porcentaje en el que se producen cada una de las actividades se representan en el cuadro 21 y figura 42; para finalizar con información de la productividad que presenta cada uno de los trabajadores que participaron en el proceso de colocación de contrapiso, en el cuadro 22 y figura 43

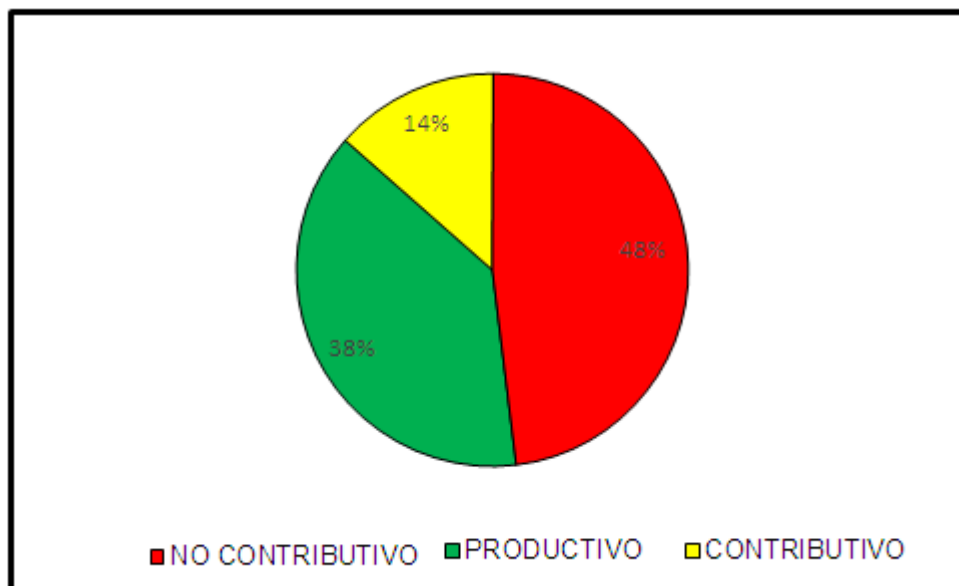


Figura 41. Porcentajes de la productividad en relleno de contrapiso.

El Cuadro 20 se muestra la clasificación de las actividades del proceso de colocación del relleno de contrapiso en el salón principal, demostrando en verde el trabajo productivo,

en amarillo el contributivo y en rojo las que se clasificaban como no contributivo. Se especifica según la cantidad de muestreos cuantas veces fueron realizadas las actividades por cada uno de los trabajadores.

CUADRO 20. PORCENTAJE DE CADA ACTIVIDAD REALIZADA POR CADA UNO DE LAS TRABAJADORES EN COLOCACIÓN DE RELLENO DE CONTRAPISO.							
	Peón 1	Peón 2	Peón 3	Peón 4	Peón 5	Peón 6	Maquinista
1. Palear	1,7%	56,7%	32,2%	51,7%	48,3%	1,7%	0,0%
2. Ver	1,7%	6,7%	1,7%	5,0%	5,0%	6,7%	23,3%
3. Descansar	36,7%	35,0%	66,1%	43,3%	41,7%	45,0%	0,0%
4. Trasladándose	0,0%	1,7%	0,0%	0,0%	5,0%	11,7%	0,0%
5. Colocar Cuerda	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,0%	0,0%
6. Manejar Back Hoe	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
7. Rastrillar	60,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,7%	0,0%
8. Barriendo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	26,7%	0,0%
9. Descargando Agregado	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	15,0%
10. Manejando	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,7%	61,7%

En el cuadro 21 se muestra el porcentaje promedio de cada actividad realizada por los trabajadores en el proceso de relleno de contrapiso en el salón principal.

CUADRO 21. CANTIDAD DE VECES QUE CADA TRABAJADOR REALIZA UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA COLOCACIÓN DE RELLENO DE CONTRAPISO.							
	Peón 1	Peón 2	Peón 3	Peón 4	Peón 5	Peón 6	Maquinista
1. Palear	1	34	19	31	29	1	0
2. Ver	1	4	1	3	3	4	14
3. Descansar	22	21	39	26	25	27	0
4. Traslándose	0	1	0	0	3	7	0
5. Colocar Cuerda	0	0	0	0	0	3	0
6. Manejar Back Hoe	0	0	0	0	0	0	0
7. Rastrillar	36	0	0	0	0	1	0
8. Barriendo	0	0	0	0	0	16	0
9. Descargando Agregado	0	0	0	0	0	0	9
10. Manejando	0	0	0	0	0	1	37

En la figura 42 se muestra el Crew Balance del proceso de colocación de contrapiso en el salón principal; en este se especifican

las actividades realizadas, los trabajadores involucrados, y el porcentaje representado gráficamente de las actividades realizadas por cada trabajador.

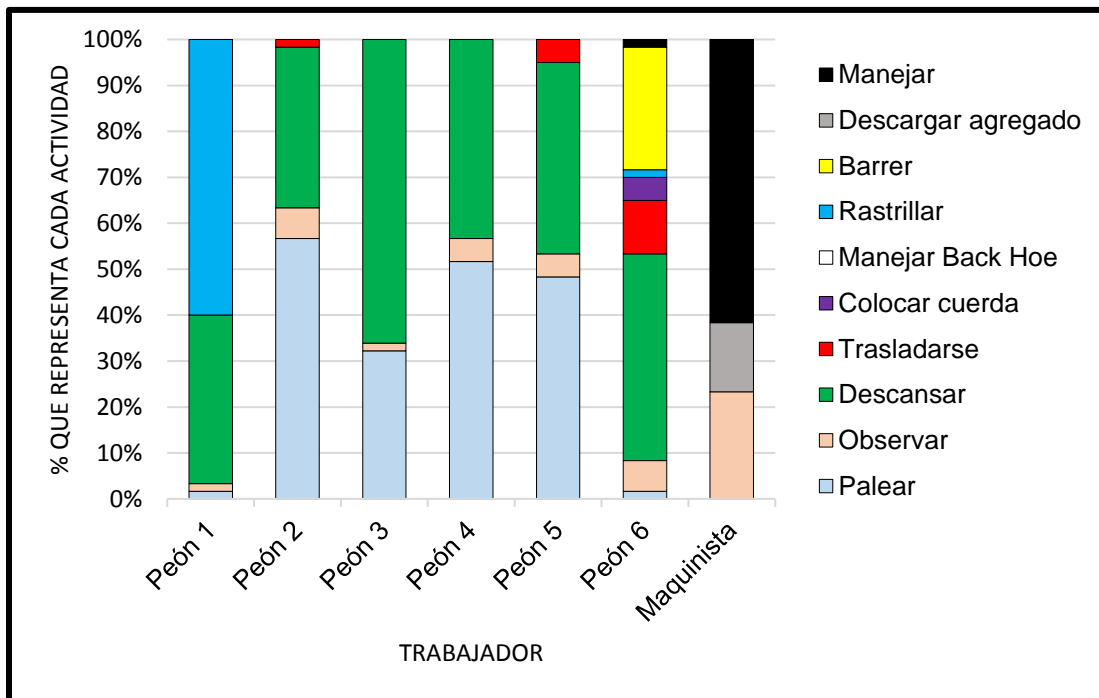


Figura 42. Crew balance de las actividades realizadas por cada trabajador en colocación de contrapiso.

En el cuadro 22 se muestran los porcentajes de trabajo productivo, contributivo y no contributivo

realizado por cada uno de los trabajadores en el proceso de colocación de contrapiso, con lo cual queda demostrado cuáles aportan mayor productividad al proceso.

CUADRO 22. PORCENTAJE DE PRODUCTIVIDAD DE CADA UNO DE LOS TRABAJADORES EN COLOCACIÓN DE CONTRAPISO.							
	Peón 1	Peón 2	Peón 3	Peón 4	Peón 5	Peón 6	Maquinista
Productivo	62%	57%	32%	52%	48%	4%	15%
Contributivo	0%	0%	0%	0%	0%	33%	62%
No contributivo	38%	43%	68%	48%	52%	63%	23%

En la figura 43 se muestran gráficamente los porcentajes de trabajo productivo, contributivo y no contributivo realizado por

cada uno de los trabajadores en el proceso de colocación de contrapiso.

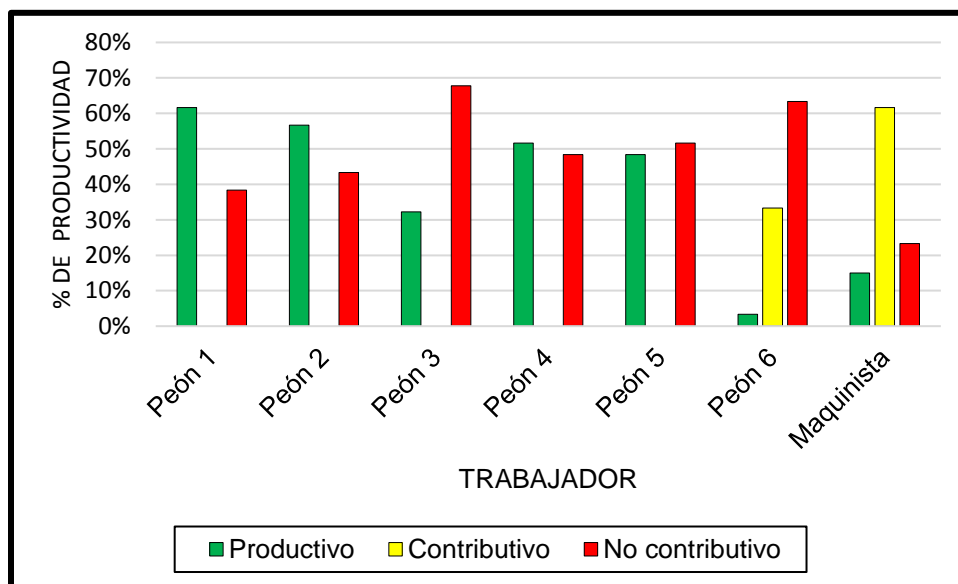


Figura 43. Comparativo de la productividad presentada por cada trabajador en colocación de contrapiso.

Taller de armadura de armadura de contrapiso

Seguidamente se muestran los resultados promedio obtenido en los procesos realizados en el taller de armadura para preparación del contrapiso en el salón principal.

Primeramente en la figura 44 se muestra el porcentaje de productividad alcanzado en las actividades del taller de

armadura; luego en el cuadro 23 la clasificación de las actividades en productivas, contributivas y no contributivas; el porcentaje que se produce en cada una de las actividades

se representa en el cuadro 24 y figura 45; para finalizar con información de los trabajadores que participaron en el proceso de taller de armadura, en el cuadro 25 y figura 46.

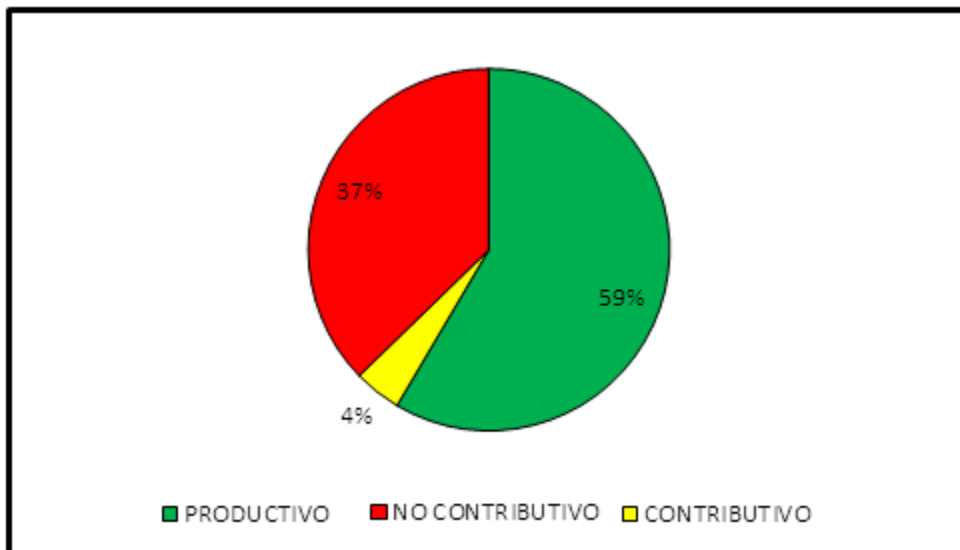


Figura 44. Porcentajes de la productividad en el taller de armadura.

El cuadro 23 muestra la clasificación de las actividades del proceso de taller de armadura para la colocación de contrapiso, mostrando en verde el trabajo productivo, en amarillo el contributivo y en rojo las que se clasificaban

como no contributivo. Se especifica según la cantidad de muestreos cuántas veces fueron realizados las actividades por cada uno de los trabajadores.

TABLA 23. CANTIDAD DE VECES QUE CADA TRABAJADOR REALIZA UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA EN TALLER DE ARMADURA.				
	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4
1. Observar	12	13	10	25
2. Hablar	0	4	2	2
3. Trasladándose	16	7	19	32
4. Cortando	10	8	8	7
5. Armando	52	56	44	13
6. Amarrando	8	8	10	10
7. Planear	0	0	0	0
8. Alcanzar objetos	0	4	7	6
9. Descansando	2	0	0	5

En el cuadro 24 se muestra el porcentaje promedio de las actividades realizadas por cada trabajador en la preparación que se da

en taller a la armadura colocada en el contrapiso.

CUADRO 24. PORCENTAJE DE CADA ACTIVIDAD REALIZADA POR CADA UNO DE LAS TRABAJADORES EN TALLER DE ARMADURA				
	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4
1. Observar	12%	13%	10%	25%
2. Hablar	0%	4%	2%	2%
3. Trasladándose	16%	7%	19%	32%
4. Cortando	10%	8%	8%	7%
5. Armando	52%	56%	44%	13%
6. Amarrando	8%	8%	10%	10%
7. Planear	0%	0%	0%	0%
8. Alcanzar objetos	0%	4%	7%	6%
9. Descansando	2%	0%	0%	5%

En la figura 45 se muestra el Crew Balance del proceso de taller de armadura para la colocación de contrapiso en el salón principal.

En él se especifican las actividades realizadas, los trabajadores involucrados, y el porcentaje representado gráficamente de las actividades realizadas por cada trabajador.

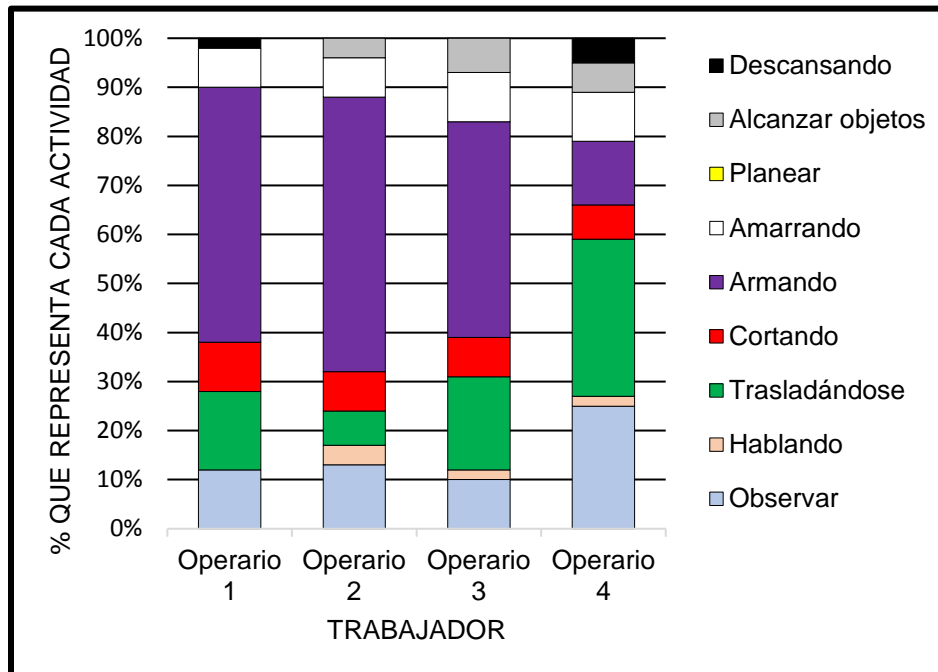


Figura 45. Crew balance de las actividades realizadas por cada trabajador en taller de armadura.

En el cuadro 25 se muestran los porcentajes de trabajo productivo, contributivo y no contributivo

realizado por cada uno de los trabajadores en el proceso de taller de armadura, con lo cual queda demostrado cuáles aportan mayor productividad al proceso.

CUADRO 25. PORCENTAJE DE PRODUCTIVIDAD DE CADA UNO DE LOS TRABAJADORES EN TALLER DE ARMADURA.				
	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4
Productivo	70%	72%	62%	30%
Contributivo	0%	4%	7%	6%
No contributivo	30%	24%	31%	64%

En la figura 46, se muestran gráficamente los porcentajes de trabajo productivo, contributivo y no contributivo realizado por cada uno de los trabajadores en el proceso

de taller de armadura para la preparación de mallas utilizadas en el contrapiso del salón principal..

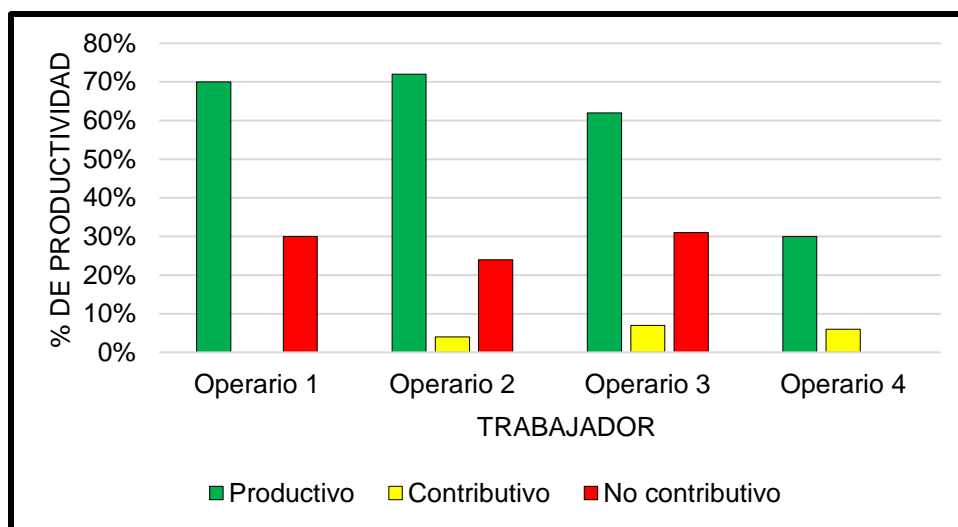


Figura 46. Comparativo de la productividad presentada por cada trabajador en taller de armadura.

Diagramas de Ishikawa de los procesos seleccionados

Seguidamente se muestran los diagramas de Ishikawa (Causa-Efecto) obtenidos del análisis de los procesos estudiados. Estos muestran en la figura 47, el problema en productividad en la preparación y colocación de formaleta; en la figura 48 se muestran los

altos costos; y, en las figuras 49 y 50 respectivamente, se muestra la problemática de bajas productividades en la preparación de armadura de techo y de contrapiso.

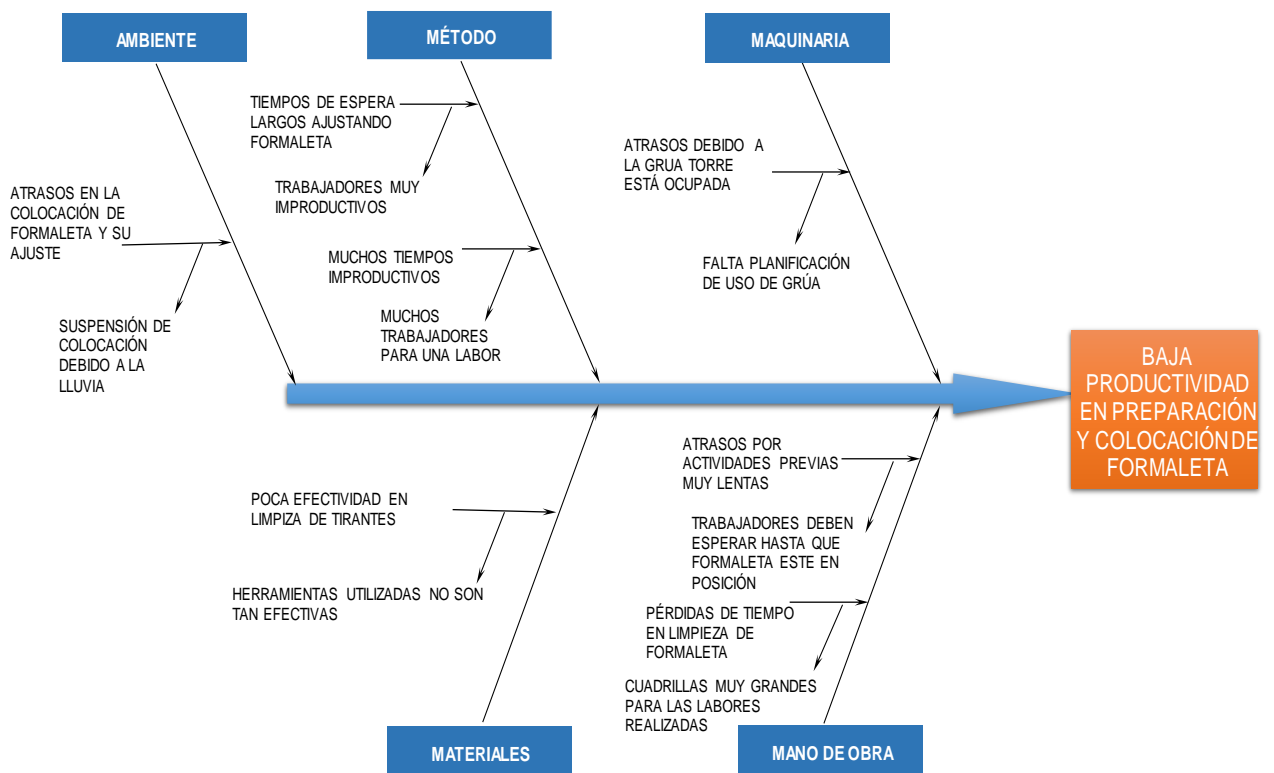


Figura 47. Diagrama de Ishikawa en la preparación y colocación de formaleta, con causas y consecuencias en los procesos más críticos.

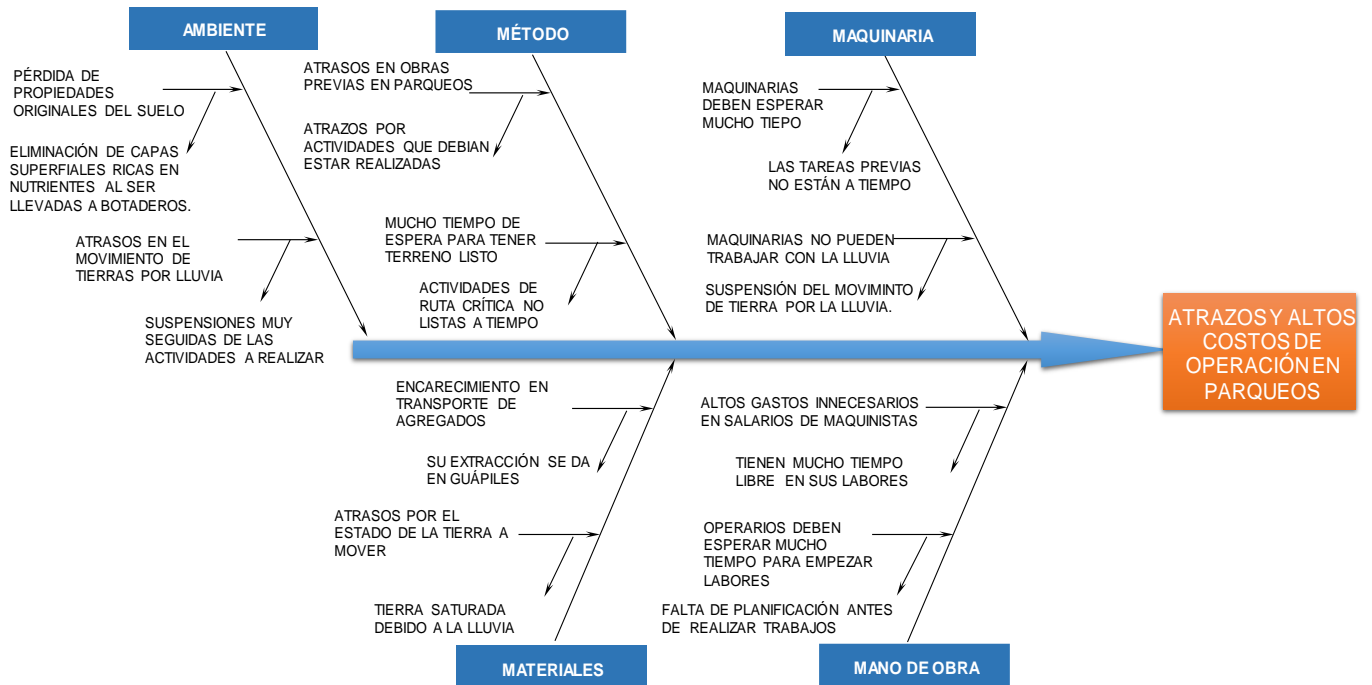


Figura 48. Diagrama de Ishikawa en la preparación de parqueos, con causas y consecuencias en los procesos más críticos.

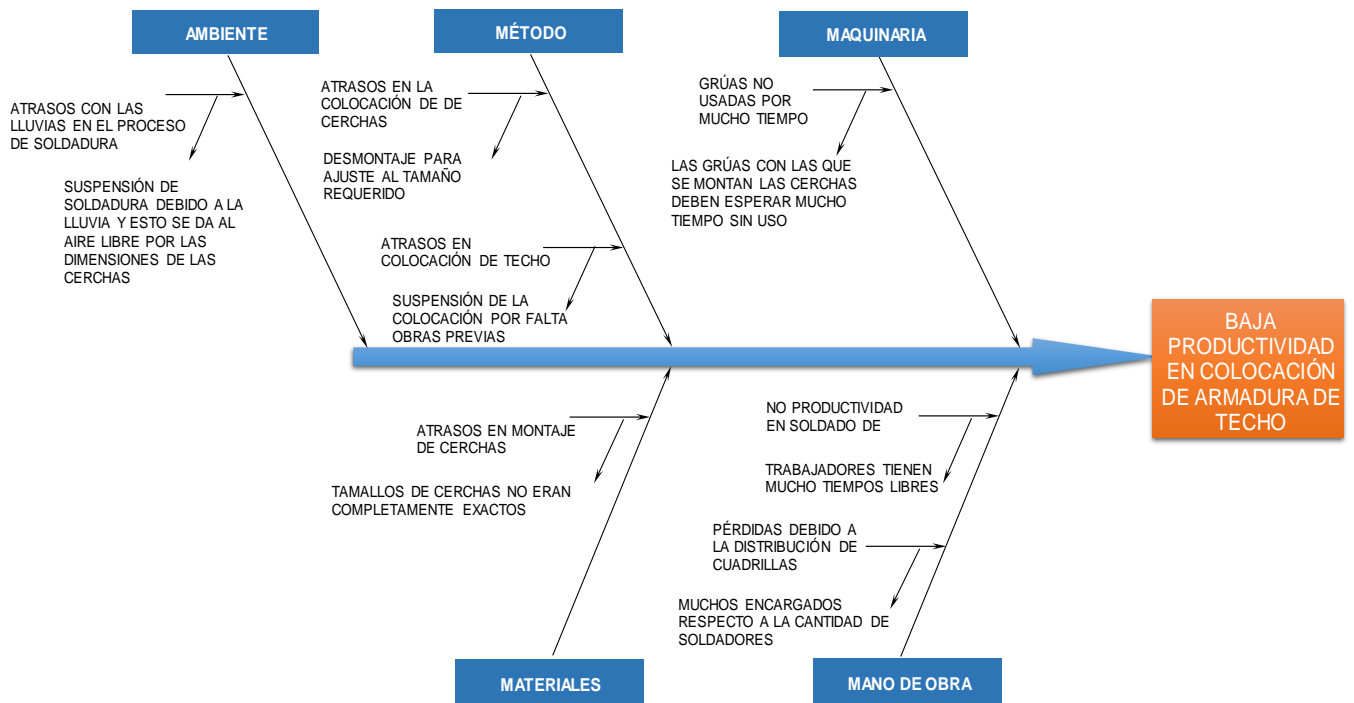


Figura 49. Diagrama de Ishikawa en la colocación del techo en el salón principal, con causas y consecuencias en los procesos más críticos.

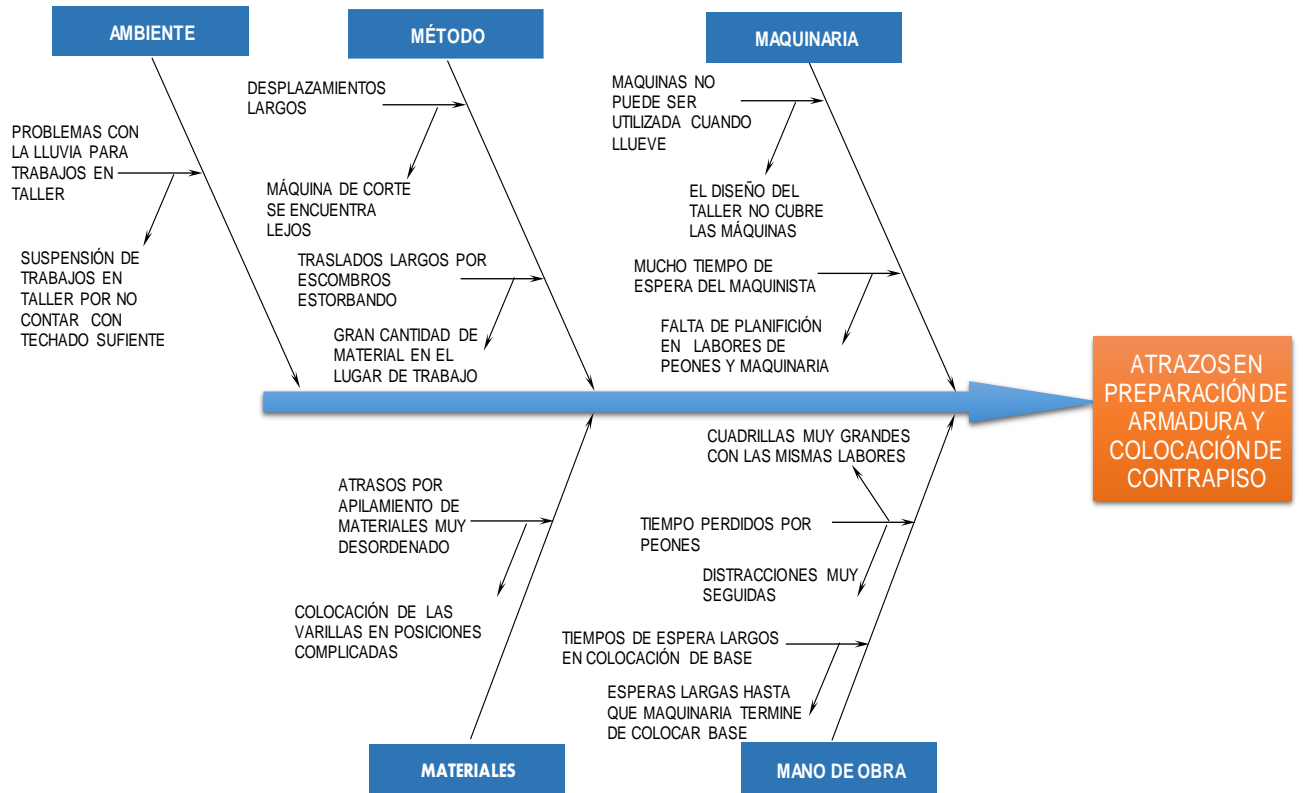


Figura 50. Diagrama de Ishikawa de la preparación del contrapiso en el salón principal, con causas y consecuencias en los procesos más críticos.

Resumen de encuestas realizadas

A continuación se muestran los promedios obtenidos en las encuestas realizadas a ingenieros residentes, arquitectos, maestros de obras, quienes fueron los encargados que más se

encontraron en campo durante la realización del proyecto. Los resultados de las preguntas muestran la perspectiva del proyecto por parte de estos.

CUADRO 26. RESUMEN DE ENCUESTAS REALIZADAS A INGENIEROS Y MAESTROS DE OBRA		
# de personas	Pregunta	Promedio
10	1. ¿El diseño de sitio de trabajo es el adecuado?	4
10	2. ¿Los rendimientos y productividad en las tareas es el adecuado?	4
10	3. ¿Los materiales están siempre que se necesitan?	3,5
10	4. ¿Las herramientas de trabajo están siempre que se necesitan?	3
10	5. ¿La cantidad de trabajadores para cada labor es la necesaria?	3,5
10	6. ¿La mano de obra es calificada para cada una de las labores?	4
10	7. ¿Los subcontratistas ayudan a realizar las labores más rápidamente?	4
10	8. ¿Considera que el sitio de trabajo es limpio?	4

Además de la encuesta del cuadro anterior, se plantearon otras preguntas para ampliar las opiniones acerca de aspectos relevantes en el buen transcurso del proyecto

Principales respuestas a otras preguntas

¿Qué considera que provoca atrasos en el proyecto?

- Decisiones cambiantes en ingenieros.
- La inspección.

- Muchas órdenes de cambio en algunos materiales y procesos.
- El clima, demasiadas lluvias.
- Atrasos por ser un proyecto exonerado
- Poco rendimiento en maquinaria.

Que soluciones propone para que no haya atrasos?

- Aprobaciones más rápidas de los materiales.
- Más coordinación entre maestros de obras y contratistas.

- Mejor rendimiento y eficiencia en maquinaria.
- Prever con anticipación pedido y llegada de materiales.
- Tener maquinaria disponible cuando el material llega a obra.
- Decisiones más rápidas y prácticas.

Análisis de diseños de sitio y de recorrido

En el cuadro 27 se muestran las distancias y tiempos en el proceso de preparación y colocación de formaleta. Primeramente se muestran las distancias entre cada proceso, luego las distancias acumuladas, el tiempo que tarda entre cada proceso y el tiempo acumulado. En este proceso no se realizó un cuadro con distancias y tiempos

mejorados debido a que lo encontrado en obra tenía adecuadas colocaciones y distancias entre procesos.

CUADRO 27. DISTANCIAS Y TIEMPOS MEDIDOS DEL DISEÑO DE SITIO ENCONTRADOS EN LA PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE FORMALETA.				
Lugar de actividades principales	Distancia entre lugares(m)	Distancia acumulada(m)	Tiempo(s)	Tiempo acumulado(s)
Apilamiento de formaleta usada				
	20	20	17	17
Lugar de limpiado de formaleta				
	20	40	17	34
Apilamiento de formaleta lista para usar				
	65	105	80	114
Lugar de colocación				
Total	105	105	94	94

En los cuadros 28 y 29 que se encuentran a continuación se muestran las distancias y tiempos en el proceso de preparación y colocación de armadura en el techo del salón principal como se encontró en campo y con una propuesta de

mejora. En ellos se muestran las distancias entre cada proceso, luego las distancias acumuladas, el tiempo que tarda entre cada proceso y el tiempo acumulado.

CUADRO 28. DISTANCIAS Y TIEMPOS MEDIDOS DEL DISEÑO DE SITIO ENCONTRADO EN LA PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE CERCHAS Y ARMADURA DE TECHO EN SALÓN PRINCIPAL.				
Lugar de actividades principales	Distancia entre lugares(m)	Distancia acumulada(m)	Tiempo(s)	Tiempo acumulado(s)
Apilamiento de las piezas de las cerchas				
	45	45	40	40
Lugar de soldado, verificación y montaje de cerchas 1 y 2				
Total	45	45	40	40
Apilamiento de las piezas de las cerchas				
	17	17	15	15
Lugar de soldado, verificación y montaje de cerchas 3, 4, 5, 6,7,8,9.				
Total	17	17	15	15

CUADRO 29. DISTANCIAS Y TIEMPOS MEDIDOS DEL DISEÑO DE SITIO MEJORADO EN LA PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE CERCHAS Y ARMADURA DE TECHO EN SALÓN PRINCIPAL.				
Lugar de actividades principales	Distancia entre lugares(m)	Distancia acumulada(m)	Tiempo(s)	Tiempo acumulado(s)
Apilamiento de las piezas de las cerchas				
	10	10	9	9
Lugar de soldado, verificación y montaje de cerchas 1 y 2				
Total	10	10	9	9
Apilamiento de las piezas de las cerchas				
	15	15	13	13
Lugar de soldado, verificación y montaje de cerchas 3, 4,5,6,7,8,9.				
Total	15	15	13	13

Seguidamente en el cuadro 30 se muestran las distancias y tiempos en el proceso de preparación y colocación de contrapiso en el salón principal; se inicia con las distancias entre cada proceso, luego las distancias acumuladas, el tiempo que tarda

entre cada proceso y el tiempo acumulado. En la figura 31 se muestran los mismos procesos pero con distancias y tiempos mejorados entre los procesos.

CUADRO 30. DISTANCIAS Y TIEMPOS MEDIDOS DEL DISEÑO DE SITIO ENCONTRADOS EN LA PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONTRAPISO.				
Lugar de actividades principales	Distancia entre lugares(m)	Distancia acumulada(m)	Tiempo(s)	Tiempo acumulado(s)
Apilamiento de varilla				
	30	30	28	28
Lugar de corte de varilla				
	15	45	14	42
Sitio de doblado de varilla				
	5	50	5	47
Sitio de armado				
	12	62	11	58
Apilamiento final de piezas				
	5	67	5	63
Salón principal				
Total	67	67	63	63

CUADRO 31. DISTANCIAS Y TIEMPOS MEJORADOS EN LA PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONTRAPISO.				
Lugar de actividades principales	Distancia entre lugares(m)	Distancia acumulada(m)	Tiempo(s)	Tiempo acumulado(s)
Apilamiento de varilla				
	7,5	7,5	7	7
Lugar de corte de varilla				
	7,5	15	7	14
Sitio de doblado de varilla				
	5	20	4	18
Sitio de armado de armadura				
	8	28	7	25
Apilamiento final de piezas				
	5	33	4	29
Salón principal				
Total	33	33	29	29

Figuras de diseños de sitio y de recorrido, y sus correspondientes diseños mejorados

En las siguientes figuras 51, 52, 53 54 y 55 se muestran los diagramas de recorrido de los procesos seleccionados como son la preparación y colocación de formaleta y de armadura y contrapiso en el salón principal, No se escogió el proceso de movimiento de tierras en parques

porque las distancias y recorridos eran extensos., En el apartado de anexos, sin embargo se muestra el lugar donde se realiza el proceso de corte y relleno.

La figura 51 muestra los recorridos en la preparación y colocación de formaleta; en la 52 las distancias y recorridos en la preparación y colocación de cerchas en la armadura del salón principal; la figura 53 es un plan mejorado de las distancias en el proceso de armadura de techo.

La figuras 54 y 55 respectivamente muestran las distancias y procesos en la preparación de armadura para el contrapiso en el salón principal y su respectivo diagrama mejorado.

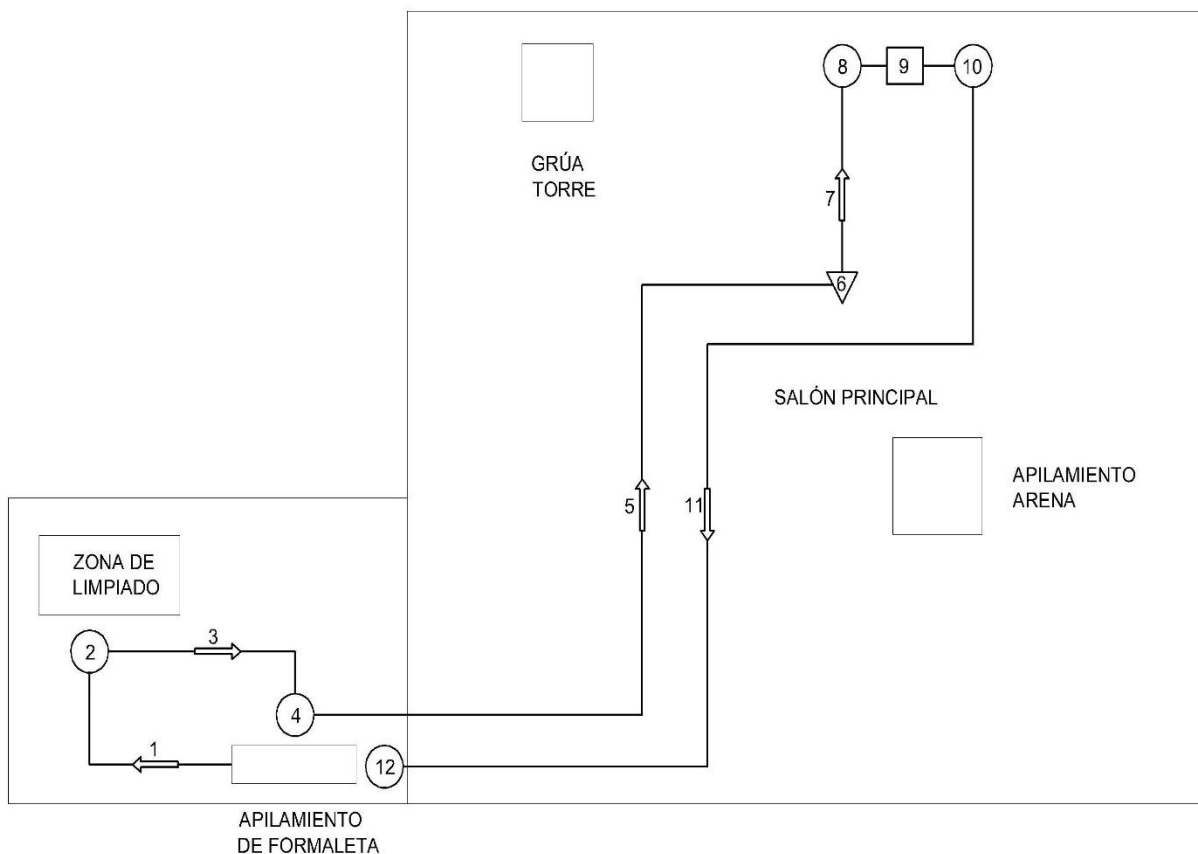


Figura 51. Diseño de sitio y diagrama de recorrido en la preparación y colocación de formaleta.

CUADRO 32. ACTIVIDADES REALIZADAS EN DIAGRAMA DE RECORRIDO DE PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE FORMALETA	
Actividad	Descripción
1	Transporte de formaleta
2	Limpieza de formaleta
3	Transporte formaleta limpiada
4	Apilamiento de formaleta
5	Transporte de formaleta para su colocación
6	Almacenamiento de la formaleta a colocar
7	Transporte con la grúa
8	Colocación de formaleta
9	Inspección de calidad en la colocación
10	Reajuste de colocado
11	Transporte a limpieza
12	Apilamiento para ser limpiada

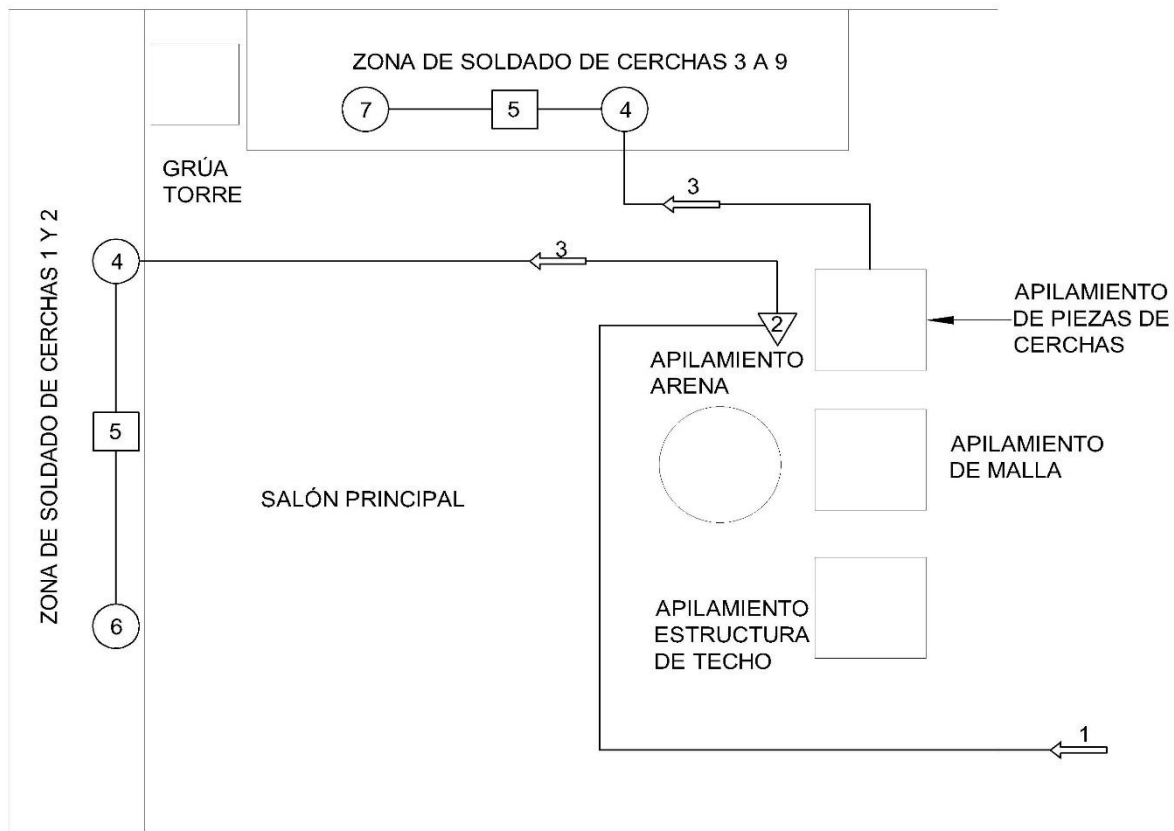


Figura 52. Diseño de sitio y diagrama de recorrido en la preparación y colocación de cerchas y armadura en salón principal.

CUADRO 33. ACTIVIDADES REALIZADAS EN DIAGRAMA DE RECORRIDO DE PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE ARMADURA PARA EL TECHO DEL SALÓN PRINCIPAL

Actividad	Descripción
1	Transporte de las partes de las cerchas
2	Apilamiento de las partes de las cerchas
3	Transporte de las cerchas para ser soldadas
4	Soldadura de las cerchas
5	Inspección de soldado de las cerchas
6	Montaje de las cerchas

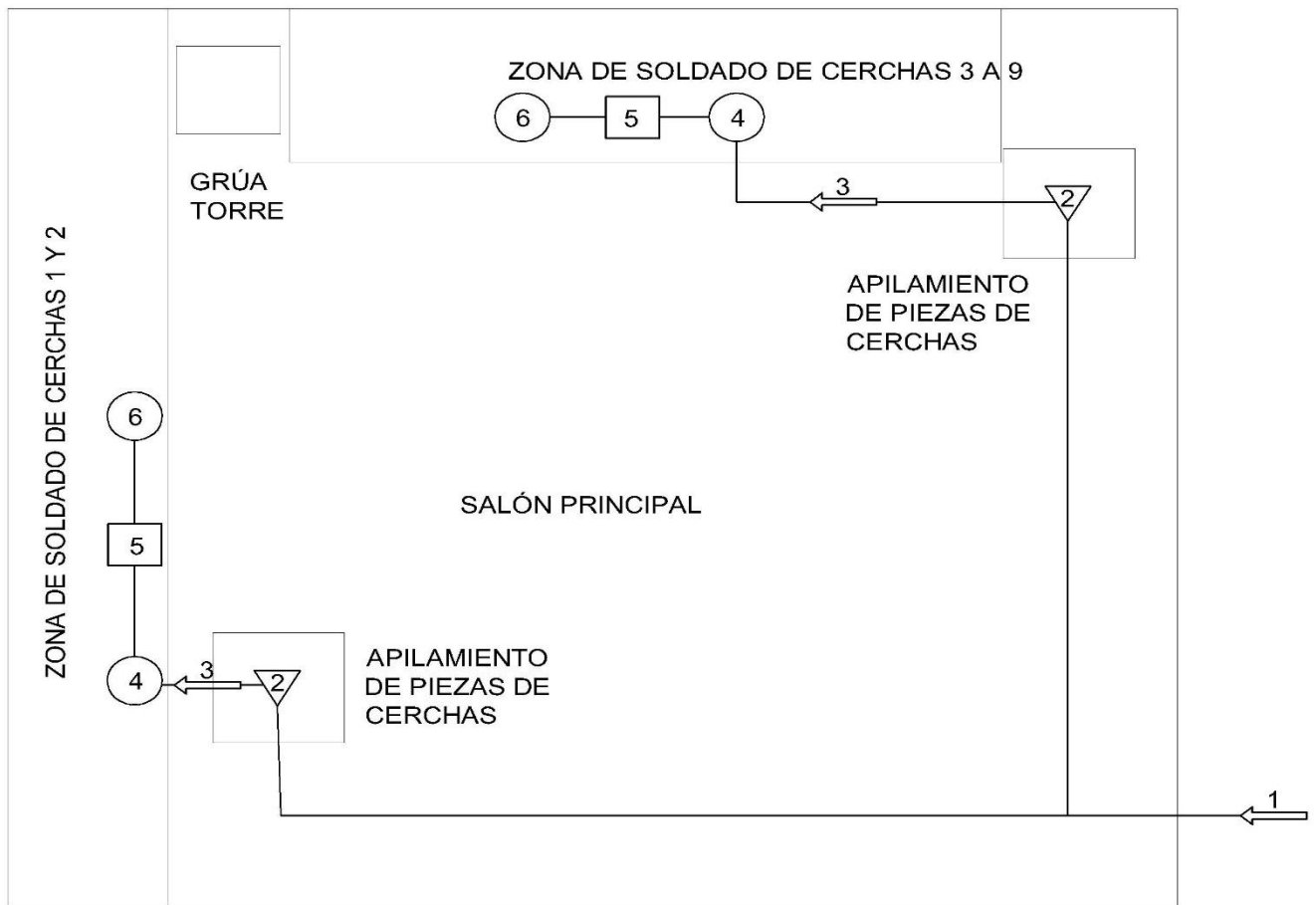


Figura 53. Diseño de sitio y diagrama de recorrido mejorados en la preparación y colocación de cerchas y armadura en salón principal.

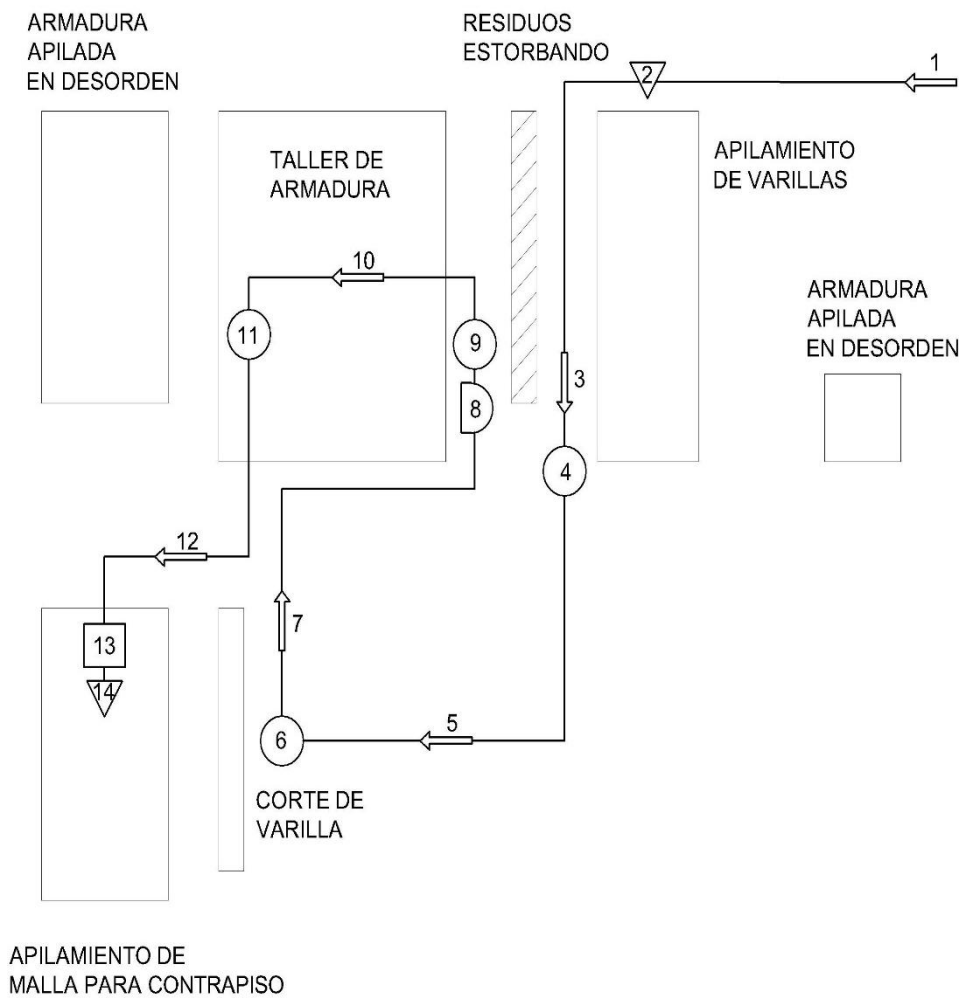


Figura 54. Diseño de sitio y diagrama de recorrido en la preparación de mallas para contrapiso del salón principal.

CUADRO 34. ACTIVIDADES REALIZADAS EN DIAGRAMA DE RECORRIDO DE PREPARACIÓN DE ARMADURA PARA CONTRAPISO EN SALÓN PRINCIPAL

Actividad	Descripción
1	Transporte de varillas
2	Apilamiento de varillas
3	Traslado de personal
4	Selección de varillas para corte
5	Traslado de varillas para corte
6	Corte de varillas para armadura
7	Traslado de varillas para preparación
8	Inspección de varillas cortadas
9	Detallado de piezas
10	Traslado para armado de mallas
11	Armado de mallas
12	Traslado hacia apilamiento de mallas
13	Inspección de mallas
14	Apilamiento de mallas aprobadas

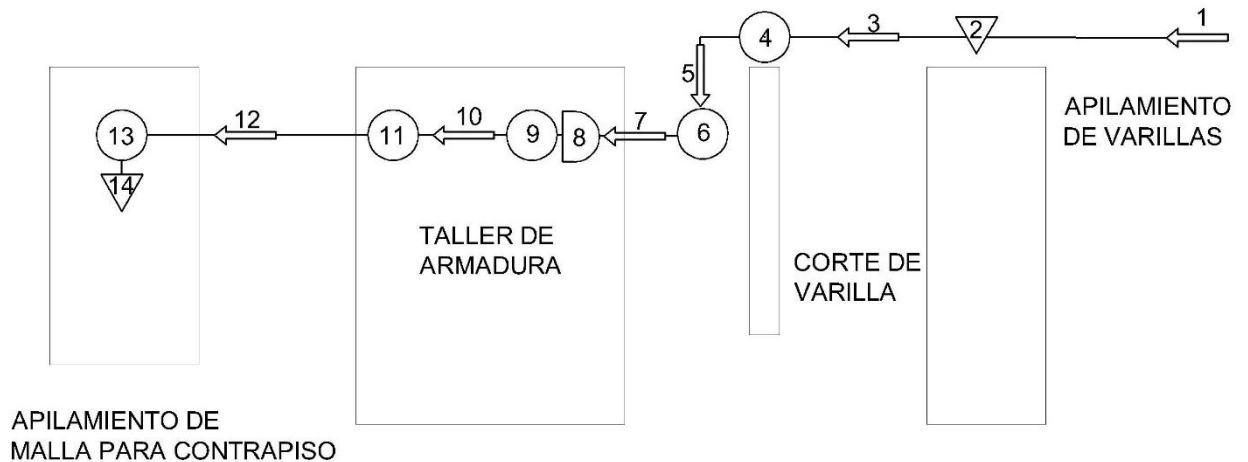


Figura 55. Diseño de sitio y diagrama de recorrido mejorados en la preparación de mallas para el contrapiso del salón principal.

A continuación se muestran en el cuadro 35, las observaciones más relevantes que se obtuvieron de las tomas de muestras, visitas a sitio, encuestas, observaciones directas en campo,

mediciones de distancias e información relevante en el que se indican los principales problemas y las posibles soluciones para su mejora.

CUADRO 35. PLAN DE MEJORA A LAS OBSERVACIONES VISTAS EN LA TOMA DE MUESTRAS	
Observación	Recomendación
Gran cantidad de escombros cerca del taller de armadura en lugares por donde deben trasladarse operarios	Realizar una limpieza general de esta zona del proyecto, debido a que los trabajadores en este lugar deben estar en constante movimiento para el traslado de materiales.
Apilamientos de materiales en lugares inadecuados, que producen mayores recorridos en las tareas por realizar	Colocar los apilamientos tanto de acero, de otros materiales y las armaduras terminadas en lugares de fácil acceso cercanos al salón principal para su manipulación y que no se encuentren en zonas que impidan el paso y se dé mejor flujo.
Taller de armadura con techo provisional y sin alguna protección lateral que impida el ingreso de la lluvia	Mejorar el taller de armadura con dimensiones más adecuadas que las actuales de aproximadamente cuatro por un metro, que el techo sea de materiales resistentes al paso del agua, aleros más grandes y colocar lateralmente cerramientos que no permitan que las máquinas eléctricas puedan mojarse y tener que detener las labores debido a la lluvia.
Máquinas eléctricas en taller de armadura colocadas muy cerca de la orilla y sin protección, razón por la cual en caso de lluvia deben finalizar las labores	Las máquinas eléctricas en el taller se encuentran muy cerca de los costados, siendo bastante propensas a mojarse, con lo cual se les debe buscar un sitio dentro del taller mejorado para que aún sea más difícil su deterioro.
Gran cantidad de operarios realizando las labores de preparación de base para contrapiso, con lo cual muchos no tenían espacio, estaban descansando o hablando y no realizaban las labores pertinentes.	Mantener el número de trabajadores por cuadrilla con tamaños más acordes a la complejidad de las labores realizadas, debido a que hay mucha pérdida de tiempo en actividades que no agregan valor a los procesos.
Las mallas de contrapiso al ser armadas en sitio se llevan gran cantidad de tiempo en las labores previas, pudiendo tener otro método para ser adquiridas	Las mallas para la realización del contrapiso pueden armarse en taller, esto agilizaría enormemente muchas labores que se deben realizar.
Falta de planificación en labores previas que deben estar a tiempo para poder continuar con procesos de la ruta crítica en el desarrollo de los parqueos	Realizar una mejor planificación del tiempo de duración de las actividades previas a la preparación de terrazas como la colocación de tuberías, buscando que estas empiecen con anticipación debido a que pertenecen a ruta crítica y generan atrasos en las labores posteriores.
Iniciar algunas de las tareas principales como el movimiento de tierras en otra época del año	Intentar realizar una actividad tan importante para el proyecto como el movimiento de tierras

con el fin de aprovechar el mejor estado del terreno para su preparación.	en una época más seca, debido a que gran parte se realizaron en los meses de mayor lluvia provocando atrasos grandes en entregas de ciertas actividades.
Terrazas no terminadas por completo durante muchos días, con lo cual no se podían finalizar ciertas labores y muchas estaban empezadas pero no terminadas para el siguiente proceso pertinente	Cuando se concluya una actividad en una zona pasar directamente a la siguiente con el fin de ir terminando y evitar acumulación posterior de trabajos en todas las áreas.
Mucha maquinaria necesaria no utilizada por mucho tiempo	Intentar sacar el máximo provecho de las máquinas y sus operarios, debido a que la adquisición o alquiler de estas es sumamente costoso, con lo cual al tenerlas siempre trabajando se genera un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles.
Mucha cantidad de personal sin realizar labores en la soldadura de cerchas	En esta actividad de soldado de cerchas durante mucho tiempo los trabajadores no realizaban labores obteniendo productividades muy bajas, existían mucha cantidad de encargados para una cantidad pequeña de personal con lo que se elevan los costos, lo cual puede mejorarse distribuyendo mejor estas cuadrillas.
Labores pequeñas son realizadas por los mismos soldadores con lo que encarecen las labores.	Muchas labores menores en el soldado de cerchas fueron realizadas por los soldadores, con lo que encarecen la obra debido a que son actividades que puede realizar un peón, lo cual generaría que se realicen de una adecuada manera debido a que no son muy complejas y con costos más acordes a su complejidad.
Personal solo descansando mientras se preparan para la siguiente labor, con lo que las productividades bajan enormemente	Muchos tiempos improductivos en el montaje de cerchas, con lo que personal que se podía dedicar a otras labores se encontraba esperando el montaje de cerchas. Esta es una actividad bastante compleja y requiere mucho tiempo, por lo que los demás trabajadores eran completamente improductivos.
Mucho personal realizando la misma labor de preparación en formaleta, con lo cual los tiempos de descanso son altos.	Las cuadrillas en la preparación de formaleta eran de muchas personas, con lo que podían interrumpirse entre ellos, se encontraban en muchos momentos hablando o simplemente observando con lo que una mejor distribución del tamaño de la cuadrilla generaría menores costos de operación en labores que así lo requieran.
Falta de planificación y espera en el montaje de la formaleta con la grúa torre	La grúa torre era ocupada en muchas actividades, por lo que se debe planificar con anticipación con el fin de impedir atrasos y que su utilización sea la óptima.

Diagramas de flujo de valor

En las siguientes figuras desde la 56 hasta la 63 se muestran los diagramas de flujo de valor en los cuatro procesos seleccionados, junto con los diagramas mejorados, en el apartado de marco teórico en la figura 2 y en los anexos se encuentra la explicación de los símbolos utilizados.

Primeramente el diagrama de flujo de valor de la preparación y colocación de formaleta, y en la figura 57, diagrama mejorado.

En las figuras 58 y 59 se muestran los diagramas para la preparación y movimiento de tierras en la construcción de parqueos; se muestra inicialmente el diagrama como se encuentra en campo, seguido por el mejorado.

La figura 60 muestra el diagrama de flujo de valor en la preparación de cerchas y el montaje de estas en la colocación de armadura del salón principal; seguidamente se muestran el plan mejorado en la figura 61.

La figura 62 muestra el diagrama de flujo de valor para la preparación y colocación de contrapiso utilizado en el salón principal; posterior a esto en la figura 63, se encuentra el plan mejorado para este proceso de contrapiso.

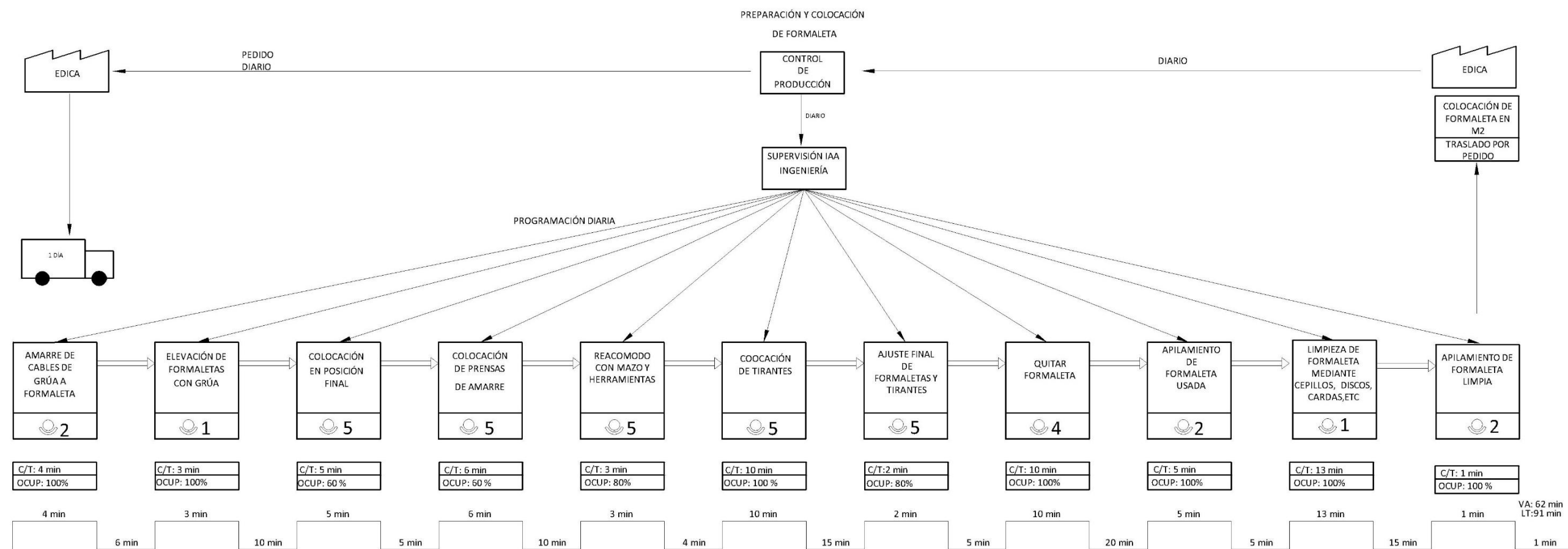


Figura 56. Diagrama de flujo de valor de la preparación y colocación de formaleta en el salón principal.

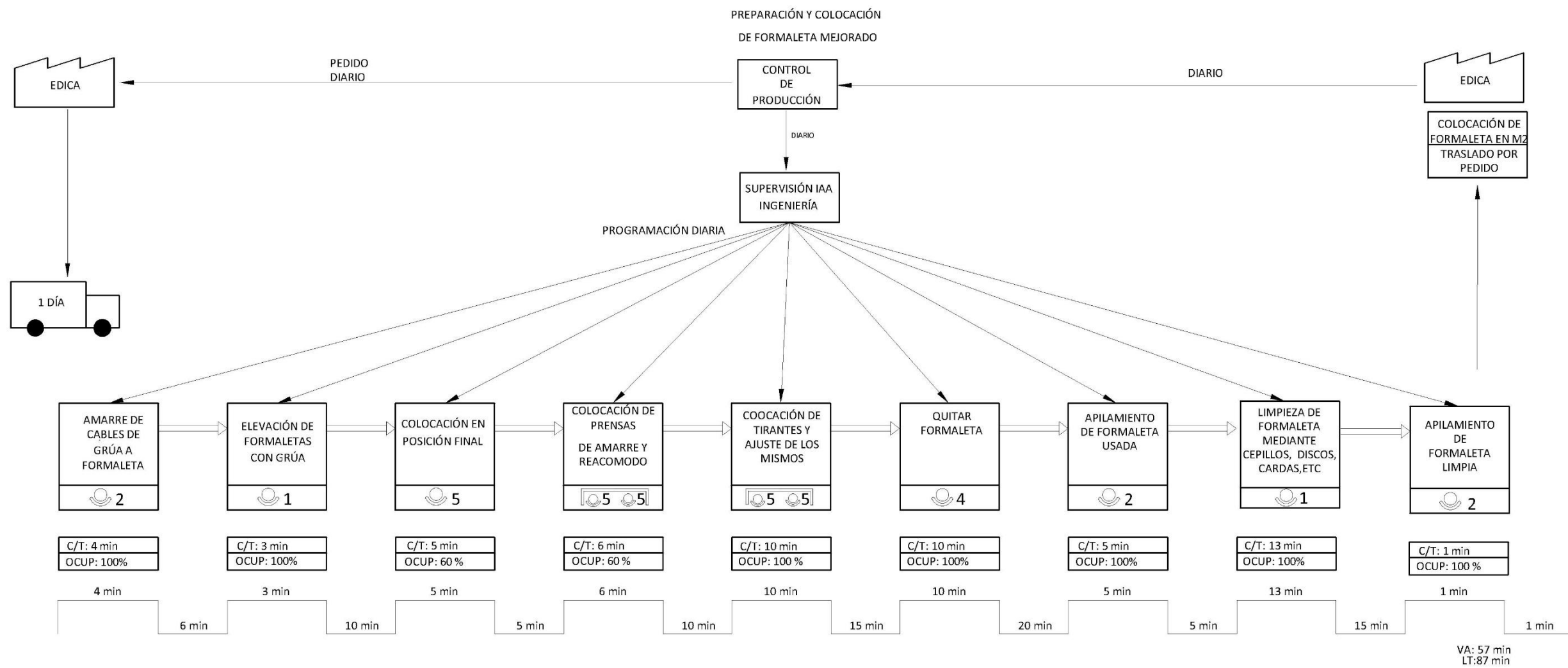


Figura 57. Diagrama de flujo de valor mejorado de la preparación y colocación de formaleta en el salón principal.

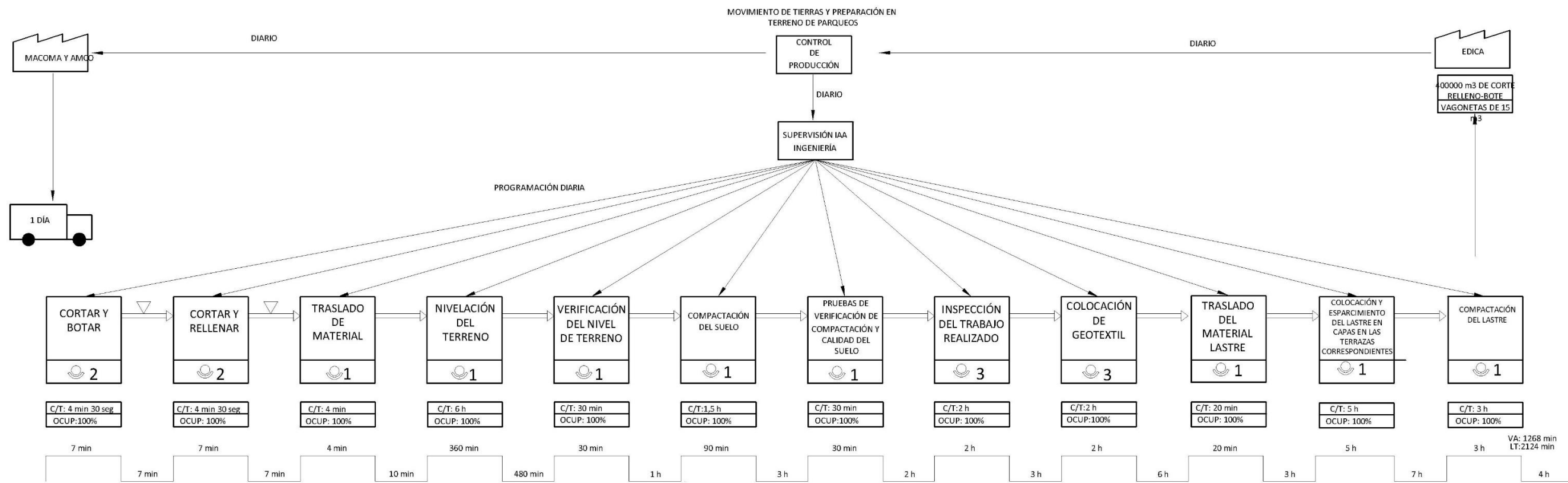


Figura 58. Diagrama de flujo de valor del movimiento de tierras y preparación de parques en el salón principal.

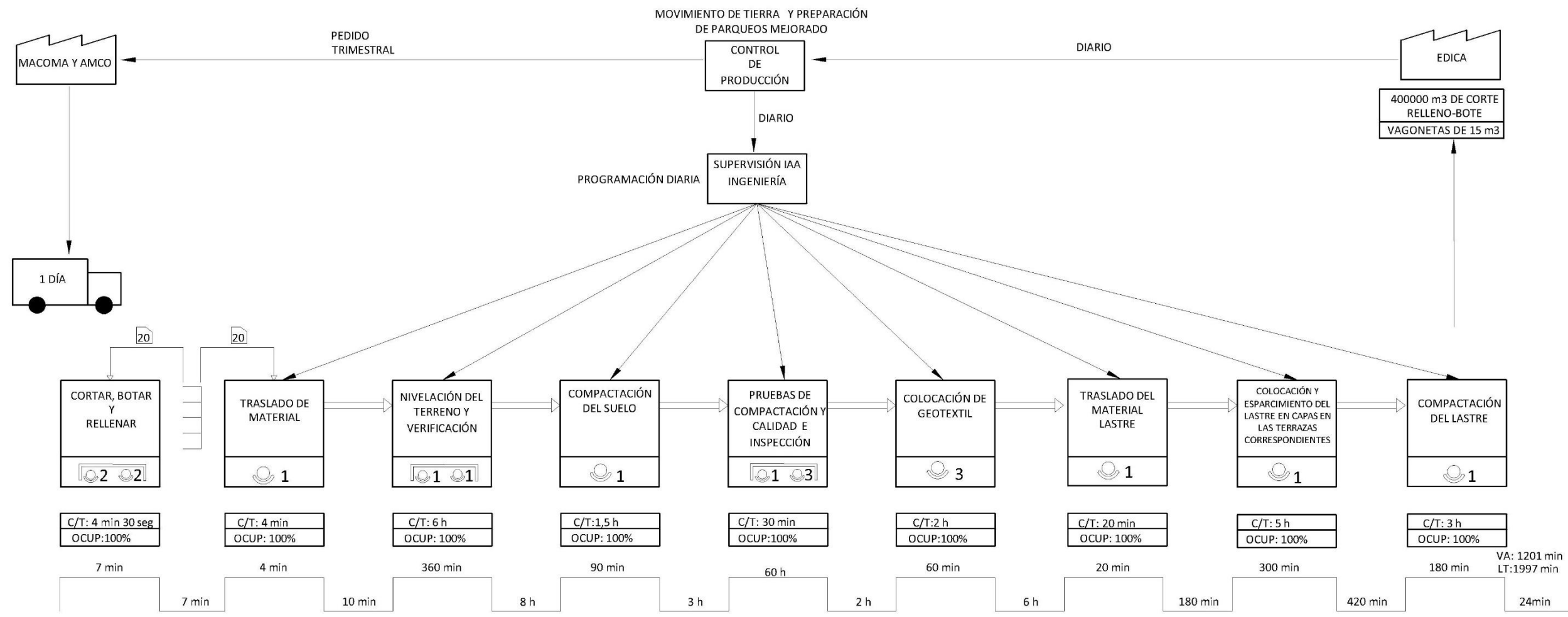


Figura 59. Diagrama de flujo de valor del mejorado movimiento de tierras y preparación de parqueos en el salón principal.

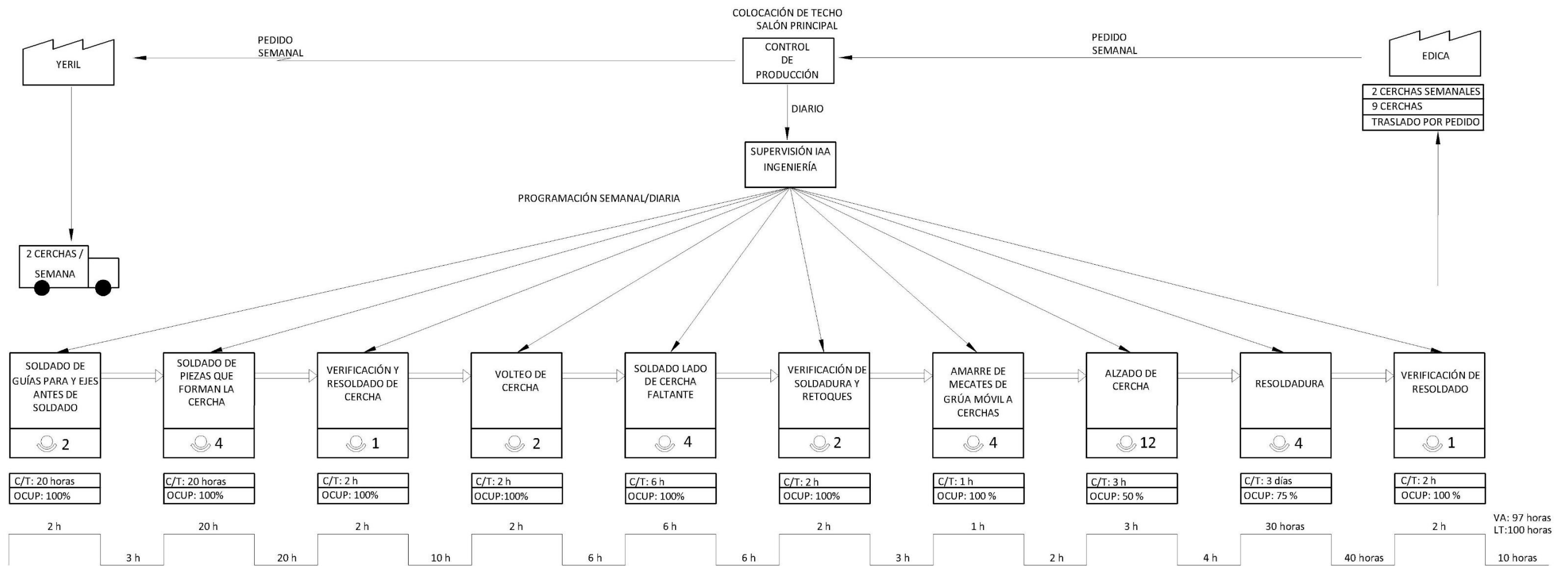


Figura 60. Diagrama de flujo de valor en preparación y colocación de cerchas y armadura de techo en salón principal en el salón principal.

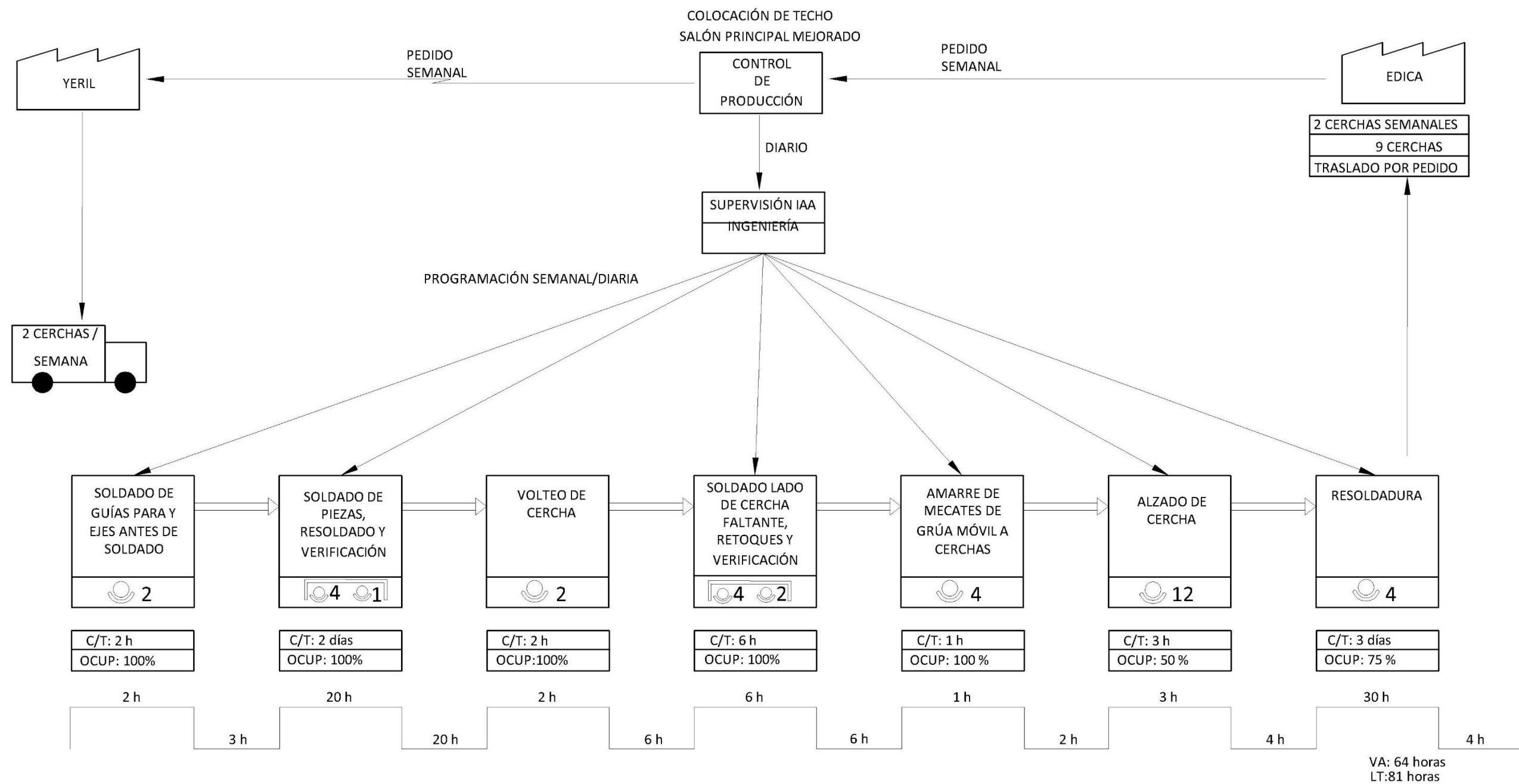


Figura 61. Diagrama de flujo de valor mejorado en preparación y colocación de cerchas y armadura de techo en salón principal en el salón principal.

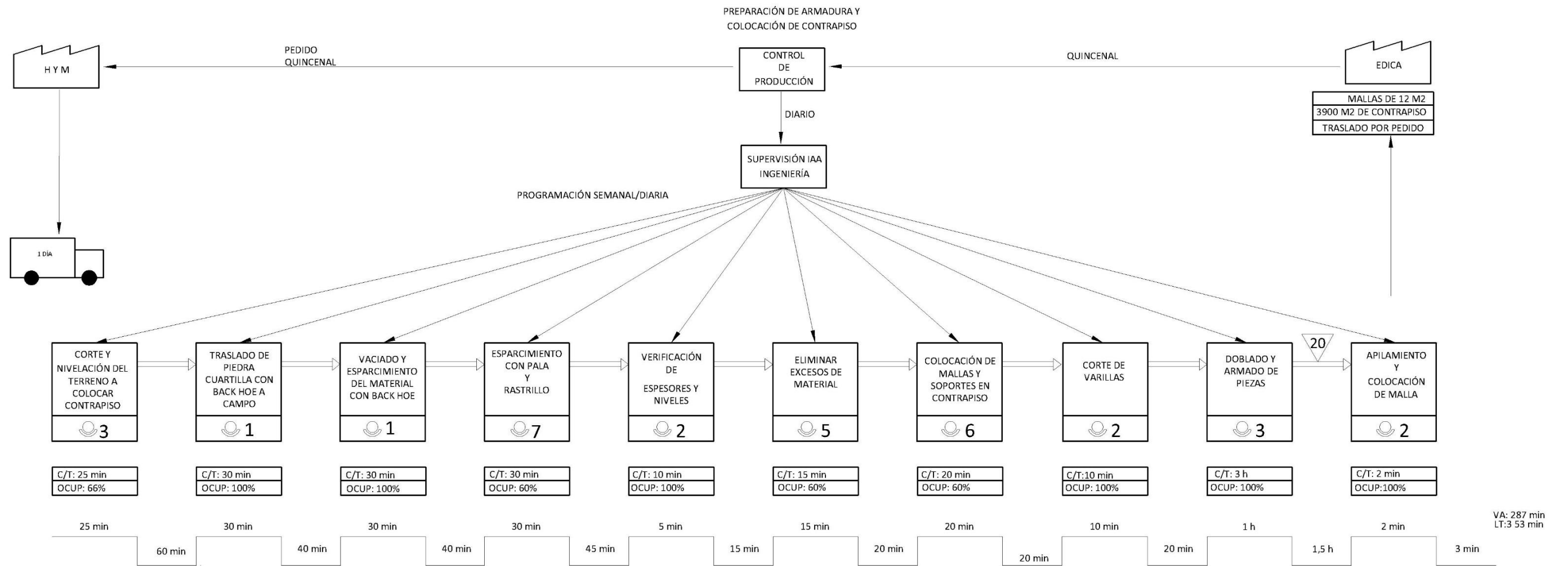


Figura 62. Diagrama de flujo de valor en preparación y colocación de contrapiso en salón principal en el salón principal.

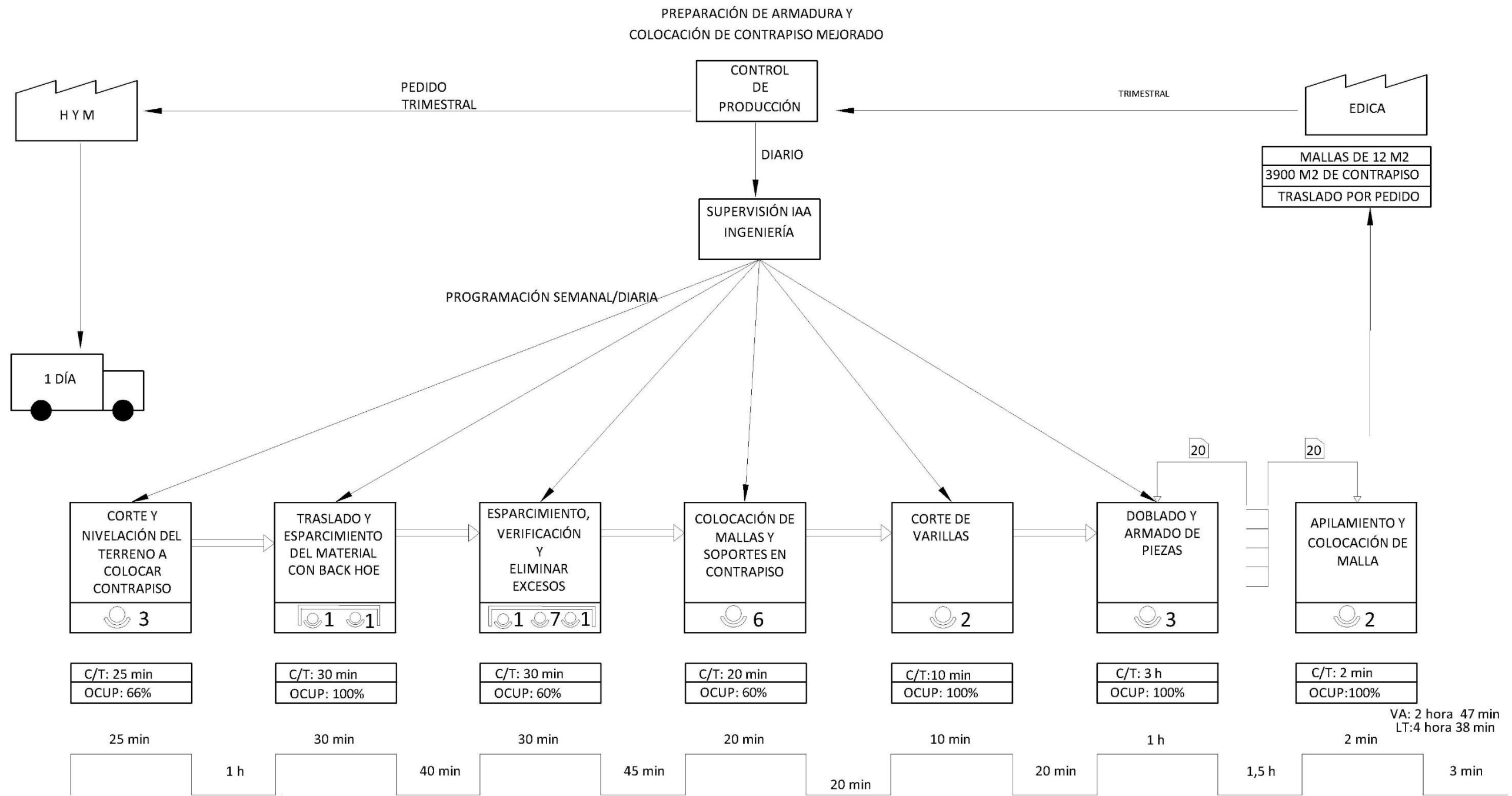


Figura 63. Diagrama de flujo de valor en preparación y colocación de contrapiso mejorado en salón principal en el salón principal.

Análisis de los resultados

Preparación y colocación de formaleta en muros del salón de exhibiciones

En la figura 22 se muestra el proceso que se dio en la preparación y colocación de formaleta para muros en el salón de exhibiciones. En este caso el material es apilado cerca del lugar donde va a ser colocado y mediante la colaboración de la grúa torre y cables amarrados a esta se logró trasladar hasta el punto de colocación

En el lugar donde se colocó la formaleta, previamente se habían instalado unas guías, y los peones, mediante mecatres, mantenían la nivelación y adecuada colocación en posición final. Una vez colocada en el lugar correspondiente, se procedió al ajuste mediante un mazo y fueron prensadas para que finalmente, se empezara con el proceso de colocación de tirantes, revisión y ajustes finales.

En la figura 26 puede observarse la productividad que se presentó en esta actividad, siendo muy similar el trabajo productivo con un 46%, contra un 51% de improductivo y únicamente un 4% de trabajo contributivo, que fue realizado, como se puede observar en el cuadro 1, por un peón que realizaba actividades tales como alcanzar objetos o solicitar materiales. En este cuadro también se expresa que la actividad de ajuste de la formaleta es la que se realiza mayormente, ya que las mediciones realizadas se observó que, una vez finalizada la colocación en el lugar, la mayoría de trabajadores se dedicaron a esta actividad hasta finalizar ajustando el material.

En la figura 27 y cuadro 3 se presenta el porcentaje de las actividades que no agregan valor, en el caso de la colocación de la formaleta fueron los tiempos de observación, descanso, traslado o simplemente las esperas ocasionadas por el trabajo con la grúa torre ya que los trabajadores debían esperar el traslado de la

formaleta. Una vez trasladada, no todos los trabajadores podían realizar labores pues no estaba en la posición final, lo que generó gran cantidad de tiempo dedicado a labores que no generaran valor. En el cuadro 4 y la figura 28 se observa que los operarios eran los que mantenían un trabajo más productivo debido a que eran los encargados del ajuste y colocación, en cambio, el peón y el ayudante debían esperar, en algunos casos por periodos extensos que les solicitaran alguna herramienta o dieran alguna orden.

Posteriormente a la chorrea de concreto en los muros, se dio el desmontaje de la formaleta y su traslado hasta el taller de limpiado; en este como se puede ver en la figura 29, el trabajo productivo es el que se presentó en mayor cantidad con un 57%; contrario al 42% del trabajo no contributivo. El mayor rendimiento se explica por encontrarse en el lugar adecuado y no necesitar traslados. En el cuadro 5 se muestra que todos los trabajadores en esta actividad son peones debido al tipo de actividad realizada. El mayor porcentaje de mediciones se realizaron en actividades tales como quitar concreto de tirantes o formaleta con distintas herramientas o discos o lijando la formaleta. Esta actividad fue realizada bajo techo, razón que ayudó enormemente en el porcentaje de productividad. En la figura 30 y cuadro 6 puede interpretarse con mayor facilidad que los peones con pocas labores o especialmente una presentan las productividades mayores, esto contrario a los que deben realizar gran cantidad de labores que los llevan a tener mayor cantidad de tiempos contributivos o improductivos.

De la figura 47 del diagrama de Ishikawa se deduce que uno de los principales problemas fue ocasionado por la grúa torre pues muchas veces se necesitaba de ella pero se encontraba ocupada en otras actividades y generaba pérdidas de tiempo a muchos trabajadores. En la limpieza también se da una problemática en cuanto a la

cantidad de personal en la cuadrilla, debido a que al ser tan grandes algunas actividades pueden verse afectadas en cuanto a traslados y demás que pueden ser un factor importante en la baja de productividad esperada, y el problema que en general fue uno de los principales que se presentó en todo el proyecto fue el ambiental, en el cual la mayoría de días al presentarse lluvia debían parar de trabajar, razón por la cual al ser esta colocación de muros una actividad de la ruta crítica generó atraso en esta y actividades posteriores a la misma.

Preparación del terreno para la construcción de parqueos

En la figura 5 se muestra el seguimiento que se dio en la preparación del terreno en el proceso de construcción de los parqueos. El seguimiento se dio desde el corte de terreno hasta la colocación de lastre, el primer paso analizado fue el proceso cálculo de cuanto material debía ser cortado, y de este cuánto era para botar y para relleno.

Una vez realizadas esas actividades se llevó a cabo la nivelación del terreno, momento en el cual se realizaron instalaciones subterráneas de tuberías pluviales, sanitarias, potables y demás. Una vez realizados los procesos previos se llevó a cabo un detallado inicial del terreno y las pruebas correspondientes de penetración y compactación para saber la capacidad soportante de este. Cuando las pruebas fueron aprobadas y revisadas por la inspección, se procedió a la colocación de geo textil con el fin de evitar el ingreso de finos a zonas de la superficie. Al finalizar esto se dio el traslado del material que provenía de la zona de Guápiles; al llegar al sitio de trabajo este fue descargado y a su vez esparcido con la ayuda de tractores y conformadoras, para culminar con la compactación correspondiente.

En la figura 32 se demuestra que la productividad fue en esta actividad del 56%, presentando un valor alto, lo cual demuestra que el trabajo mecanizado presenta mayores porcentajes en este rubro. En el cuadro 9 se denota que las actividades que generaron valor a los procesos fueron las realizadas con la excavadora como el corte, la carga el acomodo del material y llenado de vagonetas, además del transporte del material hasta el sitio correspondiente, ya fuera este con relleno dentro

del mismo terreno, o el transporte hasta el botadero encontrado a unos 15 km de distancia del lugar.

Las actividades que no generan valor en este caso, fueron principalmente las esperas de la vagoneta para ser cargadas, debido a que la excavadora o excavadoras que se encontraban no eran lo suficientemente eficientes para la totalidad de transporte de material necesario.

En el cuadro 10 y figura 33 se plantean los porcentajes de las veces que cada una de las labores fueron realizadas, demostrando que el corte de terreno y el transporte de este son los que agregan mayor valor al proceso. En la figura 34 y cuadro 11 se demuestra que la excavadora fue la que tuvo un mayor porcentaje de productividad, siendo este de un 83%. En cuanto a las vagonetas observadas, una de ellas tuvo una alta productividad de 67%, muy distinto a la otra en la que se encontró un trabajo no contributivo del 65%, esto debido a que en la muestra que se tomó este se encontraba mayormente transportando el material para relleno.

En la figura 48 se manifiesta el problema presentado en la construcción de los parqueos, debido a que estos generan un alto costo y existieron muchísimos inconvenientes; e inclusive es la actividad que, hasta la última medición realizada, se encontraba con mayores retrasos en todo el proyecto, un alto costo de operación desde el maquinista, hasta el alquiler de mucho equipo, con lo cual generaron un gran incremento en el presupuesto inicial, el transporte de agregados desde lugares como Guápiles encarecen bastante las labores y el transporte del material botado a larga distancia también generó menor productividad y mayores costos.

El planeamiento de las labores también han generó atrasos, debido a que la mayoría de las actividades se encontraban en la ruta crítica, razón por la cual deben esperar la finalización de algunas de ellas para poder seguir con las siguientes. Esto junto con las lluvias, principal problema de todo el proyecto, llevaron a obtener rendimientos y productividades menores a las esperadas.

Preparación y colocación de armadura de techo en salón principal.

En la figura 24 se muestra la secuencia de actividades realizadas en el proceso de colocación de armadura en el salón principal de exhibiciones. En dicho proceso se tomaron las mediciones de las estructuras que, en este caso, son nueve cerchas de una longitud de 54 metros. Puede observarse en la figura descrita, que el proceso lleva una gran cantidad de planeación previa para el éxito de lo requerido, y abarca desde la preparación de planos pues el material provenía de China y si hubieran existido atrasos se hubiera requerido mucho tiempo, hasta el ensamblaje en taller por parte de la empresa Yeril y su armado y colocación en sitio. Se demostró que el proceso fue de mucho cuidado debido a que dichas estructuras que debían soportar la mayor parte del peso de la estructura del techo, aparte de su propio peso, con lo cual los pasos para su realización consideraron alineamientos, aplomadas, trazo de guías, soldados y resoldados, inspecciones de cada una de las juntas; para lo que se ocupó gran cantidad de personal y equipo, incluyendo dos grúas que soportan 180 y 220 toneladas cada una, personal para su adecuada colocación, para mantener su seguridad, en fin fue una actividad que debió tener los máximos estándares de control y calidad debido a su importancia.

En la figura 35 se muestra el porcentaje de tiempo productivo, contributivo y no contributivo que generó la actividad del soldado de las cerchas. En esta se muestra que el tiempo no productivo es el que se encuentra en mayor medida, siendo este de un 58%. La causa de ello fue que los soldadores, en gran parte del tiempo, se encontraban hablando...como se nota en el cuadro 13 y permite ver la poca productividad en esta labor. Esta medición fue tomada en día caluroso a las 9:30 de la mañana y con una temperatura de 24 °C, con lo cual este factor puede afectar dicha productividad aunque el resultado señala que es un déficit bastante grande.

De igual manera, a la información puede observarse en porcentajes en el cuadro 14 y figura 36, y manifiesta el trabajo contributivo con un porcentaje alto. Esta actividad llevaba mucho control previo por lo que actividades como planear, realizar mediciones, alcanzar o alistar objetos y herramientas resultaron ser fundamentales en el éxito esperado; pero actividades como la

soldadura no fue de las más realizadas por la gran cantidad de labores extra necesarias.

En el cuadro 15 y figura 37 se muestra que el primer soldador tuvo una mayor productividad, y los demás se encuentran realizando labores de colaboración con este, o sea trabajo contributivo. Sin embargo, esto fue un problema pues muchas de estas actividades pudieron haber sido hechas por ayudantes y no soldadores lo que encareció el proyecto.

En cuanto al montaje de las cerchas, fue un proceso bastante, se contó con la colaboración de gran parte del personal. En la figura 38 se muestra que el 64% de las mediciones realizadas fueron de trabajo productivo, un 11 % contributivo y 25% no contributivo. La razón de esto puede observarse en la figura 36 y cuadro 16 en los cuales se nota que cada uno de los involucrados realizaron pocas labores específicas (1,2 o máximo 3), razón por la cual se demostró que cada uno únicamente realizó un trabajo específico y el resto del tiempo debían esperar, simplemente observar o realizar trabajo contributivo como guiar que las labores se realizaran adecuadamente. En la figura 40 adecuadamente, en la figura 40 y cuadro 17 puede analizarse este punto, donde se observa que 8 de los 11 trabajadores.

En la figura 49 se muestran los principales problemas que debían enfrentar, los cuales fueron causantes de baja productividad y rendimientos en la colocación de armadura de techo. Uno de los principales factores fue el del uso de la grúa y su operador pues se mantenía durante mucho tiempo, sin realizar labores. Esta gran cantidad de tiempo improductivo trajo consecuencias económicas a esta labor. En cuanto a los encargados estos fueron demasiados para la cantidad de trabajadores utilizados en ciertas labores. Lo que provocó que los soldadores hicieran actividades que no estaban presupuestadas. También afectó el hecho de que las cerchas quedaran muy ajustadas, por lo que se tuvo que invertir tiempo en el desgaste de columnas y de las mismas cerchas para que calzaran como era esperado; sin embargo, incidía en la productividad. A esto se debe sumar la lluvia que al presentarse, se debían detener los trabajos y esperar.

Preparación de armadura y colocación de contrapiso en el salón principal

En la figura 25 se muestra la secuencia seguida en la preparación de armadura por utilizar en el contrapiso del salón principal y la preparación del lugar para esta actividad. Se demuestra en esta figura que el material fue apilado cerca del taller de armadura en el cual se realizaron todas las labores relacionadas con el acero. En este lugar, el material fue cortado, armado y amarrado. En el caso de la malla utilizada en el salón de exhibiciones se utilizó varilla corrugada #3 y se colocaron cada 20 cm.

En el mismo momento que se construía la malla, se preparaba el terreno con corte y nivelación para pasar luego a la demarcación correspondiente para la colocación de lastre fino. Después de la preparación se colocó el plástico para impermeabilizar; luego se colocó y ajustó la malla, las dovelas y los separadores tipo cono y alambre de construcción, para evitar grietas e imperfecciones en las juntas.

En la figura 41 se muestra la productividad en el proceso de preparación para la colocación de contrapiso. En este se muestra un 38% de trabajo productivo, un 14% contributivo y 58% improductivo. Las actividades productivas se encuentran en la figura 42 y cuadro 20; en este se muestran las actividades del acomodo del material mediante palas o rastrillos, luego las otras actividades que contribuyen a realizar el contrapiso realizadas por el chofer del back hoe cuando se trasladaba a traer material, también el tiraje de cuerdas para mantener los ejes o los acabados finales de eliminación de algún exceso de material. Como actividades que no agregan valor se considera el tiempo usado por los trabajadores para observar, sus traslados y descansos.

En el cuadro 21 y figura 42 se expresan las actividades con mayor porcentaje de productividad como el acomodo del lastre con la pala, actividad realizada por la mayoría de los trabajadores y los descansos que alcanzaron un alto porcentaje y que no agregan valor.

Anteriormente se estipuló que mientras se preparaba el terreno para la colocación del contrapiso, se elaboraban las mallas en el taller de armadura. En la figura 44 se muestra el porcentaje

de trabajo productivo, un 59%, lo que hace indicar que el trabajar bajo techo, con mejores condiciones genera alto grado de trabajo productivo ya que no se trabaja bajo el sol y con la maquinaria cercana.

En la figura 45 y cuadro 24 se se mostró que el armado es el proceso que genera mayor valor, en tanto que el traslado de trabajadores sin objetivo alguno no genera ningún valor, pero no a traer materiales, sino traslados sin que estos contribuyeran a agregar valor. En el cuadro 25 y figura 46 se muestra que 3 de los 4 trabajadores presentaron porcentajes altos de productividad, llegando incluso 2 de estos a más del 70% con lo que se demostró que las actividades realizadas en taller presentaron un mejor control de las actividades realizadas.

En la figura 50 se muestran los principales problemas que se presentaron en la preparación y colocación de contrapiso. Se presentaron problemas con las máquinas ya que estaban propensas a mojarse con la lluvia pues el taller no tenía aleros grandes y el techo de cedazo dejaba pasar el agua y hacía que el trabajo cesara para evitar accidentes en los operarios o daño de la misma maquinaria. Con respecto a la mano de obra, debe decirse que contribuyó enormemente al problema de productividad debido a que el tamaño de las cuadrillas que realizan esta labor era muy grande respecto al espacio donde laboraban. Existía, además, otro tipo de problemas relacionados con el método empleado ya que debían esperar a que todas las tuberías internas estuvieran concluidas para proseguir con otras labores y aunado a los problemas de la lluvia incidió en que actividades planeadas para cierto día, no pudieran llevarse a cabo.

Rendimientos

En el cuadro 1 se muestran los rendimientos obtenidos del proceso de colocación de formaleta. En este se exponen los resultados de tres mediciones realizadas en horarios similares por la mañana y a una cantidad de personal bastante constante, entre 4 y 5 trabajadores. Se puede notar que en una de las actividades el tiempo en el que se realizó el muestreo es más del doble de las otras 2 mediciones, pero los rendimientos finales son muy similares si se

compara el trabajo por hora laborada, lo cual representa que las labores siguen un estándar.

Analizando los valores obtenidos se demuestra que la colocación promedio de formaleta fue de 0,29 m²/hh, esto tomando la cantidad de trabajo por cada peón. En cuanto a la desviación estándar presente en estas mediciones fue demasiado pequeño el valor de apenas 0,001 con lo cual se demuestra que los datos entre las mediciones no se encuentran dispersos y presentan un patrón en común; con esto también el coeficiente de variación presenta valores pequeños. En cuanto al valor de factor de incremento debido a actividades necesarias por los trabajadores fue de un valor cercano al 4,5%, lo que representa que no se contribuye con tanto tiempo en actividades que no generan valor a la obra, terminando con un rendimiento 0,3 m²/hh.

Los rendimientos obtenidos en movimiento de tierras del cuadro 8 presentaron un valor más atípico que los otros; esto pudo presentarse por muchas condiciones como el estado del suelo, el cual al encontrarse en condiciones más secas, el proceso de corte y llenado permitía realizar el proceso de corte y llenado de una manera más eficaz. También se debe considerar que el proceso se realizó con vagonetas articuladas, en las cuales caben cerca de 15 m³ de material, y otros factores que demuestran cuáles son las mejores condiciones para este trabajo. La desviación estándar y coeficiente de variación fue pequeño y el factor de incremento en este caso es un poco más alto en comparación al anterior, encontrando un valor de 9%, con lo cual el promedio para esta actividad es de 0,017 hora hombre/m³.

Los rendimientos en la colocación de cerchas del cuadro 12 sigue un patrón muy similar al del movimiento de tierras, en el cual se da un dato atípico a los demás, se encuentra un promedio de 19 horas hombre por cada cercha, la desviación es pequeña y el factor de incremento fue de un 5% con lo que el promedio final fue bastante similar.

En el cuadro 19 se muestran los rendimientos en la colocación de contrapiso, en este se muestra que siguen un patrón similar a los anteriores, encontrando rendimientos similares por cada día, los promedios inicial y final presentaron valores muy similares, esto debido a que la desviación es pequeña con lo que no existen datos muy dispersos, el factor de

incremento fue de 5%, quedando el promedio final con un valor similar al inicial.

Análisis de diseño de sitio y de recorrido

En el cuadro 30 se muestran los resultados obtenidos del diseño de sitio y en el diagrama de recorrido de la preparación y colocación de contrapiso que se encuentra en la figura 54, se muestran las distancias entre las principales actividades que conforman el proceso y el tiempo que tardan estas. Se muestra que las distancias en este proceso son grandes, encontrando primeramente el apilamiento de las varillas, las cuales fueron encontradas en el suelo y con bastante desorden inclusive revolviéndose las de diámetro distinto; desde este punto hasta el lugar de corte existía una distancia de 30 metros, luego 15 metros hasta el lugar de doblado y preparación y su armado a una distancia de 5 metros de este; el apilamiento final se encontraba a 12 metros, en un lugar inadecuado, debido a que impedía la realización de ciertas actividades con una mayor facilidad. En total el recorrido realizado en esta actividad es de 67 metros lineales, y el tiempo que se invierte en trasladarse de un lugar a otro es de 63 segundos.

En cuanto al diseño del sitio en el proceso constructivo del contrapiso, este se compuso del taller de armadura y el otro fue precisamente en el lugar donde se colocó el contrapiso. En el primero como se mencionó anteriormente, los recorridos son bastante largos, existía bastante material y escombros cerca del lugar, el taller presentaba el problema de tener un tamaño pequeño respecto a las necesidades que se requerían, el techado era de sarán y con los aleros muy pequeños con lo cual las máquinas eléctricas no podían funcionar cuando había lluvias.

El lugar de colocación final del contrapiso fue el salón principal de exhibiciones. Debía tener una preparación previa para poder colocar las mallas realizadas en el taller. Primeramente, se colocaron todas las tuberías eléctricas, de incendios, potables sanitarias y demás. Posteriormente se dio la nivelación y colocación de lastre, este material se encontraba apilado cerca del taller de armadura, a un costado del salón principal, a medida que avanzaban las obras previas iba realizándose la preparación del terreno

y la colocación de estas mallas, las cuales tenían los recorridos de 70 metros al punto más alejado de su apilamiento, y se trasladaban a medida de su necesidad, para su colocación y posterior colada de concreto.

En la cuadro 28 se describen las distancias y recorridos del proceso de armado y colocación de cerchas para el salón principal. Como se muestra en el figura 44, el apilamiento de estas partes se realizó en el costado este del salón y de ahí se trasladaban las piezas correspondientes hasta el sitio de ensamblaje, teniendo dos zonas de preparación de cerchas, una para las 2 primeras cerchas y el otro lugar para las 7 restantes, debido a la posición que estas llevaron y otras actividades que se realizaron en el mismo momento. Se muestra que los apilamientos para las cerchas 1 y 2 se dieron a una distancia grande de 45 metros, una vez ahí los recorridos de las demás actividades no eran grandes debido a que el proceso de alineado, soldado y demás se va realizando paulatinamente de acuerdo con las necesidades de las actividades. En cuanto al lugar donde se prepararon las cerchas desde la 3 hasta la 9 fue un lugar más cercano, los recorridos de las grúas eran menores, con lo cual presentaba menos problemas en comparación a otras actividades que se estaban realizando.

En la figura 52 se tiene la información recopilada tanto de la preparación de la formaleta como de su colocación. En este caso se observa que el diseño encontrado tenía una buena distribución y lugares adecuados para cada actividad. La preparación de dicha formaleta se realizó en el salón secundario que ya se encontraba techado, con lo cual al ser un lugar amplio las actividades se desarrollaron de acuerdo a sus requerimientos. En el cuadro 28 se muestra que los apilamientos de formaleta usada estaban a 20 metros de distancia de los peones, y una vez que esta era preparada, se apilaban nuevamente, para luego ser trasladadas hasta el lugar de colocación para la futuras chorreas de muros. Las mediciones realizadas se dieron a una distancia de 65 metros desde el apilamiento; el tiempo de traslado fue de 80 segundos en promedio, demostrando que esta actividad no impedía la realización de otras y se dio de manera que buscaba sacar el máximo provecho al sitio de trabajo.

En la figura 67 en anexos puede observarse el tamaño del sitio de trabajo en obras exteriores, donde se dará la colocación de

parqueos; en este se da una gran cantidad de corte, relleno y botado de material. Las terrazas para parqueos que fueron estudiadas principalmente, se señalan en la figura 67, el proceso en este fue de corte y bote; el material fue trasladado a un botadero a una distancia aproximada de 20 km. En el diagrama de flujo en la figura 23 se muestra la secuencia de las terrazas que fueron estudiadas y las actividades correspondientes.

Diagramas de flujo de valor

En la figura 60 se muestra el diagrama de flujo de valor de la colocación de cerchas y armadura en el salón principal, se muestra el seguimiento desde el traslado de la información electrónicamente a la empresa encargada de su ensamblaje en el taller llamada Yeril, hasta su colocación final. Luego de la información dada a la empresa ensambladora esta fue trasladada mediante camión a la construcción. Una vez ahí se procedió a realizar las actividades del diagrama de flujo correspondiente en la figura 24.

En estos diagramas se muestra el porcentaje de ocupación en las actividades, el concepto inicial que se da en estudios previos de lo que significa este porcentaje en investigaciones realizadas en empresas es el tiempo útil de las máquinas, pero en construcción al presentarse en lugar de máquinas la mano de obra del personal este fue el valor que se representa en los diagramas. En la colocación de cercha, la mayoría de las actividades presenta un 100%, que significa que los trabajadores realizan labores útiles en el proceso; solo en 2 actividades del alzado de las cerchas y resoldado muchos trabajadores se encontraban fuera del proceso, solo observando por lo cual los porcentajes bajaron. Los pedidos se dieron semanalmente, debido a que aproximadamente los montajes de las cerchas se daban en este periodo una con otra. El tiempo dedicado a las tareas de producción se muestra con un valor de 8 días y 17 horas, además el tiempo para que una pieza recorriera de inicio a fin fue de 10 días.

En la figura 56 se observa el diagrama de flujo de valor realizado con el estudio de la preparación y colocación de formaleta, los pedidos en estos se dan manualmente o conversaciones, o sea se da mediante el control en obra y pedidos

diarios. El tiempo de ciclo de cada una de las actividades son tiempos pequeños, siendo los mayores de 13 minutos. Con respecto a la ocupación, en bastantes ocasiones, todos los trabajadores se involucran en la actividad; únicamente, en la colocación final y ajuste de las formaletas en campo se dan reducciones en estas debido a que solo son realizadas por los albañiles, dejando a los peones y ayudantes realizando actividades menores o solo observando.

El tiempo dedicado a las tareas de producción en este proceso es de 1 hora con 2 minutos, mientras que el tiempo total para que una pieza recorra desde la limpieza, hasta la nueva colocación es de 1 hora y 31 minutos; se encuentra una diferencia pequeña con lo que se demuestra que no hay tantos traslados o pérdidas de tiempo en esperas para realizar las siguientes actividades.

La figura 62 muestra el diagrama de valor en la preparación y colocación de contrapiso. Las actividades se encuentran descritas en el diagrama de flujo correspondiente; los pedidos se van realizando aproximadamente cada 2 semanas manualmente, debido a que este es el tiempo aproximado que tardan las obras previas de colocación de tuberías y preparación del terreno. La ocupación que se da en las actividades demuestra que las labores de taller presentan un 100%, debido a que estas actividades son más mecanizadas y se tiene la experiencia de la labor realizada por mucho tiempo; en cambio la preparación de terreno, colocación de mallas y accesorios y otras actividades en algunos casos presentan ocupaciones más bajas. Los tiempos de fabricación son pequeños, llegando a máximo de 30 minutos en las actividades que más demoraron; el tiempo dedicado a las tareas de producción fue de 4 horas con 47 minutos; el tiempo para que una pieza pase desde su corte hasta su colocación final para empezar con las chorreas requeridas fue de 5 horas con 53 minutos.

En la figura 58 se expone el seguimiento de las actividades realizadas en el corte y preparación del terreno, sus tiempos y demás información mediante el seguimiento del diagrama de flujo de valor. El proceso en estas actividades demoró bastante tiempo llegando hasta procesos que tardaron más de 4 horas. Al ser un proceso bastante mecanizado se demuestra que las ocupaciones son de un 100%, el personal utilizado en cada una de las labores en la mayoría fueron maquinistas. El tiempo dedicado a tareas de

producción fue de 21 horas con 8 minutos, y en el caso del tiempo para que las terrazas quedaran listas, desde su preparación hasta la colocación de lastre llegó hasta las 35 horas y 24 minutos, demostrando que existían gran cantidad de trabajos previos que atrasaban las labores siguientes.

Consulta a personal encargado de la obra

En cuanto al criterio del personal se desarrollaron encuestas que se puede observar en los apéndices y sus resultados en el cuadro 26. Las consultas se hicieron a los encargados de proyecto, entre los cuales se encontraban ingenieros residentes, arquitectos, maestros de obras. En dicha toma de información se consultó el criterio que tenían acerca de ciertos aspectos relevantes en cuanto a rendimientos, productividad, atrasos en actividades, calificación de las zonas de trabajo y más.

En cuanto al diseño de sitio de trabajo consideran que casi siempre es el adecuado; en los rendimientos y productividades de las cuadrillas según su criterio lo calificaron con un promedio de 4 en una escala máxima de 5; con respecto a los materiales y herramientas, su opinión es que regularmente están cuando se necesitan; la óptima cantidad de trabajadores obtuvo una puntuación de 3 puntos de los 5 posibles debido a que se consideró por parte de la mayoría que en actividades de gran importancia existen muchas veces atrasos por falta de personal; la calificación de la mano de obra de la constructora y los subcontratistas se mostró un puntaje de 4 entre el máximo de 5, debido a que consideran que si es calificada y realizan bien los procesos solicitados. En la pregunta relacionada con el porqué de los atrasos del proyecto, la mayoría consideró el clima como factor relevante en el avance del proyecto. Otro aspecto considerado fueron los cambios realizados por parte de ingeniería e inspección que atrasaban las actividades subsiguientes ya que había que esperar la toma de decisiones o la adquisición de nuevos materiales.

Plan de mejora

En el cuadro 35 se muestran los resultados del diagrama de recorrido mejorado de la preparación y colocación de contrapiso. Se muestra que las distancias y el tiempo necesario para realizar los traslados se reduce aproximadamente a la mitad, mediante el mejoramiento de la distribución del lugar colocando, el apilamiento, corte de varillas, doblado y armado más cerca uno de otro; realizando una limpieza del lugar y quitando escombros o materiales que impidan el paso más acertado entre dos puntos y colocando el apilamiento final de la armadura terminada en un lugar cercano, de fácil acceso y que no interrumpa otras actividades que se realizan.

Otras de las medidas por tomar en cuenta en este taller de armadura es construir el taller con mayores dimensiones, con materiales que impidan el paso de lluvia y la construcción de techo, los aleros y paredes laterales para evitar el ingreso del agua.

Las actividades en la cual puede mejorarse bastante la distribución del diseño de sitio, sus apilamientos y recorridos es en la preparación y colocación de armadura en el salón principal; con las distancias propuestas el recorrido desde donde el proveedor deja las piezas de las cerchas para ser soldadas, hasta el lugar de ensamblaje se reduce en una cuarta parte, quedando estos materiales más cercanos sin que impidan realizar actividades cuando se deben trasladar.

En cuanto a la preparación y colocación de formaleta, este proceso mantiene un diseño de sitio adecuado, se realiza en un salón terminado previamente, con recorridos no tan alejados y que no impedían la realización de otras actividades, con lo cual al ser ocupadas en el salón principal su traslado era sencillo.

Los diagramas de flujo de valor mejorados se muestran en la figuras 57, 59, 61 y 63, para la preparación y colocación del techo en el salón principal, las mejoras correspondientes se dieron primeramente entre la segunda y tercer actividad, las cuales pueden realizarse al mismo tiempo quedando que el soldado de las piezas que forman las cerchas pueden unirse con la inspección de estas, una vez terminada cada junta y el resoldado, de ser necesario puede hacerse en las juntas ya revisadas mientras se siguen soldando las siguientes piezas. De igual manera, luego de soldar completamente los tres lados de la cercha,

a esta se le debe dar vuelta con el fin de soldar el lado faltante, con lo cual los procesos de soldado, inspección y resoldado en este lado pueden ir teniendo el mismo proceso para los otros lados ya terminados. Con las mejoras, los tiempos reducidos son bastante grandes llegando inclusive hasta varios días, con lo que se mejoraría enormemente la productividad esperada.

En la figura 57 se muestra el mejoramiento en el diagrama de flujo de valor de la preparación y colocación de formaleta. En este existían dos procesos que podían mejorarse y realizarse al mismo tiempo, en este caso la colocación de prensas y reacomodo de la formaleta para reducir tiempos innecesarios y también en los procesos de colocación de los tirantes y el ajuste ellos. Estas mejoras se realizaron debido a que en el momento de la toma de muestras, cada una de las actividades descritas se dieron por separado, se esperaba un tiempo para la realización de la siguiente, por lo que al poder realizarlas simultáneamente los tiempos mejoran.

En el diagrama de flujo de valor de preparación y colocación de contrapiso que se encuentra en la figura 63 se señala que las mejoras se dieron en tres lugares: primeramente se une el traslado de material con el back hoe en conjunto con la distribución este en el terreno, en el terreno, lo cual permite que se realice con mayor rendimiento en comparación con lo que realizaban los trabajadores. Las siguientes actividades que pueden mejorarse se dieron con la unión del esparcimiento del material por parte de los trabajadores en conjunto con la verificación y eliminación de excesos,, lo cual reduciría enormemente el tiempo, y por último la colocación de un símbolo de supermercado entre el armado y la colocación de mallas, con el fin de elaborar la cantidad justa a medida que se va utilizando y evitar tanto el faltante como el exceso y el apilamiento innecesario.

Las mejoras en el proceso de movimiento de tierras y preparación de parqueos, pueden evidenciarse en la figura 5. En este proceso era de suma importancia que se realizaran cambios debido a que era uno de los que más mostraron atrasos, primeramente en los procesos de corte y traslado de material se colocó un símbolo de supermercado, esto con el fin de evitar el faltante de vagonetas que contribuyeran con el traslado de material que se encontró acumulado en enormes cantidades, luego de esto el proceso de nivelación del terreno y verificación por parte de inspección

puede darse simultáneamente en las zonas concluidas al igual que las pruebas de compactación e inspección; con ello se daría un ahorro en horas de trabajo que resultarían en grandes reducciones y darían más valor a los procesos correspondientes.

En el cuadro 35 se muestran las observaciones realizadas a las actividades estudiadas y las posibles soluciones con el fin del mejoramiento en productividad, rendimientos, tiempos, costos y demás información que contribuya a generar más valor a los procesos que se van a realizar en el futuro, tanto en este proyecto como en otros. En este caso muchas de las observaciones son debido a problemas con el

diseño de sitio, materiales apilados en condiciones no aptas, materiales inadecuados en construcciones provisionales, cuadrillas con un número de trabajadores inadecuado, falta de planificación en ciertas labores de mucha importancia, trabajos realizados innecesariamente, labores que pueden subcontratarse o llegar listas a la obra y muchas más que con las soluciones propuestas se lograrían a tener productividades altas e incrementos económicos para la empresa.

Conclusiones

- Las condiciones que presentaba el sitio en el momento de iniciar el proyecto, en conjunto con recorridos y consulta a expertos en este caso los ingenieros residentes, hicieron que las actividades escogidas fueran la preparación y colocación de formaleta, de armadura de techo y de contrapiso en el salón principal y la preparación de la obra exterior para parqueos.
- Los diagramas de recorrido de cada una de las actividades muestran que los desplazamientos y tiempos para que cada actividad sea realizada desde el punto de inicio hasta el punto final son: para la colocación de contrapiso 67 segundos y el recorrido de una distancia de 67 metros, en la preparación de cerchas al darse en dos lugares distintos son de 45 metros en 40 segundos y 17 metros en 15 segundos respectivamente; y la preparación y colocación de formaleta el traslado es de 105 metros en 95 segundos. En el caso del movimiento de tierra y preparación de terreno los botaderos de material se encuentran aproximadamente a 20 km de distancia por lo cual los tiempos de acarreo de material son extensos y dependen de situaciones como la cantidad de tránsito, disponibilidad del botadero, entre otros.
- Los principales problemas que se presentan en los procesos seleccionados y que se encuentran representados en los diagramas de Ishikawa son atrasos y altos costos de operación en la construcción de parqueos, baja productividad en la colocación de la armadura de techo y en la colocación de formaleta, además de atrasos en la colocación del contrapiso. Principalmente se dan debido a problemas con la gran cantidad de lluvia, altos costos de operación debido a cuadrillas más extensas de lo requerido o maquinaria detenida por mucho tiempo, por atrasos en obras previas que pertenecen a la ruta crítica, entre otros.
- La técnica de medición de productividad utilizada en proyectos similares y con los cuales se da una mejor interpretación de la información es la técnica Crew Balance y la toma de información para su uso mediante muestreos y grabación de videos, con lo cual la información recopilada en campo presenta mayor facilidad de interpretación para conocer con mayor detalle cómo se dan las productividades de los procesos en la obra.
- La grabación de videos fue una técnica que contribuyó enormemente en el éxito de las mediciones y la obtención de la información requerida, teniendo más tiempo para obtener detalles que sin estos no podrían apreciarse.
- Las actividades que aportaron más valor a cada uno de los procesos seleccionados fueron: en la preparación y colocación de formaleta la limpieza de residuos de concreto en la formaleta y en campo es el ajuste de esta, en cuanto al movimiento de tierras, la actividad que agrega mayor valor fue el transporte de material el cual lleva la mayoría del tiempo; en la preparación de las cerchas, el proceso que agregó mayor valor fue el soldado al unir las piezas que conforman las cerchas

y en el proceso de preparación del contrapiso la actividad que más generó valor fue la nivelación y mejoramiento del terreno mediante la colocación de lastre.

- Los porcentajes de trabajo productivo en cada uno de los procesos alcanzó porcentajes de un 61% en el taller de limpiado de formaleta, de 46% en la colocación de la formaleta para los muros de concreto, un 56% en la preparación del terreno para los parqueos, el soldado de cerchas presentó apenas un 28% de trabajo productivo, el montaje de la cerchas alcanzó un 64% y en cuanto al contrapiso para el salón principal, la preparación de la armadura en taller tuvo un 59% de trabajo productivo y la preparación en campo, un 38%, lo que demuestra que los trabajos realizados con maquinaria o en taller son los que presentan mayores productividades.
- Las actividades que agregan menos valor a los procesos fueron similares en cada uno de las actividades estudiadas; se encontró mucho tiempo en descansos, traslados que no son parte de la actividad, observando o hablando entre trabajadores, las esperas a que se terminen trabajos previos, por lo que estas representan una gran parte de los tiempos improductivos, alcanzando en algunas actividades como colocación de formaleta el 51% de trabajo no contributivo, un 42% en la preparación de la formaleta, 36% en esperas para el movimiento de tierras, 58% en la soldadura de piezas de las cerchas, un 25% en el montaje de estas cerchas, un 37% en la preparación de armadura para contrapiso y en su colocación alcanza un 48% con lo que se muestra la gran cantidad de tiempos que no agregan valor a los procesos.
- Los rendimientos obtenidos en los procesos fueron respectivamente la colocación de formaleta con 0,3 HH/m², en movimiento de tierras 0,017 HH/m³, en

la preparación y montaje de cerchas fue de 20,83 h/cercha y por último, en la preparación y colocación de contrapiso fue de 0,04 HH/m².

- Según las observaciones realizadas en campo para obtener una lista de actividades por mejorar, se tiene que las que generan mayores pérdidas de tiempos, y costos fueron provocadas por grandes cantidades de desperdicios y apilamientos en lugares inadecuados, talleres de armadura sin la protección suficiente ante las lluvias, traslados extensos entre actividades, cuadrillas más grandes de lo necesario realizando la misma labor, esperas en actividades que debían haber concluido con anticipación, la poca disponibilidad de maquinaria o grúas para realizar ciertas actividades, gran cantidad de maquinaria no usada por tiempo largos, y otras actividades que perjudican al proyecto y provoca mayores costos de producción.
- Las principales alternativas de los procesos estuvieron enfocadas en la reducción de tiempos mediante el mejoramiento de los diagramas de flujo de valor, en los cuales se unieron actividades que podían realizarse simultáneamente; se niveló el trabajo producido en una actividad para que produjera lo necesario, por ejemplo, la cantidad de mallas a utilizar en contrapiso, la cantidad de formaleta lista para ser usada y otros con el fin de que no haya mayor cantidad de la requerida que vaya a quitar espacio, pero que no falte tampoco, sino que sea un recorrido adecuado de material, manteniendo la producción necesaria.
- La propuesta de mejoramiento se realizó a partir de los análisis de los diagramas de sitio y de recorrido, al mejorar la distribución de los espacios donde se realizan las actividades que agregan valor y quitar materiales y residuos que impedían el paso o la realización de las

actividades, se llega a la reducción de distancias y tiempos necesarios para aumentar el valor a los procesos. Otras propuestas en el proyecto van enfocadas a mejorar la distribución de desechos, colocar los apilamientos cerca del lugar del trabajo sin que este impida la realización de actividades; tener talleres de armadura con las condiciones necesarias para evitar que tengan que parar en caso de lluvia, mayor planificación en el uso de maquinaria para tener la necesaria y que no se incurran en costos adicionales, cuadrillas con la cantidad de trabajadores adecuada para cada función y en fin, una mejor

planificación de cuáles actividades son prioridad para que el proyecto transcurra de una manera adecuada.

- Los datos recopilados e información fue suministrada a los ingenieros encargados de la obra, quienes mediante su revisión pudieron tener una idea de las actividades que presentan mayor problema en cuanto a rendimientos y productividad. Esto ayudará a tenerlas como prioridades en lo que resta del proyecto o en proyectos futuros para así implementarlas y buscar un mejoramiento en general de las obras en temas de tiempo y costos.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar una limpieza general de los sitios de trabajo por parte de encargados de higiene ambiental, con lo cual se reducirían los desplazamientos y se realizarían las labores más eficazmente.
- Colocar los apilamientos de materiales en lugares que no impidan el paso y en los momentos que sean requeridos debido a que obstruyen zonas donde deben realizarse trabajos.
- Mejorar las dimensiones y materiales con los que se construye el taller de armadura, esto mediante ordenes de maestros de obras, debido a que en este es realizada una actividad sumamente importante para el proyecto y con las condiciones que se presentaron, muchas veces se debían interrumpir las labores por motivos climáticos.
- Realizar por parte de los ingenieros un estudio previo de cuánto personal es el adecuado para las cuadrillas, con el fin de aprovechar, de mejor manera, el potencial de cada trabajador y se puedan lograr mejores rendimientos en campo.
- Llevar los ingenieros el control de las labores que se encuentran en la ruta crítica, y de las cuales dependen otras actividades para que se produzca la menor cantidad de retrasos y el proyecto vaya cumpliendo las etapas satisfactoriamente.
- Controlar actividades realizadas con maquinaria, debido a lo costoso de sus operaciones, con lo que se espera sacar el máximo provecho en estas actividades.
- Incentivar a los trabajadores por parte de los jefes con propuestas que puedan ser beneficiosas tanto para la constructora como para ellos, con el objetivo de lograr el incremento en las productividades y rendimientos en los procesos.

Apéndices

A continuación, se presentan los apéndices recopilados, los mismos son las estadísticas de las mediciones efectuadas en campo mediante videos, encuestas, y demás información que se consideró importante para la realización del trabajo.

Apéndice 1. Encuesta realizada a ingenieros y maestros de obra.

Apéndice 2. Mediciones en colocación y preparación de formaleta

Apéndice 3. Mediciones en preparación y movimiento de tierras en parqueos

Apéndice 4. Mediciones en preparación y montaje de armadura del salón principal.

Apéndice 5. Mediciones en preparación y colocación contrapiso en salón principal.

Apéndice 1. Encuesta realizada a ingenieros y maestros de obra.

Encuesta sobre su opinión del proyecto

1- Nunca 2-Pocas veces 3-Regularmente 4-Casi siempre 5-Siempre

9. El diseño de sitio de trabajo es el adecuado?

1 2 3 4 5

10. Los rendimientos y productividad en las tareas es el adecuado?

1 2 3 4 5

11. Los materiales están siempre que se necesitan?

1 2 3 4 5

12. Las herramientas de trabajo están siempre que se necesitan?

1 2 3 4 5

13. La cantidad de trabajadores para cada labor es la necesaria?

1 2 3 4 5

14. La mano de obra es calificada para cada una de las labores?

1 2 3 4 5

15. Los subcontratistas ayudan a realizar las labores más rápidamente?

1 2 3 4 5

16. Considera que el sitio de trabajo es limpio?

1 2 3 4 5

17. Que considera que provoca atrasos en el proyecto?

18. Que soluciones propone para que no hayan atrasos?

Apéndice 2. Mediciones en colocación y preparación de formaleta

Apéndice 2.1. Datos a usar en apéndice de mediciones en colocación de formaleta
1. Alcanzar objetos
2. Observando
3. Trasladándose
4. Ajustando
5. Esperando
6. Solicitando Material
7. Halando cuerda
8. Descansando
9. Martillando

Apéndice 2.2. Medición #1 en colocación de formaleta						
Tiempo	OBS #	Peón	Operario1	Operario 2	Operario 3	Ayudante
00:00	1	3	4	4	2	4
00:10	2	3	4	4	2	3
00:20	3	3	4	4	4	4
00:30	4	3	3	4	4	4
00:40	5	3	4	4	4	4
00:50	6	3	5	4	4	5
01:00	7	3	5	4	4	5
01:10	8	1	2	4	5	3
01:20	9	1	5	4	5	5
01:30	10	5	2	4	5	5
01:40	11	6	2	4	4	5
01:50	12	5	5	2	4	5
02:00	13	2	4	2	8	4
02:10	14	2	4	2	8	4
02:20	15	2	4	3	2	2
02:30	16	9	4	3	2	2
02:40	17	9	4	3	2	4
02:50	18	9	4	2	4	8
03:00	19	4	4	2	1	8
03:10	20	4	4	2	3	4
03:20	21	9	4	2	3	5
03:30	22	4	4	2	3	2
03:40	23	4	6	8	3	8
03:50	24	4	6	8	3	8
04:00	25	4	4	8	3	8

04:10	26	3	2	4	2	4
04:20	27	3	4	4	4	4
04:30	28	3	4	4	4	3
04:40	29	3	4	4	4	5
04:50	30	3	2	4	4	3
05:00	31	3	2	4	4	3
05:10	32	3	4	4	4	3
05:20	33	3	4	4	5	3
05:30	34	3	5	4	4	3
05:40	35	3	4	4	5	7
05:50	36	3	4	4	5	7
06:00	37	3	4	4	2	2
06:10	38	3	4	5	8	8
06:20	39	3	4	5	8	8
06:30	40	3	4	2	2	4
06:40	41	1	2	4	3	4
06:50	42	1	4	4	8	8
07:00	43	1	4	4	4	4
07:10	44	1	2	4	4	2
07:20	45	3	4	4	3	3
07:30	46	3	2	2	2	4
07:40	47	4	4	3	2	2
07:50	48	1	4	1	4	4
08:00	49	8	4	8	8	4
08:10	50	8	4	8	8	4
08:20	51	4	4	2	3	2
08:30	52	6	4	4	4	5
08:40	53	5	4	4	4	4
08:50	54	6	5	4	4	8
09:00	55	3	4	4	4	8
09:10	56	3	4	4	5	8
09:20	57	3	4	4	5	8
09:30	58	3	4	4	3	8
09:40	59	3	4	4	3	8
09:50	60	4	4	2	4	2
10:00	61	4	4	2	4	2
10:10	62	4	4	2	4	2
10:20	63	4	4	2	2	2
10:30	64	6	4	2	2	2
10:40	65	4	4	2	2	2
10:50	66	6	4	4	4	5

11:00	67	1	4	4	4	4
11:10	68	8	5	4	4	8
11:20	69	3	4	4	4	8
11:30	70	3	4	4	5	8
11:40	71	3	4	4	5	8
11:50	72	3	4	4	3	8
12:00	73	3	5	4	4	5
12:10	74	3	8	4	8	8
12:20	75	3	4	4	4	8
12:30	76	3	2	4	4	4
12:40	77	3	5	4	4	4
12:50	78	3	2	4	4	4

Apéndice 2.3. Medición #2 en colocación de formaleta						
Tiempo	OBS #	Peón	Operario1	Operario 2	Operario 3	Ayudante
00:00	1	3	2	4	4	1
00:10	2	3	2	4	4	3
00:20	3	3	2	4	4	5
00:30	4	3	2	4	4	3
00:40	5	3	2	4	4	3
00:50	6	3	2	4	4	3
01:00	7	3	2	4	5	3
01:10	8	3	5	4	4	3
01:20	9	3	8	4	5	7
01:30	10	3	8	4	5	7
01:40	11	4	4	4	2	2
01:50	12	4	4	2	2	2
02:00	13	4	4	2	2	2
02:10	14	4	4	2	2	2
02:20	15	4	4	2	8	1
02:30	16	2	4	2	8	1
02:40	17	4	4	3	2	2
02:50	18	3	5	4	4	5
03:00	19	3	5	4	4	5
03:10	20	3	5	4	4	5
03:20	21	3	8	4	8	8
03:30	22	3	4	4	4	8
03:40	23	3	2	4	4	4

03:50	24	3	5	4	4	4
04:00	25	3	2	4	4	4
04:10	26	3	2	4	2	4
04:20	27	9	2	2	3	1
04:30	28	4	4	2	3	2
04:40	29	4	8	8	3	8
04:50	30	4	8	8	3	8
05:00	31	4	4	8	3	8
05:10	32	6	4	4	4	5
05:20	33	7	4	4	4	4
05:30	34	4	2	4	5	3
05:40	35	4	5	4	5	5
05:50	36	7	2	4	5	5
06:00	37	7	4	4	4	4
06:10	38	3	4	5	8	8
06:20	39	3	4	5	8	8
06:30	40	3	4	2	2	4
06:40	41	1	2	4	3	4
06:50	42	7	4	4	8	8
07:00	43	1	4	4	4	4
07:10	44	1	2	4	4	2
07:20	45	4	4	4	3	3
07:30	46	3	2	2	2	4
07:40	47	4	4	3	2	2
07:50	48	1	4	1	4	4
08:00	49	8	8	8	8	4
08:10	50	8	8	8	8	4
08:20	51	4	4	2	3	2
08:30	52	4	4	2	2	2
08:40	53	4	4	2	2	2
08:50	54	4	4	2	2	2
09:00	55	7	5	4	4	8
09:10	56	3	4	4	4	8
09:20	57	3	4	4	5	8
09:30	58	3	4	4	5	8
09:40	59	3	4	4	3	8
09:50	60	3	3	4	4	5
10:00	61	9	4	3	2	2
10:10	62	9	2	3	2	4
10:20	63	9	2	2	4	4
10:30	64	4	2	2	1	3

10:40	65	4	2	2	3	1
10:50	66	4	2	4	4	5
11:00	67	5	5	2	4	5
11:10	68	7	4	4	4	5
11:20	69	7	4	4	4	4
11:30	70	7	5	4	4	8
11:40	71	3	4	4	4	8
11:50	72	3	4	4	5	8
12:00	73	3	4	4	5	8
12:10	74	3	4	4	3	8
12:20	75	3	4	4	3	8
12:30	76	3	4	4	3	8
12:40	77	3	4	4	4	1
12:50	78	3	4	4	3	8

Apéndice 2.4. Medición #3 en colocación de formaleta						
Tiempo	OBS #	Peón	Operario1	Operario 2	Operario 3	Ayudante
00:00	1	1	2	4	5	3
00:10	2	4	5	4	5	5
00:20	3	5	2	4	5	5
00:30	4	6	2	4	4	5
00:40	5	5	5	2	4	5
00:50	6	6	4	4	4	5
01:00	7	7	4	4	4	4
01:10	8	7	5	4	4	8
01:20	9	3	4	4	4	8
01:30	10	3	4	4	5	8
01:40	11	3	4	4	5	8
01:50	12	3	4	4	3	8
02:00	13	3	4	4	3	8
02:10	14	3	4	4	3	8
02:20	15	3	4	4	4	1
02:30	16	3	3	4	4	5
02:40	17	3	4	4	4	4
02:50	18	3	5	4	4	5
03:00	19	3	5	4	4	5
03:10	20	3	5	4	4	5
03:20	21	3	8	4	8	8

03:30	22	3	4	4	4	8
03:40	23	3	2	4	4	4
03:50	24	3	5	4	4	4
04:00	25	3	2	4	4	4
04:10	26	3	2	4	2	4
04:20	27	3	4	4	4	4
04:30	28	3	4	4	4	3
04:40	29	3	4	4	4	5
04:50	30	3	2	4	4	7
05:00	31	3	2	4	4	7
05:10	32	3	4	4	4	7
05:20	33	3	4	4	5	7
05:30	34	3	5	4	4	7
05:40	35	3	4	4	5	7
05:50	36	3	4	4	5	7
06:00	37	3	4	4	2	2
06:10	38	3	4	5	8	8
06:20	39	3	4	5	8	8
06:30	40	3	4	2	2	4
06:40	41	1	2	4	3	4
06:50	42	1	4	4	8	8
07:00	43	1	4	4	4	4
07:10	44	1	2	4	4	2
07:20	45	4	4	4	3	3
07:30	46	3	2	2	2	4
07:40	47	4	4	3	2	2
07:50	48	1	4	1	4	4
08:00	49	8	8	8	8	4
08:10	50	8	8	8	8	4
08:20	51	4	4	2	3	2
08:30	52	4	4	2	2	2
08:40	53	4	4	2	2	2
08:50	54	4	4	2	2	2
09:00	55	4	4	2	2	2
09:10	56	4	4	2	2	2
09:20	57	4	4	2	2	2
09:30	58	2	4	2	8	4
09:40	59	2	4	2	8	4
09:50	60	4	4	3	2	2
10:00	61	9	4	3	2	2
10:10	62	9	2	3	2	4
10:20	63	9	2	2	4	4

10:30	64	4	2	2	1	3
10:40	65	4	2	2	3	1
10:50	66	9	2	2	3	1
11:00	67	4	4	2	3	2
11:10	68	4	8	8	3	8
11:20	69	4	8	8	3	8
11:30	70	4	4	8	3	8
11:40	71	6	4	4	4	5
11:50	72	7	4	4	4	4
12:00	73	7	5	4	4	8
12:10	74	3	4	4	4	8
12:20	75	3	4	4	5	8
12:30	76	3	4	4	5	8
12:40	77	3	4	4	3	8
12:50	78	3	4	4	3	8
13:00	79	1	4	1	4	4
13:10	80	8	8	8	8	4

Apéndice 2.5. Datos a usar en apéndice de preparación de formaleta
1. Lijando tirantes
2. Quitando concreto de tirantes
3. Quitando concreto con disco en tirantes
4. Lijando formaleta
5. Quitar concreto en formaleta
6. Quitar concreto en formaleta con disco
7. Trasladando materiales
8. Descansando
9. Trasladándose

Apéndice 2.6. Medición # 1 en preparación de formaleta

Tiempo	OBS #	Peón 1	Peón 2	Peón 3	Peón 4	Peón 5	Peón 6	Peón 7	Peón 8	Peón 9
00:00	1	9	1	8	8	5	5	5	5	5
00:20	2	9	1	8	8	6	6	6	5	5
00:40	3	9	8	8	5	8	6	6	5	5
01:00	4	9	1	8	8	6	6	6	5	8
01:20	5	8	1	8	8	6	6	6	5	8
01:40	6	8	1	8	8	8	6	6	5	8
02:00	7	8	2	8	8	5	5	9	6	8
02:20	8	8	2	2	7	8	7	6	6	5
02:40	9	8	2	8	8	8	6	6	2	8
03:00	10	8	2	2	8	8	6	6	2	8
03:20	11	8	2	6	8	8	6	6	6	6
03:40	12	1	8	8	8	8	6	6	6	8
04:00	13	1	2	2	5	8	6	6	6	8
04:20	14	1	2	2	8	8	6	6	6	6
04:40	15	8	2	2	5	8	6	9	6	8
05:00	16	1	2	2	5	8	6	6	6	5
05:20	17	9	1	8	6	8	5	5	5	5
05:40	18	9	1	8	6	8	5	5	5	8
06:00	19	9	1	2	6	8	5	5	5	5
06:20	20	9	1	2	6	8	5	5	5	8
07:00	22	9	1	3	5	6	5	5	5	6
07:20	23	8	1	3	6	5	8	5	5	8
07:40	24	8	2	3	6	5	5	5	5	8
08:00	25	8	2	3	6	5	5	5	5	8
08:20	26	8	2	3	6	5	5	5	9	8
08:40	27	8	8	8	5	6	6	6	8	8
09:00	28	8	8	8	5	6	6	6	8	8
09:20	29	8	8	8	5	6	6	6	8	8
09:40	30	8	8	8	5	6	6	6	8	8
10:00	31	8	4	8	8	5	4	6	6	5
10:20	32	8	4	8	8	8	5	6	6	5
10:40	33	9	9	9	5	6	6	6	8	8
11:00	34	9	9	9	5	6	6	6	8	8
11:20	35	1	8	3	5	6	6	6	8	8
11:40	36	8	8	3	5	6	6	6	8	8
12:00	37	8	8	3	5	6	6	6	8	9
12:20	38	8	8	3	5	6	6	6	8	9

12:40	39	8	8	3	5	6	6	6	8	9
13:00	40	8	8	8	5	6	6	6	8	9
13:20	41	8	1	3	8	8	6	5	8	8
13:40	42	1	2	2	7	8	7	7	6	5
14:00	43	1	2	2	8	8	5	5	6	5
14:20	44	1	2	8	8	8	4	9	6	5
14:40	45	8	8	8	5	6	6	6	8	8
15:00	46	1	2	8	8	8	5	6	6	8

Apéndice 2.7. Medición #2 en preparación de formaleta										
	OBS #	Peón 1	Peón 2	Peón 3	Peón 4	Peón 5	Peón 6	Peón 7	Peón 8	Peón 9
00:00	1	1	2	8	5	8	8	8	2	6
00:20	2	1	2	2	5	8	8	8	2	6
00:40	3	1	2	6	5	8	6	8	6	6
01:00	4	1	8	8	5	8	8	8	6	6
01:20	5	1	2	2	5	8	8	6	6	8
01:40	6	2	4	8	8	5	4	6	6	5
02:00	7	2	4	8	8	7	8	6	6	5
02:20	8	2	2	2	7	7	7	6	6	5
02:40	9	1	2	2	7	7	7	7	6	5
03:00	10	9	1	8	5	7	5	5	5	5
03:20	11	9	1	3	5	6	8	6	5	5
03:40	12	9	8	3	5	5	8	6	5	5
04:00	13	9	1	8	8	6	8	6	5	8
04:20	14	1	2	2	8	8	8	6	6	6
04:40	15	1	2	2	5	8	6	9	6	8
05:00	16	1	2	2	5	8	6	6	6	5
05:20	17	9	1	8	6	8	8	8	5	5
05:40	18	9	1	8	6	8	8	8	5	8
06:00	19	9	1	2	6	8	5	5	5	5
06:20	20	9	1	2	6	8	5	5	5	8
06:40	21	9	8	3	8	8	5	5	5	5
07:00	22	1	2	2	8	8	8	8	6	5
07:20	23	1	2	8	8	8	4	9	6	5
07:40	24	1	2	8	8	5	5	9	6	8
08:00	25	1	2	8	8	8	5	6	6	8
08:20	26	9	1	8	5	6	5	5	9	6

08:40	27	1	1	8	6	5	8	5	5	8
09:00	28	1	2	8	6	5	5	5	5	8
09:20	29	1	2	8	6	5	5	5	8	8
09:40	30	1	2	3	6	5	5	5	8	8
10:00	31	1	8	8	5	6	6	6	8	8
10:20	32	2	8	8	5	6	6	6	8	8
10:40	33	9	9	9	5	6	6	6	8	8
11:00	34	9	9	9	5	6	6	6	8	8
11:20	35	1	8	3	5	6	6	6	8	8
11:40	36	2	8	8	5	6	6	6	8	8
12:00	37	2	8	8	5	6	6	6	8	9
12:20	38	2	8	8	5	6	6	6	8	9
12:40	39	8	8	8	5	6	6	6	8	9
13:00	40	8	8	8	5	6	6	6	8	9
13:20	41	8	1	3	8	8	6	8	8	8
13:40	42	8	1	8	5	6	6	6	5	8
14:00	43	8	1	3	5	8	6	6	5	8
14:20	44	8	8	3	5	6	6	6	8	8
14:40	45	8	8	3	5	6	6	6	8	8
15:00	46	8	8	3	5	6	6	6	8	8

Apéndice 2.8. Medición #3 en preparación de formaleta										
	OBS #	Peón 1	Peón 2	Peón 3	Peón 4	Peón 5	Peón 6	Peón 7	Peón 8	Peón 9
00:00	1	2	4	8	8	5	4	6	6	5
00:20	2	2	4	8	8	8	8	6	6	5
00:40	3	2	2	2	7	7	7	6	6	5
01:00	4	1	2	2	7	7	7	7	6	5
01:20	5	1	2	2	8	8	8	8	6	5
01:40	6	1	2	8	8	8	4	9	6	5
02:00	7	1	2	8	8	5	5	9	6	8
02:20	8	1	2	8	8	8	5	6	6	8
02:40	9	1	2	8	8	8	8	8	2	8
03:00	10	1	2	2	8	8	8	8	2	8
03:20	11	1	2	6	5	8	6	6	6	8
03:40	12	1	8	8	5	8	8	6	6	8
04:00	13	1	2	2	5	8	6	6	6	8
04:20	14	1	2	2	8	8	6	6	6	8
04:40	15	8	2	2	5	8	6	9	6	8
05:00	16	1	2	2	5	8	6	6	6	5
05:20	17	9	1	8	6	8	5	5	5	5
05:40	18	9	1	8	6	8	5	5	5	8
06:00	19	9	1	2	6	8	5	5	5	5

06:20	20	9	1	2	6	8	5	5	8	8
06:40	21	9	8	3	8	8	5	5	5	5
07:00	22	9	1	8	8	5	5	5	8	5
07:20	23	9	1	3	8	6	6	6	8	5
07:40	24	9	8	3	5	8	6	6	8	5
08:00	25	9	1	8	8	6	8	6	5	8
08:20	26	8	1	8	5	6	6	6	5	8
08:40	27	8	1	3	5	8	6	6	5	8
09:00	28	8	8	8	5	6	6	6	8	8
09:20	29	8	8	8	5	6	6	6	8	8
09:40	30	8	8	8	5	6	6	6	8	8
10:00	31	8	8	8	5	6	6	6	8	8
10:20	32	8	8	8	5	6	6	6	8	8
10:40	33	9	9	9	5	6	6	6	8	8
11:00	34	9	9	9	5	6	6	6	8	8
11:20	35	1	8	3	5	6	6	6	8	8
11:40	36	8	8	8	5	6	6	6	8	8
12:00	37	8	8	8	5	6	6	6	8	9
12:20	38	8	8	8	5	6	6	6	8	9
12:40	39	8	8	8	5	6	6	6	8	9
13:00	40	8	8	8	5	6	6	6	8	9
13:20	41	8	1	3	8	8	6	8	8	8
13:40	42	9	1	3	5	6	5	5	9	8
14:00	43	8	1	3	6	5	8	5	8	8
14:20	44	8	2	3	6	5	5	5	8	8
14:40	45	8	2	3	6	5	5	5	8	8
15:00	46	8	2	3	6	5	5	5	8	8

Apéndice 3. Mediciones en preparación y movimiento de tierras en parqueos

Apéndice 3.1. Datos a usar en preparación y movimiento de tierras en parqueos
1. Cortando
2. Cargando pala
3. Vaciado en vagoneta
4. Transportando
5. Esperando ser cargado
6. Parqueando vagoneta
7. Esperando
8. Vagoneta es revisada
9. Parqueado
10. Acomodando material

Apéndice 3.2. Medición #1 en movimiento de tierras en la preparación de parqueos				
	OBSERVACIÓN#	Excavadora	Vagoneta articulada 1	Vagoneta articulada 2
00:00	1	7	5	4
00:10	2	7	5	4
00:20	3	7	5	4
00:30	4	7	5	4
00:40	5	2	5	4
00:50	6	3	5	4
01:00	7	3	5	4
01:10	8	2	5	4
01:20	9	3	5	4
01:30	10	2	5	4
01:40	11	3	5	4
01:50	12	7	6	4
02:00	13	7	6	4
02:10	14	2	5	4
02:20	15	2	5	4
02:30	16	3	5	4
02:40	17	2	5	4

02:50	18	2	5	4
03:00	19	3	5	4
03:10	20	2	5	4
03:20	21	3	5	4
03:30	22	2	4	4
03:40	23	2	4	4
03:50	24	3	4	4
04:00	25	10	4	4
04:10	26	10	4	4
04:20	27	1	4	4
04:30	28	1	4	4
04:40	29	1	4	4
04:50	30	1	4	4
05:00	31	1	4	4
05:10	32	1	4	4
05:20	33	1	4	4
05:30	34	1	4	4
05:40	35	1	4	4
05:50	36	1	4	4
06:00	37	1	4	4
06:10	38	7	4	4
06:20	39	7	4	4
06:30	40	7	4	4
06:40	41	7	4	4
06:50	42	7	4	4
07:00	43	7	6	4
07:10	44	7	6	4
07:20	45	7	6	4
07:30	46	7	6	4
07:40	47	7	6	4
07:50	48	7	6	4
08:00	49	7	4	4
08:10	50	7	4	4
08:20	51	7	7	4
08:30	52	7	7	4
08:40	53	7	7	4
08:50	54	7	7	4
09:00	55	7	7	4
09:10	56	7	8	4

09:20	57	7	8	4
09:30	58	7	8	4
09:40	59	7	8	4
09:50	60	7	8	4
10:00	61	7	8	4
10:10	62	7	8	4
10:20	63	7	8	4
10:30	64	2	5	4
10:40	65	3	5	4
10:50	66	2	5	4
11:00	67	3	5	4
11:10	68	2	5	4
11:20	69	3	5	4
11:30	70	2	5	9
11:40	71	3	5	9
11:50	72	2	5	9
12:00	73	3	5	9
12:10	74	2	5	9
12:20	75	3	5	9
12:30	76	2	5	9
12:40	77	3	5	9
12:50	78	2	5	9
13:00	79	3	5	9
13:10	80	2	5	9
13:20	81	3	5	9
13:30	82	2	5	9
13:40	83	3	5	9
13:50	84	2	5	9
14:00	85	3	5	9
14:10	86	2	5	9
14:20	87	3	5	9
14:30	88	2	5	9
14:40	89	3	5	9
14:50	90	2	5	9
15:00	91	3	5	9
15:10	92	2	5	9
15:20	93	3	5	9
15:30	94	2	5	9
15:40	95	3	5	9

15:50	96	2	5	9
16:00	97	3	5	9
16:10	98	2	5	9
16:20	99	3	5	9
16:30	100	2	5	9
16:40	101	3	5	9
16:50	102	2	5	9
17:00	103	3	5	9
17:10	104	10	5	9
17:20	105	10	5	9
17:30	106	1	4	6
17:40	107	1	4	6
17:50	108	1	4	6
18:00	109	1	4	6
18:10	110	1	4	6
18:20	111	1	4	6
18:30	112	1	4	6
18:40	113	1	4	6
18:50	114	1	4	6
19:00	115	1	4	6
19:10	116	2	5	4
19:20	117	3	5	4
19:30	118	2	5	4
19:40	119	3	5	4
19:50	120	2	5	4
20:00	121	3	5	4
20:10	122	2	5	4
20:20	123	3	5	4
20:30	124	2	5	4
20:40	125	3	5	4
20:50	126	2	5	4
21:00	127	3	5	4
21:10	128	2	5	4
21:20	129	3	5	4
21:30	130	2	5	4
21:40	131	3	5	4
21:50	132	2	5	4
22:00	133	3	5	4

Apéndice 3.3. Medición #2 en movimiento de tierras en la preparación de parques				
	OBSERVACIÓN#	Excavadora	Vagoneta articulada 1	Vagoneta articulada 2
00:00	1	1	4	4
00:10	2	1	4	4
00:20	3	1	4	4
00:30	4	1	4	4
00:40	5	1	4	4
00:50	6	1	4	4
01:00	7	1	4	4
01:10	8	1	4	4
01:20	9	1	4	4
01:30	10	1	4	4
01:40	11	1	4	4
01:50	12	1	4	4
02:00	13	1	4	4
02:10	14	1	4	4
02:20	15	1	7	4
02:30	16	1	7	4
02:40	17	1	6	4
02:50	18	1	6	4
03:00	19	1	6	4
03:10	20	1	6	4
03:20	21	1	6	4
03:30	22	7	6	4
03:40	23	7	7	4
03:50	24	7	7	4
04:00	25	7	7	4
04:10	26	7	7	4
04:20	27	7	7	4
04:30	28	7	7	4
04:40	29	7	7	4
04:50	30	7	8	4
05:00	31	7	8	4
05:10	32	7	8	4
05:20	33	7	8	4
05:30	34	7	8	4

05:40	35	7	8	4
05:50	36	7	8	4
06:00	37	7	8	4
06:10	38	7	5	4
06:20	39	7	5	4
06:30	40	2	5	4
06:40	41	7	5	4
06:50	42	7	5	4
07:00	43	3	5	4
07:10	44	2	5	4
07:20	45	3	5	4
07:30	46	2	5	4
07:40	47	2	5	4
07:50	48	3	5	4
08:00	49	2	5	4
08:10	50	3	5	4
08:20	51	2	5	4
08:30	52	2	5	4
08:40	53	3	5	4
08:50	54	10	5	4
09:00	55	10	5	4
09:10	56	3	5	4
09:20	57	2	5	4
09:30	58	3	5	9
09:40	59	2	5	9
09:50	60	3	5	9
10:00	61	2	5	9
10:10	62	3	5	9
10:20	63	2	5	9
10:30	64	3	5	9
10:40	65	7	6	9
10:50	66	7	6	9
11:00	67	2	5	9
11:10	68	2	5	9
11:20	69	3	5	9
11:30	70	2	5	9
11:40	71	3	5	9
11:50	72	2	5	9
12:00	73	3	5	9

12:10	74	2	5	9
12:20	75	3	5	9
12:30	76	2	5	9
12:40	77	3	5	9
12:50	78	2	5	9
13:00	79	3	5	9
13:10	80	2	5	9
13:20	81	3	5	9
13:30	82	2	5	9
13:40	83	3	5	9
13:50	84	2	5	9
14:00	85	3	5	9
14:10	86	2	5	9
14:20	87	3	5	9
14:30	88	2	5	9
14:40	89	3	5	9
14:50	90	2	5	9
15:00	91	3	5	9
15:10	92	2	5	9
15:20	93	3	5	9
15:30	94	2	5	9
15:40	95	3	5	9
15:50	96	2	5	9
16:00	97	3	5	9
16:10	98	2	5	9
16:20	99	3	5	9
16:30	100	2	5	9
16:40	101	3	5	9
16:50	102	2	5	9
17:00	103	3	5	9
17:10	104	10	5	9
17:20	105	10	5	9
17:30	106	1	5	6
17:40	107	1	5	6
17:50	108	1	5	6
18:00	109	1	5	6
18:10	110	1	5	6
18:20	111	1	4	6
18:30	112	1	4	6

18:40	113	1	4	6
18:50	114	1	4	6
19:00	115	1	4	6
19:10	116	2	5	4
19:20	117	3	5	4
19:30	118	2	5	4
19:40	119	3	5	4
19:50	120	2	5	4
20:00	121	3	5	4
20:10	122	2	5	4
20:20	123	3	5	4
20:30	124	2	5	4
20:40	125	2	5	4
20:50	126	3	5	4
21:00	127	2	5	4
21:10	128	3	5	4
21:20	129	3	5	4
21:30	130	2	5	4
21:40	131	3	5	4
21:50	132	2	5	4
22:00	133	3	5	4

Apéndice 3.4. Medición #3 en movimiento de tierras en la preparación de parques				
	OBSERVACIÓN#	Excavadora	Vagoneta articulada 1	Vagoneta articulada 2
00:00	1	7	6	4
00:10	2	7	6	4
00:20	3	2	5	4
00:30	4	2	5	4
00:40	5	3	5	4
00:50	6	2	5	4
01:00	7	3	5	4
01:10	8	2	5	4
01:20	9	3	5	4
01:30	10	3	5	4
01:40	11	2	5	4
01:50	12	3	5	4

02:00	13	2	5	4
02:10	14	3	5	4
02:20	15	2	5	4
02:30	16	3	5	4
02:40	17	2	5	4
02:50	18	2	5	4
03:00	19	3	5	4
03:10	20	2	5	4
03:20	21	3	5	4
03:30	22	2	5	4
03:40	23	2	5	4
03:50	24	3	5	4
04:00	25	10	5	4
04:10	26	10	5	4
04:20	27	1	4	4
04:30	28	1	4	4
04:40	29	1	4	4
04:50	30	1	4	4
05:00	31	1	4	4
05:10	32	1	4	4
05:20	33	1	4	4
05:30	34	1	4	4
05:40	35	1	4	4
05:50	36	1	4	4
06:00	37	1	4	4
06:10	38	1	4	4
06:20	39	1	4	4
06:30	40	1	4	4
06:40	41	1	4	4
06:50	42	1	4	4
07:00	43	7	6	4
07:10	44	7	6	4
07:20	45	7	6	4
07:30	46	7	6	4
07:40	47	7	6	4
07:50	48	7	6	4
08:00	49	7	7	4
08:10	50	7	7	4
08:20	51	7	7	4

08:30	52	7	7	4
08:40	53	7	7	4
08:50	54	7	7	4
09:00	55	7	7	4
09:10	56	7	8	4
09:20	57	7	8	4
09:30	58	7	8	4
09:40	59	7	8	4
09:50	60	7	8	4
10:00	61	7	8	4
10:10	62	7	8	4
10:20	63	7	8	4
10:30	64	2	5	4
10:40	65	3	5	4
10:50	66	2	5	4
11:00	67	3	5	4
11:10	68	2	5	4
11:20	69	3	5	4
11:30	70	2	5	4
11:40	71	3	5	4
11:50	72	2	5	4
12:00	73	3	5	4
12:10	74	2	5	4
12:20	75	3	5	4
12:30	76	2	5	4
12:40	77	3	5	4
12:50	78	2	5	4
13:00	79	3	5	4
13:10	80	2	5	4
13:20	81	3	5	4
13:30	82	2	5	9
13:40	83	3	5	9
13:50	84	2	5	9
14:00	85	3	5	9
14:10	86	2	5	9
14:20	87	3	5	9
14:30	88	2	5	9
14:40	89	3	5	9
14:50	90	2	5	9

15:00	91	3	5	9
15:10	92	2	5	9
15:20	93	3	5	9
15:30	94	2	5	9
15:40	95	3	5	9
15:50	96	2	5	9
16:00	97	3	5	9
16:10	98	2	5	9
16:20	99	3	5	9
16:30	100	2	5	9
16:40	101	3	5	9
16:50	102	2	5	9
17:00	103	3	5	9
17:10	104	10	5	9
17:20	105	10	5	9
17:30	106	1	4	6
17:40	107	1	4	6
17:50	108	1	4	6
18:00	109	1	4	6
18:10	110	1	4	6
18:20	111	1	4	6
18:30	112	1	4	6
18:40	113	1	4	6
18:50	114	1	4	6
19:00	115	1	4	6
19:10	116	2	5	4
19:20	117	3	5	4
19:30	118	2	5	4
19:40	119	3	5	4
19:50	120	2	5	4
20:00	121	3	5	4
20:10	122	2	5	4
20:20	123	3	5	4
20:30	124	2	5	4
20:40	125	3	5	4
20:50	126	2	5	4
21:00	127	3	5	4
21:10	128	2	5	4
21:20	129	3	5	4

21:30	130	2	5	4
21:40	131	3	5	4
21:50	132	2	5	4
22:00	133	3	5	4

Apéndice 4. Mediciones en preparación y montaje de armadura del salón principal.

Apéndice 4.1. Datos a usar en apéndice de preparación soldado de cerchas en salón principal
1. Soldar
2. Hablar
3. Descansar
4. Trasladándose
5. observar
6. Alistando herramientas
7. Martillando
8. Planeando
9. Midiendo
10. Alcanzando objetos
12. Cortando
11. Ajustando

Apéndice 4.2. Medición #1 en soldado de cerchas a colocar en el salón principal				
Tiempo	OBSERVACIÓN#	Soldador 1	Soldador 2	Soldador 3
00:10	1	1	10	3
00:20	2	1	10	3
00:30	3	1	5	2
00:40	4	1	3	8
00:50	5	1	5	5
01:00	6	1	9	3
01:10	7	3	9	6
01:20	8	3	9	6
01:30	9	3	6	6
01:40	10	3	9	6
01:50	11	3	2	6
02:00	12	3	9	3

02:10	13	9	4	3
02:20	14	1	9	8
02:30	15	1	10	8
02:40	16	1	4	3
02:50	17	3	4	2
03:00	18	9	6	6
03:10	19	9	8	8
03:20	20	9	10	8
03:30	21	9	5	2
03:40	22	9	3	8
03:50	23	9	5	5
04:00	24	9	3	3
04:10	25	9	8	3
04:20	26	1	10	3
04:30	27	1	4	5
04:40	28	3	6	6
04:50	29	1	4	6
05:00	30	1	4	3
05:10	31	1	6	3
05:20	32	7	4	1
05:30	33	6	4	1
05:40	34	7	7	6
05:50	35	9	9	4
06:00	36	1	4	1
06:10	37	1	4	1
06:20	38	1	6	1
06:30	39	1	4	2
06:40	40	1	4	2
06:50	41	5	3	3
07:00	42	1	8	8
07:10	43	1	9	4
07:20	44	1	2	6
07:30	45	1	4	1
07:40	46	1	2	1
07:50	47	3	2	1
08:00	48	9	4	1
08:10	49	2	2	1
08:20	50	6	2	2
08:30	51	1	2	2

08:40	52	1	2	2
08:50	53	1	9	1
09:00	54	1	9	3
09:10	55	3	9	1
09:20	56	9	9	3
09:30	57	7	9	5
09:40	58	9	9	3
09:50	59	1	4	3
10:00	60	1	4	6
10:10	61	1	9	9
10:20	62	1	9	6
10:30	63	6	9	9
10:40	64	1	9	9
10:50	65	1	9	9
11:00	66	1	9	9
11:10	67	7	9	9
11:20	68	9	9	9
11:30	69	6	9	1
11:40	70	6	9	1
11:50	71	6	9	1
12:00	72	6	9	9
12:10	73	9	8	8
12:20	74	3	9	9
12:30	75	4	9	9
12:40	76	11	6	9
12:50	77	6	8	9
13:00	78	8	8	9
13:10	79	9	5	9
13:20	80	9	8	9
13:30	81	9	3	2
13:40	82	9	8	4
13:50	83	9	4	9
14:00	84	9	8	1
14:10	85	1	5	5
14:20	86	9	5	6
14:30	87	9	5	6
14:40	88	8	9	1
14:50	89	11	3	1
15:00	90	9	3	1

15:10	91	11	3	1
15:20	92	11	4	3
15:30	93	9	11	12
15:40	94	9	9	12
15:50	95	11	11	12
16:00	96	9	10	4
16:10	97	9	1	4
16:20	98	9	5	3
16:30	99	1	4	2
16:40	100	9	4	2
16:50	101	9	8	1
17:00	102	9	4	1
17:10	103	11	4	11
17:20	104	11	4	6
17:30	105	9	3	6
17:40	106	9	3	6
17:50	107	9	3	4
18:00	108	11	4	1
18:10	109	11	4	1
18:20	110	5	7	4
18:30	111	9	3	4
18:40	112	9	9	4
18:50	113	9	1	4
19:00	114	3	11	12
19:10	115	11	11	12
19:20	116	9	11	12
19:30	117	9	11	12
19:40	118	3	11	12
19:50	119	3	9	12
20:00	120	9	9	12
20:10	121	1	2	2
20:20	122	1	8	12
20:30	123	1	8	12
20:40	124	7	8	12
20:50	125	1	8	12
21:00	126	1	10	12
21:10	127	1	8	12
21:20	128	7	8	8
21:30	129	1	8	8

21:40	130	1	8	8
-------	-----	---	---	---

Apéndice 4.3. Medición #2 en soldado de cerchas a colocar en el salón principal				
Tiempo	OBSERVACIÓN#	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3
00:10	1	1	4	3
00:20	2	1	4	6
00:30	3	1	4	1
00:40	4	1	6	1
00:50	5	1	4	1
01:00	6	11	11	8
01:10	7	1	11	8
01:20	8	1	11	8
01:30	9	3	11	8
01:40	10	1	4	2
01:50	11	1	4	2
02:00	12	7	8	8
02:10	13	1	8	8
02:20	14	6	5	2
02:30	15	1	5	2
02:40	16	1	10	8
02:50	17	1	10	8
03:00	18	1	5	2
03:10	19	1	3	8
03:20	20	1	5	5
03:30	21	1	2	2
03:40	22	1	8	8
03:50	23	1	8	8
04:00	24	5	3	3
04:10	25	1	10	8
04:20	26	1	5	6
04:30	27	1	4	5
04:40	28	1	6	6
04:50	29	1	4	6
05:00	30	1	4	1
05:10	31	1	6	1
05:20	32	1	4	1

05:30	33	1	4	2
05:40	34	1	6	6
05:50	35	1	8	8
06:00	36	1	4	1
06:10	37	1	4	1
06:20	38	1	6	1
06:30	39	7	4	1
06:40	40	6	4	1
06:50	41	7	7	6
07:00	42	1	9	4
07:10	43	1	9	4
07:20	44	1	5	6
07:30	45	1	4	8
07:40	46	1	5	8
07:50	47	1	5	8
08:00	48	2	4	8
08:10	49	1	2	1
08:20	50	1	3	1
08:30	51	1	8	1
08:40	52	1	10	1
08:50	53	1	9	1
09:00	54	1	4	3
09:10	55	1	4	1
09:20	56	9	4	3
09:30	57	7	4	5
09:40	58	9	4	1
09:50	59	1	4	1
10:00	60	1	4	6
10:10	61	1	9	9
10:20	62	1	9	6
10:30	63	6	9	9
10:40	64	1	9	9
10:50	65	1	9	9
11:00	66	1	9	9
11:10	67	7	9	9
11:20	68	9	9	9
11:30	69	6	9	1
11:40	70	6	9	1
11:50	71	6	9	1

12:00	72	6	9	9
12:10	73	9	8	8
12:20	74	1	9	9
12:30	75	4	9	9
12:40	76	11	6	9
12:50	77	6	8	9
13:00	78	8	8	9
13:10	79	9	5	9
13:20	80	9	8	9
13:30	81	9	3	2
13:40	82	9	8	4
13:50	83	9	4	9
14:00	84	9	8	1
14:10	85	1	5	5
14:20	86	9	5	6
14:30	87	9	5	6
14:40	88	8	9	1
14:50	89	5	7	4
15:00	90	9	3	4
15:10	91	9	9	4
15:20	92	9	1	4
15:30	93	9	10	4
15:40	94	9	1	4
15:50	95	9	5	1
16:00	96	1	4	2
16:10	97	9	4	2
16:20	98	9	8	1
16:30	99	9	4	1
16:40	100	11	4	11
16:50	101	11	3	1
17:00	102	9	3	1
17:10	103	11	3	1
17:20	104	1	9	8
17:30	105	1	8	8
17:40	106	7	8	8
17:50	107	1	8	8
18:00	108	1	10	8
18:10	109	1	10	8
18:20	110	1	5	2

18:30	111	1	3	8
18:40	112	1	5	5
18:50	113	1	8	8
19:00	114	1	4	8
19:10	115	9	4	8
19:20	116	1	9	8
19:30	117	9	9	8
19:40	118	1	2	2
19:50	119	1	8	8
20:00	120	11	4	1
20:10	121	11	4	1
20:20	122	9	11	12
20:30	123	9	9	12
20:40	124	11	11	12
20:50	125	3	11	12
21:00	126	11	4	1
21:10	127	9	3	1
21:20	128	9	3	1
21:30	129	9	3	4
21:40	130	11	4	1

Apéndice 4.4. Medición #3 en soldado de cerchas a colocar en el salón principal

Tiempo	OBSERVACIÓN#	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3
00:10	1	1	4	2
00:20	2	1	4	2
00:30	3	5	3	3
00:40	4	6	2	2
00:50	5	1	2	2
01:00	6	1	2	2
01:10	7	1	8	8
01:20	8	1	8	8
01:30	9	7	8	8
01:40	10	1	8	8
01:50	11	1	8	8
02:00	12	1	4	8
02:10	13	9	4	8
02:20	14	1	9	8
02:30	15	1	10	8

02:40	16	1	10	8
02:50	17	1	10	8
03:00	18	1	5	2
03:10	19	1	3	8
03:20	20	1	5	5
03:30	21	1	4	3
03:40	22	1	4	6
03:50	23	1	4	6
04:00	24	1	6	6
04:10	25	1	4	6
04:20	26	1	2	6
04:30	27	1	4	5
04:40	28	3	6	6
04:50	29	1	4	6
05:00	30	1	4	3
05:10	31	1	6	3
05:20	32	1	4	3
05:30	33	3	4	2
05:40	34	1	6	6
05:50	35	1	8	8
06:00	36	1	4	1
06:10	37	1	4	1
06:20	38	1	6	1
06:30	39	7	4	1
06:40	40	6	4	1
06:50	41	7	7	6
07:00	42	9	9	4
07:10	43	1	9	4
07:20	44	1	5	6
07:30	45	1	4	1
07:40	46	1	5	1
07:50	47	3	5	1
08:00	48	9	4	1
08:10	49	2	2	1
08:20	50	9	3	1
08:30	51	9	8	1
08:40	52	1	10	1
08:50	53	1	9	1
09:00	54	1	9	3

09:10	55	3	9	1
09:20	56	9	9	3
09:30	57	7	9	5
09:40	58	9	9	3
09:50	59	1	4	3
10:00	60	1	4	6
10:10	61	1	9	9
10:20	62	1	9	6
10:30	63	6	9	9
10:40	64	1	9	9
10:50	65	1	9	9
11:00	66	1	9	9
11:10	67	7	9	9
11:20	68	9	9	9
11:30	69	6	9	1
11:40	70	6	9	1
11:50	71	6	9	1
12:00	72	6	9	9
12:10	73	9	8	8
12:20	74	3	9	9
12:30	75	4	9	9
12:40	76	11	6	9
12:50	77	6	8	9
13:00	78	8	8	9
13:10	79	9	5	9
13:20	80	9	8	9
13:30	81	9	3	2
13:40	82	9	8	4
13:50	83	9	4	9
14:00	84	9	8	1
14:10	85	1	5	5
14:20	86	9	5	6
14:30	87	9	5	6
14:40	88	8	9	1
14:50	89	5	7	4
15:00	90	9	3	4
15:10	91	9	9	4
15:20	92	9	1	4
15:30	93	9	10	4

15:40	94	9	1	4
15:50	95	9	5	3
16:00	96	1	4	2
16:10	97	9	4	2
16:20	98	9	8	1
16:30	99	9	4	1
16:40	100	11	4	11
16:50	101	11	3	1
17:00	102	9	3	1
17:10	103	11	3	1
17:20	104	11	4	1
17:30	105	9	3	1
17:40	106	9	3	1
17:50	107	9	3	4
18:00	108	11	4	1
18:10	109	11	4	1
18:20	110	11	4	3
18:30	111	9	11	12
18:40	112	9	9	12
18:50	113	11	11	12
19:00	114	3	11	12
19:10	115	11	11	12
19:20	116	9	11	12
19:30	117	9	11	12
19:40	118	3	11	12
19:50	119	3	9	12
20:00	120	9	9	12
20:10	121	1	2	2
20:20	122	1	8	8
20:30	123	1	8	8
20:40	124	7	8	8
20:50	125	1	8	8
21:00	126	1	10	8
21:10	127	1	10	8
21:20	128	1	5	2
21:30	129	1	3	8
21:40	130	1	5	5

Apéndice 4.5. Datos a usar en apéndice de montaje de cerchas en salón principal
1. Dando ordenes
2. Manejar grúa
3. Guiar con cuerdas
4. Esperar
5. Ver
.6 Guiar
7. Dar y mantener ordenes de seguridad
8. Sostener cercha

Apéndice 4.6. Medición #1 en montaje de cerchas a colocar en el salón principal													
Tiempo	OBS #	MO	G 1	G 2	P 1	P 2	P 3	P 4	S 1	S 2	S 3	S 4	Seg
00:20	1	1	2	2	3	3	3	3	4	4	8	8	7
00:40	2	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
01:00	3	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
01:20	4	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
01:40	5	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
02:00	6	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
02:20	7	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
02:40	8	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
03:00	9	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
03:20	10	1	2	2	3	3	3	3	4	4	6	6	7
03:40	11	1	2	2	3	3	3	3	4	4	8	8	7
04:00	12	1	2	2	3	3	3	3	4	4	8	8	7
04:20	13	1	2	2	3	3	3	3	4	4	8	8	7
04:40	14	1	2	2	3	3	3	3	4	4	8	8	7
05:00	15	1	2	2	3	3	3	3	4	4	8	8	7
05:20	16	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
05:40	17	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
06:00	18	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
06:20	19	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
06:40	20	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
07:00	21	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
07:20	22	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
07:40	23	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
08:00	24	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7

08:20	25	1	2	2	3	3	3	3	4	6	6	6	7
08:40	26	1	2	2	3	3	3	3	4	6	6	6	7
09:00	27	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
09:20	28	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
09:40	29	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
10:00	30	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
10:20	31	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
10:40	32	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
11:00	33	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
11:20	34	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
11:40	35	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
12:00	36	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7

Apéndice 4.7. Medición #2 en montaje de cerchas a colocar en el salón principal

Tiempo	OBS#	MO	G 1	G 2	P 1	P 2	P 3	P 4	S 1	S 2	S 3	S 4	Seg
00:20	1	1	2	2	3	3	3	3	6	6	6	6	7
00:40	2	1	2	2	3	3	3	3	8	8	8	8	7
01:00	3	1	2	2	3	3	3	3	8	8	8	8	7
01:20	4	1	2	2	3	3	3	3	8	8	8	8	7
01:40	5	1	2	2	3	3	3	3	8	8	8	8	7
02:00	6	1	2	2	3	3	3	3	8	8	8	8	7
02:20	7	1	2	2	3	3	3	3	8	8	8	8	7
02:40	8	1	2	2	3	3	3	3	6	4	4	8	7
03:00	9	1	2	2	3	3	3	3	6	4	4	8	7
03:20	10	1	2	2	3	3	3	3	6	4	4	8	7
03:40	11	1	2	2	3	3	3	3	6	4	4	8	7
04:00	12	1	2	2	3	3	3	3	6	4	4	8	7
04:20	13	1	2	2	3	3	3	3	6	4	4	8	7
04:40	14	1	2	2	3	3	3	3	6	4	4	4	7
05:00	15	1	2	2	3	3	3	3	6	6	6	6	7
05:20	16	1	2	2	3	3	3	3	6	6	6	6	7
05:40	17	1	2	2	3	3	3	3	6	4	4	4	7
06:00	18	1	2	2	3	3	3	3	6	4	4	4	7
06:20	19	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
06:40	20	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
07:00	21	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
07:20	22	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7

07:40	23	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
08:00	24	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
08:20	25	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
08:40	26	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
09:00	27	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
09:20	28	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
09:40	29	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
10:00	30	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
10:20	31	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
10:40	32	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
11:00	33	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
11:20	34	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
11:40	35	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
12:00	36	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7

Apéndice 4.8. Medición #3 en montaje de cerchas a colocar en el salón principal

Tiempo	OBS#	MO	G 1	G 2	P 1	P 2	P 3	P 4	S 1	S 2	S 3	S 4	Seg
00:20	1	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
00:40	2	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
01:00	3	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
01:20	4	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
01:40	5	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
02:00	6	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
02:20	7	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
02:40	8	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
03:00	9	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
03:20	10	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
03:40	11	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
04:00	12	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
04:20	13	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
04:40	14	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
05:00	15	1	2	2	3	3	3	3	6	6	6	6	7
05:20	16	1	2	2	3	3	3	3	6	6	6	6	7
05:40	17	1	2	2	3	3	3	3	6	6	6	6	7
06:00	18	1	2	2	3	3	3	3	8	8	8	8	7
06:20	19	1	2	2	3	3	3	3	8	8	8	8	7
06:40	20	1	2	2	3	3	3	3	8	8	8	8	7

07:00	21	1	2	2	3	3	3	3	8	8	8	8	7
07:20	22	1	2	2	3	3	3	3	8	8	8	8	7
07:40	23	1	2	2	3	3	3	3	8	8	8	8	7
08:00	24	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
08:20	25	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
08:40	26	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
09:00	27	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
09:20	28	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
09:40	29	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
10:00	30	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
10:20	31	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
10:40	32	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
11:00	33	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
11:20	34	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
11:40	35	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7
12:00	36	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	7

Apéndice 5. Mediciones en preparación y colocación contrapiso el salón principal.

Apéndice 5.1. Datos a usar en colocación de contrapiso en salón principal
1. Palear
2. Ver
3. Descansar
4. Trasladándose
5. Colocar Cuerda
6. Manejar Back Hoe
7. Rastrillar
8. Barriendo
9. Descargando Agregado
10. Manejando

Apéndice 5.2. Medición #1 en colocación de contrapiso a colocar en el salón principal								
OBS #	Tiempo	Peón 1	Peón 2	Peón 3	Peón 4	Peón 5	Peón 6	Maquinista
1	00:10	3	1	2	3	3	4	10
2	00:20	3	1	1	3	3	8	10
3	00:30	3	1	1	3	3	2	10
4	00:40	3	1	1	3	3	4	10
5	00:50	3	1	1	3	3	4	10
6	01:00	3	1	1	3	4	3	2
7	01:10	3	1	1	1	4	3	2
8	01:20	3	1	1	3	3	3	2
9	01:30	3	1	1	3	3	3	2
10	01:40	3	1	1	3	3	3	2
11	01:50	3	1	1	1	3	8	2
12	02:00	3	2	1	1	3	3	2
13	02:10	3	1	1	3	3	3	2
14	02:20	3	1	3	3	3	3	9
15	02:30	7	1	3	2	3	4	2
16	02:40	7	2	3	1	3	8	2

17	02:50	7	1	3	3	3	3	2
18	03:00	7	1	1	1	1	2	2
19	03:10	3	1	1	1	1	10	2
20	03:20	7	3	1	3	1	8	10
21	03:30	7	3	3	3	3	8	2
22	03:40	3	1	3	3	3	8	9
23	03:50	7	1	3	3	3	8	10
24	04:00	3	1	3	1	1	3	10
25	04:10	3	1	3	1	1	3	10
26	04:20	7	1	3	1	3	3	10
27	04:30	7	1	3	2	1	4	2
28	04:40	7	3	3	1	1	8	10
29	04:50	7	1	1	1	3	8	10
30	05:00	3	3	3	1	3	8	10
31	05:10	7	3	3	3	3	8	9
32	05:20	7	3	1	1	1	3	10
33	05:30	7	1	1	1	3	3	10
34	05:40	7	1	1	1	3	3	10
35	05:50	3	3	3	1	1	3	10
36	06:00	3	3	1	1	1	3	10
37	06:10	3	3	3	3	3	3	9
38	06:20	3	3	3	3	3	3	9
39	06:30	3	3	1	3	1	3	9
40	06:40	3	1	1	3	3	3	10
41	06:50	3	3	3	3	3	3	10
42	07:00	3	3	3	3	3	3	10
43	07:10	2	3	3	3	1	4	2
44	07:20	7	1	3	1	4	2	10
45	07:30	7	1	1	3	3	1	10
46	07:40	3	3	3	3	3	3	9
47	07:50	1	1	1	3	3	3	10
48	08:00	3	1	3	1	1	3	10
49	08:10	7	1	1	1	1	3	10
50	08:20	7	2	3	2	1	8	2
51	08:30	7	1	1	1	2	4	2
52	08:40	7	1	3	1	1	7	2
53	08:50	7	1	3	3	1	3	10
54	09:00	7	1	3	3	3	3	2
55	09:10	7	4	3	3	3	3	2

56	09:20	7	1	3	1	1	2	2
57	09:30	7	1	1	1	2	4	2
58	09:40	7	1	3	3	1	4	2
59	09:50	7	2	1	1	2	5	2
60	10:00	3	1	1	1	1	8	2

Apéndice 5.3. Medición #2 en colocación de contrapiso a colocar en el salón principal								
OBS #	Tiempo	Peón 1	Peón 2	Peón 3	Peón 4	Peón 5	Peón 6	Maquinista
00:10	1	7	1	1	1	3	8	10
00:20	2	7	3	3	2	1	5	10
00:30	3	7	2	3	1	1	8	10
00:40	4	7	2	3	2	1	8	10
00:50	5	7	3	3	1	2	5	10
01:00	6	7	3	3	1	1	7	10
01:10	7	7	3	3	1	1	8	10
01:20	8	7	2	3	1	1	8	10
01:30	9	7	3	3	1	1	8	10
01:40	10	7	3	3	1	1	8	10
01:50	11	7	1	3	1	1	2	10
02:00	12	7	1	3	1	4	4	10
02:10	13	7	3	3	1	1	8	10
02:20	14	7	3	3	1	1	8	9
02:30	15	2	3	3	1	1	4	10
02:40	16	7	3	3	2	1	4	10
02:50	17	7	3	2	1	1	4	10
03:00	18	7	3	3	1	1	2	10
03:10	19	7	1	3	1	1	10	10
03:20	20	7	3	3	1	1	8	10
03:30	21	7	1	3	1	1	4	2
03:40	22	7	2	3	1	2	5	9
03:50	23	7	1	1	1	1	8	9
04:00	24	7	3	1	3	1	8	9
04:10	25	7	3	3	1	1	2	10
04:20	26	7	1	3	1	1	4	10
04:30	27	7	1	3	1	1	4	10

04:40	28	7	3	3	1	1	8	10
04:50	29	3	1	1	3	1	3	10
05:00	30	3	3	3	1	1	8	10
05:10	31	7	3	3	3	1	8	9
05:20	32	7	3	1	1	1	3	10
05:30	33	7	1	1	1	3	3	10
05:40	34	7	1	1	1	3	3	10
05:50	35	7	1	1	1	4	3	10
06:00	36	3	1	3	3	1	3	10
06:10	37	3	3	3	3	1	3	10
06:20	38	3	3	3	3	1	3	10
06:30	39	3	3	3	3	3	3	9
06:40	40	3	3	3	3	3	3	9
06:50	41	3	1	3	1	1	3	10
07:00	42	7	1	1	1	1	3	10
07:10	43	3	1	3	1	1	3	10
07:20	44	3	1	3	1	1	3	10
07:30	45	7	1	3	1	3	3	10
07:40	46	3	3	3	3	3	3	10
07:50	47	3	3	3	3	3	3	10
08:00	48	7	1	3	3	3	3	10
08:10	49	7	1	3	1	4	2	10
08:20	50	7	1	1	3	3	1	10
08:30	51	3	3		3	3	3	9
08:40	52	1	1	1	3	3	3	10
08:50	53	7	1	3	3	1	3	10
09:00	54	7	1	3	3	3	3	9
09:10	55	7	4	3	3	3	3	9
09:20	56	7	1	3	3	4	3	10
09:30	57	7	3	3	3	3	8	2
09:40	58	3	1	3	3	3	8	9
09:50	59	7	1	3	3	3	8	10
10:00	60	7	1	3	1	1	8	10

Apéndice 5.4. Medición #3 en colocación de contrapiso a colocar en el salón principal

OBS #	Tiempo	Peón 1	Peón 2	Peón 3	Peón 4	Peón 5	Peón 6	Maquinista
00:10	1	2	3	3	3	1	4	2
00:20	2	7	1	3	2	1	4	2
00:30	3	7	1	3	1	1	2	2
00:40	4	7	1	1	1	2	5	2
00:50	5	7	1	3	3	1	4	2
01:00	6	7	2	1	1	2	5	2
01:10	7	3	1	1	1	1	8	2
01:20	8	7	2	3	2	1	8	2
01:30	9	7	1	1	1	2	5	2
01:40	10	7	1	3	1	1	7	2
01:50	11	7	1	1	1	1	8	2
02:00	12	7	2	3	1	1	8	2
02:10	13	7	3	3	3	3	8	2
02:20	14	3	3	3	3	3	8	9
02:30	15	7	3	3	2	1	4	10
02:40	16	7	2	3	1	1	8	10
02:50	17	7	1	2	1	1	4	10
03:00	18	7	1	1	1	1	2	10
03:10	19	3	1	1	1	1	10	10
03:20	20	7	3	1	3	1	8	10
03:30	21	7	3	3	3	3	8	2
03:40	22	3	1	3	3	3	8	9
03:50	23	7	1	3	3	3	8	10
04:00	24	7	1	3	1	1	8	10
04:10	25	3	3	3	1	1	2	10
04:20	26	7	1	3	1	1	4	10
04:30	27	3	1	3	1	1	4	10
04:40	28	7	3	3	1	1	8	10
04:50	29	7	1	1	1	3	8	10
05:00	30	3	3	3	1	3	8	10
05:10	31	7	3	3	3	3	8	9
05:20	32	7	3	1	1	1	3	10
05:30	33	7	1	1	1	3	3	10
05:40	34	7	1	1	1	3	3	10
05:50	35	3	3	3	1	1	3	10

06:00	36	3	3	1	1	1	3	10
06:10	37	3	3	3	3	3	3	9
06:20	38	3	3	3	3	3	3	9
06:30	39	3	3	1	3	1	3	9
06:40	40	3	1	1	3	3	3	10
06:50	41	3	3	3	3	3	3	10
07:00	42	3	3	3	3	3	3	10
07:10	43	7	1	3	3	3	3	10
07:20	44	7	1	3	1	2	2	10
07:30	45	7	1	1	3	3	1	10
07:40	46	3	3		3	3	3	9
07:50	47	1	1	1	3	3	3	10
08:00	48	3	1	3	1	1	3	10
08:10	49	7	1	1	1	1	3	10
08:20	50	3	1	3	1	1	3	10
08:30	51	3	1	3	1	1	3	10
08:40	52	7	1	3	1	3	3	10
08:50	53	7	1	3	3	1	3	10
09:00	54	7	1	3	3	3	3	9
09:10	55	7	4	3	3	3	3	9
09:20	56	7	1	3	3	4	3	10
09:30	57	7	1	1	1	4	3	10
09:40	58	3	1	3	3	3	3	10
09:50	59	3	3	3	3	3	3	10
10:00	60	3	3	3	3	3	3	10

Apendice 5.5. Datos a usar en apéndice de preparación de armadura para contrapiso a colocar en el salón principal
1. Observar
2. Hablar
3. Trasladándose
4. Cortando
5. Armando
6. Amarrando
7. Planear
8. Alcanzar objetos
9. Descansando

Apendice 5.6. Medición #1 en preparación de armadura para contrapiso a colocar en el salón principal					
Tiempo	OBS #	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3	Trabajador 4
00:06	1	1	1	3	5
00:12	2	5	1	3	5
00:18	3	5	1	3	5
00:24	4	1	1	3	5
00:30	5	5	4	4	4
00:36	6	1	1	5	6
00:42	7	1	3	3	3
00:48	8	1	5	5	5
00:54	9	1	6	6	3
01:00	10	1	6	6	6
01:06	11	1	6	6	6
01:12	12	1	6	6	6
01:18	13	3	5	6	6
01:24	14	3	5	6	6
01:30	15	5	2	3	9
01:36	16	5	1	3	1
01:42	17	6	1	3	3
01:48	18	5	5	4	3
01:54	19	1	1	4	5
02:00	20	5	1	5	5
02:06	21	5	1	5	5
02:12	22	5	1	5	5
02:18	23	5	1	5	5

02:24	24	3	5	5	6
02:30	25	3	5	5	3
02:36	26	4	6	6	3
02:42	27	6	5	5	5
02:48	28	1	5	5	5
02:54	29	6	1	5	3
03:00	30	5	2	5	1
03:06	31	5	5	5	8
03:12	32	5	5	5	8
03:18	33	9	5	5	1
03:24	34	6	8	5	1
03:30	35	1	1	5	3
03:36	36	5	3	3	5
03:42	37	5	5	4	3
03:48	38	5	5	4	3
03:54	39	5	5	4	3
04:00	40	1	5	3	3
04:06	41	5	5	3	3
04:12	42	5	4	1	4
04:18	43	4	4	8	4
04:24	44	4	1	8	4
04:30	45	5	3	3	3
04:36	46	5	3	3	5
04:42	47	5	5	5	1
04:48	48	5	1	1	5
04:54	49	5	2	1	2
05:00	50	4	4	8	8
05:06	51	4	1	8	8
05:12	52	4	6	6	3
05:18	53	6	5	5	5
05:24	54	5	1	1	5
05:30	55	5	2	1	2
05:36	56	4	4	4	8
05:42	57	4	4	4	8
05:48	58	4	4	4	8
05:54	59	4	1	4	4
06:00	60	5	5	5	1
06:06	61	1	5	5	1
06:12	62	5	1	5	1

06:18	63	5	2	2	8
06:24	64	5	2	2	5
06:30	65	5	4	4	5
06:36	66	5	3	3	5
06:42	67	1	5	3	3
06:48	68	5	5	3	3
06:54	69	5	5	3	3
07:00	70	1	5	5	6
07:06	71	3	5	5	6
07:12	72	3	5	5	3
07:18	73	3	3	3	3
07:24	74	3	5	5	5
07:30	75	3	6	6	3
07:36	76	3	6	6	6
07:42	77	9	5	5	1
07:48	78	6	8	5	1
07:54	79	1	1	5	3
08:00	80	6	1	5	3
08:06	81	5	5	1	3
08:12	82	1	5	1	1
08:18	83	5	5	5	1
08:24	84	5	5	3	3
08:30	85	5	5	3	3
08:36	86	5	5	3	3
08:42	87	5	5	3	3
08:48	88	5	5	8	3
08:54	89	5	5	8	3
09:00	90	6	1	5	3
09:06	91	5	3	3	3
09:12	92	5	5	3	3
09:18	93	5	5	3	3
09:24	94	5	5	5	1
09:30	95	5	5	5	1
09:36	96	5	5	8	3
09:42	97	5	5	3	3
09:48	98	5	5	5	1
09:54	99	5	5	5	1
10:00	100	5	5	5	1

Apéndice 5.7. Medición #2 en preparación de armadura para contrapiso a colocar en el salón principal

Tiempo	OBS #	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3	Trabajador 4
00:06	1	3	6	6	6
00:12	2	5	5	5	4
00:18	3	5	5	5	4
00:24	4	9	5	5	1
00:30	5	6	8	5	1
00:36	6	3	5	5	3
00:42	7	3	3	5	3
00:48	8	3	5	5	1
00:54	9	3	6	6	9
01:00	10	3	6	6	6
01:06	11	3	5	5	3
01:12	12	4	4	1	8
01:18	13	4	5	1	4
01:24	14	3	5	6	6
01:30	15	3	5	6	6
01:36	16	5	3	5	5
01:42	17	4	4	1	8
01:48	18	6	5	5	1
01:54	19	3	5	5	1
02:00	20	3	5	5	6
02:06	21	3	5	5	6
02:12	22	3	6	6	6
02:18	23	5	5	5	1
02:24	24	1	5	5	1
02:30	25	5	4	1	4
02:36	26	5	5	5	1
02:42	27	5	5	5	1
02:48	28	5	5	1	1
02:54	29	1	5	1	1
03:00	30	5	5	5	1
03:06	31	5	5	8	9
03:12	32	5	5	3	9
03:18	33	5	5	5	9
03:24	34	5	5	5	3
03:30	35	5	5	5	1
03:36	36	5	5	5	1

03:42	37	5	5	1	3
03:48	38	5	5	5	3
03:54	39	5	5	5	3
04:00	40	5	5	5	1
04:06	41	5	2	5	1
04:12	42	5	5	3	3
04:18	43	4	4	8	4
04:24	44	4	5	8	4
04:30	45	5	5	3	3
04:36	46	5	5	8	3
04:42	47	5	5	5	1
04:48	48	5	5	5	1
04:54	49	5	3	5	3
05:00	50	1	5	3	3
05:06	51	5	5	3	3
05:12	52	5	2	1	2
05:18	53	5	5	5	1
05:24	54	5	5	8	3
05:30	55	5	5	3	3
05:36	56	5	5	1	3
05:42	57	5	5	4	3
05:48	58	1	5	5	1
05:54	59	5	5	5	1
06:00	60	4	4	4	8
06:06	61	1	5	3	3
06:12	62	6	5	5	3
06:18	63	5	3	3	3
06:24	64	5	3	3	1
06:30	65	5	4	4	1
06:36	66	5	3	3	1
06:42	67	4	6	6	3
06:48	68	6	5	5	1
06:54	69	3	5	5	5
07:00	70	3	5	5	6
07:06	71	5	5	3	3
07:12	72	5	2	2	8
07:18	73	5	2	2	5
07:24	74	5	5	1	9
07:30	75	5	4	1	4

07:36	76	6	5	5	3
07:42	77	5	5	5	1
07:48	78	5	5	5	1
07:54	79	5	5	5	1
08:00	80	5	5	5	1
08:06	81	5	5	1	9
08:12	82	4	4	8	4
08:18	83	6	5	5	9
08:24	84	4	6	6	3
08:30	85	5	2	1	2
08:36	86	6	8	5	1
08:42	87	3	5	5	3
08:48	88	6	1	5	9
08:54	89	3	5	5	6
09:00	90	3	5	5	3
09:06	91	4	1	8	4
09:12	92	5	1	1	5
09:18	93	3	6	6	6
09:24	94	1	5	1	1
09:30	95	5	5	5	1
09:36	96	5	2	5	9
09:42	97	9	5	5	1
09:48	98	3	3	3	3
09:54	99	3	5	5	5
10:00	100	3	6	6	3

Apéndice 5.8. Medición #3 en preparación de armadura para contrapiso a colocar en el salón principal

Tiempo	OBS #	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3	Trabajador 4
00:06	1	4	6	6	3
00:12	2	6	5	5	5
00:18	3	1	5	5	5
00:24	4	1	5	5	6
00:30	5	3	5	5	6
00:36	6	3	5	5	3
00:42	7	3	3	3	3

00:48	8	3	5	5	5
00:54	9	3	6	6	3
01:00	10	3	6	6	6
01:06	11	3	6	6	6
01:12	12	3	6	6	6
01:18	13	3	5	6	6
01:24	14	3	5	6	6
01:30	15	5	8	5	9
01:36	16	5	1	5	1
01:42	17	5	8	5	1
01:48	18	5	5	5	8
01:54	19	5	5	5	8
02:00	20	9	5	5	1
02:06	21	6	8	5	1
02:12	22	1	1	5	3
02:18	23	6	1	5	9
02:24	24	5	5	1	9
02:30	25	1	5	1	1
02:36	26	5	5	5	1
02:42	27	5	5	5	1
02:48	28	5	5	5	1
02:54	29	5	5	5	1
03:00	30	5	5	5	1
03:06	31	5	1	1	5
03:12	32	5	2	1	2
03:18	33	6	1	5	3
03:24	34	5	3	3	3
03:30	35	5	3	3	5
03:36	36	5	3	3	5
03:42	37	5	5	4	3
03:48	38	5	5	4	3
03:54	39	5	5	4	3
04:00	40	1	5	3	3
04:06	41	5	5	3	3
04:12	42	5	5	3	3
04:18	43	5	5	3	3
04:24	44	5	5	3	3
04:30	45	5	5	3	3
04:36	46	5	5	8	3

04:42	47	5	5	8	3
04:48	48	5	5	8	3
04:54	49	5	5	3	3
05:00	50	5	5	5	1
05:06	51	5	5	5	1
05:12	52	5	5	5	1
05:18	53	5	5	5	1
05:24	54	1	5	5	1
05:30	55	5	1	5	1
05:36	56	4	4	4	8
05:42	57	4	4	4	8
05:48	58	4	4	4	8
05:54	59	4	1	4	4
06:00	60	5	4	1	4
06:06	61	4	4	8	4
06:12	62	4	1	8	4
06:18	63	5	2	2	8
06:24	64	5	2	2	5
06:30	65	5	4	4	5
06:36	66	5	3	3	5
06:42	67	4	6	6	3
06:48	68	6	5	5	5
06:54	69	1	5	5	5
07:00	70	1	5	5	6
07:06	71	3	5	5	6
07:12	72	3	5	5	3
07:18	73	3	3	3	3
07:24	74	3	5	5	5
07:30	75	3	6	6	3
07:36	76	3	6	6	6
07:42	77	9	5	5	1
07:48	78	6	8	5	1
07:54	79	1	1	5	3
08:00	80	6	1	5	9
08:06	81	5	5	1	9
08:12	82	1	5	1	1
08:18	83	5	5	5	1
08:24	84	5	1	1	5
08:30	85	5	2	1	2

08:36	86	6	1	5	3
08:42	87	5	3	3	3
08:48	88	1	5	3	3
08:54	89	5	5	3	3
09:00	90	5	5	3	3
09:06	91	5	5	3	3
09:12	92	5	5	3	3
09:18	93	5	5	5	1
09:24	94	5	5	5	1
09:30	95	5	5	5	1
09:36	96	5	5	5	1
09:42	97	1	5	5	1
09:48	98	5	4	1	4
09:54	99	4	4	8	4
10:00	100	4	1	8	4

Anexos

A continuación se muestran los anexos que se consideraron de importancia, los cuales sirvieron como guía para la elaboración de resultados propuestos.

Primeramente se encuentra un ejemplo de diagrama de Ishikawa y luego algunos símbolos utilizados en diagramas de flujo de valor que fueron utilizados en gran cantidad para los diagramas mejorados.

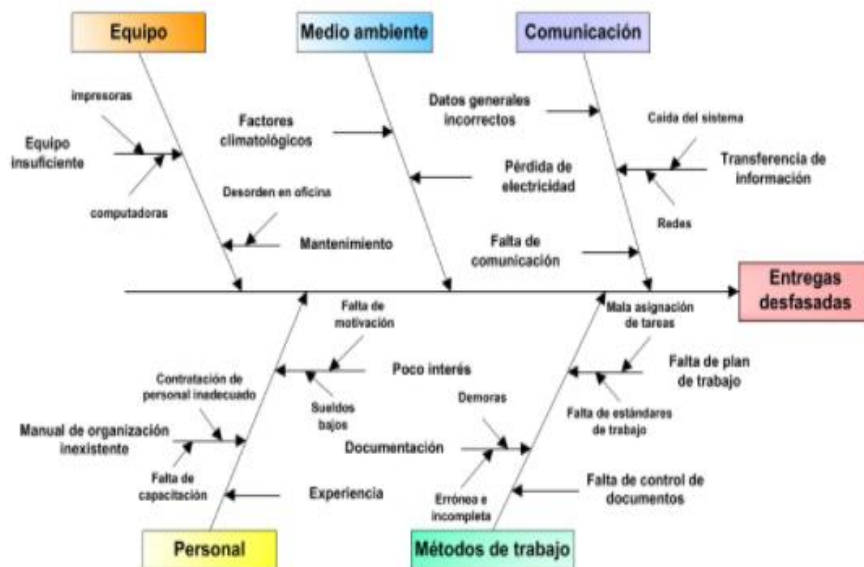


Figura 64. Ejemplo de un diagrama de Ishikawa según Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción Simbología utilizada en la elaboración de diagramas de flujo. (Manene, 2011)

Sistema de halar con supermercado

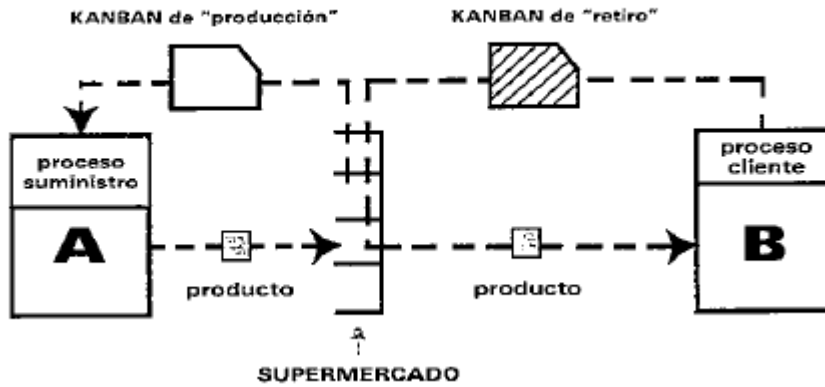


Figura. Sistema de reducción de supermercado por lotes (Rother y Shook, 1999)

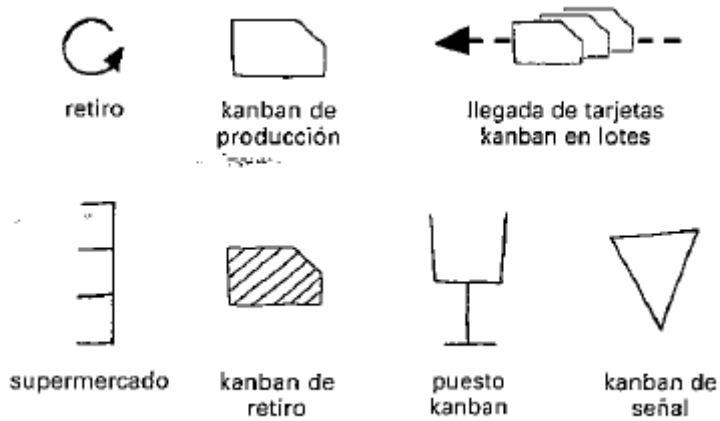


Figura 65. Iconos de sistema halado, para el mejoramiento de VAM (Rother y Shook, 1999).

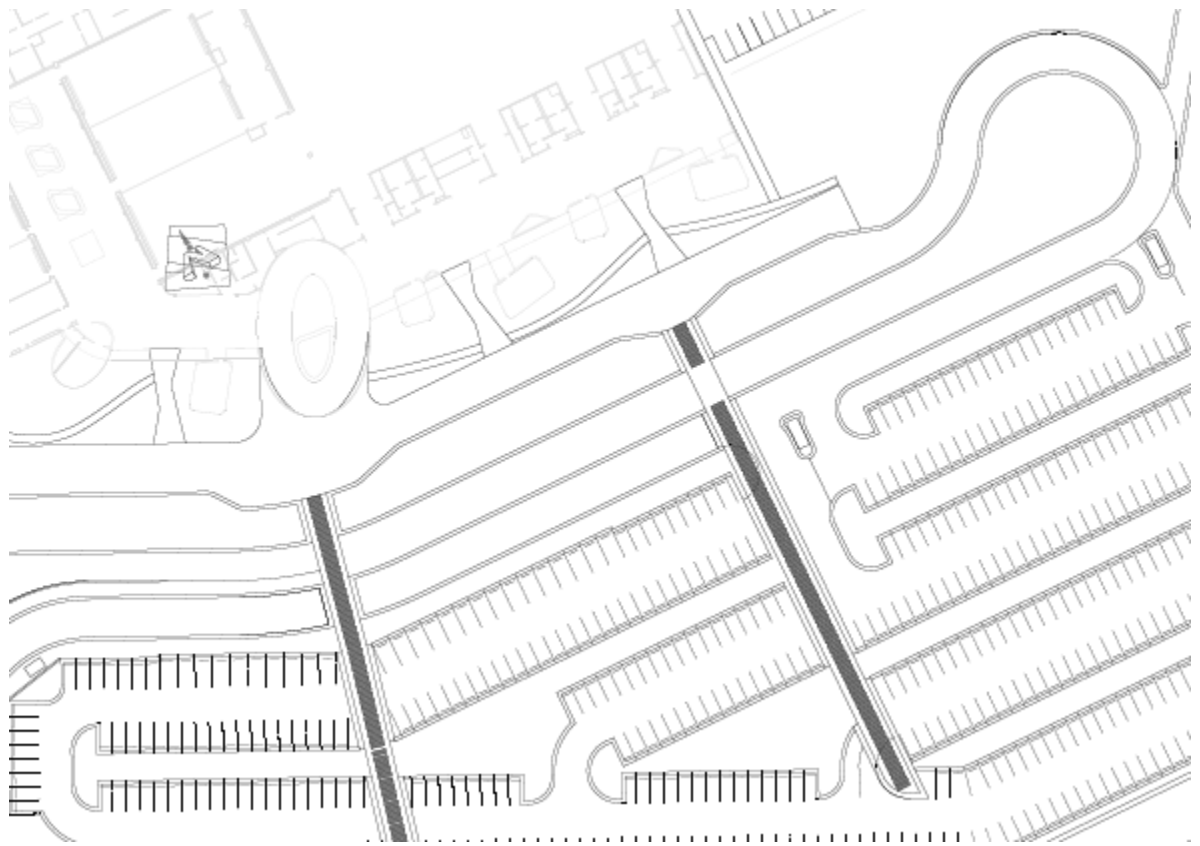


Figura 66. Zona de parqueos donde se midió el movimiento de tierras (EDICA,2017)

Referencias

- Bain, D. (1985). *Productividad: la solución a los problemas de la empresa*. Editorial McGraw-Hill Interamericana.
- Botero, F. (2006). Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. *Revista Universidad EAFIT*(128), 9-21.
- Botero, L & Alvaro, M. (2006). *Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción*. Editorial Red Universidad Eafit
- Dozzi, S., & AbouRizk, S. (1993). *Productivity in Construction*. Obtenido de *National Research Council Canada: www.nrcenrc.gc.ca/irc*
- Freivalds Andris, Nibel Benjamin. (13° Ed.). (2014). INGENIERÍA INDUSTRIAL DE NIEBEL: Métodos, estándares y diseño del trabajo. México, D. F. MC Graw Hill Education.
- García, R. (2005). *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo* (Segunda ed.). México: McGraw Hill.
- Jiménez, J., Castro, A., & Brenes, C. (2005). *Productividad*. Editorial El Cid Editor.
- Kuprenas, J., & Fakhouri, A. (2001). *A crew balance case study—Improving construction productivity*. Construction Management Association of America.
- Leandro, A. G. (2007). *Administración y manejo de los desechos en proyectos de construcción*. Escuela de Ingeniería en Construcción, ITCR). PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE TRES PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN EL CONDOMINIO ANDERES 9
- Orijuela, P. (2011). *Herramientas del sistema de entrega de proyectos Lean*. Universidad Católica de Perú
- Ortiz, G., Paniagua, E., & Sandoval, M. (2009). *Costos de construcción*. Cartago, Costa Rica. Tecnológico de Costa Rica.
- Walter, S. (2009). *Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa*. Editorial El Cid Editor.