

**IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN DE PÉRDIDAS
EN LA ETAPA DE ESTRUCTURA BAJO LA METODOLOGÍA DE
CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS.**

**Jhosymar Louis Pinzón Rincón
ID: 95478
Andrés Camilo Galvis Cárdenas
ID: 95505**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN E INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
FLORIDABLANCA
2011**

**IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN DE PÉRDIDAS
EN LA ETAPA DE ESTRUCTURA BAJO LA METODOLOGÍA DE
CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS.**

**Jhosymar Louis Pinzón Rincón
ID: 95478**

**Andrés Camilo Galvis Cárdenas
ID: 95505**

Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero Civil

**Directora:
Msc. Silvia Juliana Tijo López**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN E INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
FLORIDABLANCA
2011**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada quisiéramos dar las gracias a Dios por darnos la oportunidad de haber culminado un ciclo más en nuestra formación como profesionales, para así poder aplicar los conocimientos adquiridos en el ámbito laboral y para el desarrollo y crecimiento de los mismos.

A los docentes que formaron parte de nuestra formación en donde con base a sus conocimientos y su trayecto como profesionales nos transmitieron sus experiencias y conocimiento.

Al todo el equipo de trabajo de la constructora FénixConstrucciones S.A. el cual puso a nuestra disposición su tiempo y las herramientas necesarias para que se realizara este estudio.

A la ingeniera Silvia Juliana Tijo López que siempre estuvo comprometida con este estudio y nos impulsó a hacer las cosas de la mejor manera, asimismo guio la dirección del estudio desde su conocimiento del tema.

CONTENIDO

| | pág |
|---|-----|
| INTRODUCCIÓN | 5 |
| 2 JUSTIFICACIÓN | 7 |
| 3 OBJETIVOS | 8 |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL | 8 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS | 8 |
| 4 CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS | 9 |
| 4.1 ORIGEN | 9 |
| 4.2 BASES CONCEPTUALES..... | 9 |
| 5 IDENTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN..... | 12 |
| 5.1 CAUSAS DE LAS PÉRDIDAS | 12 |
| 5.1.1 Problemas de diseño | 12 |
| 5.1.2 Deficiente administración..... | 12 |
| 5.1.3 Método de trabajo inadecuado | 13 |
| 5.1.4 Problemas del recurso humano..... | 13 |
| 5.1.5 Problemas de seguridad | 13 |
| 5.1.6 Sistemas de control deficientes | 14 |
| 5.1.7 Deficiencia en los grupos y las actividades de apoyo..... | 14 |
| 5.2 CARACTERIZACIÓN DE PÉRDIDAS | 14 |
| 6 IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS | 16 |
| 6.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES | 16 |
| 6.1.1 Construcción tipo túnel | 16 |
| 6.1.1.1 Instalaciones Eléctricas | 16 |
| 6.1.1.2 Instalaciones Sanitarias | 17 |
| 6.1.1.3 Fundida De Placa Maciza..... | 18 |
| 6.1.1.4 Fundida De Muros Estructurales | 18 |
| 6.1.2 Construcción tradicional..... | 19 |

| | |
|---|----|
| 6.1.2.1 Corte, Figuración Y Colocación De Acero De Refuerzo | 19 |
| 6.1.2.2 Fundida De Placa Aligerada Con Casetones Metálicos | 20 |
| 6.1.2.3 Fundida De Columnas | 21 |
| 6.1.2.4 Fundida De Muro De Parche | 21 |
| 6.2 MUESTREO DE TRABAJO | 22 |
| 6.3 RESULTADOS DEL MUESTREO DE TRABAJO | 23 |
| 6.3.1 Estructura tipo túnel | 23 |
| 6.3.1.1 Instalaciones eléctricas..... | 28 |
| 6.3.1.2 Instalaciones Sanitarias | 30 |
| 6.3.1.3 Muros estructurales | 32 |
| 6.3.1.4 Placa maciza..... | 33 |
| 6.3.2 Estructura tradicional | 36 |
| 6.3.2.1 Corte, figuración y amarre de hierro..... | 41 |
| 6.3.2.2 Fundida De Placa Aligerada Con Casetones Metálicos | 42 |
| 6.3.2.3 Fundida de columnas..... | 46 |
| 6.3.2.4 Fundida Muro de parche..... | 47 |
| 6.3.3 Otros análisis | 49 |
| 7 IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS | 52 |
| 7.1 ESTRUCTURA TIPO TUNEL | 52 |
| 7.2 ESTRUCTURA TRADICIONAL | 54 |
| 8 VERIFICACIÓN DE MEJORAS | 57 |
| 8.1 ESTRUCTURA TIPO TUNEL | 57 |
| 8.1.1 Instalaciones Eléctricas | 60 |
| 8.1.2 Instalaciones Sanitarias | 62 |
| 8.1.3 Muros Estructurales..... | 64 |
| 8.1.4 Fundida Placa maciza..... | 66 |
| 8.2 ESTRUCTURA TRADICIONAL | 68 |
| 8.2.1 Corte, figuración y amarre de hierro | 71 |
| 8.2.2 Fundida Placa aligerada con casetones metálicos..... | 73 |
| 8.2.3 Fundida de Columnas | 76 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 8.2.4 Fundida muro de parche..... | 77 |
| 9 ACCIONES CORRECTIVAS FINALES..... | 81 |
| CONCLUSIONES..... | 85 |
| BIBLIOGRAFIA | 87 |
| ANEXOS..... | 88 |

LISTA DE FIGURAS

| | pág |
|---|------------|
| Ilustración 1 Tiempos diagnóstico por semanas tipo túnel | 24 |
| Ilustración 2 Pareto tiempos contributivos diagnóstico túnel..... | 25 |
| Ilustración 3 Pareto tiempos no contributivos diagnóstico túnel | 27 |
| Ilustración 4 Pareto tiempo ocioso diagnóstico túnel | 28 |
| Ilustración 5Torta Instalaciones eléctricas diagnostico..... | 27 |
| Ilustración 6Pareto NC Instalaciones eléctricas diagnóstico..... | 28 |
| Ilustración 7 Torta Instalaciones sanitarias diagnóstico | 30 |
| Ilustración 8 Pareto NC Instalaciones sanitarias diagnóstico | 31 |
| Ilustración 9 Pareto Tiempo ocioso Instalaciones sanitarias diagnóstico | 32 |
| Ilustración 10 Torta Muros estructurales diagnóstico | 32 |
| Ilustración 11 Pareto NC Muros estructurales diagnóstico | 33 |
| Ilustración 12 Torta Placa maciza diagnóstico | 34 |
| Ilustración 13 Pareto NC Fundida placa diagnóstico | 35 |
| Ilustración 14 Pareto espera Placa maciza diagnóstico..... | 35 |
| Ilustración 15 Sobre población | 36 |
| Ilustración 16 Tiempos diagnóstico por semanas tipo tradicional | 37 |
| Ilustración 17 Pareto tiempos contributivos diagnóstico tradicional | 38 |
| Ilustración 18 Pareto tiempos no contributivos diagnóstico tradicional | 39 |
| Ilustración 19 Pareto esperas diagnóstico tradicional | 40 |
| Ilustración 20 Torta Corte, figuración y amarre de hierro diagnóstico | 41 |
| Ilustración 21 Pareto NC Corte, figuración y amarre diagnóstico..... | 42 |
| Ilustración 22 Torta fundida de placa diagnóstico..... | 43 |

| | |
|--|----|
| Ilustración 23 Pareto NC fundida de placa diagnóstico | 43 |
| Ilustración 24 Pareto esperas fundida de placa diagnóstico | 44 |
| Ilustración 25 Foto transporte casetones | 45 |
| Ilustración 26 Torta fundida de columnas diagnóstico | 46 |
| Ilustración 27 Pareto NC fundida muros diagnóstico | 47 |
| Ilustración 28 Torta fundida muro parche diagnóstico | 48 |
| Ilustración 29 Pareto NC Muro de parche diagnóstico..... | 47 |
| Ilustración 30 Pareto esperas muro de parche diagnóstico | 49 |
| Ilustración 31 Tiempos según día de la semana | 50 |
| Ilustración 32 Análisis nuevos y antiguos | 51 |
| Ilustración 33 Mejora accesos | 53 |
| Ilustración 34 Mejora Carga y transporta | 55 |
| Ilustración 35 Mejora Pozo Provisional | 55 |
| Ilustración 36 Tiempo por semana revisión túnel..... | 58 |
| Ilustración 37 Pareto NC revisión tipo túnel | 59 |
| Ilustración 38 Pareto tempo ocioso revisión tipo túnel | 59 |
| Ilustración 39 Torta Instalaciones eléctricas revisión | 60 |
| Ilustración 40 Pareto NC Instalaciones eléctricas revisión | 61 |
| Ilustración 41 Pareto ocio Instalaciones eléctricas revisión..... | 60 |
| Ilustración 42 Torta Instalaciones sanitarias revisión..... | 62 |
| Ilustración 43 Pareto NC Instalaciones sanitarias revisión..... | 63 |
| Ilustración 44 Pareto esperas Instalaciones sanitarias revisión..... | 62 |
| Ilustración 45 Torta muros estructurales revisión | 64 |
| Ilustración 46 Pareto NC Muros estructurales revisión | 65 |
| Ilustración 47 Pareto ocioso Muros estructurales revisión..... | 64 |
| Ilustración 48 Torta Placa maciza revisión | 66 |
| Ilustración 49 Pareto NC Fundida placa revisión | 67 |
| Ilustración 50 Pareto tiempo ocioso Placa maciza revisión..... | 67 |
| Ilustración 51 Tiempo por semana revisión tradicional | 69 |
| Ilustración 52 Pareto No contributivo revisión tradicional | 70 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 53 Pareto esperas revisión tradicional..... | 71 |
| Ilustración 54 Torta Corte, figuración y amare de hierro revisión | 72 |
| Ilustración 55 Pareto NC Corte, figuración y amarre de refuerzo revisión..... | 73 |
| Ilustración 56 Torta fundida de placa aligerada revisión..... | 74 |
| Ilustración 57 Pareto NC Fundida de placa revisión..... | 74 |
| Ilustración 58 Pareto esperas fundida de muro revisión | 75 |
| Ilustración 59 Torta Fundida de columnas revisión | 76 |
| Ilustración 60 Pareto Fundida de columnas revisión | 77 |
| Ilustración 61 Torta Fundida muro de parche revisión..... | 78 |
| Ilustración 62 Pareto NC Fundida muro parche revisión | 79 |
| Ilustración 63 Pareto esperas Muro de parche revisión..... | 79 |

LISTA DE TABLAS

| | pág |
|---|-----|
| Tabla 1 Tiempos fase diagnostica tipo túnel..... | 23 |
| Tabla 2 Tiempos fase diagnostica tipo tradicional | 36 |
| Tabla 3 Tiempos revisión tipo túnel | 57 |
| Tabla 4 Tiempos revisión tipo tradicional | 68 |

LISTA DE ANEXOS

| | pág |
|--|------------|
| Anexo A Formato de caracterización de procesos..... | 87 |
| Anexo B Formato de medición de los 5 minutos..... | 89 |
| Anexo C Clasificación de los tiempos..... | 90 |
| Anexo D Tiempo totales tradicional clasificados..... | 92 |
| Anexo E Tiempos totales túnel clasificados..... | 94 |

RESUMEN

TITULO: Implementación de las herramientas de medición de pérdidas en la etapa de estructura bajo la metodología de construcción sin pérdidas.

AUTOR: Jhosymar Louis Pinzón Rincón, Andrés Camilo Galvis Cárdenas

FACULTAD: Ingeniería Civil.

DIRECTOR: Silvia Juliana Tijo López

PALABRAS CLAVES: LEEN, ESTRUCTURA, MEJORAS, MEDICIÓN, PERDIDAS

PALABRAS: 232

A lo largo de los años la industria de la construcción, a diferencia de otras industrias ha mantenido sus procesos productivos casi intactos, conservando consigo todos sus desperdicios de materiales y mano de obra.

Otras industrias como la automotriz han desarrollado metodologías para mejorar sus procesos y hacerlos más eficientes, estas han sido transformadas y adecuadas para poder ser usadas en el sector de la construcción y aunque han tenido grandes resultados en otros países, las constructoras Colombianas han sido muy escépticas al cambio, el cual ha sido lento y progresivo.

En este trabajo se analizaron procesos constructivos de la etapa de estructura tipo tradicional y tipo túnel de una constructora de la ciudad de Bucaramanga, estos previamente seleccionados y caracterizados según su importancia, la medición se hizo por medio de mediciones de 5 minutos realizadas aleatoriamente a los empleados que estaban dedicados a las actividades a analizar.

Consecutivamente se clasificaron los datos en diferentes categorías de pérdidas y se propusieron mejoras, las cuales fueron verificadas por medio de otra ronda de mediciones de 5 minutos, para poder dar así unas observaciones finales.

Finalmente se pudo concluir que la estructura tipo tradicional genera menos tiempos productivos y mas no contributivos que la estructura tipo túnel, además de visualizarse la necesidad de la implementación de la herramienta LastPlanner para mejorar la planificación de la obra y estabilizar el comportamiento de los tiempos.

ABSTRACT

TITLE: Implementation of tools for measuring losses in the stage of structure under the methodology of construction without losses.

AUTHOR: Jhosymar Louis Pinzón Rincón, Andrés Camilo Galvis Cárdenas

FACULTY: Civil engineering.

DIRECTOR: Silvia Juliana Tijo Lopez

KEY WORDS: LEEN, STRUCTURE, IMPROVE, MEASUREMENT, LOST

WORDS:232

Over the years the construction industry, unlike other industries has remained almost intact its production processes, keeping them all their waste materials and workforce.

Other industries such as self-propelling have developed methodologies to improve processes and make them more efficient, these have been transformed and suitable to be used in the construction area and even they have had great results in other countries, Colombian builders have been very skeptical to the change, which has been slow and progressive.

In this document we analyzed the construction processes in the stage of structure of the traditional type and tunnel of a construction company of the city of Bucaramanga, these previously selected and characterized according to their importance, the measurement was made by measurements made 5 minutes randomly in employees who were engaged in the activities to be analyzed.

Consecutively these data were classified into different categories of losses and were proposed improvements, which were verified by another round of measurements of 5 minutes, in order to give concluding remarks.

Finally it was concluded that the structure of the traditional type generates less productive times and more non-contributive times as the tunnel type structure, as well as were visualized the need for implementing the Last Planner tool to improve the planning of the work and stabilize the behavior of the times.

INTRODUCCIÓN

La construcción desde sus inicios ha mantenido casi intactos los procesos constructivos que se llevan a cabo, muchos de estos empíricos y creados a partir de la prueba y el error. Todo esto conlleva a procesos poco óptimos y a la repetición de errores comunes que se conservan con el tiempo.

Los procesos mal ejecutados originan tiempos que no agregan valor al producto final, terminando en pérdidas de productividad y de dinero representadas en retrasos en la programación y sobrecostos en las obras. Dichas pérdidas se pueden solucionar con facilidad después de haber sido identificadas.

Un agravante para la identificación de estas actividades que no agregan valor se origina cuando el ingeniero encargado de la supervisión de la obra tiene a su cargo una gran cantidad de personal y se están ejecutando varias actividades al tiempo, esto le dificulta identificar los tiempos que no generan valor puesto que esas actividades en la mayoría de los casos son esporádicas o se ocultan por los trabajadores cuando se encuentran bajo supervisión.

Como solución a todo esto se ha propuesto la filosofía *Lean construction* (*construcción sin pérdidas*) que propone un proceso de identificación de los tiempos que no generan valor al producto final y la posterior eliminación de los mismos, al igual que la optimización de los materiales y el mejoramiento de las condiciones de trabajo. Todo esto en pro de la productividad y el cumplimiento de los plazos y costos pactados para una obra.

La filosofía de la construcción sin pérdidas se ha implementado con gran éxito en algunas ciudades de Colombia como Medellín y Bogotá y algunas obras en

Bucaramanga, obteniendo resultados que se pueden usar como referencia para otros estudios de la misma índole, teniendo en cuenta que cada proyecto es único y las soluciones planteadas no pueden ser implementadas indiscriminadamente sin antes hacer un estudio de los problemas específicos de cada obra y de cada constructora.

En el presente trabajo, el proceso de identificación y eliminación de perdidas está comprendido por varias etapas: la primera está enfocada a seleccionar las actividades que más tengan incidencia en el presupuesto de la obra y se estén ejecutando en el periodo estudio, después de esto, estas actividades son caracterizadas identificando las entradas necesarias para su realización, los procesos que se aplican a esas entradas y las salidas o resultados de estos procesos, para así, poder determinar cuales se pueden clasificar como productivos y cuales como contributivos.

Posteriormente se asignan códigos a las actividades contributivas y no contributivas y se aplican mediciones de 5 minutos a cada uno de los trabajadores que estén realizando las actividades caracterizadas. Así se completa la fase diagnóstica. Después de esto se analizan los datos por tiempos, jornadas y días de la semana para así poder identificar las causas de las actividades que no generan valor y consecuentemente proponer soluciones de mejoramiento para dichas labores.

Por último se hacen otras mediciones de 5 minutos para así verificar la magnitud y efectividad de los cambios propuestos y puestos en práctica en la obra y evaluar nuevas causas de actividades que no generen valor a medida que avanza la obra y se recomiendan algunos cambios finales para así poder dar las respectivas conclusiones para las actividades analizadas.

2 JUSTIFICACIÓN

Con el paso del tiempo el sector constructivo se ha incrementado de manera vertiginosa y las licencias de construcción han crecido un 53.4% en los últimos 10 años, y aunque se ha avanzado en la implementación de algunas herramientas para que el trabajo sea eficiente en promedio en una obra el 18% del tiempo dedicado a las actividades no generan valor debido a las maneras tradicionales de hacer algunos trabajos. Por medio de este estudio se va a identificar dichas labores y se va a proponer cambios para poder mejorar las mismas, y que la industria sea más eficiente.

Además de esto, es bien conocido que los errores en los procesos de construcción se observan repetitivamente en los diferentes proyectos de todas las constructoras, por lo cual los errores que puedan ser identificados en la obra, pueden servir de ejemplo a cualquier constructor que vaya a realizar los procesos constructivos que serán analizados, teniendo en cuenta que estos van a ser los que más impacto generen en el presupuesto.

Adicionalmente, como parte del estudio se proponen varias soluciones operativas y económicas para eliminar las prácticas identificadas como generadoras de tiempos no contributivos en la obra y por cada proceso constructivo.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar las herramientas de medición de pérdidas bajo la metodología LEAN CONSTRUCTION (construcción sin pérdidas) para reducir o eliminar las actividades que no agregan valor.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Elaborar una **caracterización de procesos constructivos** empleados en el proyecto objeto de estudio.
- Efectuar la **medición de pérdidas** en las actividades representativas mediante la aplicación del formato de medición de los cinco minutos.
- **Clasificar las pérdidas** en las actividades y determinar sus causas.
- **Determinar las pérdidas** en los procesos y proponer soluciones para su reducción y eliminación
- **Medir los cambios en las pérdidas** de los procesos constructivos caracterizados después de implementar las soluciones.

4 CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS

4.1 ORIGEN

La filosofía LEAN CONSTRUCTION o CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS tiene sus orígenes en las filosofías de optimización de procesos de producción de las empresas automotrices y después de las de producción, esta filosofía fue llamada Lean Manufacturing y “surgió de la compañía Toyota como la forma de producir, con la cual se buscaba tener una menos cantidad de desperdicio y una competitividad igual a la de las compañías automotrices americanas. Con el paso del tiempo, este sistema logra superar la productividad de dichas compañías, convirtiéndose ahora en el modelo a seguir” [1].

Lean construction se implementa con éxito en algunos países desde 1993 y Grupos como Lean Construction Institute conformados por una red de investigadores y profesionales en arquitectura, ingeniería y construcción han realizado avances en el tema y consideran que la educación, práctica e investigación en estos campos debe renovarse con nuevos conceptos para responder a los desafíos del nuevo mercado [2] y aunque han sido numerosos los intentos exitosos de implementación, también se conocen experiencias fallidas de su aplicación encontrando como “barreras para su implementación lo arraigado del enfoque tradicional de producción en la cultura, reflejado en los sistemas convencionales de planeación y control” [3].

4.2 BASES CONCEPTUALES

El modelo de la construcción sin pérdidas se basa al igual que Lean Manufacturing, en la eliminación de las actividades que no generan valor o

también llamadas “Actividades no contributivas”, las cuales son identificadas por medio de unas herramientas de medición de la productividad y posteriormente eliminadas poniendo en práctica acciones correctivas propuestas después de identificar estas labores.

Según Koskela [4] estos métodos de producción tienen un gran potencial y posibilidades de mejora y solución a los problemas crónicos de la construcción. El proceso de implementación es largo y requiere eliminar algunos paradigmas por lo cual estas barreras de entrada le dan una ventaja competitiva a los pioneros en el tema.

La filosofía de la construcción sin pérdidas el tiempo total de trabajo se clasifica en tres grandes grupos teniendo en cuenta el flujo del trabajo:

- Trabajo Productivo (TP): Este se define como el tiempo empleado por el trabajador en la producción de alguna unidad de construcción, por ejemplo de trabajo productivo es la colocación de la armadura de refuerzo y el vaciado del concreto en algún elemento estructural, la pegada de ladrillos en muros, etc.

- Trabajo Contributivo (TC): Es el tiempo que emplea es trabajador realizando labores de apoyo necesarias para que se ejecuten las actividades productivas; por ejemplo la limpieza de las superficies y encofrados, mediciones previas y de inspección, transportes de materiales, amarrados de plataformas y andamios para trabajo en altura y seguridad industrial, etc.

- Trabajo No Contributivo (TNC): Se define como cualquier otra actividad realizada por los obreros y que no se califican en las anteriores categorías; por tanto, se consideran pérdida. Ejemplos de esta categoría son los tiempos dedicados a esperas, el tiempo ocioso, los reprocesos, descansos, entre otros. [5]

La filosofía de la construcción sin pérdidas se ha implementado con gran éxito en algunas ciudades de Colombia como Medellín y Bogotá y algunas obras en

Bucaramanga, obteniendo resultados que se pueden tener como referencia para otro estudio de la misma índole, teniendo en cuenta que cada proyecto es único y las soluciones planteadas no pueden ser implementadas indiscriminadamente sin antes hacer un estudio de los problemas específicos de cada obra y de cada constructora.

5 IDENTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

5.1 CAUSAS DE LAS PÉRDIDAS

Las principales causas de perdidas encontradas en los procesos que afectan la productividad se pueden clasificar en siete categorías, cada una de estas presentan diferentes factores que las determinan.

5.1.1 Problemas de diseño

Estos se producen generalmente por la falta de interacción entre el equipo de diseño y el equipo de construcción, lo cual se traduce en diseños muy complejos y difíciles de poner en práctica, demoras con la definición de los diseños finales y no concordancia entre las diferentes ares del diseño.

5.1.2 Deficiente administración

Las deficiencias administrativas son generadas por múltiples causas, estos como el alto número de obreros por cada oficial, lo que se evidencia en la pobre supervisión. Comunicación deficiente entre las dependencias de la empresa constructora, realización de las actividades de planeación por parte de personas sin los conocimientos apropiados y por ultimo un bosquejo de administración reactivo y no preventivo.

5.1.3 Método de trabajo inadecuado

Este es un problema muy común en la construcción y es ocasionado generalmente por una mala utilización de los recursos, entendiéndose por esto el desperdicio de materiales, la subutilización de los equipos y las cuadrillas sobredimensionadas.

Por otra parte es común encontrar en algunas obras en las cuales se utilizan tecnologías poco apropiadas para realizar algunas actividades, todo esto agravado por la falta de registros de lecciones aprendidas para evitar la nueva ocurrencia de los mismos.

5.1.4 Problemas del recurso humano

Este es un factor importante dado que generalmente el avance de obra va ligado a los rendimientos del personal asignado a las diferentes actividades los cuales regularmente son bajos, dados los problemas en la falta de seguridad industrial de las obras, la poca motivación del personal y a la rotación del mismo.

Además de esto los trabajadores de la construcción suelen ser empíricos y tener poca capacitación formal, lo cual se refleja en problemas de calidad y retraso en la ejecución de las actividades.

5.1.5 Problemas de seguridad

Estos parten del hecho de que algunos administradores de obra tienen poco interés o desconocen lo referente a la seguridad industrial y mantienen a su personal en condiciones precarias en lo referente a protección personal, esto se refleja en altas tasas de accidentalidad laboral, generando pérdidas económicas, humanas y retrasos.

5.1.6 Sistemas de control deficientes

Estos problemas marcados regularmente al control del presupuesto, el cual tiene deficiencias claras puesto que en este es imposible identificar los responsables de cada actividad, no se mide la productividad del personal ni de las actividades haciendo imposible enfocar las acciones de mejora y por último se enfatiza en el control de las actividades que estas desfasadas en el presupuesto dejando a un lado las actividades que se están ejecutando al mismo valor pero pueden ser mejoradas.

5.1.7 Deficiencia en los grupos y las actividades de apoyo

La disponibilidad de recursos en un cuello de botella en casi todas las obras, no solo en cantidad sino también en calidad y precio, esto es generado regularmente por falta de recursos debido a problemas con el valor presupuestado, la no planificación de las compras y los tiempos de entrega de los materiales, equipos propios con mal control de mantenimiento y la inadecuada distribución de las instalaciones provisionales generando sobre transportes.

5.2 CARACTERIZACIÓN DE PÉRDIDAS

Los procesos de producción en el sector de la construcción son atípicos, puesto que son un sistema abierto el cual está afectado e influido por el ambiente. Partes de este ambiente pueden ser controlados por el proceso de producción, pero existen algunas que son imposibles de controlar. Los principales elementos del sistemas de producción de la construcción son los procesos administrativos, incluyéndose en estos las decisiones administrativas que afectan el desempeño; los flujos representados por los recursos, ya sean de personal, materiales y equipos; las actividades de conversión, estas se representa por los procesos

constructivos en los cuales se transforman los materiales en el producto final, los cuales son definidos por las decisiones administrativas y por último el producto resultado de la conversión.

La administración de obra hace que los procesos sean posibles por medio de la regulación del flujo de recursos e información, incluyendo en esta la planificación para la adquisición y distribución de recursos, el diseño de un método adecuado de trabajo y el seguimiento y control de las actividades del sistema [6].

6 IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS

6.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Estas caracterizaciones comprenden el proceso constructivo y los elementos necesarios para su realización, así como el producto final, a continuación se han de mostrar el proceso constructivo de cada una de las actividades a analizar, para más información sobre estas actividades (ver anexo A formato de caracterización).

6.1.1 Construcción tipo túnel

La estructura tipo túnel a analizar es un edificio de apartamentos de 15 pisos de altura, con 8 apartamentos por piso para un área de placa de aproximadamente 600mts², ubicado en el municipio de Floridablanca, en un lote con topografía plana.

Los procesos constructivos elegidos para ser caracterizados y estudiados en esta etapa de la obra y en esta tipología de estructura son: Instalaciones sanitarias, Instalaciones eléctricas, Fundida de muros estructurales y Fundida de placas macizas. Esto basado en la continuidad de las actividades y su incidencia en la programación y el presupuesto.

6.1.1.1 Instalaciones Eléctricas

- Trazado de acuerdo a planos.

- Con herramientas apropiadas se efectúa un corte uniforme y preciso. Una vez colocados los tubos y conectadas las cajas se aseguran con alambre en su posición correcta.
- Antes de colocar los alambres conductores, se deberá hacer una cuidadosa inspección y limpieza de las tuberías y obtener la aprobación de la residencia de la obra.
- Una vez autorizado, se procede a colocar los alambres dentro de las tuberías con ayuda de cintas de acero. Para facilitar esta operación puede emplearse un poco de vaselina para lubricar los alambres en las bocas de los tubos.

6.1.1.2 Instalaciones Sanitarias

- Se efectúa la localización y trazado de las bocas y las redes, de acuerdo con los planos.
- Se recorta la tubería en las dimensiones requeridas.
- Se procede al ensamblaje de las tuberías y los accesorios, realizando las uniones de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes en cada caso.
- Las tuberías de PVC se unen con soldadura recomendada por el fabricante, la cual se aplica a la espiga y a la campana luego de limpiar cuidadosamente el polvo y la grasa con el líquido limpiador igualmente recomendado por el fabricante.
- Antes de vaciar las losas de concreto, revocar los muros o cerrar los ductos verticales o buitrones, se procede a probar la estanqueidad de las tuberías y bajantes, taponando herméticamente la salida y llenado con agua la instalación de tal manera que la unión más alta tenga una cabeza de agua de 1.20 m. como mínimo. Si alguna unión o tubería ofrece algún escape, se procede a desmontarlo y realizarla nuevamente hasta tanto la prueba sea satisfactoria.

6.1.1.3 Fundida De Placa Maciza

- Nivelación y compactación del terreno o colocación del entresuelo para primera losa, logrando un apoyo firme de la obra falsa o formaletería.
- Verificación de nivelación en losas intermedias, o pendientes para drenajes en losas de cubierta o inclinación según diseño.
- Colocación de los elementos embebidos en la losa para instalaciones eléctricas y sanitarias.
- Colocación de refuerzos y de los espaciadores para el recubrimiento.
- Colocación de las tapas de bordes.
- La colocación del concreto debe efectuarse a una velocidad constante, sin interrupciones hasta completar una sección determinada, compactando la mezcla mediante el empleo de vibradores.
- Recorrido con la regla, para el acabado deseado.

6.1.1.4 Fundida De Muros Estructurales

- Colocación: La colocación del concreto debe efectuarse a una velocidad constante, sin interrupciones hasta completar una sección determinada, compactando la mezcla mediante el empleo de vibradores.
- Las juntas de construcción necesarias, se harán en la siguiente forma:
- Limpiar la superficie del concreto y remover la lechada y aguas estancadas donde va a efectuarse una junta.
- Humedecer y aplicar un adherente al concreto endurecido, antes de una nueva colocación de concreto.

6.1.2 Construcción tradicional

La estructura tipo tradicional a analizar es un edificio de parqueaderos de 5 pisos de altura, con una cancha múltiple y salón social en el últimos de los pisos, para un área de placa de aproximadamente 2100mts², ubicado en el municipio de Floridablanca, en un lote con una pendiente alta estando este ubicado contra talud de montaña..

Los procesos constructivos seleccionados para ser caracterizados y posteriormente estudiados en el edificio de estructura tipo pórtico fueron: Corte, Figuración y Amarre del refuerzo, Fundida de Placa aligerada con casetones metálicos, Fundida de columnas y Fundida de muro de parche.

6.1.2.1 Corte, Figuración Y Colocación De Acero De Refuerzo

Corte y Figuración

- Transporte del acero desde los arrumes hasta el banco de corte o dobléz.
- Marcado de los sitios donde se va a doblar o cortar
- Se dobla y corta el acero de la longitud y forma especificadas.
- Cuando la varilla lleva varios dobleces se saca y se reacomoda para un nuevo dobles
- Transporte final.

Instalación y Amarre de Hierro

- Transporte del acero desde el arrume correspondiente.
- Si se trata del acero de refuerzo principal se colocan las varillas suspendidas en el lugar de disposición final.
- Las varillas se suspenden en el sitio final.
- Se insertan los estribos dentro del refuerzo.

- Medida y se acomodación en un sitio cercano al final.
- Amarre en dos puntos.
- Acomodación en el sitio final y Amarres finales.

6.1.2.2 Fundida De Placa Aligerada Con Casetones Metálicos

- Nivelación y compactación del terreno o colocación del entresuelo para primera losa, logrando un apoyo firme de la obra falsa o formaletería.
- Colocación de parales y tableros.
- Nivelación de la formaleta.
- Colocación del acero de las vigas.
- Colocación de casetones metálicos previa recepción de casetones para el primer nivel y sacado de los casetones para los pisos posteriores.
- Colocación del refuerzo de viguetas y riostras.
- Colocación de los elementos embebidos en la losa para instalaciones eléctricas y sanitarias.
- Colocación de las bandas.
- Colocación de pines para estabilidad de los casetones.
- Engrase de casetones.
- Revisión de niveles.
- Colocación de la mezcla.
- Extendido de la mezcla.
- Vibrado de la mezcla.
- Atezado con llana metálica, de madera o palustre.
- Limpieza de la base de concreto en los sitios de las columnas con barra.
- Desencofrado de las bandas.
- Reparación de hormigueros o desbordes.
- Desencofrado de la losa recuperando el casetón.

- Aseo y reparación de formaletas.

6.1.2.3 Fundida De Columnas

- Colocación del refuerzo especificado en el diseño.
- Colocación de elementos embebidos en la columna.
- Limpieza y engrase de la formaleta.
- Cimbrado de posición de la columna
- Colocación y asegurado de la formaleta.
- Chequeo de medidas.
- Verificación de ejes y verticalidad exigida, antes y durante la operación de vaciado.
- Colocación de la mezcla
- Vibrado de la mezcla.
- Desencofrado.
- Aseo y reparación de la formaleta.
- Verificación de: apariencia y textura, medida de ángulos y verticalidad.
- Reparación de hormigueros y desbordes.

6.1.2.4 Fundida De Muro De Parche

- Colocación del refuerzo indicado en los planos.
- Limpieza y engrase de la formaleta
- Cimbrado de la posición del muro.
- Ubicación de la formaleta por la cara exterior
- Postura de parales y chapetas
- Chequeo de medidas

- Verificación de verticalidad
- Colocación de la mezcla
- Vibrado de la mezcla
- Desencofrado
- Limpieza de la formaleta
- Verificación de: apariencia, textura y verticalidad.
- Reparación de hormigueros.

6.2 MUESTREO DE TRABAJO

El muestreo que se realiza consiste en numerosas observaciones cortas (exactamente de 5 minutos), de la labor de los trabajadores en su respectivo sitio de trabajo y de la utilización de los equipos, categorizando en grupos principales dichas mediciones. De esta forma, al conocer como es utilizado el tiempo por parte de ellos, se podrán identificar los problemas que afectan la productividad, los cuales al ser eliminados producirán la reducción de costos asociados a la mano de obra y los equipos.

Las mediciones se realizan aleatoriamente, estableciendo por anticipado las categorías en las cuales se clasificarán las observaciones de los recursos en las diferentes actividades [7].

Las categorías en las cuales se clasifican las observaciones fueron tomadas en base a la clasificación propuesta por Luis Fernando Botero Botero (ver anexo C clasificación de los tiempos y adicionando algunas observaciones que se vieron repetitivamente en el estudio, como la observación “nada” del grupo tiempo ocioso en la cual el trabajador no estaba haciendo ningún tipo de actividad atribuible a ninguna categoría.

Por otra parte la categoría esperas representa todo el tiempo perdido por los trabajadores esperando merítales, ordenes, por condiciones climáticas y otras, el tiempo ocioso por su parte es aquel que el trabajador gasta hablando personalmente, por teléfono, por sobrepoblación o por mala distribución. Además de estas categorías existen los descansos, necesidades fisiológicas, reprocesos y desplazamiento que no contribuyen a la producción del producto final.

6.3 RESULTADOS DEL MUESTREO DE TRABAJO

Esta etapa es enfocada a visualizar el estado inicial de las obras antes de la intervención para así formular los cambios necesarios, en la cual se realizaron 1049 mediciones de 5 minutos (ver anexo B formato de medición de los 5 minutos) de manera aleatoria en total para todas las actividades que fueron objeto de estudio.

Posteriormente se clasifican los tiempos en general y específicamente para cada actividad y se identificaron los tiempos contributivos (necesarios para la realización del trabajo) en general para toda la obra, como los tiempos que no agregan valor (Tiempos No Contributivos) y sus respectivas causas.

A continuación se da a conocer los resultados generales de todas las actividades, en estos se muestra la distribución de los tiempos junto a un desglose de los tiempos contributivos, no contributivos y del tiempo no contributivo que represente mayor porcentaje, estos análisis para cada uno de los tipos de estructura por separado.

6.3.1 Estructura tipo túnel

Tabla 1 Tiempos fase diagnostica tipo túnel

| Estructura Tipo Túnel | | | |
|------------------------------|-------------------|------------------------|---------------------|
| Tiempos acumulados | Tiempo Productivo | Tiempo No Contributivo | Tiempo Contributivo |
| Fase Diagnostica | 32% | 9% | 59% |

Este tipo de estructura tiene un porcentaje muy bajo de tiempo no contributivo sólo el 9%, esto causa del mismo proceso constructivo el cual está centrado hacia la repetitividad de las actividades minimizando los errores que causan reprocesos y el tiempo gastado por falta de información o de instrucción.

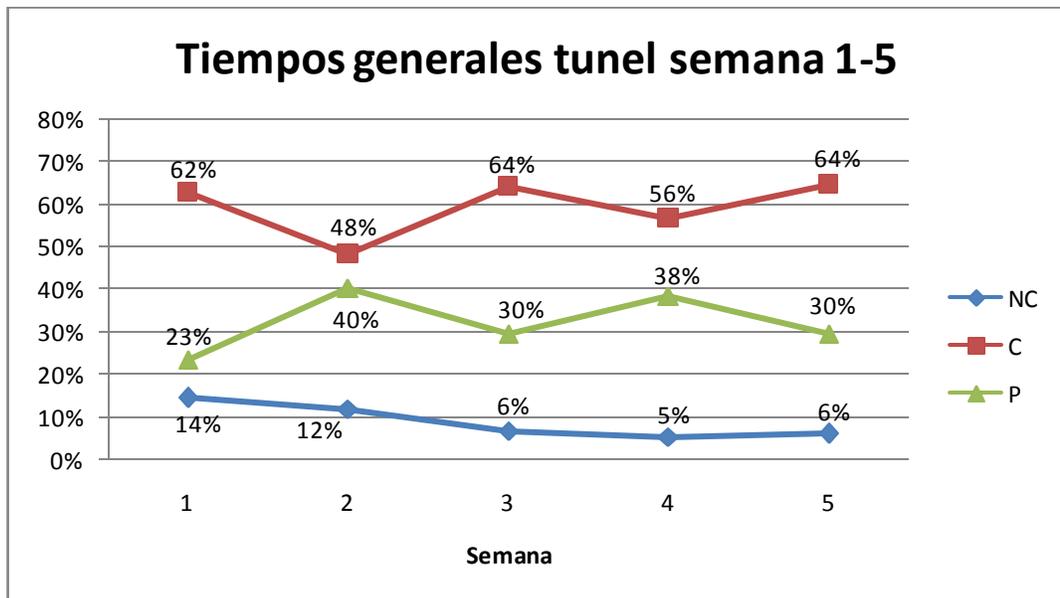


Ilustración 1 Tiempos diagnóstico por semanas tipo túnel

En general el comportamiento de los tiempos semana a semana fluctuó con un tiempo Contributivo entre 48% y 64%, tiempo Productivo entre 23% y 40% y un tiempo No contributivo entre 5% y 14%, estos tiempos estuvieron determinados por el ciclo de encofrado, fundida y desencofrado en el cual al subir el tiempo contributivo baja el productivo y así inversamente, tanto para los muros estructurales, como para la placa maciza, con una periodicidad de dos semanas desde el comienzo del encofrado de un piso hasta que se comienza el encofrado

del piso siguiente.

Aunque estas dos no eran las únicas actividades caracterizadas y analizadas las otras dos actividades dependen de esta, dado el tipo de construcción las instalaciones tanto eléctricas como sanitarias se hacen justo antes de encofrar para que de éste modo las instalaciones queden embebidas en los muros estructurales y en la placa maciza.

TIEMPOS CONTRIBUTIVOS

La actividad con mayor incidencia dentro de los tiempos contributivos es el desencofrado con un 63.64%, nueve veces mayor que la siguiente la cual es la preparación para las actividades con un 7.24%. Esto demuestra la gran cantidad de tiempo que se requiere para poder fundir los elementos estructurales en este tipo de estructura, es tan grande este tiempo que opaca los tiempos contributivos necesarios para la realización de las instalaciones eléctricas y las instalaciones sanitarias.

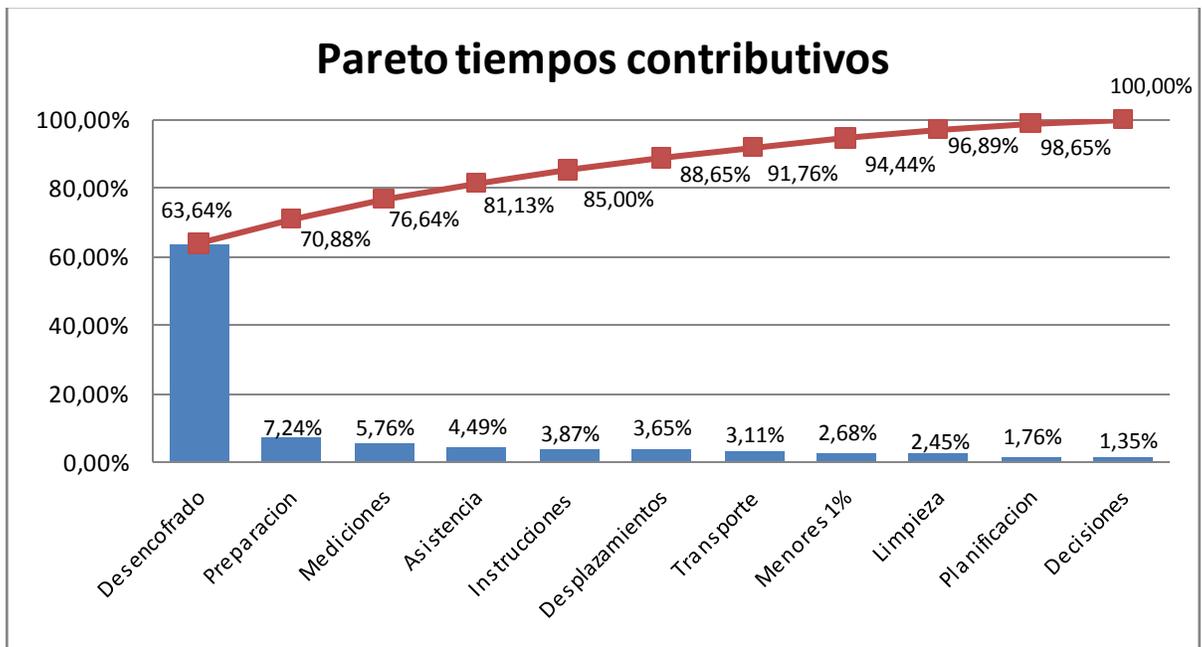


Ilustración 2 Pareto tiempos contributivos diagnóstico túnel

Este análisis puede ser importante al momento de tomar una decisión sobre cuál de los sistemas estructurales es más económico y más adecuado desde el punto de vista de disponibilidad y costo de la mano de obra en el sitio específico de la construcción.

TIEMPOS NO CONTRIBUTIVOS

Como se observa en la ilustración 3 al proceso constructivo minimizar todas las situaciones que pueden generar tiempos no contributivos, da paso a que los tiempos perdidos en estas actividades no sean generados por el proceso constructivo sino por el personal, obteniendo un 57.39% del tiempo clasificado como tiempo ocioso.

Como segundo tiempo a tener en cuenta son los tiempo generados por las esperas con un 27.79% puesto que estos pueden ser generados por falta de herramientas, personal, instrucciones, información o materiales los cuales serian una grave falta por parte de la organización y pueden ser mejorados de una manera sencilla.

Estas dos causas de tiempos no contributivos representan el 85.2% del tiempo total, por esta razón las recomendaciones generales de este tipo de estructura y el tipo túnel van a estar centradas a mejorar estas dos causas de tiempos no contributivos.

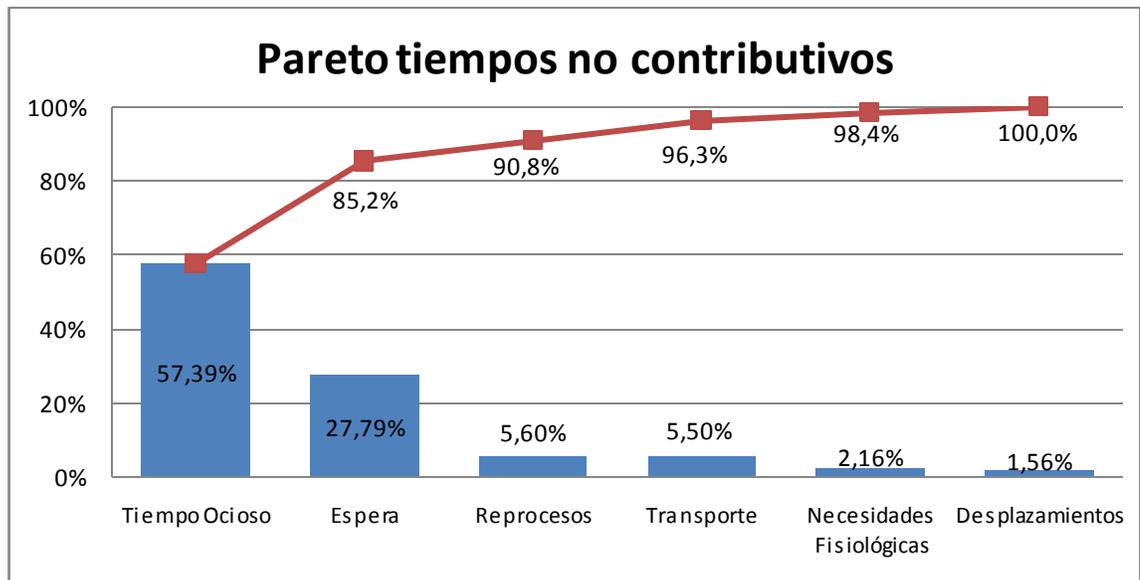


Ilustración 3 Pareto tiempos no contributivos diagnóstico túnel

TIEMPO OCIOSO

La clasificación “Nada” tiene un porcentaje de 57.95% esta clasificación representa el tiempo en el cual el trabajador no está haciendo su actividad de trabajo, pero no se puede atribuir a una conversación o una llamada telefónica, simplemente está pensando, mirando trabajar a el resto del personal o distraído por el funcionamiento de la maquinaria.

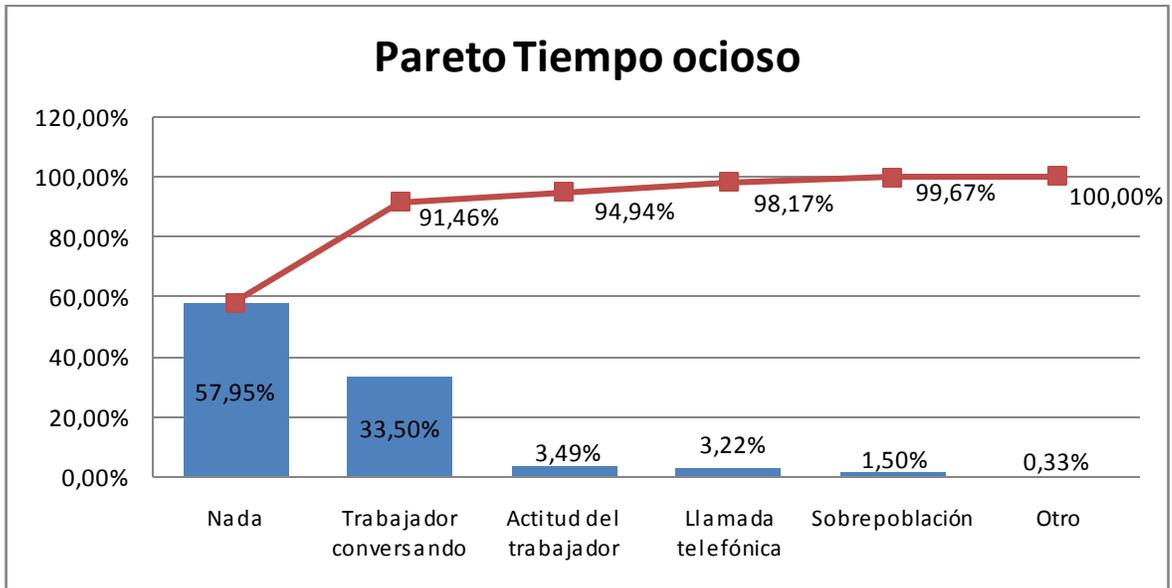


Ilustración 4 Pareto tiempo ocioso diagnóstico túnel

En segundo lugar se encuentran las conversaciones entre los trabajadores, que aunque pueden ser atribuidas a falta de supervisión muchas veces la solución debe ser un poco más creativa y no solo detenerse en la represión al trabajador.

6.3.1.1 Instalaciones eléctricas

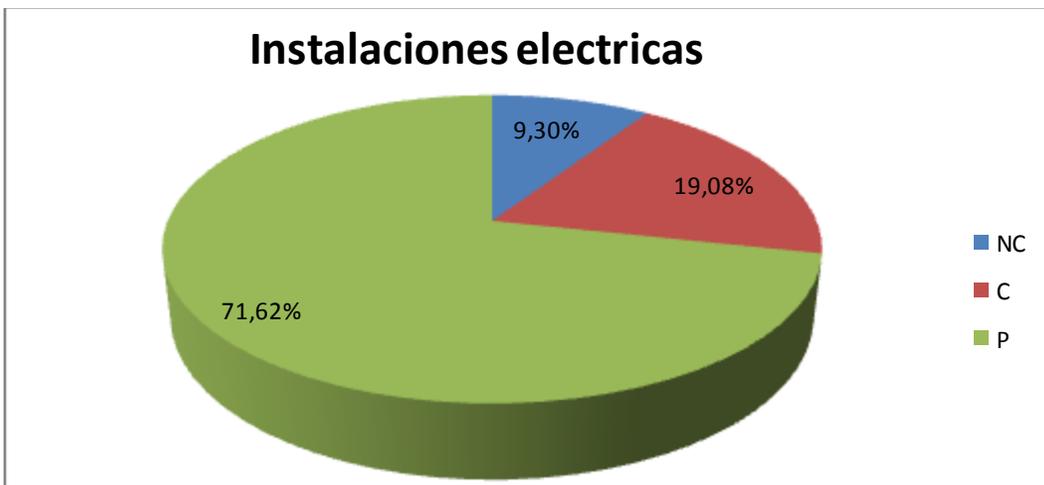


Ilustración 5 Torta Instalaciones eléctricas diagnóstico

Como se puede observar en la ilustración 5 en la torta de distribución de los

tiempo de las instalaciones eléctricas, se puede percibir que la productividad es enorme, y esto se presenta debido a que en dicha actividad lo único considerado como contributivo, es la parte de las mediciones, desplazamientos, transportes y alistamiento del material, dando a la productividad un rango mayor de procesos, como corte, limpieza, acomodación y ajuste de la tubería.

Esta es la actividad que mas tiempos productivos tiene, pero igualmente es la actividad en la que se pueden observar más inconvenientes con la mano de obra y con el subcontratista, y aunque esto puede sonar contradictorio tiene una explicación muy sencilla, no todas las actividades tienen el potencial de ser igual de productivas porque no todas las actividades necesitan del mismo tiempo de medición, limpieza y preparación, y por otra parte la duración de las actividades productivas no es el mismo.

NO CONTRIBUTIVOS

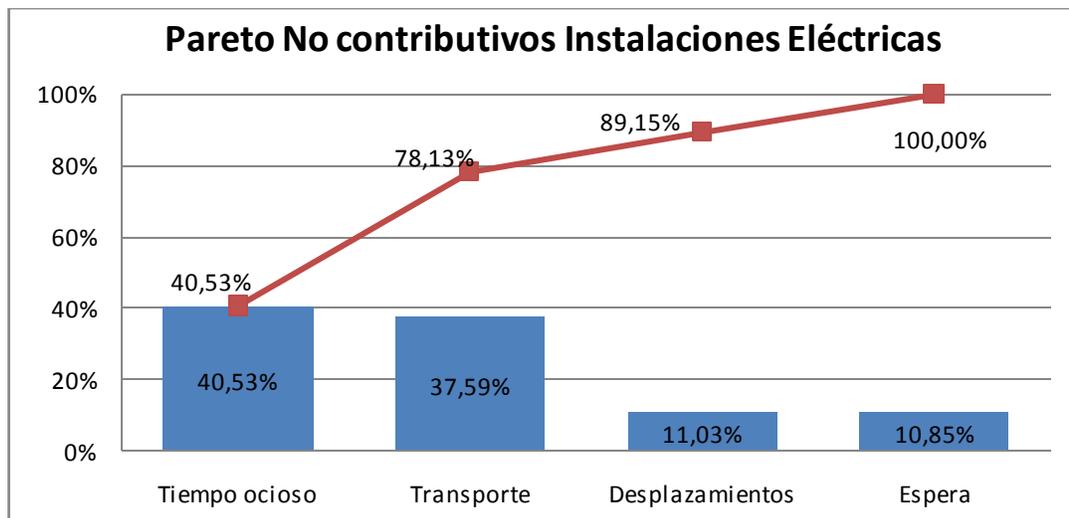


Ilustración 6 Pareto NC Instalaciones eléctricas diagnóstico

En las instalaciones eléctricas, se puede observar que dentro de ese 9.30% de tiempo No contributivo, está reflejado una serie de caracteres como lo son el tiempo ocioso, el transporte, los desplazamientos y las esperas, donde con un 40.53% copa prácticamente el 50% de dicho tiempo y dentro del mismo, se

identificó que la actividad “Nada” es la que lidera con un 70.29% de todo el tiempo ocioso y es acompañada de la “actitud del trabajador” con un 29.71% de este mismo tiempo, en las cuales con acciones como mirar otras actividades, distraerse y simplemente hacer pereza durante sus labores, identifican esos tiempos.

Este tipo de problemas como lo son hablar por teléfono, personalmente o distraerse deberían ser evitadas con la supervisión ejercida por los oficiales o el residente de obra, en este caso se observan debido a que en esta etapa esta es la única actividad que esta subcontratada y la única supervisión ejercida por medio de la constructora es por parte del residente y este se enfoca únicamente a la calidad del producto.

6.3.1.2 Instalaciones Sanitarias



Ilustración 7 Torta Instalaciones sanitarias diagnóstico

El tiempo productivo de las instalaciones sanitarias es 51.46% y el de las instalaciones eléctricas 71.62% estas son mucho mayores que el tiempo productivo general, el cual solo alcanza el 32%, estas dos actividades hacen que el tiempo general suba y compensan actividades que tiene una menor productividad por su misma naturaleza, por esto es tan necesario analizar cada

obra en general y por cada actividad para así poder reconocer las actividades que tienen mayor potencial.

NO CONTRIBUTIVOS

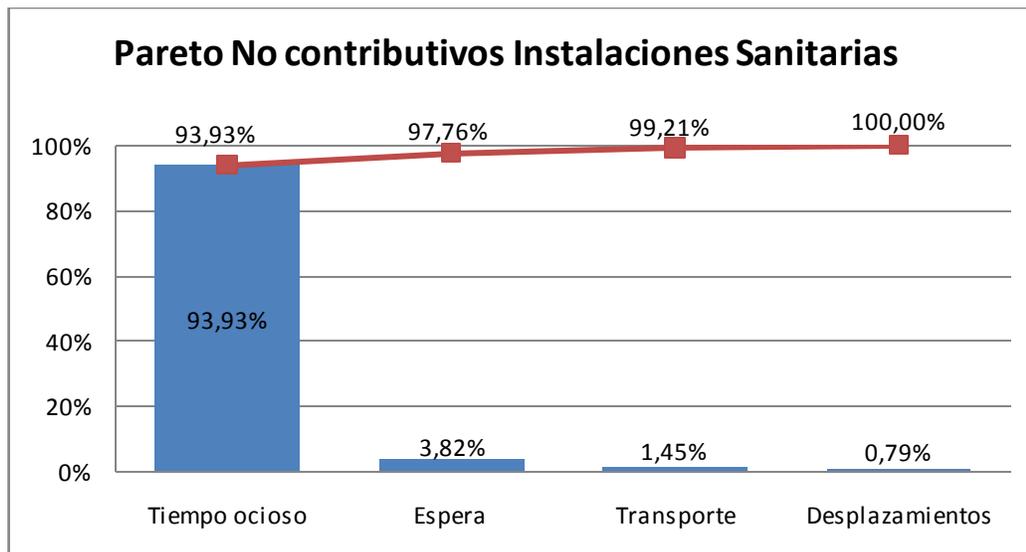


Ilustración 8 Pareto NC Instalaciones sanitarias diagnóstico

En la No contribución de las instalaciones sanitarias, se aprecia un comportamiento similar al de las instalaciones eléctricas, con un gran porcentaje de tiempo ocioso y aunque es preocupante que el tiempo perdido sea por ocio este es un tiempo que es relativamente fácil de atacar y no es necesario un gasto económico alto para ser eliminado.

TIEMPO OCIOSO

Se observa un rango mayor de actividades que no generan valor al producto, dentro de ese tiempo ocioso, como nada 51.68%, las conversaciones entre trabajadores 35.15%, las llamadas telefónicas 7.44%, y otros. Pero concentrado hacia los dos primeros, para los cuales se van a proponer las acciones correctivas y preventivas.

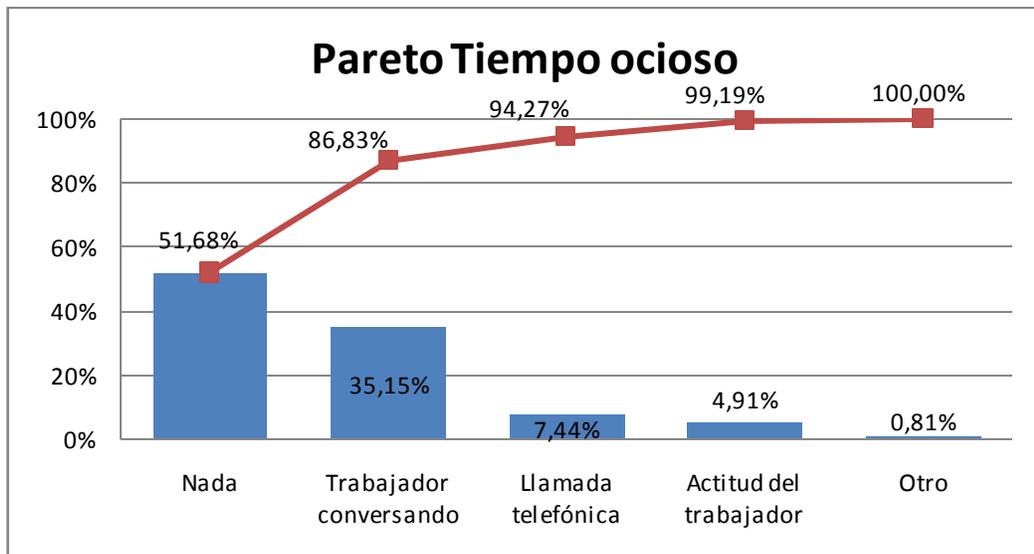


Ilustración 9 Pareto Tiempo ocioso Instalaciones sanitarias diagnóstico

6.3.1.3 Muros estructurales

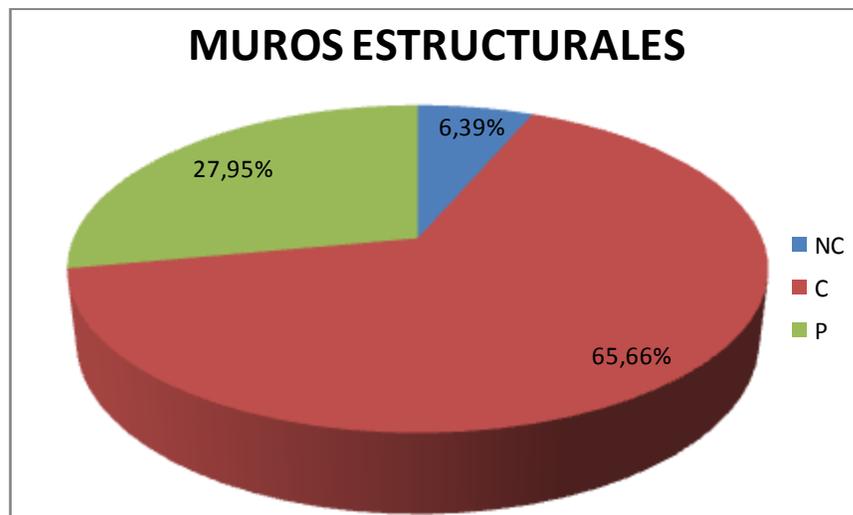


Ilustración 10 Torta Muros estructurales diagnóstico

El comportamiento de la actividad de muros estructurales, es inversa entre la productividad y la contribución al producto final, ya que lo único productivo de los muros, es el momento de la fundida de los mismos y todo lo realizado previa y posteriormente se considera como preparación, alistamiento, encofrado y

desenconfado, desplazamientos, transporte, etc.

NO CONTRIBUTIVOS

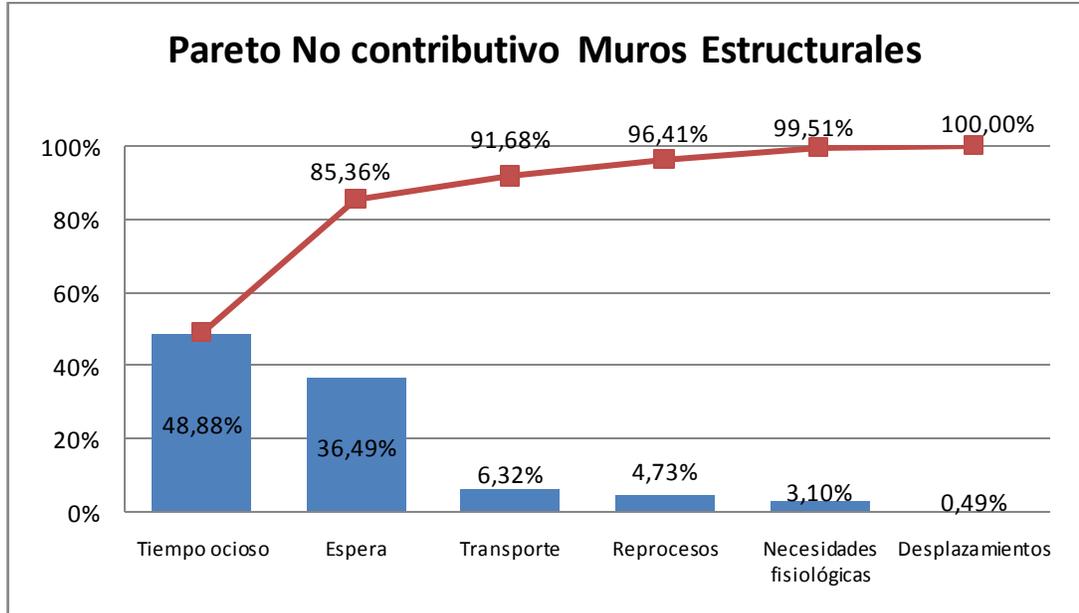


Ilustración 11 Pareto NC Muros estructurales diagnóstico

En la actividad de los muros estructurales, se ve claramente que el tiempo ocioso es el más representativo con un 48.88% y dentro de este, hacer nada y trabajador conversando representan el 62.2% y el 33.45% respectivamente sumando entre las dos más del 95%.

El segundo ítem más representativo son las esperas, las cuales están clasificadas con actividades previas sin terminar, sobrepoblación, falta de equipos o herramientas, entre otros.

6.3.1.4 Placa maciza

La fundida de la placa maciza es precisamente la actividad que menos aporta tiempos productivos, en el transcurso de la actividad solo el 22.37% del tiempo se considera productivo, puesto que al igual que en los muros, la mayoría del proceso

es considerado como contribuyente.



Ilustración 12 Torta Placa maciza diagnóstico

Por otra parte es la actividad que menos tiempo no contributivo tiene, demostrando nuevamente que el tiempo productivo y el no contributivo no están ligados, este solo depende de la actividad en particular, para este ejemplo esta es una actividad muy repetitiva y que se hace progresivamente desde el encofrado, alineado, fundida y desencofrado lo cual lo convierte casi en una línea de producción dejando poco tiempo para ser desperdiciado.

NO CONTRIBUTIVOS

Más de la mitad de los tiempos no contributivos son generados por esperas con un 52.85%, las cuales no son comunes en este tipo de estructura pero en la desagregación se ve claramente cual es su causa, seguido por el tiempo ocioso con un 29.52% el cual es repetitivo en todas las actividades y los reprocesos con un 10.46%.

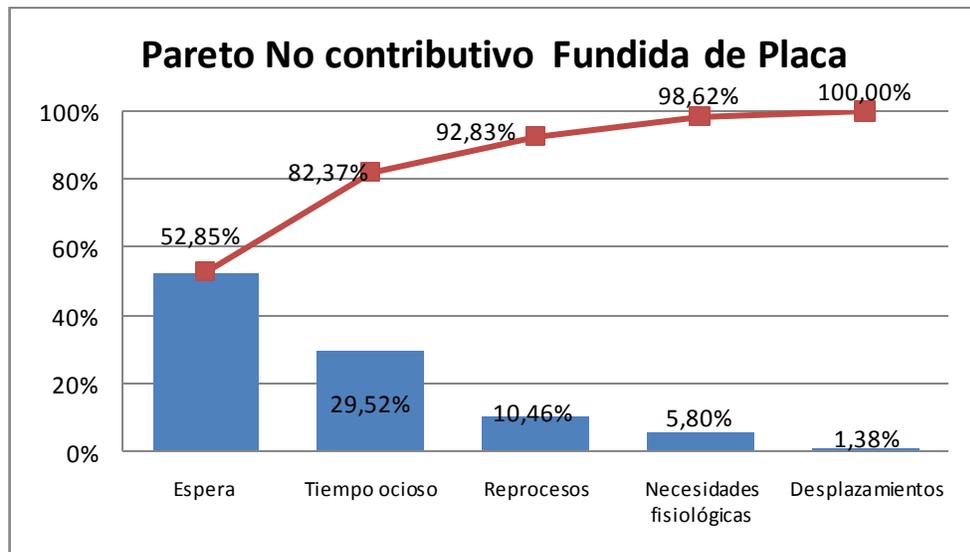


Ilustración 13 Pareto NC Fundida placa diagnóstico

ESPERAS

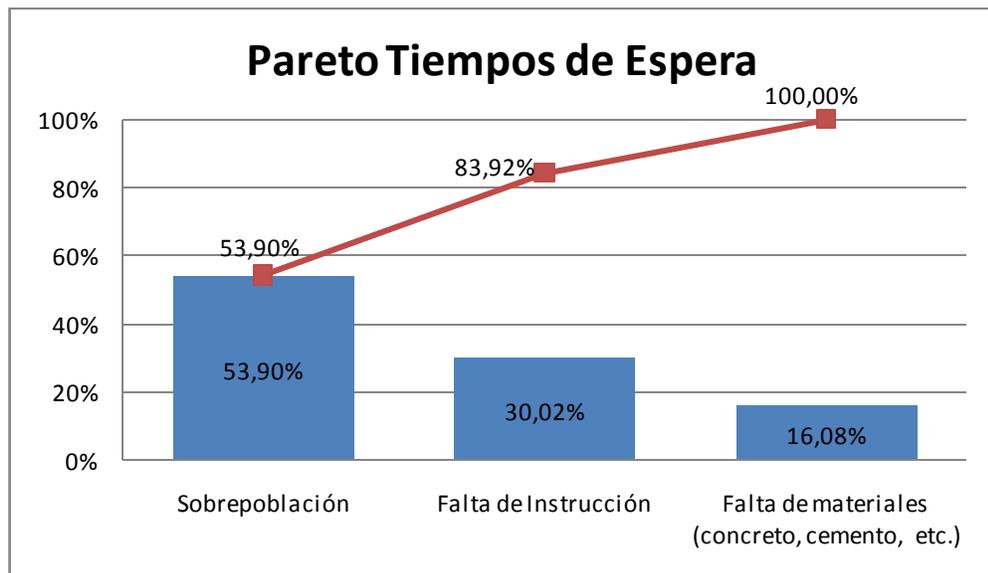


Ilustración 14 Pareto espera Placa maciza diagnóstico

Durante los trabajos en la placa y como se puede evidenciar en el gráfico anterior las esperas debido a la sobrepoblación son muy significativas con un 53.9%, esto es debido a que en éste método constructivo al momento de fundir la placa maciza se concentran actividades simultáneamente, entre las cuales están las

instalaciones sanitarias, las eléctricas y la misma placa, lo que causa la concentración de mucho personal en un mismo sitio.



Ilustración 15 Sobrepoblación

6.3.2 Estructura tradicional

Tabla 2 Tiempos fase diagnostica tipo tradicional

| Estructura Tipo Tradicional | | | |
|------------------------------------|-------------------|------------------------|---------------------|
| Tiempos acumulados | Tiempo Productivo | Tiempo No Contributivo | Tiempo Contributivo |
| Fase Diagnostica | 20% | 23% | 57% |

Este tipo de estructura tiene un porcentaje de tiempos no contributivos y contributivos muy altos, esto a causa de que para manejar los casetones metálicos removibles se necesita una grúa dado que estos casetones pesan aproximadamente 400Kg y para la fecha de la toma de datos por problemas con la planeación de los movimientos de tierra no se había podido instalar y estos

casetones estaban siendo instalados manualmente, lo que generaba un gasto de tiempo de la mano de obra y unas esperas por la manera incomoda del transporte.

Por otra parte en estas semanas se cometió un error que género un reproceso de gran tamaño para la actividad de fundida de columnas, el cual será explicado cuando se desglosen los tiempos de esta actividad.

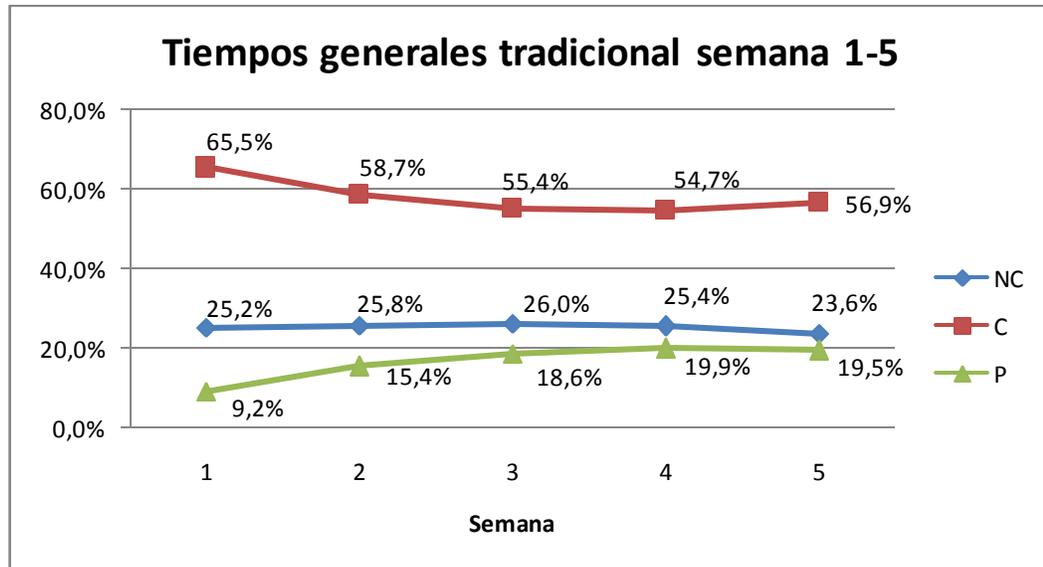


Ilustración 16 Tiempos diagnóstico por semanas tipo tradicional

Al igual que la estructura tipo túnel, los tiempos tienen un comportamiento cíclico en el cual cuando se funden elementos estructurales en concreto los tiempos contributivos bajan y los tiempos productivos suben, en este caso el ciclo de repetición es mucho mayor, demostrando la finalidad de el sistemas estructural tipo túnel en el cual se busca realizar fundidas con el menor intervalo de tiempo posible.

Por otra parte hay algunas actividades como el corte, figuración y amarre de hierro que hacen que el tiempo productivo nunca llegue a cero puesto que estas si se realizan de manera constante en el transcurrir de la obra.

TIEMPOS CONTRIBUTIVOS

Como se esperaba por la manera en la cual se está haciendo el trabajo de encofrado y desencofrado de la placa, este ítem es el más representativo de los tiempos no contributivos, que aunque son tiempos necesarios para la ejecución de los trabajos en casos como estos es necesario optimizarlos ya que no es posible suprimirlos.

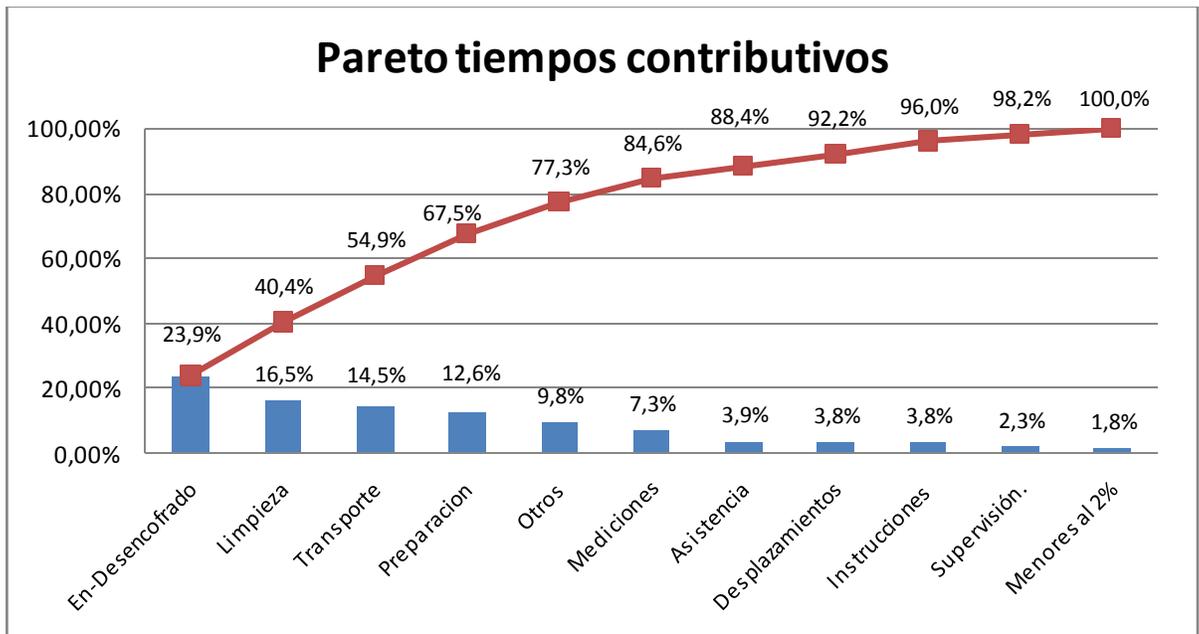


Ilustración 17 Pareto tiempos contributivos diagnóstico tradicional

Por otra parte el invierno no genero directamente atrasos en los trabajos puesto que para la fecha se está trabajando a nivel del suelo y con materiales no susceptibles al agua, pero si genero otra clase de inconvenientes, como la necesidad de limpiar cada mañana los sitios de trabajo y retirar el agua que había entrado en casi todos los lugares de la obra.

Para este ítem se observaron que los trabajos de limpieza se estaban realizando de manera inadecuada puesto que no se dio ningún trato definitivo y por el contrario cada día se empleaban 3 o 4 personas sacando agua manualmente, con el agravante que algunas veces el agua era retirada hacia un sitio en el que

posteriormente se iba a trabajar y tenía que ser re-transportada. Como observación adicional el tratamiento del agua estancada fue delegado a una persona de menor rango por tratarse de un trabajo sencillo y esta hacía con esto lo que creía conveniente, que en la mayoría de los casos no era lo más conveniente.

TIEMPOS NO CONTRIBUTIVOS

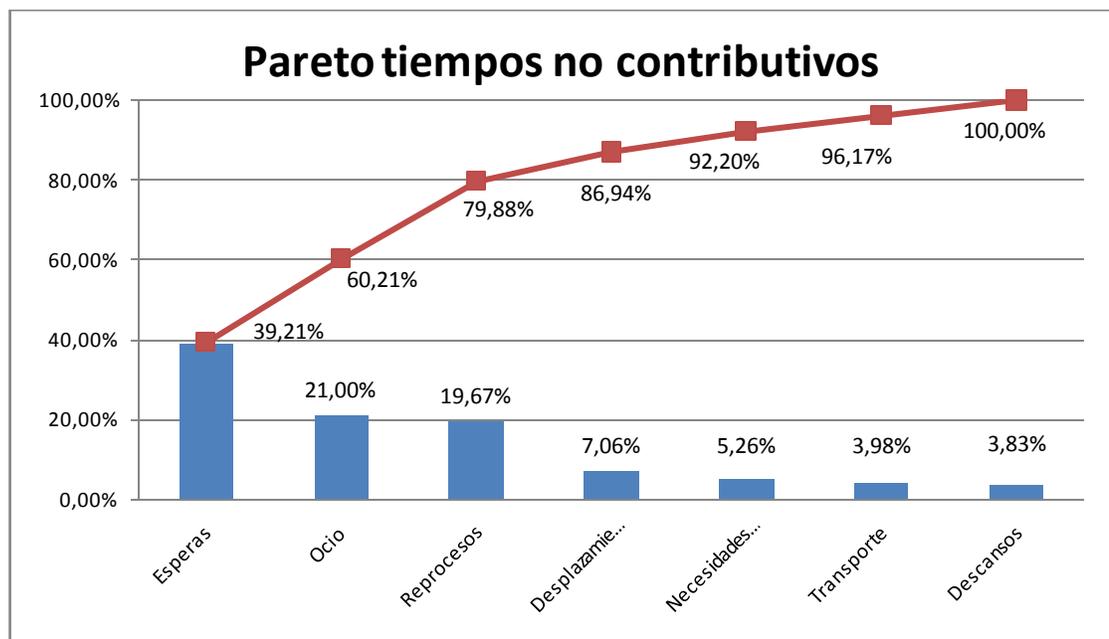


Ilustración 18 Pareto tiempos no contributivos diagnóstico tradicional

Como causa del mismo proceso constructivo inadecuado de transporte y colocación de los casetones metálicos y de otros errores cometidos en los procesos constructivos estudiados los cuales van a ser expuestos más adelante dentro de su respectivo análisis, se generan gran cantidad de esperas en la ejecución de los trabajos.

En segundo lugar se encuentra el ocio, el cual es una constante en los dos tipos de estructura, esto generado por el alto grado de empatía que tienen los trabajadores con más antigüedad en la empresa.

ESPERAS

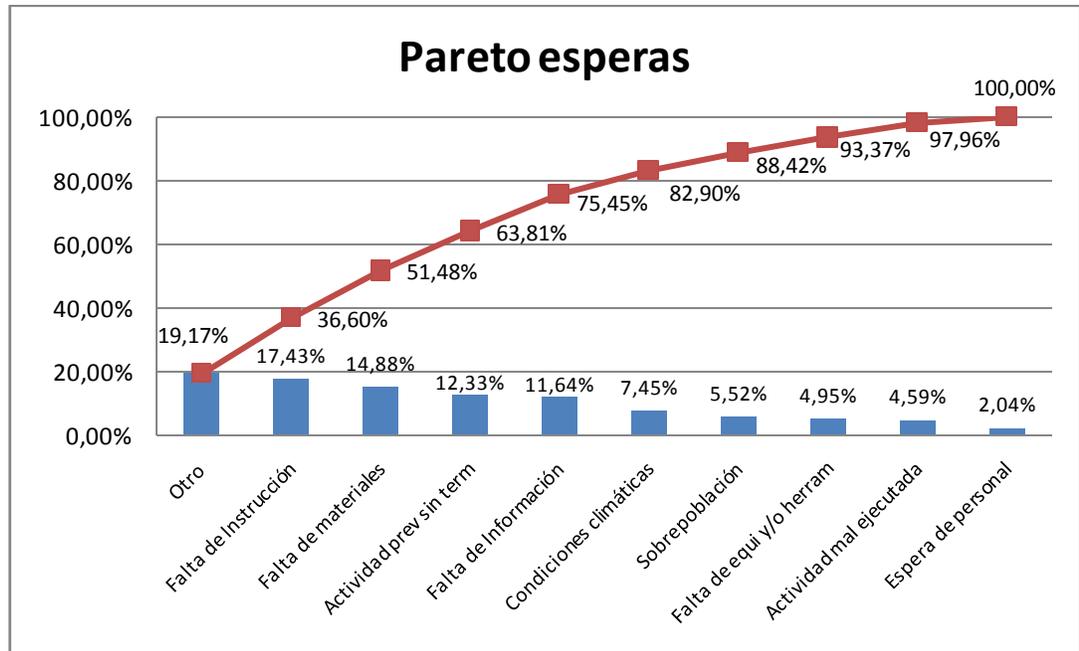


Ilustración 19 Pareto esperas diagnóstico tradicional

La causa “otros” se usó para atribuir errores al sistema constructivo o la manera en la cual se hace el trabajo, estas van a ser explicadas dentro del análisis de cada actividad. Por otra parte se observó que la falta de instrucción jugaba un papel importante en los tiempos que no generan valor, en estos momentos de auge en la construcción es muy difícil encontrar mano de obra calificada y por la necesidad de avance del proyecto se contrató personal que muchas veces no tenía la experiencia mínima requerida para algunos trabajos, generando un gasto de tiempo por la instrucción de este personal.

Es necesario hacer la diferenciación entre “otros” y actividad mal ejecutada, la cual corresponde al momento en el que un trabajo se estaba ejecutando mal y se está corrigiendo pero genera una espera en la próxima actividad, no se toma como actividad previa sin terminar porque fue a causa de un reproceso sea grande o

pequeña.

6.3.2.1 Corte, figuración y amarre de hierro.

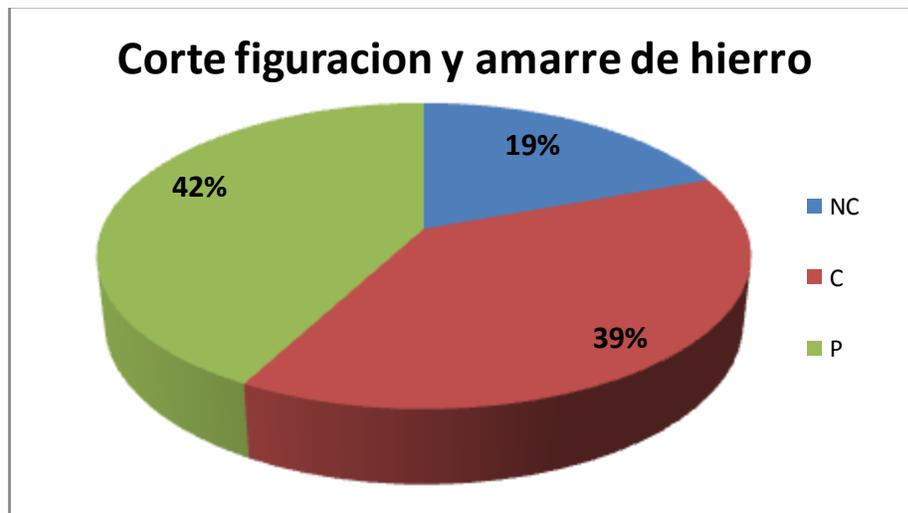


Ilustración 20 Torta Corte, figuración y amarre de hierro diagnóstico

Para la estructura tipo tradicional el corte, figuración y amarre de hierro es la actividad más productiva con un 42% puesto que cuando no se estaba trabajando en la fundida de los elementos estructurales y no era posible amarrar, se podían cortar y figurar flejes de otros elementos y dejarlos almacenados junto al banco de doblez compensando así la imposibilidad de ejecutar la otra actividad.

Aunque esta es la actividad más productiva en un análisis adicional se descubrió que el rendimiento de esta actividad era de 2 dobleces por minuto, siendo este mucho menor del esperado. Este análisis nos genera una alerta sobre la diferencia entre el porcentaje de tiempo productivo y el rendimiento de la actividad, puesto que alguien puede estar produciendo el 100% del tiempo pero estar haciéndolo a una velocidad muy baja.

NO CONTRIBUTIVO

Los reprocesos de esta actividad en su mayoría fueron pequeños y generados por la imprecisión de los dobleces y del amarre del refuerzo, en ningún momento por

cambio de planos, especificaciones o daños causados por otras cuadrillas.

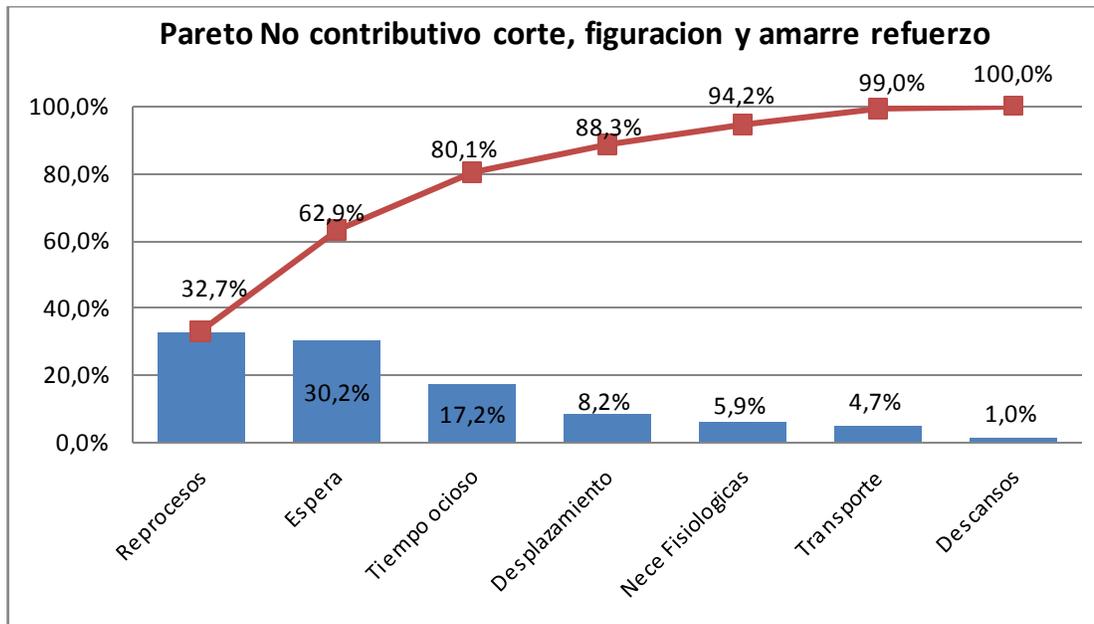


Ilustración 21 Pareto NC Corte, figuración y amarre diagnóstico

Algunas veces los estribos ya estaban puestos y se tenían que quitar, redoblar y volver a ponerse, otras veces eran tan evidentes las variaciones que en el mismo banco se rectificaban.

Se observó durante el paso de las 5 semanas que el cuadrillero de esta actividad tuvo que ser trasladado a solucionar el problema generado por el invierno, dejando la cuadrilla sin una supervisión directa

6.3.2.2 Fundida De Placa Aligerada Con Casetones Metálicos

La actividad de fundida de placa aligerada es una actividad que ha tenido varios traumatismos y se ha estado ejecutando de una manera anormal e indebida, esto por la falta de la torre grúa necesaria para mover los pesados casetones metálicos.

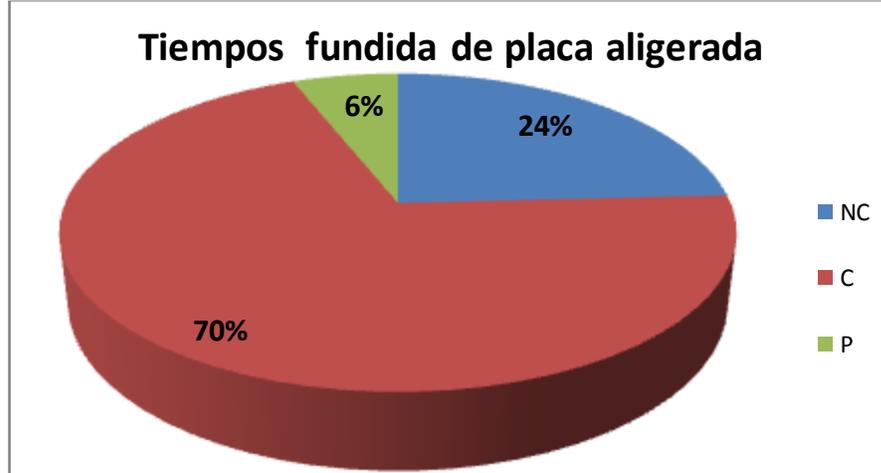


Ilustración 22 Torta fundida de placa diagnóstico

Por otra parte cada placa en total tiene un área de más de 2000m², por esta razón no se pueden hacer fundidas a diario o semanalmente sino con intervalos casi que mensuales generando un porcentaje de tiempos productivos muy bajo en comparación con el resto de actividades en las cuales a diario o semanalmente se pueden observar tiempos productivos.

NO CONTRIBUTIVO

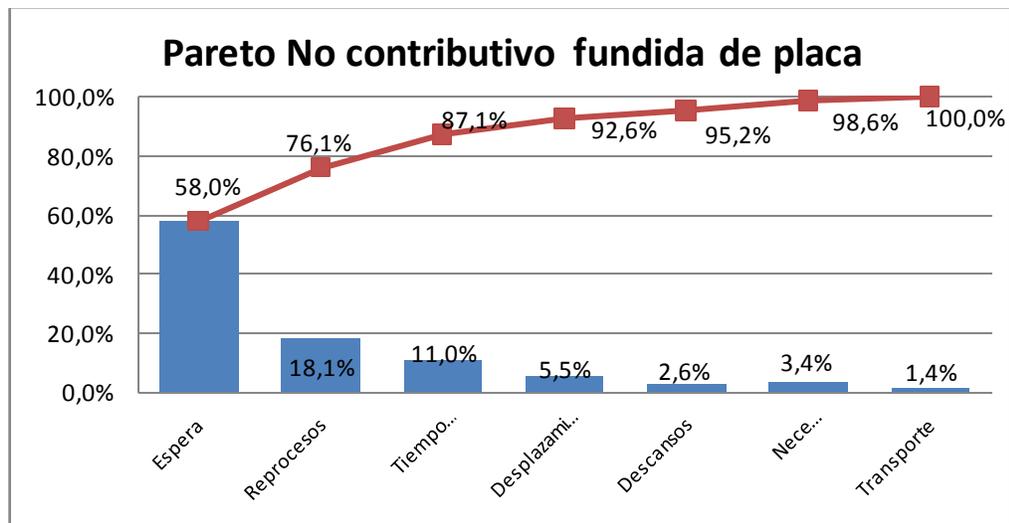


Ilustración 23 Pareto NC fundida de placa diagnóstico

Como se mencionó anteriormente y se puede observar en la ilustración 23, la mayor parte del tiempo se pierde en esperas y aunque también se pierde en reprocesos y tiempo ocioso estos solo representan un 18.1% y 11% respectivamente, muy poco en comparación al 58% que representan las esperas.

El desplazamiento aunque solo tiene un 5.5% es un tiempo que hay que tener en cuenta porque se comenzó a presentar al final de las primeras 5 semanas y es posible que aumente considerablemente puesto que se van a comenzar a fundir partes de las placas del segundo y tercer piso, pero todavía no se han fundido las escaleras ni accesos seguros, generando así un problema para el desplazamiento del personal y el transporte de los materiales pesados.

ESPERAS

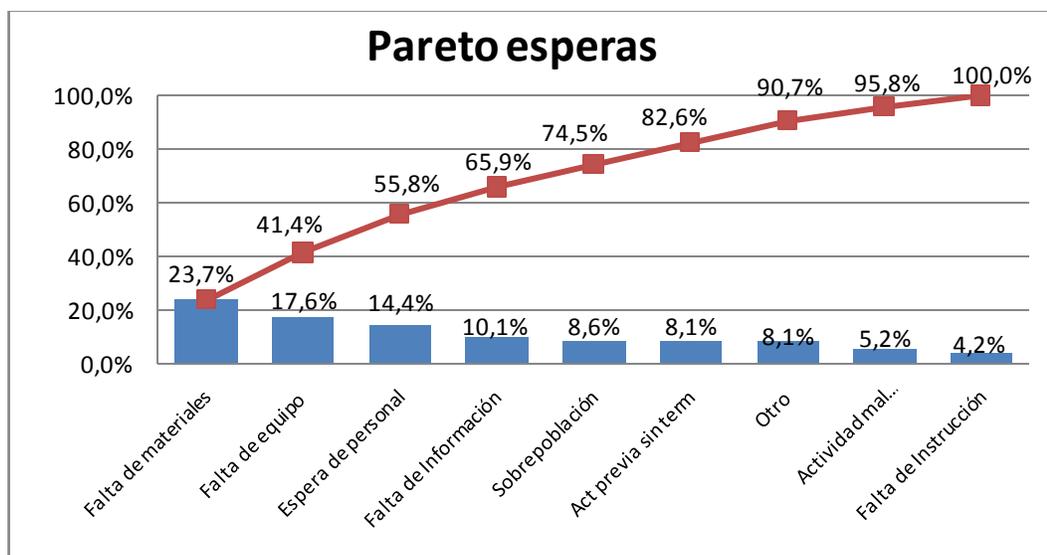


Ilustración 24 Pareto esperas fundida de placa diagnóstico

La falta de materiales es atribuible a la falta de concreto, a las esperas por nuevas mixer dado que la constructora se provee a si misma del concreto y tiene un número limitado de camiones entregando concreto para varias obras en algunas ocasiones quedo personal esperando por la llegada de concreto. No es conveniente atribuir estas esperas a falta de equipo porque aunque en el fondo

eso es lo que genera el atraso, el estudio debe estar enfocado de una manera genérica y para generar soluciones sencillas, por lo que sería ilógico atribuirla a falta de equipos o herramientas siendo para esto solución la adquisición de nuevos camiones repartidores de concreto.



Ilustración 25 Foto transporte casetones

Las esperas de personal y otros se presentan debido a la falta de la torre grúa los casetones son movidos por 1 oficial y 7 ayudantes como se observa en la ilustración 25, los cuales deben descansar mucho tiempo y muy seguido y además al momento de descargar y acomodar los casetones solo se necesita de 2 personas, en este momento quedan 6 personas esperando a que las otras ejecuten el trabajo.

6.3.2.3 Fundida de columnas

Esta actividad guarda un comportamiento similar al de la fundida de los demás elementos estructurales en el sistema tipo tradicional en el cual la encofrada, vibrado y desencofrada juegan un papel fundamental al generar un tiempo contributivo exageradamente alto y que llega hasta el 65%, pero esta actividad en especial tiene el tiempo no contributivo más alto de todas las actividades de los dos sistemas constructivos con un 25% casi triplicando algunas de las actividades de la estructura tipo túnel.

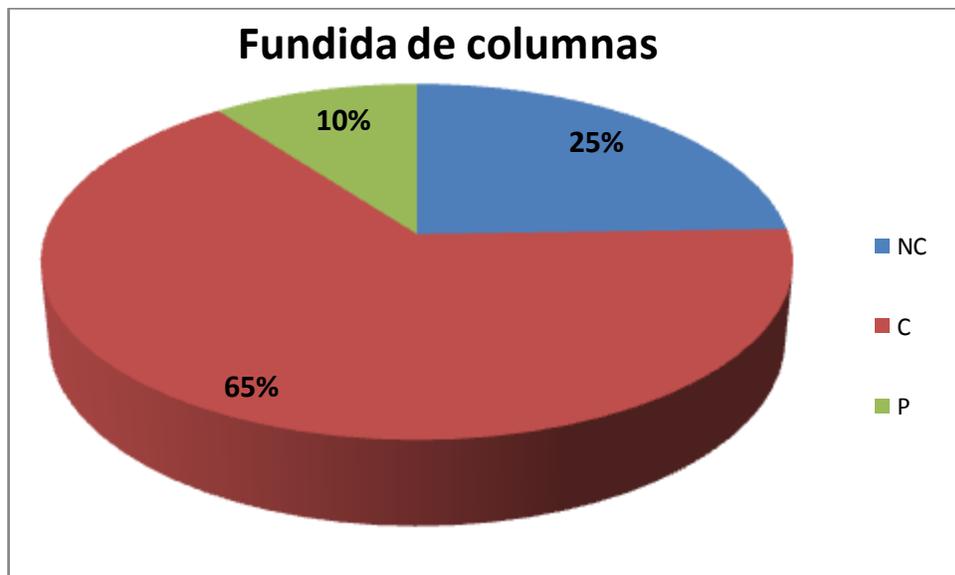


Ilustración 26Torta fundida de columnas diagnóstico

NO CONTRIBUTIVO

Como se puede observar en la ilustración 26 la mayoría del tiempo no contributivo en la actividad de fundida de columnas se desperdició en reprocesos con un 34.4%, seguido de las esperas con un 30.4% y el tiempo ocioso con un 18.1%

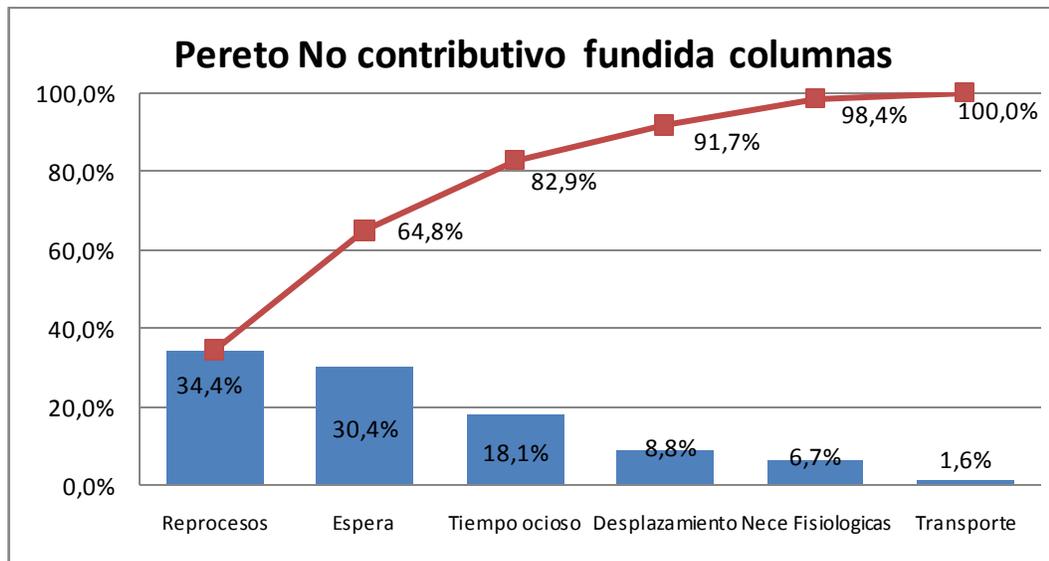


Ilustración 27 Pareto NC fundida muros diagnóstico

En esta actividad no hubo una gran cantidad de reprocesos pequeños como en las otras actividades, sino un solo reproceso grande, este debido a un problema en el diseño original de rampa de salida y a un descuido en obra al no revisar estas medidas que a simple vista se podía apreciar que eran erróneas.

Para solucionar este reproceso fue necesario demoler toda la columna incluyendo la zapata y la viga de amarre correspondiente y volver a fundirla gastando para esto más de dos semanas de trabajo de dos ayudantes.

6.3.2.4 Fundida Muro de parche

Esta actividad es la más productiva y menos no contributiva de todas las de elementos en concreto en la estructura tipo tradicional, esto dado que este muro no es de tipo estructural y simplemente cumple una función de cerramiento y contención, por lo cual era posible fundir por tramos y no solo esperar a fundir a vuelta redonda por cada nivel así facilitando el libre desarrollo de esta actividad sin depender de los movimientos de tierra y viendo tiempos productivos semanalmente.

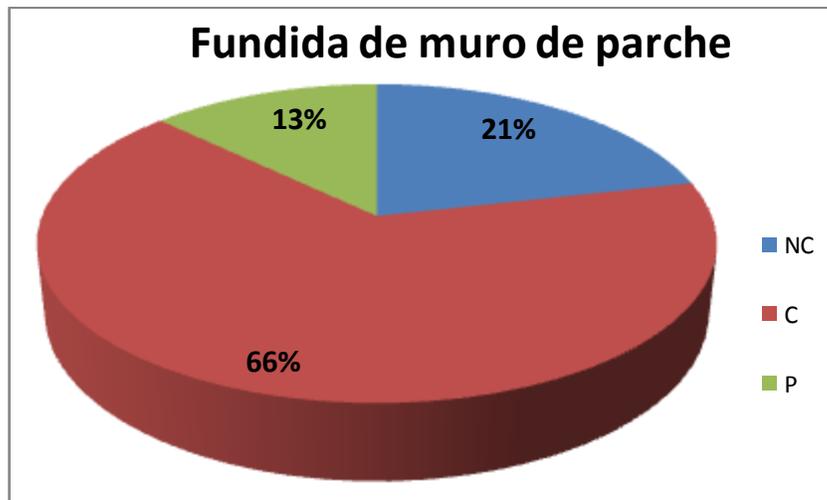


Ilustración 28 Torta fundida muro parche diagnóstico

NO CONTRIBUTIVO

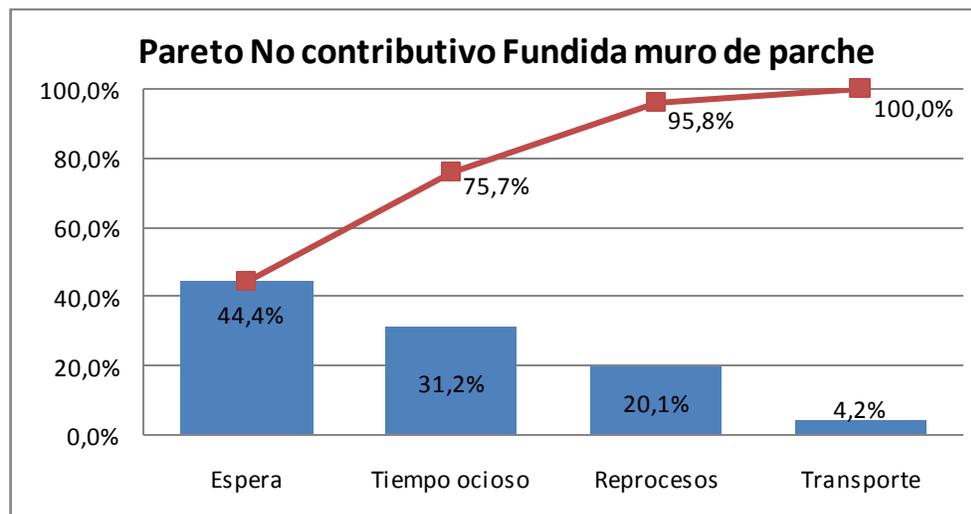


Ilustración 29 Pareto NC Muro de parche diagnóstico

La espera con un 44.4% es la clasificación más representativa de los tiempos no contributivos, seguida por el tiempo ocioso con un 31.2% y reprocesos con un 20.1%, esta distribución es muy lógica dado el reducido espacio en el que se ejecuta este trabajo, aumentando la probabilidad de que algunos de los trabajadores tengan que esperar mientras otros contribuyen y facilitando la charla

y la distracción entre los trabajadores.

ESPERAS

La actividad previa sin terminar se da cuando no se puede ejecutar un trabajo porque otra persona está ejecutando otro anterior, para este caso los encofradores no pueden comenzar sin que terminen los amarradores y las personas que retrancan el muro para que no se abra tampoco pueden comenzar hasta que los encofradores y alineadores no terminen, con el agravante de que el espacio del que se dispone para trabajar es muy reducido.

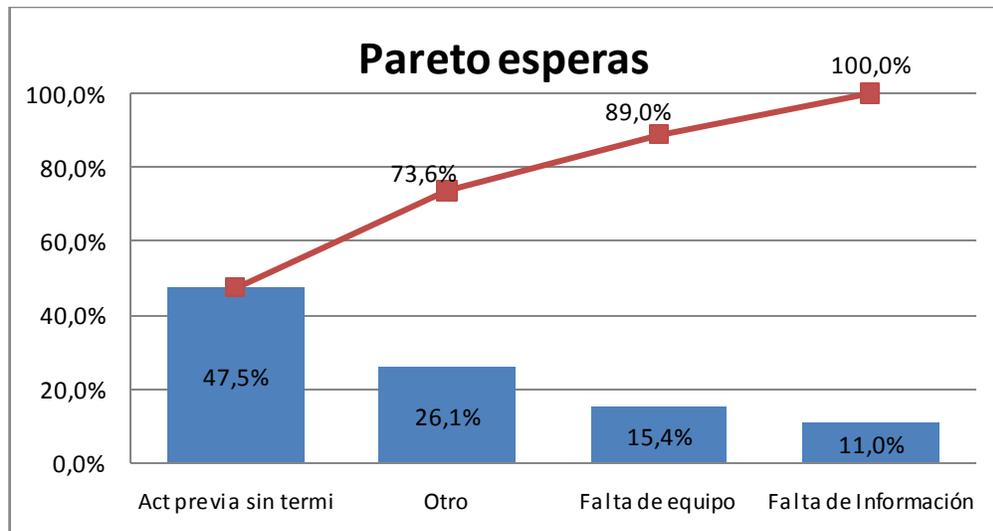


Ilustración 30 Pareto esperas muro de parche diagnóstico

Por otra parte "otro" se presenta cuando se está cometiendo un error del propio proceso constructivo y se está ejecutando erróneamente, para este proceso muchas veces son se distribuían bien los trabajadores y quedaba una persona sobrando para al pasar de la tarea de encofrar a retrancar.

6.3.3 Otros análisis

Después de analizar los datos aislados por actividad realizada y por tipo de

estructura, se quiso analizar los datos en conjunto para extraer generalidades propias de las condiciones de trabajo y de los trabajadores.

Se analizaron los datos según día de la semana y como se puede observar en la ilustración 31 se encontró que existe una diferencia notable entre algunos días de la semana, pero por las observaciones se pudo deducir que esta depende a los días en los que se programan las fundidas de los elementos estructurales y no es una característica propia de la productividad del personal.

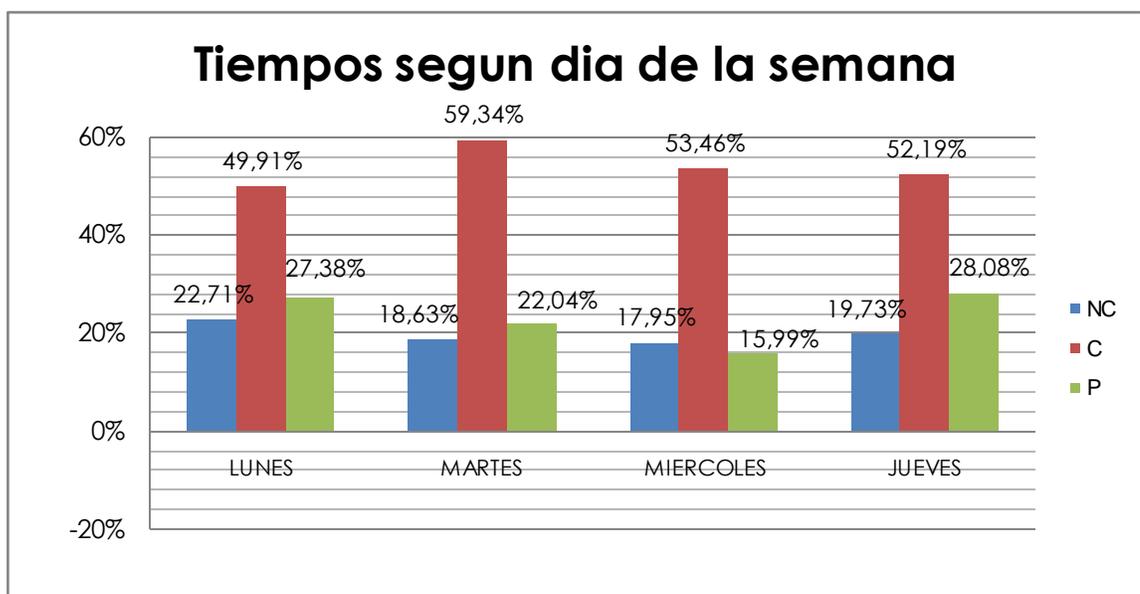


Ilustración 31 Tiempos según día de la semana

Por otra parte se quisieron analizar los tiempos dependiendo a la antigüedad del trabajador en la empresa, para revisar si la estabilidad laboral generaba una mejoría en los tiempos y se puede afirmar que los trabajadores nuevos tienen mayores tiempos contributivos pero también mayores tiempos no contributivos.

Después de revisar las observaciones se puede afirmar que esto no depende a la estabilidad laboral sino a las actividades a las cuales son remitidos los trabajadores nuevos, las cuales son de menor responsabilidad, además de ser los trabajadores antiguos los de mayor confianza de los residentes y los encargados

de realizar los reprocesos.

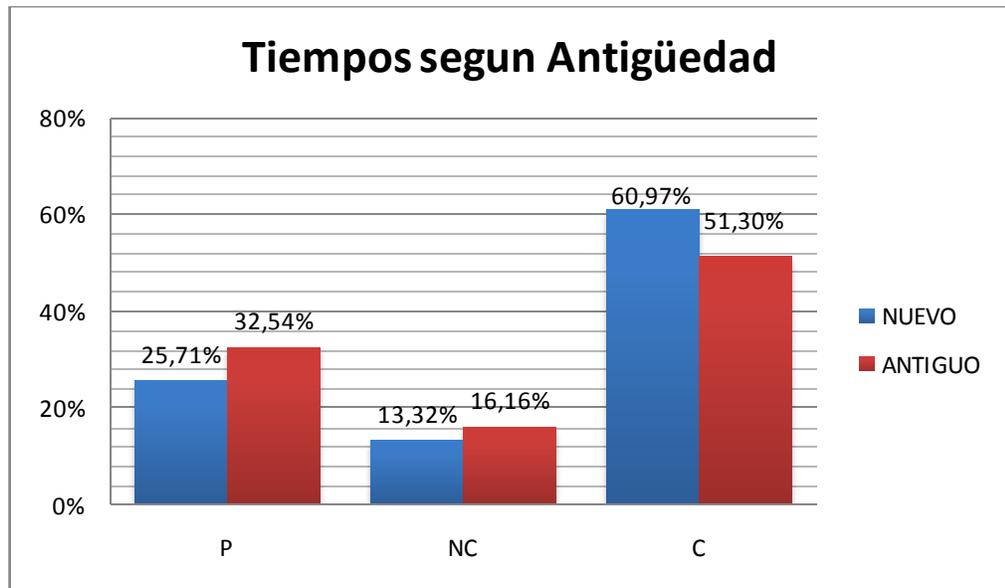


Ilustración 32 Análisis nuevos y antiguos

7 IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS

Después de conocer la condición inicial de la obra en los dos tipos de estructuras, clasificar y desagregar todos los tiempos, se puede identificar las actividades que no generan valor, estando en condiciones de proponer mejoras para suprimir o minimizar estas actividades.

Es importante resaltar que las mejoras no están centradas al aumento de los tiempos productivos, sino a la disminución de los tiempos no contributivos o tiempos que no generan valor al producto final, aunque se señala en la mayoría de los casos que la disminución de tiempos no contributivos regularmente traen consigo aumento de los productivos.

7.1 ESTRUCTURA TIPO TUNEL

En lo que se pudo observar en éste tipo de estructura, es que existen inconvenientes, los cuales no pueden ser manejados ni controlados por la mano del hombre, como por ejemplo las fuertes lluvias, las cuales por su intensidad, exigen que se paren las labores, ya que pueden poner en riesgo la vida de los trabajadores, pero por el otro lado se identificó que la mayor problemática vista en el personal, fue el tiempo ocioso, el cual se veía a los trabajadores haciendo en la mayoría de los casos, “nada” o en conversaciones entre ellos mismos.

Otra problemática que se pudo detectar, fue el tema relacionado con los accesos a diversos pisos, es decir, se utilizaban escaleras de un estado muy pobre y las aseguraban con alambres, poniendo en riesgo la vida de los empleados durante los desplazamientos.

A raíz de esos inconvenientes, se propuso:

- Una mayor y constante supervisión por parte de los profesionales encargados, es decir, la ingeniera hidráulica con los plomeros, el eléctrico con sus trabajadores y, el ingeniero residente y el maestro, apoyarse en sus cuadrilleros, para que los mismos asuman su papel de jefes de cuadrilla y exijan que los ayudantes hagan caso a sus instrucciones.
- Es indispensable que los jefes de las cuadrillas (los cuadrilleros), asuman su rol, es decir, que al ser titulados como “jefes”, se tomen su posición y dejen a un lado las amistades, porque en el momento de dar una instrucción de trabajo o una orden, simplemente la transmiten como sugerencia, mas no como una tarea de trabajo.
- Se sabe que es inevitable evitar una sobrepoblación en la placa, entonces se puede proponer un esquema de trabajo o secuencia de actividades en el cual no se cruce tanto personal en un mismo sitio.
- En lo referente a los accesos mediante escaleras, se hizo el respectivo aviso y se tomaron medidas como por ejemplo: se fijaban de una manera más segura y eran apoyados en superficies adecuadas, además que con el avance de la obra, se pudieron ir fundiendo las escaleras del edificio para una mayor seguridad y mayor eficiencia en los desplazamientos.



Ilustración 33 Mejora accesos

Para atacar otra problemática que comenzó a surgir con el avance en la fundida de los muros y el alejamiento de los baños y puntos de hidratación haciendo muy largos los desplazamientos hasta los mismos, por lo cual se sugirió adecuar algunas tuberías sanitarias para poner hacer las necesidades fisiológicas en puntos estratégicos, por ejemplo: se instaló un baño provisional justo al lado del banco de dobles, además de adecuar tuberías sanitarias en determinados pisos para evitar los largos desplazamientos.

7.2 ESTRUCTURA TRADICIONAL

Como recomendación general es necesario adecuar nuevos y seguros accesos para que con el avanzar de la obra los desplazamientos y transportes no comiencen a ser un problema mayor.

Para los elementos en concreto de la estructura tipo tradicional el problema más repetitivo que se observó fueron las esperas, desafortunadamente eran causadas en su mayoría por la falta de la torre grúa, aun así se observó muchas veces la clasificación de otros, haciéndose referencia al proceso constructivo.

Para atacar este problema se propusieron tres acciones correctivas:

- **CARGA Y TRANSPORTA:** cuando es necesario excavar manualmente o retirar tierra se propone que la misma persona que carga de tierra la carretilla sea la que la transporta, porque aunque teóricamente si una persona hace un solo trabajo está más concentrado en ese y por ende tiene un mejor rendimiento, para esta actividad en particular si una persona carga y una diferente transporta los dos van a depender del rendimiento del otro, además mientras la persona transporta el que carga debe estar esperando y cuando la persona carga la que transporta debe estar esperando.



Ilustración 34 Mejora Carga y transporta

- **POZO PROVISIONAL:** con la entrada de la retroexcavadora se dejó un pozo provisional, para evitar el retransporte del agua y así contar con un sitio apropiado para evacuar el agua lluvia sin necesidad de buscar cada día un sitio diferente y en ocasiones sin tener previo conocimiento ubicarla en un sitio en el cual más tarde se iba a trabajar.



Ilustración 35 Mejora Pozo Provisional

- TREN DE TRABAJO: para la misma actividad de excavación manual pero al momento de dar pica y pala, cuando una sola persona hace el trabajo es demasiado pesado y al cambiar de herramienta genera una pérdida de tiempo, pero si una sola persona da pica y una sola persona da pala se va a repetir el problema descrito anteriormente, mientras una persona trabaja la otra tiene que parar. Por esto se propone usar los “trenes de trabajo” el cual consiste en que primero entra al sitio la persona que tiene que dar pica y tiempo después cuando esta persona haya avanzado entre la persona que va a sacar tierra con pala, para que así una valla detrás de la otra sin detenerse.

Para el corte, figuración y amarre de hierro la cual que tuvo un comportamiento diferente por su propia naturaleza y en la cual el mayor problema fueron los reprocesos, las esperas y el tiempo ocioso, para esto se propone dar metas semanales y/o diarias al doblador para así disminuir el tiempo que tiene esta persona para el ocio y de paso mejorar los rendimientos de la actividad y, hacer un seguimiento a los reprocesos.

Si esto no llegase a funcionar será necesario probar nuevos dobladores, se conoce que aunque sea dos personas más que han ejercido esta labor en otras obras, podrían dar un mejor rendimiento que la persona que lo desempeña actualmente.

A parte de esto, como recomendación adicional se propone que se haga como regla general el etiquetado del refuerzo, es decir, que cada gancho sea identificado para el elemento estructural a ser utilizado, por ejemplo: los estribos de la columna A1, con su respectiva etiqueta y así sucesivamente, para que después de cortado y figurado, cada gancho tenga un identificador de el elemento en el cual va a ser usado.

8 VERIFICACIÓN DE MEJORAS

Hasta esta instancia del estudio que corresponde exactamente a la mitad, se identificaron los problemas más significativos y los que no agregan valor al producto como tal, se propusieron acciones de mejora para así evitar cometer los mismos errores y malgastar el tiempo, a continuación se han de presentar los Paretos correspondientes a las siguientes 5 semanas, donde se han de ver reflejados los cambios en las actividades y el por qué, así como los nuevos problemas a atacar.

Después de esto se van a dar unas acciones correctivas finales y la confirmación de las mejoras que generaron un cambio positivo y el re análisis de las que no causaron impacto o las que causaron un impacto negativo.

8.1 ESTRUCTURA TIPO TUNEL

Tabla 3 Tiempos revisión tipo túnel

| Estructura tipo túnel | | | |
|---|--------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Tiempos acumulados | Tiempo Productivo | Tiempo No Contributivo | Tiempo Contributivo |
| Desde la semana 5 hasta la semana 10 | 34 % | 9% | 57% |

El cambio en esta instancia, fue sólo un 2% que mejoró la productividad y redujo los tiempos Contributivos, pero esto es debido a que en el tipo de construcción tipo túnel, se va adquiriendo un comportamiento como el que se puede apreciar en éste estudio, los tiempos No contributivos con menos de un 10% y la contribución es mayor debido a que la productividad es sólo el momento de la fundida, pero a

la vez es compensada con el aporte que hacen las instalaciones.

Además de esto es importante apreciar que con el tiempo los trabajadores se van familiarizando con los tipos de apartamentos y las medidas, haciendo que al pasar del tiempo cada vez sea más fácil hacer el trabajo y se comience a ver como repeticiones sucesivas del mismo piso tipo.

Finalizando es destacable que a pesar de todos los inconvenientes, se mantuvo un comportamiento donde los tiempos No contributivos, de principio a fin fueron disminuyendo, que es lo más importante de el seguimiento realizado.

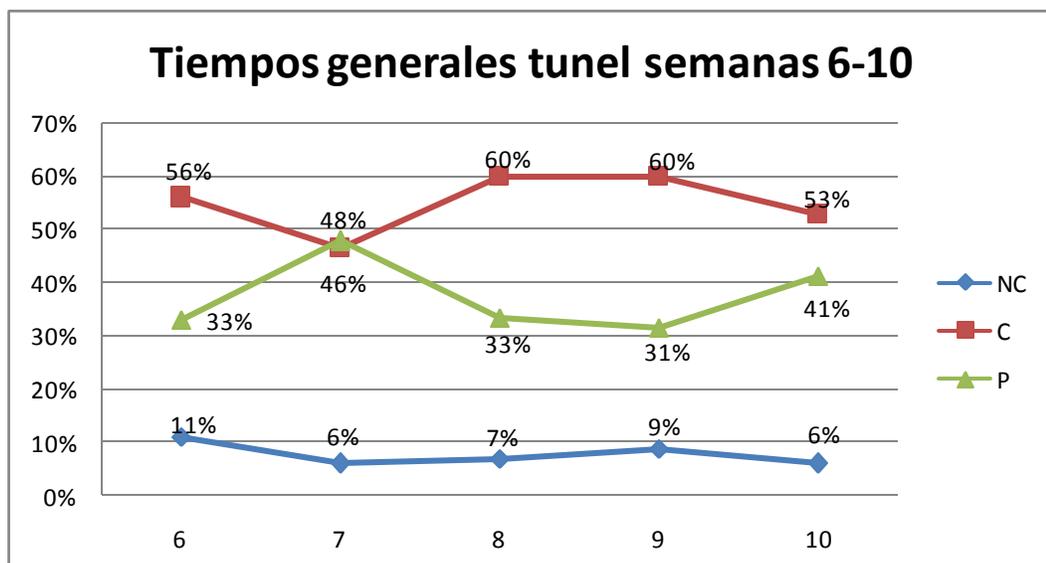


Ilustración 36 Tiempo por semana revisión túnel

NO CONTRIBUTIVOS

Retomando el incidente de la torre-grúa, se ve reflejado en el siguiente pareto, es prácticamente el mismo comportamiento de las primeras 5 semanas, con un leve incremento en el tiempo ocioso de 1.32% y acaparando más de del 50% de los tiempos No contributivos.

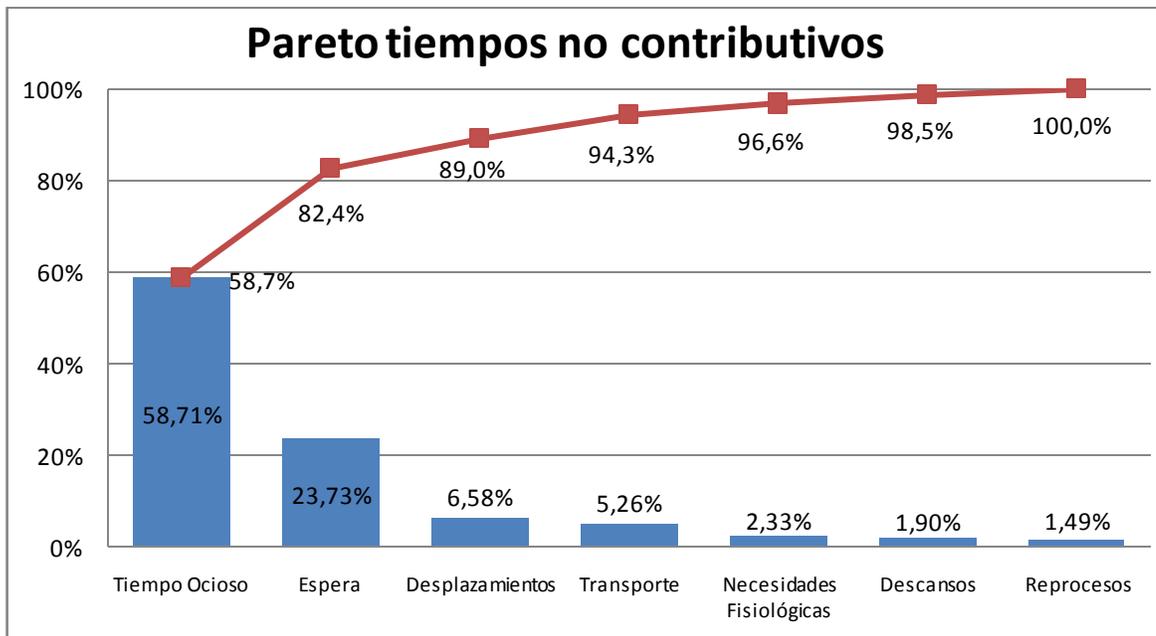


Ilustración 37 Pareto NC revisión tipo túnel

TIEMPO OCIOSO

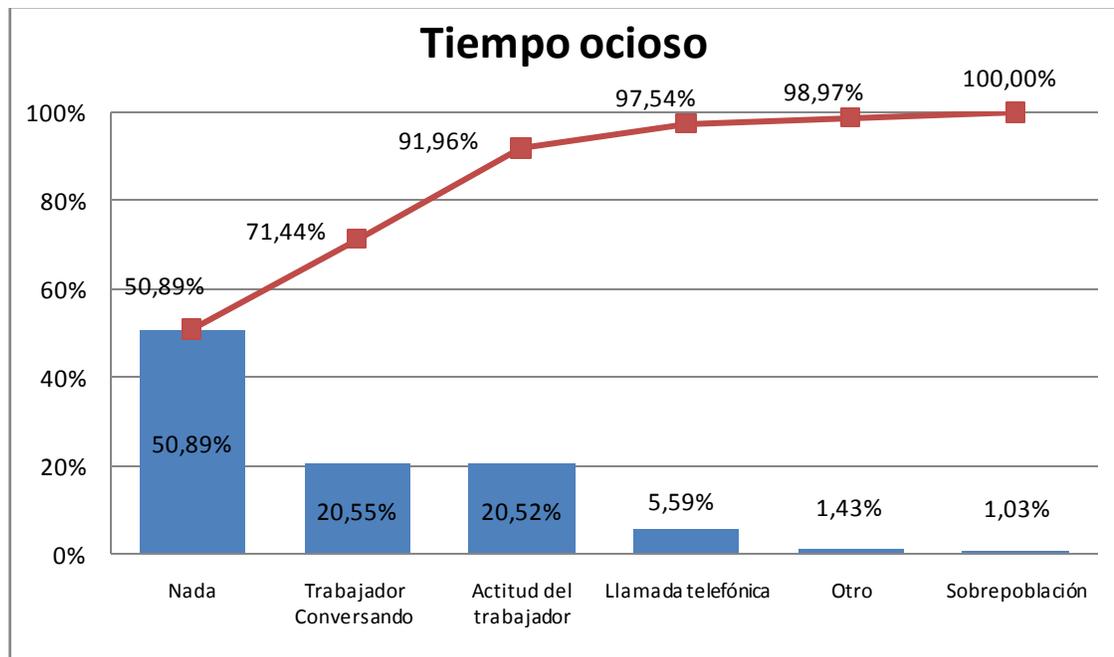


Ilustración 38 Pareto tiempo ocioso revisión tipo túnel

Ahora se presenta el desglose de dichos tiempos de ocio, utilizando un pareto que

ilustra claramente cómo se distribuye dentro del mismo los tiempos, por ejemplo: la labor nada y las conversaciones, disminuyeron, pero aumentó drásticamente la actitud del trabajador, porque como no realizaba las labores a las que ellos pertenecían, sino que los ponían hacer aseo durante el paro de la grúa, no lo hacían de la mejor manera posible.

8.1.1 Instalaciones Eléctricas

A continuación se presenta claramente como se redujeron los tiempos productivos y aumentaron los tiempos No contributivos y los Contributivos, debido a que el contratista era muy incumplido con el pago oportuno a sus colaboradores.

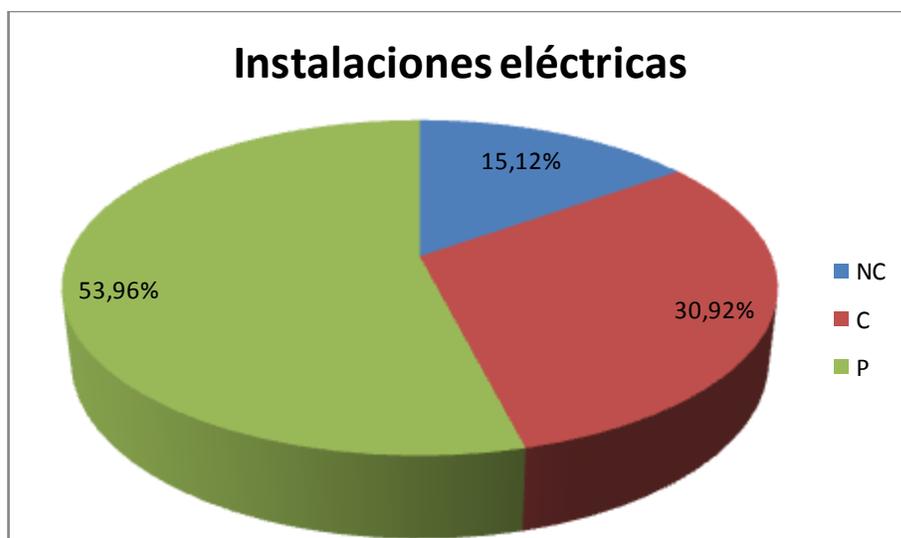


Ilustración 39 Torta Instalaciones eléctricas revisión

NO CONTRIBUTIVO

La ilustración 40 puede dar a conocer claramente como la actitud y otros componentes de ocio, acaparan el 71.75% de los tiempos No contributivos, los cuales se especifican en el pareto de la revisión de las instalaciones eléctricas.

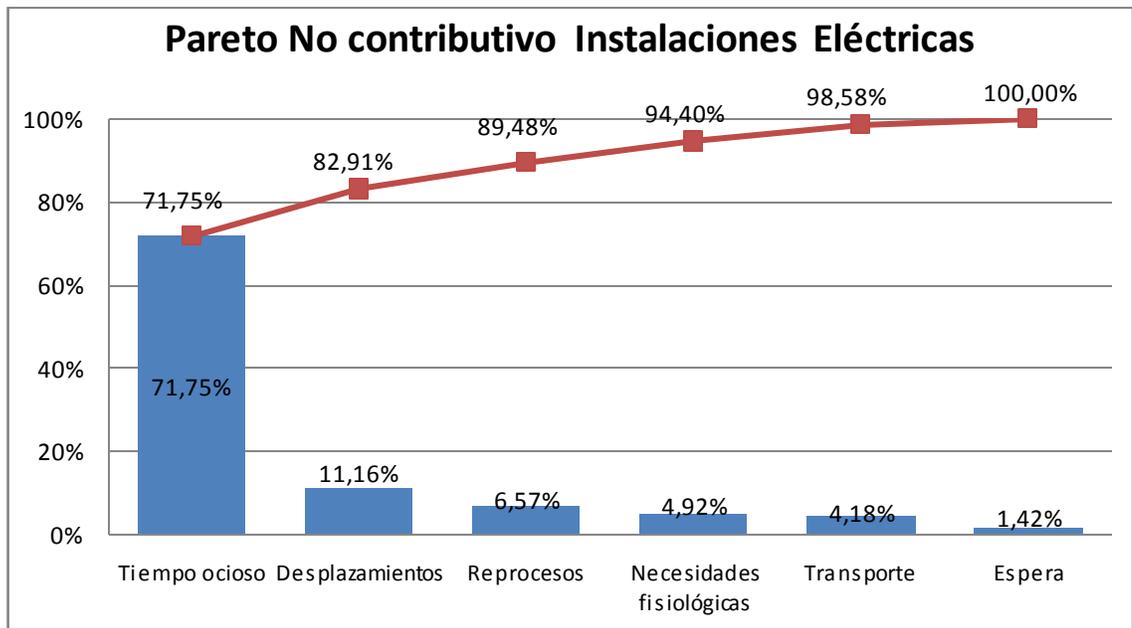


Ilustración 40 Pareto NC Instalaciones eléctricas revisión

TIEMPO OCIOSO

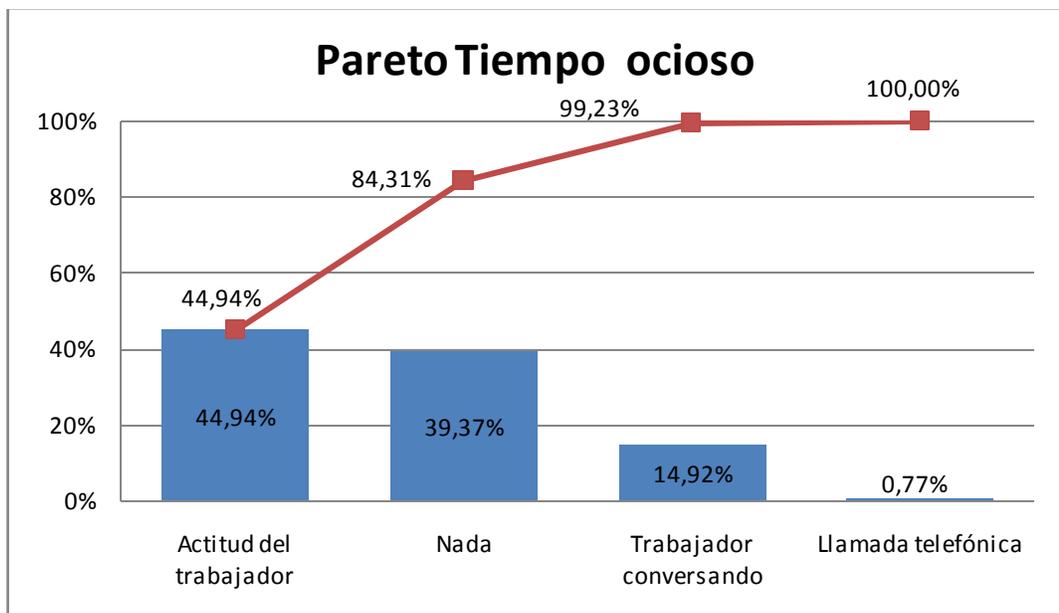


Ilustración 41 Pareto ocio Instalaciones eléctricas revisión

La parte eléctrica sufrió un cambio abrupto y el tiempo ocioso se disparó, esto es debido a la huelga que tuvieron los trabajadores (señalada previamente),

atravesando una crisis con el contratista, porque no les pagaba puntualmente, entonces se veía reflejado en la actitud de los mismos, viéndose un caso tal, que optaron por no ir a trabajar un día y cuando asistían, no hacían sus labores de la mejor manera posible, además en el “paro” uno de los trabajadores que era como el representante de los mismos, constantemente asistía a reuniones con el contratista y el director de obra, ausentándose de sus respectivas labores.

8.1.2 Instalaciones Sanitarias

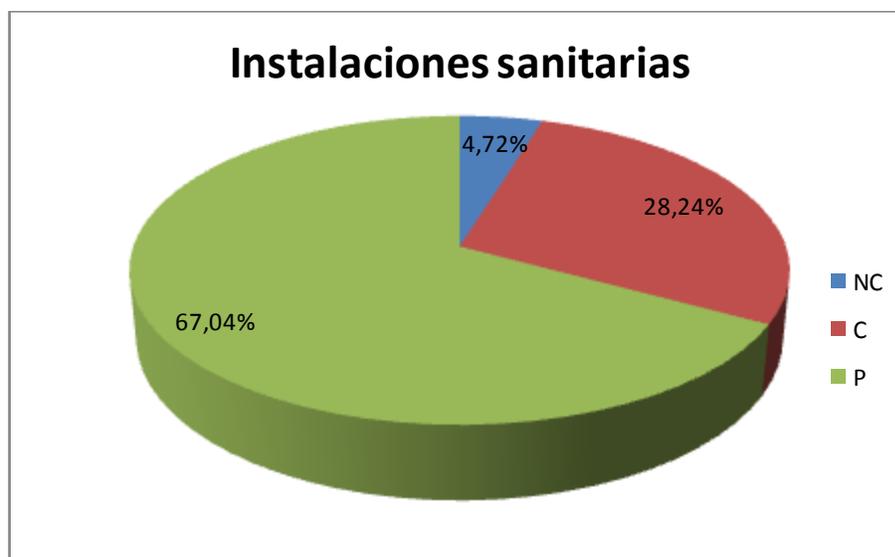


Ilustración 42 Torta Instalaciones sanitarias revisión

Se ve claramente la productividad y, esto es debido a que se tomaron en cuenta las recomendaciones realizadas de una mayor supervisión a los trabajadores para que no se distrajeran ni tuvieran que estarlos llamando constantemente, lo que contribuyó a un mejor comportamiento.

NO CONTRIBUTIVOS

Aunque las esperas tiene una gran parte del tiempo no contributivo, este solo corresponde a un 4,72% del total del tiempo, haciendo que esta no sea una observación tan frecuente como parecería si se mira de manera aislada el Pareto

de los no contributivos.

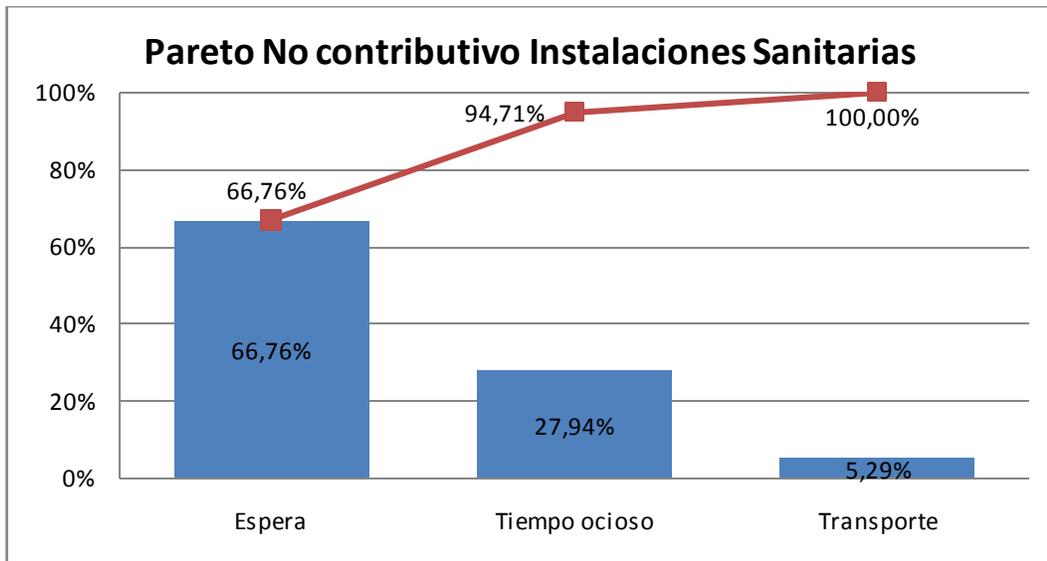


Ilustración 43 Pareto NC Instalaciones sanitarias revisión

ESPERAS

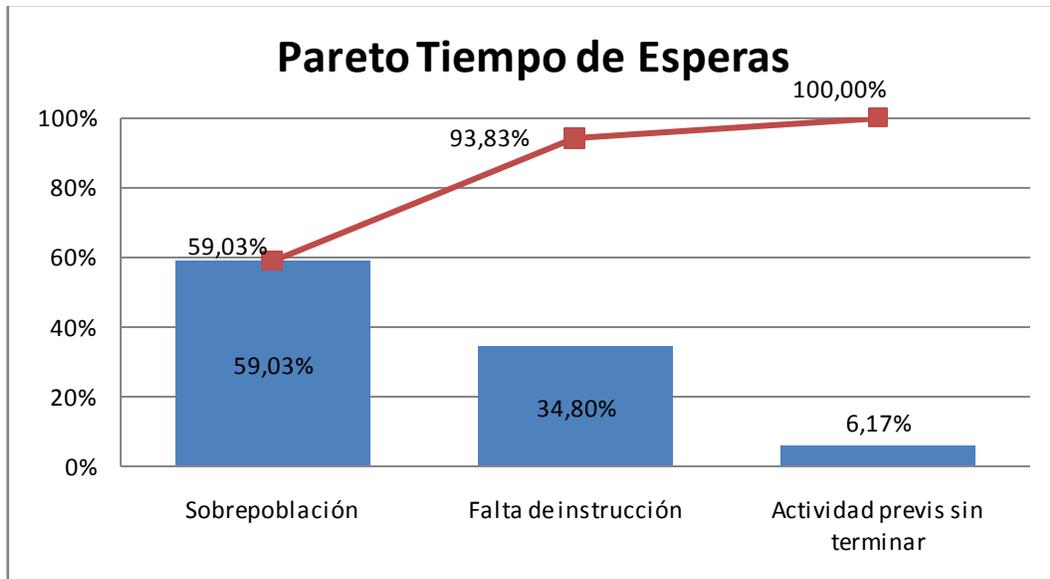


Ilustración 44 Pareto esperas Instalaciones sanitarias revisión

A razón de ver los tiempos iniciales, se optó por la supervisión más seguida de los trabajadores, entonces la ingeniera estaba constantemente en la placa, durante

las actividades que realizaban los plomeros y esto ayudó a mejorar esos tiempos ociosos, pasando las esperas a un primer plano, pero ya es consecuencia de la sobrepoblación manejada en el sitio de trabajo y eliminándose los desplazamientos innecesarios.

8.1.3 Muros Estructurales

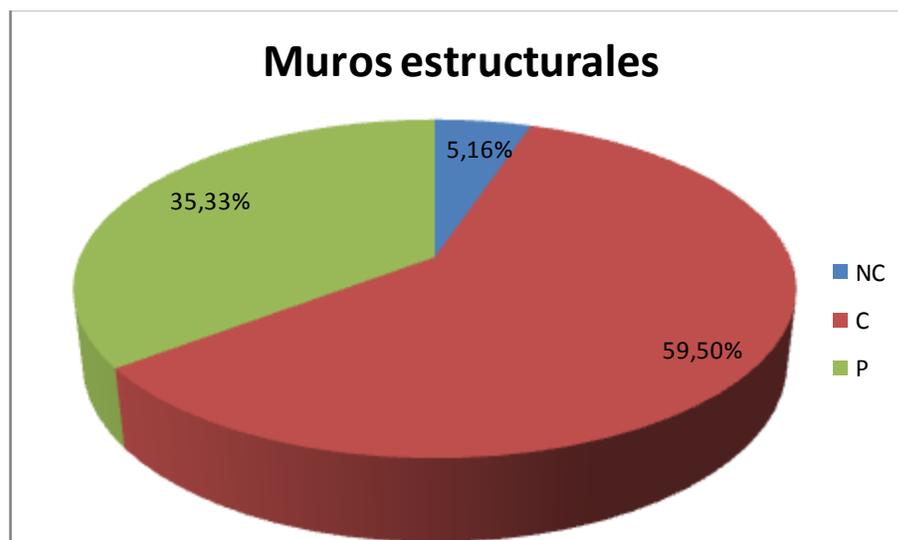


Ilustración 45 Torta muros estructurales revisión

Esta torta, ilustra el comportamiento ideal y esperado en todas las actividades, ya que se disminuyeron los No contributivos y los Contributivos, mientras que los productivos avanzan positivamente en un 8.38%.

NO CONTRIBUTIVOS

Aunque en la distribución dentro de los tiempos No contributivos, se ve que el tiempo ocioso aumentó y se re-distribuyeron los porcentajes dentro de los demás ítems, ya se esclareció previamente, que éstos fueron menores en un 1.23% permitiendo la mejora de los tiempos en general de la actividad.

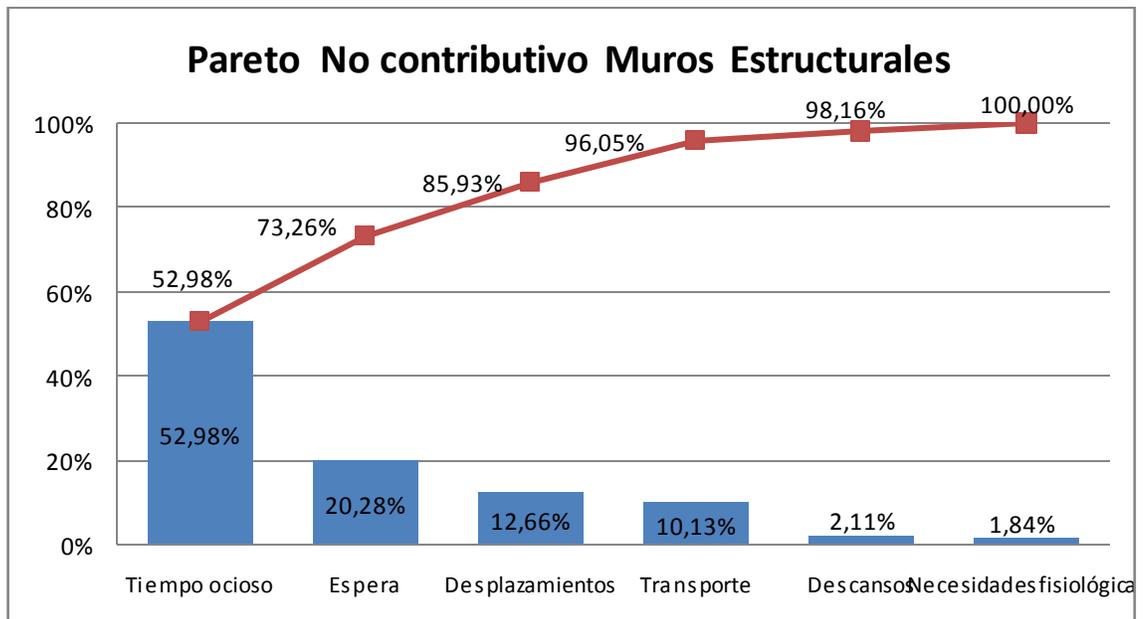


Ilustración 46 Pareto NC Muros estructurales revisión

TIEMPO OCIOSO

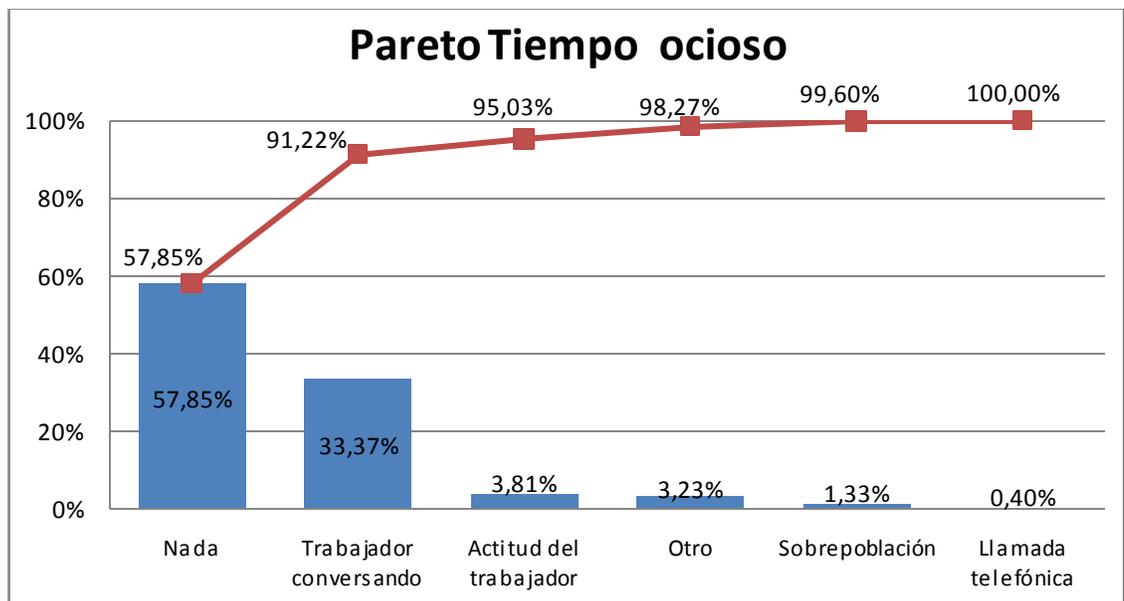


Ilustración 47 Pareto ocioso Muros estructurales revisión

En este lapso de tiempo se sufrió un percance con el proveedor de la malla electro

soldada, ya que se demoró en llegar la misma, lo cual generó un retraso en las actividades en general, por lo cual se debió asignar a todas las cuadrillas a las labores de aseo de la obra y al mismo tiempo se pararon todas las actividades constructivas (esto afectó el seguimiento aproximadamente una semana).

8.1.4 Fundida Placa maciza

En la tora de la actividad fundida de placa maciza, se ve que los tiempos Productivos aumentaron considerablemente, ya que en ésta instancia del estudio se fundieron de una manera más intensa las escaleras de la edificación, lo que se adicionó a la misma, por tanto se tiene un registro de productividad mucho mayor, exactamente en un 9.64%, lo que se descontó de los Contributivos y se distribuyó otra parte a los No contributivos.

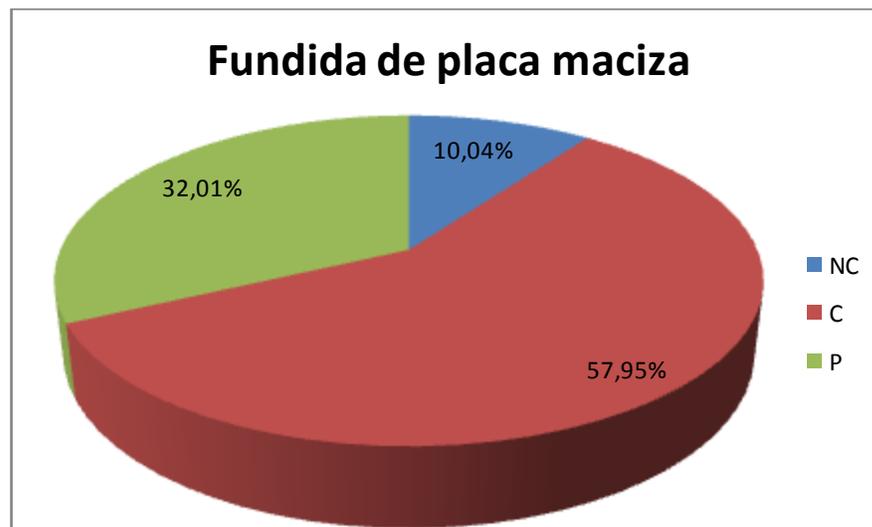


Ilustración 48 Torta Placa maciza revisión

NO CONTRIBUTIVOS

La No contribución de los tiempos es acaparada en un 91.96% por parte de los tiempos ociosos y de las esperas, y posteriormente se ha de ilustrar con detalle cómo se distribuye ese 61%.

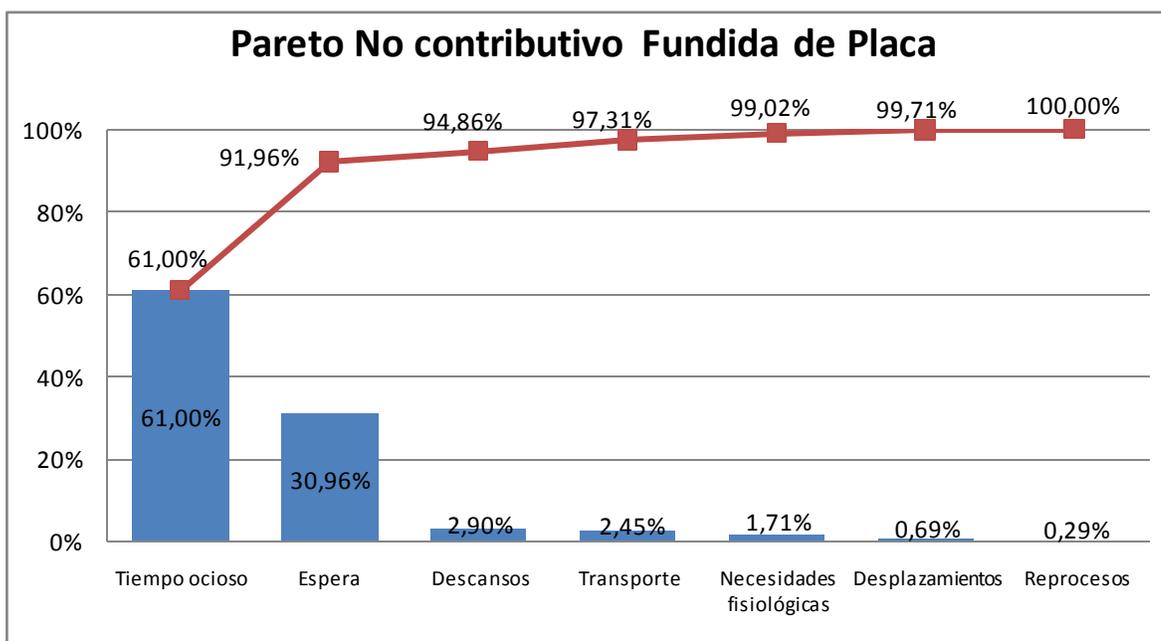


Ilustración 49 Pareto NC Fundida placa revisión

TIEMPO OCIOSO

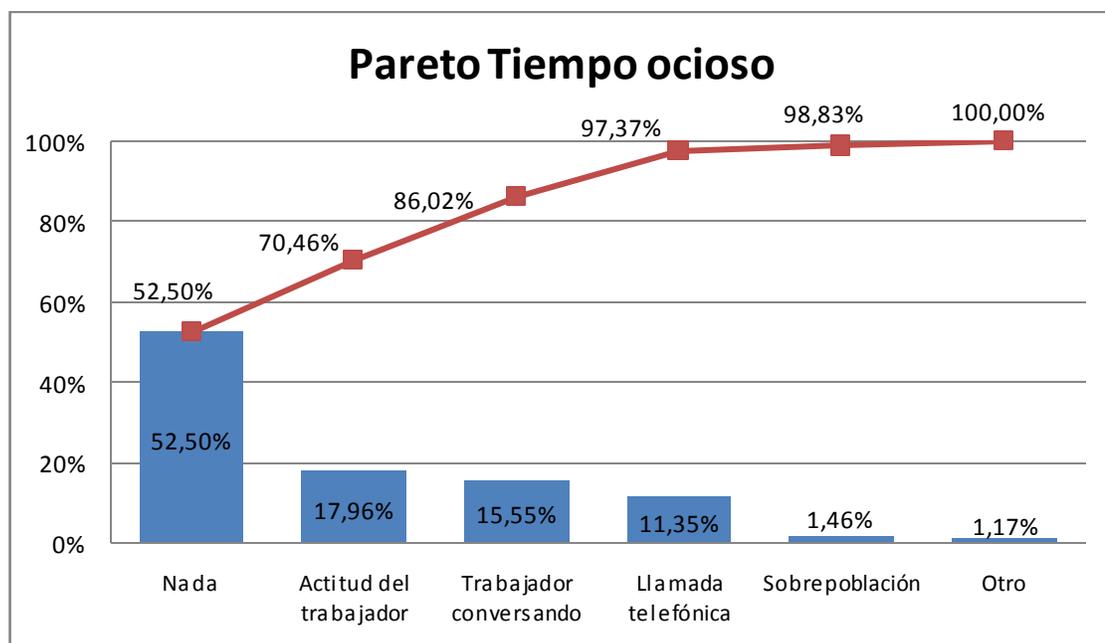


Ilustración 50 Pareto tiempo ocioso Placa maciza revisión

A raíz de la situación mencionada anteriormente (el problema de la malla), los

tiempos ociosos en las cuadrillas de la placa se duplicaron, ya que los trabajadores con ese inconveniente y con la asignación de las nuevas tareas, hacían ocio y no realizaban sus labores de la mejor manera.

De igual manera ésta y todas las actividades se vieron afectadas también por el “paro” realizado por los eléctricos, ya que al no estar listas las instalaciones, no se podía fundir ni placas, ni muros, generando un retraso en las actividades.

8.2 ESTRUCTURA TRADICIONAL

Tabla 4 Tiempos revisión tipo tradicional

| Estructura tipo Tradicional | | | |
|--|-------------------|------------------------|---------------------|
| Tiempos acumulados | Tiempo Productivo | Tiempo No Contributivo | Tiempo Contributivo |
| Desde semana 5 hasta la semana 10 | 29.73 % | 14.94% | 55.33% |

Es notable el cambio positivo en todos los tiempos generales, los tiempos productivos ascendieron del 20% al 29.73%, los tiempos con contributivos descendieron desde el 23% hasta el 14.94% y los tiempos contributivos también descendieron desde un 57% hasta un 55.33%.

A primera vista se puede decir que los cambios ejecutados lograron un gran efecto positivo y que todos fueron para mejorar, pero sería injusto y erróneo atribuir todos los efectos positivos a las acciones de mejora sin ponerlo en contexto a los cambios ocurridos en la obra y sin hacer un análisis por cada una de las actividades.

En general en la obra hubieron muchos cambios independientes del estudio realizado, primero que todo se dispuso de un mayor número de maquinaria para

agilizar el movimiento de tierra, dando espacio constantemente a las cuadrillas para continuar con sus actividades, y como consecuencia del primer cambio se pudo avanzar con el muro de parche casi a diario.

Por otra parte el invierno dio una tregua con una notable disminución en las lluvias, así disminuyendo el tiempo destinado a la limpieza y a la lentitud propia de trabajar sobre una superficie embarrada.

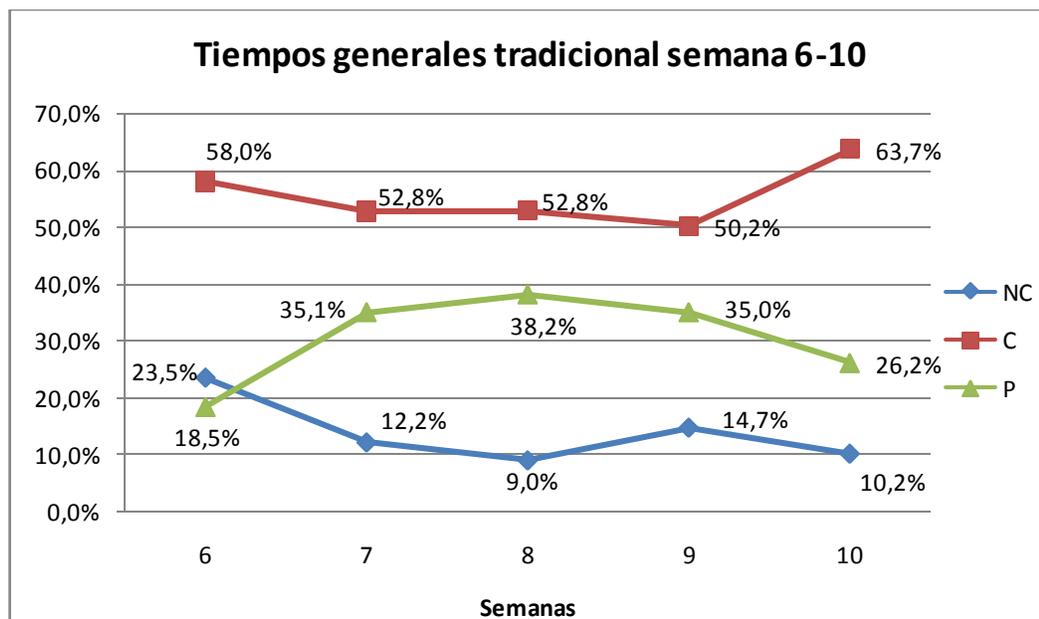


Ilustración 51 Tiempo por semana revisión tradicional

Por otra parte al mezclarse varias actividades de fundida de elementos estructurales, cada una con un ciclo, duración y productividad diferente tiende a perderse la periodicidad del aumento de los contributivos y la disminución de los productivos que se presentaba en las primeras 5 semanas, aunque estos dos tiempos siguen guardando una relación inversa.

NO CONTRIBUTIVOS

Aunque viendo la ilustración 52 pareciera que las esperas subieron de un 39.21% a un 44.45%, hay que dejar claro que estos porcentajes subieron pero el porcentaje general del no contributivo es menos, por lo cual al ponderarlo las

primeras 5 semanas el tiempo de esperas representa un 9.01% del tiempo total y para las últimas 5 semanas el tiempo de esperas representa un 6.64% del tiempo total, visualizándose mejor el cambio.

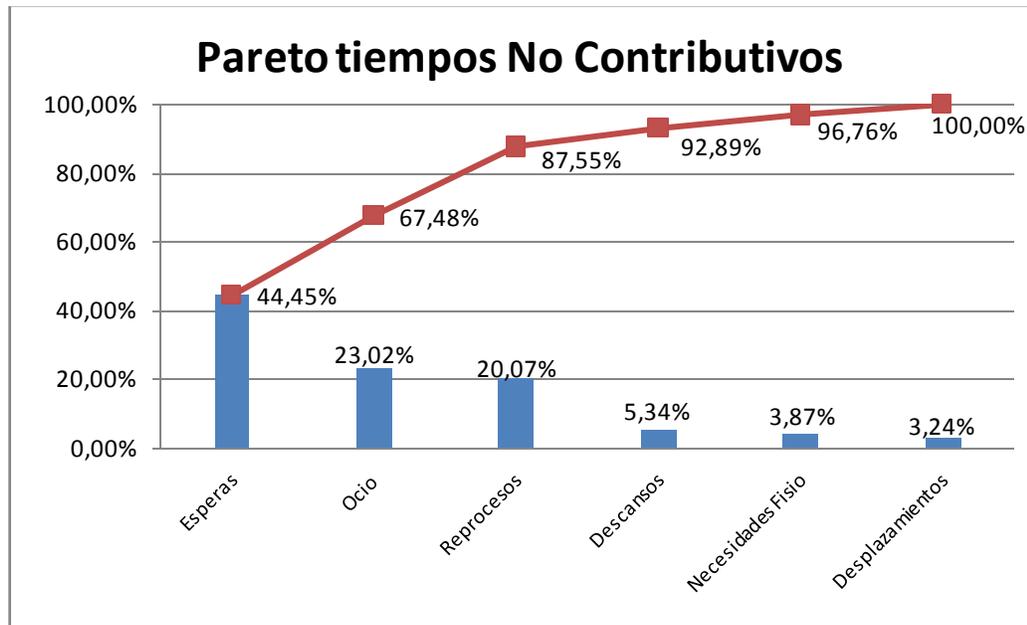


Ilustración 52 Pareto No contributivo revisión tradicional

Lo mismo sucede con el ocio y los reprocesos los cuales parecen subir(desmejorar), pero en los tiempos totales realmente disminuyen, como se puede observar en la ilustración 52 los tres tiempo más importantes que en los dos casos completan más del 80% se mantienen de las primeras 5 semanas a las ultimas 5.

Por último desaparecieron los desplazamientos no contributivos, esto sí es atribuible al cambio en la manera como se ejecutan algunos trabajos y a la mejora en los accesos

ESPERAS

La distribución de las esperas cambio completamente pasando al segundo lugar con un 18.5% la actividad previa sin terminar y casi al último lugar con solo un 2.5% la falta de instrucción, solo se mantuvo en primer lugar la categoría “otro” el cual se presentó por unas fallas en otros procesos constructivos diferentes las cuales se identificaron dentro de cada uno de estos.

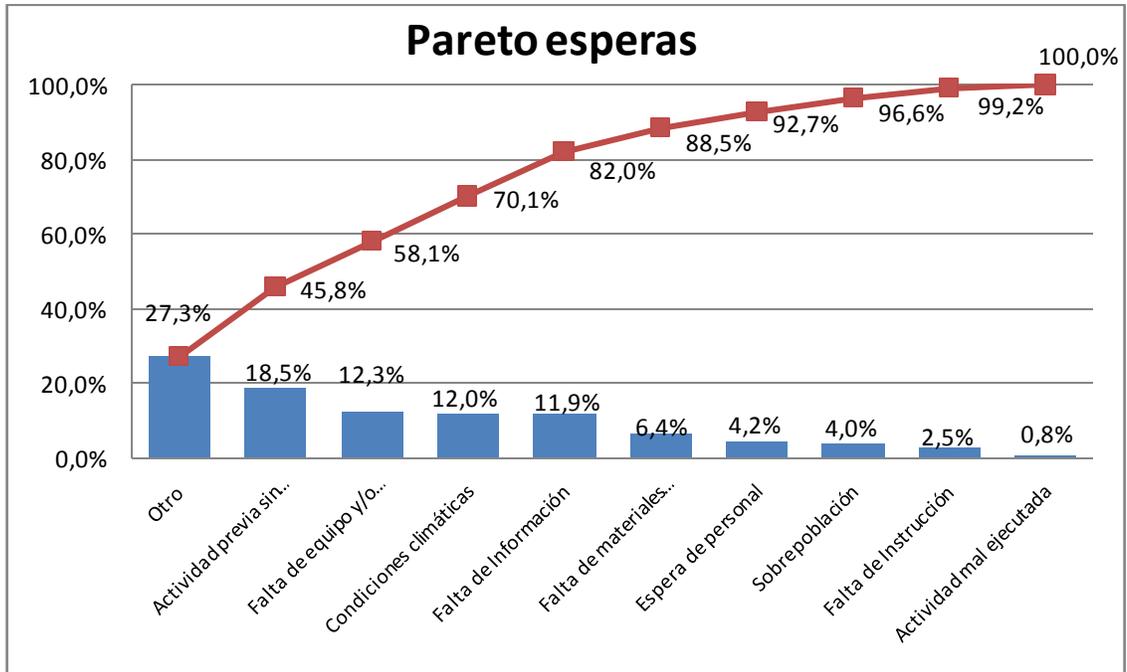


Ilustración 53 Pareto esperas revisión tradicional

8.2.1 Corte, figuración y amarre de hierro

Esta actividad fue una de las que más se vieron afectadas de manera positiva, y en la cual esta mejora es directamente atribuible al estudio y a las mejoras propuestas. El tiempo contributivo bajo de un 38% a un 31.39%, el no contributivo de un 19% a un 8.75% y el productivo aumento de un 43% a un 58.86%. Aunque también hay que aclarar que esta actividad fue jalonada por las fundidas de placa

en las cuales previamente se debía amarrar una gran cantidad de hierro y para la cual los tiempos en la mayoría de los casos son altamente productivos.



Ilustración 54 Torta Corte, figuración y amare de hierro revisión

Para lograr estos cambios, primero se implementaron metas semanales y diarias al figurador, pero en vista del no mejoramiento de los tiempos fue necesario cambiar la persona encargada de la figuración, la nueva persona encargada además de disminuir sus tiempos no contributivos logro triplicar el rendimiento de la figuración del hierro, demostrando que la persona que esta encarga de una actividad así lo esté hace mucho tiempo no siempre es la persona más idónea para la actividad “la costumbre no debe ser regla general”.

NO CONTRIBUTIVOS

El comportamiento de los tiempos no contributivos es similar al de las primeras 5 semanas, las tres categorías más importantes se mantiene en los primeros lugares y se consolidan pasando de sumar un 80.4% a un 86.4%, pero ponderando los tiempos dentro de todo el tiempo total de esta actividad, estos tres pasaron de 11.25% del tiempo total a 7.8% reduciéndose significativamente.

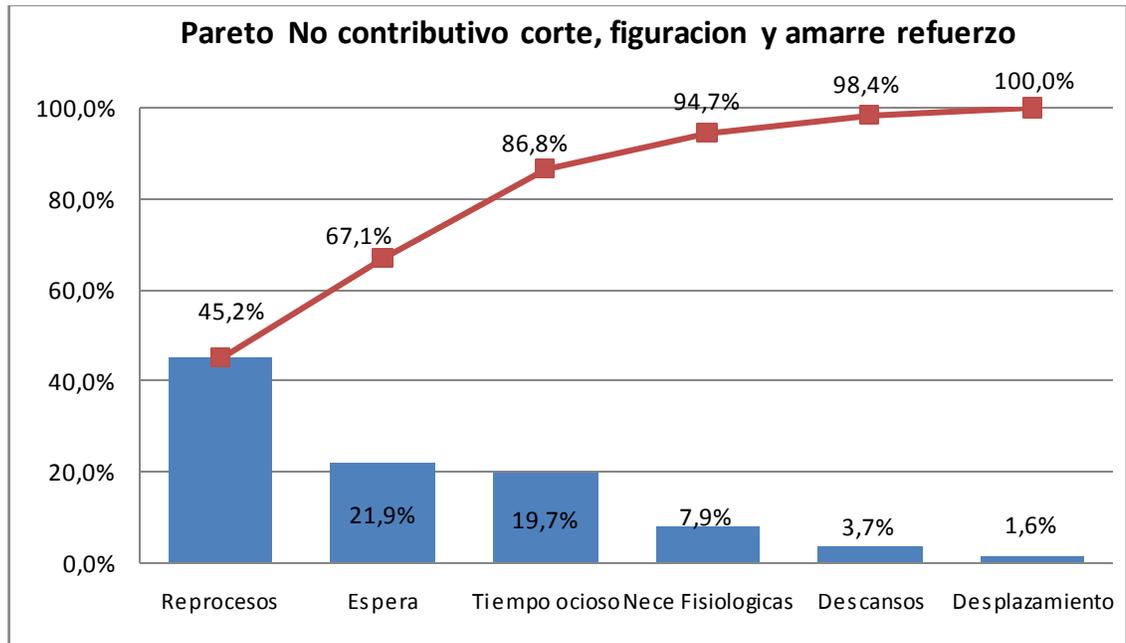


Ilustración 55 Pareto NC Corte, figuración y amarre de refuerzo revisión

Por otra parte la distribución de los reprocesos sigue de la misma manera, predominando los más pequeños causados por trabajos mal ejecutados de la misma cuadrilla.

8.2.2 Fundida Placa aligerada con casetones metálicos

En esta actividad se notaron varios cambios positivos aunque no de gran magnitud en la productividad con un aumento solo del 5%, si se notaron cambios considerables en los tiempos no contributivos, los cuales pasaron de 24% a un 15% un valor que aunque no es considerado bueno da una idea de las mejorías en los procesos.

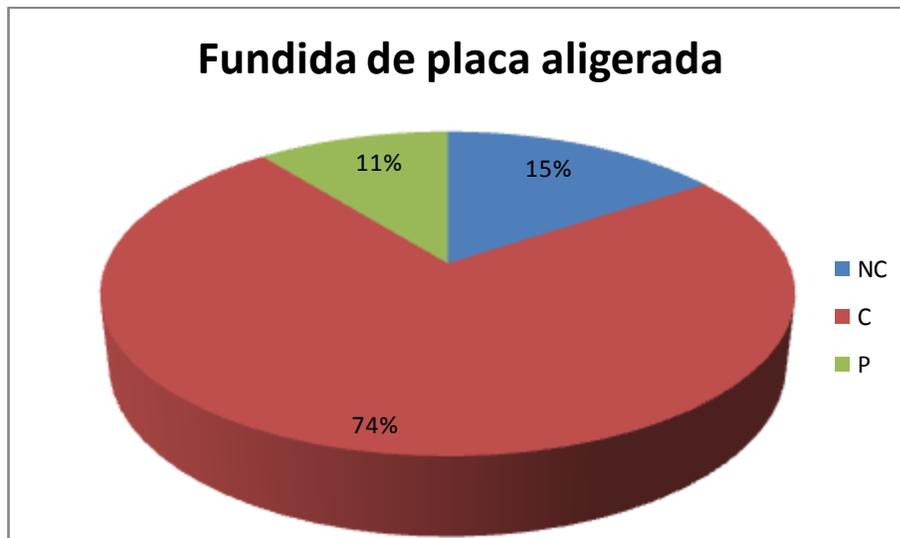


Ilustración 56 Torta fundida de placa aligerada revisión

En las actividades de fundida de elementos en concreto el tiempo productivo no está ligado directamente a las mejoras propuestas, pues este está determinado directamente por la programación y ejecución de las actividades de fundida.

NO CONTRIBUTIVOS

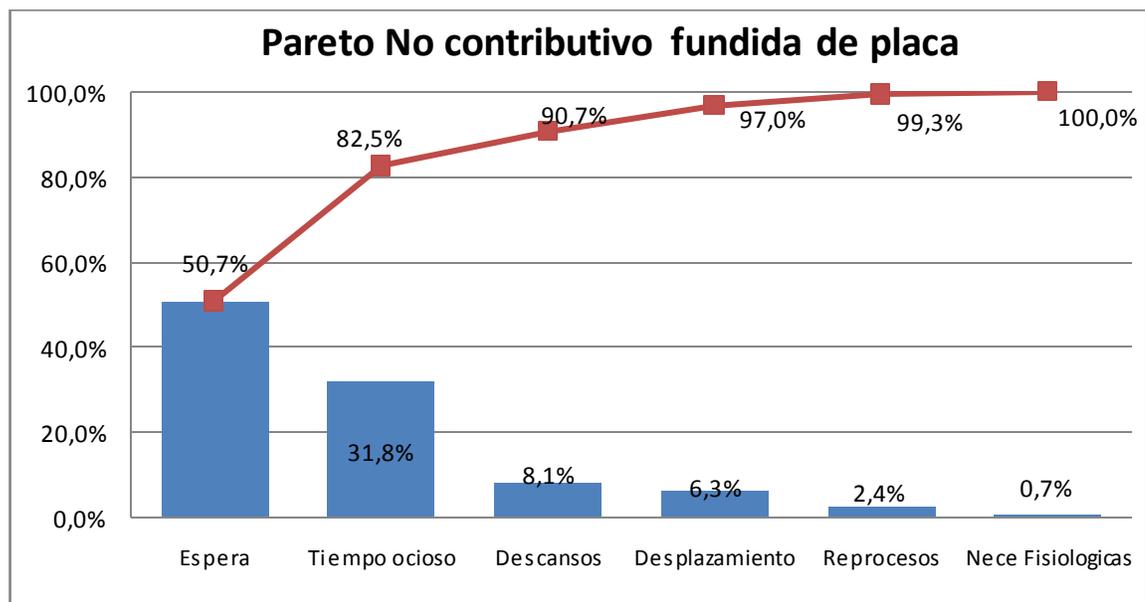


Ilustración 57 Pareto NC Fundida de placa revisión

Aunque los tiempos mejoraron y en su mayoría bajaron, era imposible evitar que se presentaran tiempos de espera y de descansos si no se tenía a disposición la torre gura para mover los casetones y por el contrario se seguía ejecutando la actividad de la misma manera.

Por otra parte el tiempo ocioso subió de un 11% a un 31.8% casi un triple de su valor inicial, esto no se preveía pero es causa directa del mismo proceso constructivo y de juntar aproximadamente ocho personas que tiene una relación amistosa entre sí y en un proceso constructivo que permite charlar.

ESPERAS

Para las últimas 5 semanas los tiempo de esperas cambiaron en su distribución y porcentaje, pasando de ser los de mayor porcentaje la falta de materiales y equipos, por la espera de personal y el otro seguido por la falta de quipo, esto simplemente refleja de nuevo la necesidad de un cambio en la forma de realizar el trabajo al ser indispensable una máquina.

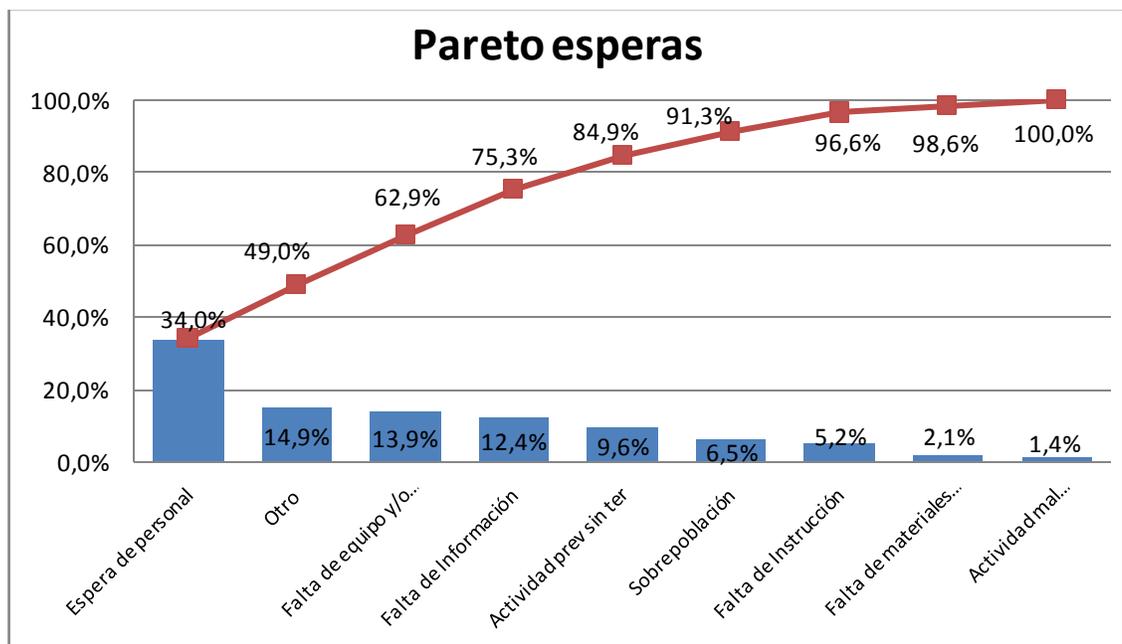


Ilustración 58 Pareto esperas fundida de muro revisión

8.2.3 Fundida de Columnas

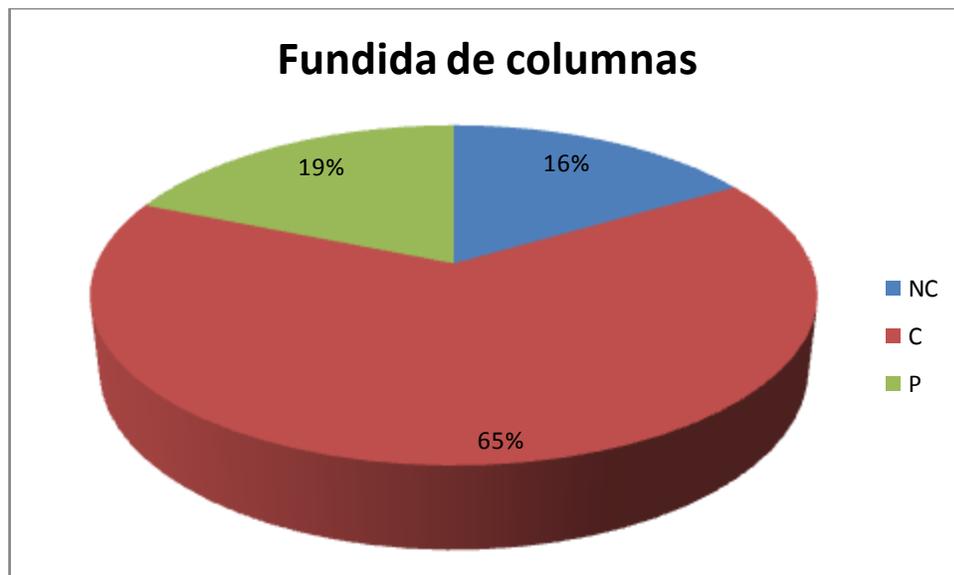


Ilustración 59 Torta Fundida de columnas revisión

Como en las primeras 5 semanas los elementos en concreto tuvieron el mismo comportamiento en las últimas 5 semanas con un descenso en los tiempos no contributivos y un ascenso en los productivos. Para este caso en específico los tiempos productivos subieron de un 10% a un 19% y los no contributivos bajaron de un 25% a un 16%, esto dado que el reproceso de gran tamaño que ocurrió en esta actividad concluyó al pasar de la sexta semana

Por otra parte se comenzó a trabajar sobre las columnas del segundo nivel en el cual es más fácil trabajar puesto que la superficie es más homogénea y está más limpia lo cual facilita el cimbrado y el encofrado

NO CONTRIBUTIVOS

Aunque el reproceso nombrado el primer parte del trabajo acabo, igual se notan los efectos en los tiempos no contributivo, pues al descender la suma total de este tiempo se notan más las muestras en las cuales los cinco minutos las personas estuvieron dedicadas al reproceso.

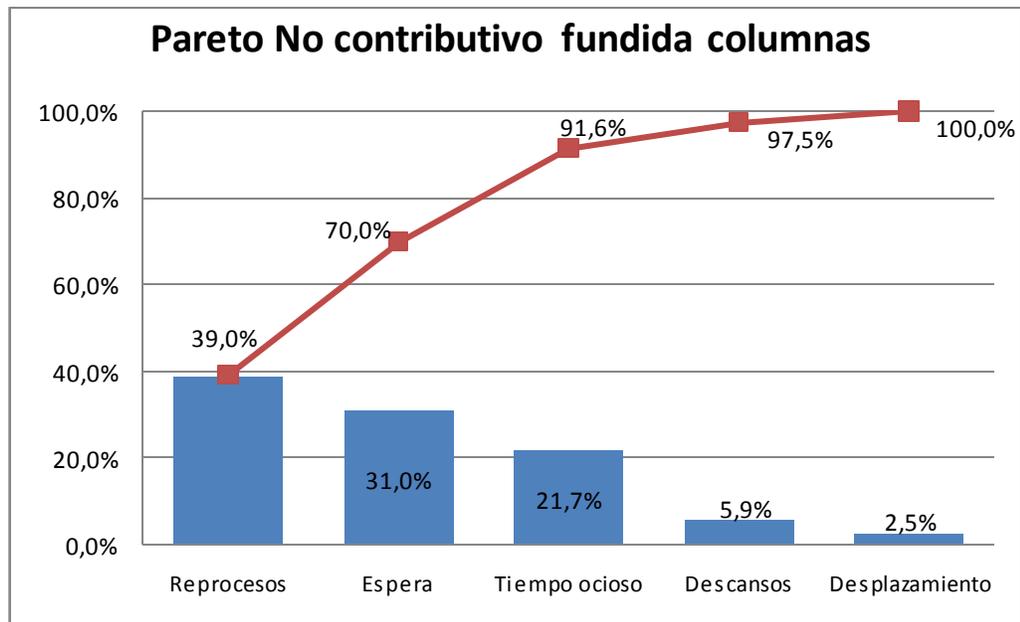


Ilustración 60 Pareto Fundida de columnas revisión

Las esperas con un 31% de todo el tiempo no contributivo se dieron por las mismas causas de la placa en las primeras semanas, la espera de las mixer y la falta de previsión del tiempo que puedan tener los trabajadores muerto mientras llega más concreto, en un momento en particular quedaron 4 ayudantes sentados sin hacer nada esperando el pedido de concreto.

En este caso y por la naturaleza del reproceso todo el tiempo de reprocesos fue originado por una actividad mal ejecutada, no atribuible a algún área específica de la compañía, puesto que fue un error en conjunto entre el equipo de diseño y el equipo de construcción.

8.2.4 Fundida muro de parche

Esta actividad es la que marca el ritmo de trabajo para las demás actividades, puesto que es la predecesora de toda la estructura hasta el piso quinto en el cual esta deja de estar junto al talud, por lo cual no es posible un aumento de los tiempos productivos de las demás actividades sin que esta progrese, por esta

razón es casi que obvio que al ver la mejoría en el comportamiento de las demás actividades después de las mejoras esta actividad también iba a mejorar.

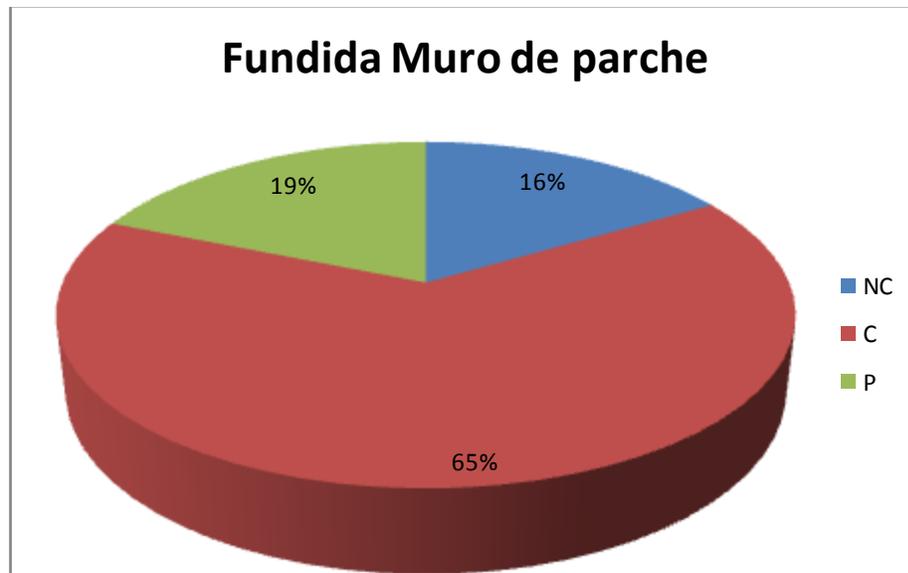


Ilustración 61 Torta Fundida muro de parche revisión

Aunque la mejora solo fue de un 2% es importante en el aumento de los tiempos productivos es importante ver como este avance permitió una mejora mayor en la productividad de las otras actividades.

NO CONTIBUTIVOS

En general los tiempos se mantuvieron parecidos, el tiempo ocioso disminuyo de un 31.2% a un 12.2% y los reprocesos aumentaron de un 20.1% a un 37.2%, los tiempo no contributivos originados por los desplazamientos desaparecieron gracias a las mejoras propuestas en el transporte del material extraído del lugar final del muro.

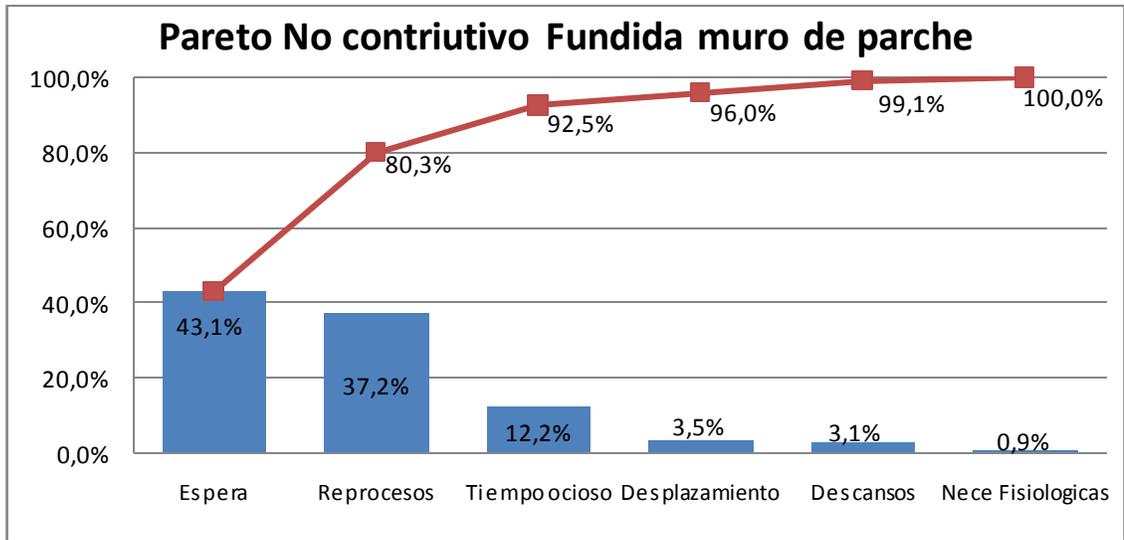


Ilustración 62 Pareto NC Fundida muro parche revisión

El aumento en los reprocesos se dio a causa de los constantes derrumbes del talud originados por la ola invernal, los que hacían que día a día se tuviera que extraer materia del sitio final del muro muchas veces después del encofrado el mismo, teniendo que volver a realizar el proceso.

ESPERAS

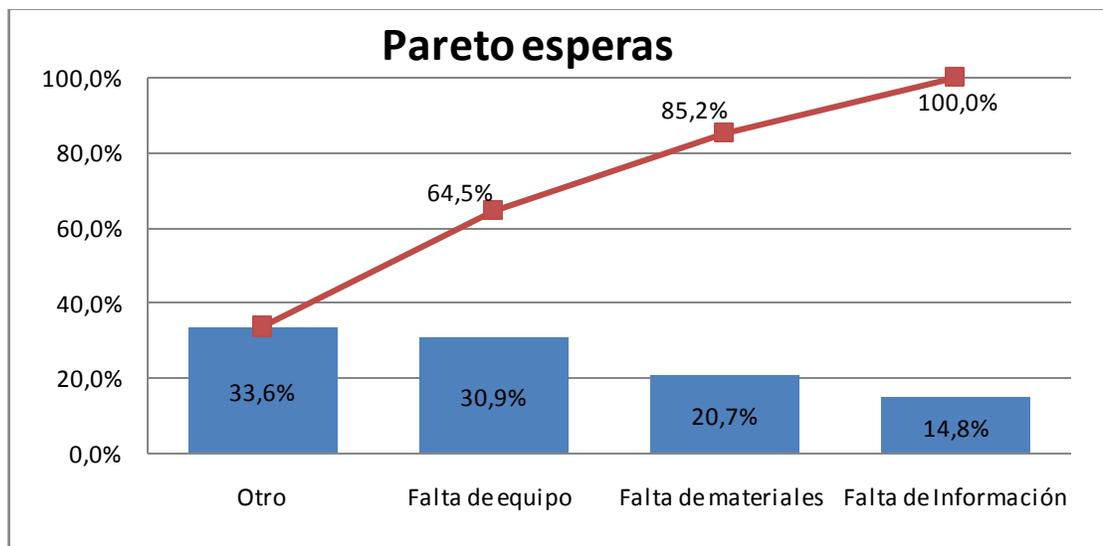


Ilustración 63 Pareto esperas Muro de parche revisión

Según este comportamiento en el cual los “otros” sigue siendo el tiempo de mayor incidencia manteniéndose con 33.6%, fueron inútiles las medidas que se tomaron para disminuir estos tiempos, siendo necesarias nuevas acciones en pro de disminuir los mismos.

Por otra parte las esperas de materiales subieron en un 15.2% a un 20.7% demostrándose que esta actividad tampoco está exenta del problema de la falta de mixer al final de la tarde en la hora pico de pedidos de todas las obras, para esto por parte de la organización se decidió establecer que los pedidos de concreto deben hacerse el día anterior con un volumen tentativo para así poder organizar el movimiento de las mixer y no volver a tener ese tipo de inconvenientes.

9 ACCIONES CORRECTIVAS FINALES

Después del análisis de todos los datos y de las mejoras planteadas parcialmente, se proponen unos cambios finales, para ser puestos en práctica después del estudio junto a los cambios que surtieron un efecto positivo.

Todos estos cambios fueron basados en el análisis del tipo de tiempos no contributivos encontrados en cada una de las etapas y para cada uno de los tipos de estructura. Además de esto se generaron recomendaciones generales para ser implementadas por el sector, sin importar el tipo de obra.

- Crear una base de datos de reprocesos con alertas en cada fase del proceso en la cual ocurrió y para cada departamento involucrado.
- Crear un departamento LEAN CONSTRUCTION.
- Si la compañía desea autoabastecerse de maquinaria, debe ser comprada la suficiente para que esto no se convierta en un cuello de botella.
- Implementar el LAST PLANNER a todos los contratistas y al personal de administración.
- Hacer siempre un estudio de las restricciones para cada actividad, no solo con otras actividades sino también con materiales, mano de obra y herramientas necesarias para la ejecución de la misma.
- Hacer mejor selección a las personas que van a ser promovidas a Adelantado u Oficial, para verificar que estos tengan autoridad y representen esto frente a los ayudantes.
- Por parte de la residencia de obra es necesario probar a los trabajadores nuevos en las tareas que ellos estén más capacitados y no solo en la que sean necesarias más personas.

- Comprar todo el acero de refuerzo figurado, en varias empresas dedicadas a la venta del mismo, esta tarea no tiene ningún costo.
- Por parte de la residencia es necesario verificar en que actividades se pueden realizar trenes de trabajo para agilizar los trabajos.
- Hacer una modulación de la herramienta como andamios para potencializar su uso y evitar sobre desplazamiento.
- Mejorar todas las instalaciones provisionales para que no tengan que ser hechas para cada obra, instalaciones como el campamento, la caseta del residente, las bancas para los trabajadores y en generar todos los accesos provisionales.
- Tener una buena planificación sobre la localidad de los materiales, para que conforme se avance en la obra, no se esté modificando la misma y esté interrumpiendo la cotidianidad de las actividades.
- Crear dentro de la empresa un sistema, en el cual se tenga reporte día a día del uso de la maquinaria en las diferentes obras, para que todo el grupo de profesionales sepa con cuales se ha de contar para cada día de la semana y no quedarse esperando lo que no va llegar.
- Realizar una inducción al personal nuevo, para así evitar ingresos en vano, es decir, que empiecen sus labores y debido a lo duro y difícil de su trabajo estén pidiendo permisos y presentando enfermedades para evadir labores.
- Una adecuada y permanente comunicación con los proveedores, para poder evitar que el material de trabajo escasee.

RECOMENDACIONES

- Es necesario definir desde un principio las actividades específicas que se quieran estudiar, estas en base a su incidencia en el presupuesto y a su continuidad en el tiempo del estudio.
- Si se quiere continuar con el proceso de implementación de la filosofía LEAN CONSTRUCTION es necesario implementar el lastplanner en todos los procesos y con todos los contratistas, exigiéndose el mayor de los compromisos a estos últimos.
- Antes de hacer el estudio es necesario hacer la caracterización de las actividades en campo, para así verificar el proceso que se está llevando a cabo y no hacer el estudio en base a un proceso teórico o que se está ejecutando de manera distinta.
- Para una buena implementación de la filosofía Lean construction es necesario una retroalimentación continua, además de la constante comunicación de las observaciones y las mediciones, para que se puedan tomar las acciones correctivas a tiempo y se genere una cultura proactiva y no reactiva.
- Todas las mediciones deben hacerse con prudencia para que la presencia del tomador de datos no interfiera con las mediciones, ni positiva ni negativamente.
- Es importante aclarar que la clasificación de los tiempos contributivos y no contributivos debe ser dinámica, lo que significa que se pueden agregar

nuevas categorías a la clasificación a medida que estas van apareciendo, pudiéndose incluir en ellas observaciones frecuentes que no figuren en la misma asignándole un código y un nombre representativo .

- La cantidad necesaria de mediciones la determina el comportamiento mismo de los tiempos, aunque se recomienda hacer las mediciones en pequeños períodos de tiempo, pero repartidos entre todos los días de la semana y las diferentes horas del día.
- Para obtener resultados significativos, es indispensable analizar los datos obtenidos desde los puntos de vista más posibles, no sólo limitarse a verificar lo que no hacen correctamente.
- Es bueno dar reconocimientos o incentivos a los empleados, periódicamente, esto con el fin de levantar el ánimo de los mismos y que no decaigan en la monotonía de sus labores y pierdan el entusiasmo a la hora de realizar sus labores.
- Previo al estudio, es necesario identificar el personal que está encargado a actividades varias, esto con el fin de estar seguros que en medio de una medición el trabajador no cambie de actividad y se mezcle en una misma dos actividades diferentes.

CONCLUSIONES

Se estableció que la variación semana a semana de los tiempos se debe a la falta de programación previa de las actividades que procura generar una ejecución continua y pareja de las mismas, además, los tiempos no se van a estabilizar hasta que se implemente la herramienta del LastPlanner, mediante la cual a través de esta se pueden “seguir, aislar y eliminar las fuentes de variación la cual es la mejor forma de mejorar la fiabilidad del proyecto”[8]. Para que esta herramienta funcione es necesario que las metas propuestas por los contratistas y equipo de profesionales de la obra, semana a semana, sean cumplidas a cabalidad, de lo contrario buscar maneras de incentivarlos para que tengan sentido de pertenencia con la misma y se obtenga el máximo provecho de esta.

También se pudo determinar que se generan más tiempos productivos y menos no contributivos en el sistema constructivo tipo túnel que en el sistema constructivo tradicional, esto debido al ritmo de trabajo y la repetitividad de este sistema, y, aunque el sistema de construcción tipo túnel tiene mejores tiempos, es necesario tener en cuenta que la mayoría de sus tiempos no contributivos fueron por ocio, lo cual hace que en este tipo de construcción se requiera una alta supervisión para evitar esto. Igualmente se evidenció que el grupo de profesionales de la obra no es suficiente para realizar toda esta supervisión y se hace necesaria la presencia de un supervisor en la obra para cumplir estas funciones.

Como un análisis global de la obra se revisaron generalidades de los empleados y se pudo concluir que no existe una variación significativa de los tiempos teniendo en cuenta el día de la semana, ni las semanas de pago a los trabajadores, pero si existe una diferencia notable entre los trabajadores nuevos y antiguos

evidenciándose que los trabajadores antiguos tiene más tiempos productivos por ser los encargados de las labores de mayor importancia, pero a su vez tiene más tiempos no contributivos, esto debido a que ellos son los encargados de corregir los errores originados por los trabajadores nuevos (reprocesos).

BIBLIOGRAFIA

1. VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber. Conceptos y reglas de lean manufacturing. México df :Cotalimusa Noriega editores, 2007.
2. BOTERO BOTERO, Luis Fernando y ALVARES VILLA, María Eugenia. Identificación de pérdidas en el proceso de la construcción. [en línea]. [consultado el 17 Julio de 2011]. Disponible en <redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/215/21513006.pdf >
3. KOSKELA, Lauri. Application of the new production philosophy to construction. En: CIFE Technical report. No. 72 (1992); p. 75.
4. Ibid
5. BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Construcción sin pérdidas : análisis de procesos y filosofía lean construction. Edición 2006. Bogotá :Legis s.a.
6. Ibid
7. BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Herramientas de identificación y reducción de pérdidas :Herramientas de medición. Medellín.
8. HOWEEL, Gregory. A Guide for New Users of the Last Planner System Nine Steps for Success, Noviembre de 2002.

ANEXOS

Anexo A Formato de caracterización de procesos

Proceso: CORTE, FIGURACIÓN Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO

Responsable: Residente de obra.

Objeto: Cortar, Figurar y Colocar el acero empleado en el refuerzo de estructuras.



| | | | | |
|-----|---------------------------------|---|--|-----|
| PCC | Programación definitiva de obra | <p>Corte y Figuración</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transporte del acero desde los arrumes hasta el banco de corte o doblaz. - Marcado de los sitios donde se va a doblar o cortar - Se dobla y corta el acero de la | Tiempo real de la actividad para el seguimiento. | PCC |
|-----|---------------------------------|---|--|-----|

| | | | | |
|---------|---|--|--|---------|
| COMPRAS | Hierro y alambre negro. Andamios y otros equipos. | | Necesidad de compra de hierro y alambre. | COMPRAS |
| DISEÑO | Planos estructurales. Planos arquitectónicos. | | Rectificación de los diseños | DISEÑO |

Anexo C Clasificación de los tiempos

| Nº | CATEGORÍA | CLASIFICACIÓN | CÓD | ACTIVIDAD | |
|----|------------------------|--------------------------|------------|--|--|
| 1 | TIEMPO NO CONTRIBUTIVO | Espera | 101 | Falta de Información | |
| | | | 102 | Falta de Instrucción | |
| | | | 103 | Falta de materiales (concreto, cemento, ladrillo, bloques) | |
| | | | 104 | Falta de equipo y/o herramienta. | |
| | | | 105 | Sobrepoblación | |
| | | | 106 | Espera de personal | |
| | | | 107 | Actividad previa sin terminar | |
| | | | 108 | Actividad mal ejecutada | |
| | | | 109 | Condiciones climáticas | |
| | | | 110 | Otro | |
| 2 | TIEMPO NO CONTRIBUTIVO | Tiempo Ocioso | 201 | Actitud del trabajador | |
| | | | 202 | Mala distribución de personal | |
| | | | 203 | Trabajador Conversando | |
| | | | 204 | Llamada telefónica | |
| | | | 205 | Sobrepoblación | |
| | | | 206 | Falta de supervisión. | |
| | | | 207 | Falta de instrucciones. | |
| | | | 208 | Otro | |
| | | | 209 | Nada | |
| 3 | TIEMPO NO CONTRIBUTIVO | Desplazamientos | 301 | Falta de recursos | |
| | | | 302 | Falta de supervisión o instrucciones | |
| | | | 303 | Falta de instrucciones. | |
| | | | 304 | Sobrepoblación | |
| | | | 305 | Pobres condiciones de trabajo | |
| | | | 306 | Actividad previa sin terminar | |
| | | | 307 | Otro | |
| 4 | TIEMPO NO CONTRIBUTIVO | Descansos | 401 | Agotamiento | |
| 5 | | Necesidades Fisiológicas | 501 | Hidratación | |
| | | | 502 | Aseo personal | |
| | | | 503 | Ir al baño | |
| | | | 504 | Otro | |
| 6 | | TIEMPO NO CONTRIBUTIVO | Reprocesos | 601 | Trabajo mal ejecutado |
| | | | | 602 | Daño causado por una cuadrilla diferente |
| | 603 | | | Falta de planeación | |
| | 604 | | | Cambio de planos. | |
| | 605 | | | Cambio de especificaciones. | |
| 7 | TIEMPO NO CONTRIBUTIVO | Transporte | 701 | Mala distribución de recursos | |
| | | | 702 | Falta de equipo | |
| | | | 703 | Método inadecuado | |

| | | | |
|----|---------------------|--------------------------|------|
| 8 | TIEMPO CONTRIBUTIVO | Instrucciones de Trabajo | 801 |
| 9 | | Toma de decisiones | 901 |
| 10 | | Supervisión. | 1001 |
| 11 | | Planificación de trabajo | 1101 |
| 12 | | Transporte | 1201 |
| 13 | | Desplazamientos | 1301 |
| 14 | | Mediciones | 1401 |
| 15 | | Limpieza | 1501 |
| 16 | | Preparación | 1601 |
| 17 | | Protección | 1701 |
| 18 | | Desencofrado | 1801 |
| 19 | | Panelitas | 1901 |
| 20 | | Vibrador | 2001 |
| 21 | | Vibrado | 2101 |
| 22 | | Chapolineo | 2201 |
| 23 | | Malla tubería | 2301 |
| 24 | | Icopor | 2401 |
| 25 | Curado | 2501 | |
| 26 | Otros | 2601 | |
| 27 | Asistencia | 2701 | |

Anexo D Tiempos totales tradicional clasificados

| CATEGORÍA | CLASIFICACIÓN | CÓD | ACTIVIDAD | TOTAL TIEMPO X ACTIVIDAD |
|------------------------|--------------------------|--|---|--------------------------|
| TIEMPO NO CONTRIBUTIVO | Espera | 101 | Falta de Información | 2030 |
| | | 102 | Falta de Instrucción | 874 |
| | | 103 | Falta de materiales (concreto, cemento, ladrillo, bloques, etc) | 3068 |
| | | 104 | Falta de equipo y/o herramienta (fomaleta, martillos, andamios, etc.) | 3781 |
| | | 105 | Sobrepoblación | 1122 |
| | | 106 | Espera de personal | 2515 |
| | | 107 | Actividad previa sin terminar | 3261 |
| | | 108 | Actividad mal ejecutada | 793 |
| | | 109 | Condiciones climáticas | 1242 |
| | | 110 | Otro | 3846 |
| | Tiempo Ocioso | 201 | Actitud del trabajador | 484 |
| | | 202 | Mala distribución de personal | 271 |
| | | 203 | Trabajador Conversando | 4785 |
| | | 204 | Llamada telefónica | 606 |
| | | 205 | Sobrepoblación | 179 |
| | | 206 | Falta de supervisión. | 0 |
| | | 207 | Falta de instrucciones. | 0 |
| | | 208 | Otro | 925 |
| | | 209 | Nada | 3591 |
| | Desplazamientos | 301 | Falta de recursos | 981 |
| | | 302 | Falta de supervisión o instrucciones | 31 |
| | | 303 | Falta de instrucciones. | 427 |
| | | 304 | Sobrepoblación | 0 |
| | | 305 | Pobres condiciones de trabajo | 794 |
| | | 306 | Actividad previa sin terminar | 160 |
| | | 307 | Otro | 1038 |
| | Descansos | 401 | Agotamiento | 1855 |
| | Necesidades Fisiológicas | 501 | Hidratación | 1939 |
| | | 502 | Aseo personal | 207 |
| | | 503 | Ir al baño | 410 |
| 504 | | Otro | 149 | |
| Reprocesos | 601 | Trabajo mal ejecutado | 8482 | |
| | 602 | Daño causado por una cuadrilla diferente | 273 | |

| | | | | |
|--|------------|-----|-------------------------------|-------------------------------------|
| | | 603 | Falta de planeación | 1010 |
| | | 604 | Cambio de planos. | 300 |
| | | 605 | Cambio de especificaciones. | 0 |
| | Transporte | 701 | Mala distribución de recursos | 981 |
| | | 702 | Falta de equipo | 234 |
| | | 703 | Método inadecuado | 131 |
| | | 704 | otros | 452 |
| | | | | TOTAL TIEMPO NO CONTRIBUTIVO |

| | | | | |
|---------------------|--------------------------|------|----------------------------------|---------------|
| TIEMPO CONTRIBUTIVO | Instrucciones de Trabajo | 801 | | 5474 |
| | Toma de decisiones | 901 | | 621 |
| | Supervisión. | 1001 | | 3500 |
| | Planificación de trabajo | 1101 | | 2837 |
| | Transporte | 1201 | | 21831 |
| | Desplazamientos | 1301 | | 7765 |
| | Mediciones | 1401 | | 9289 |
| | Limpieza | 1501 | | 21699 |
| | Preparación | 1601 | | 15230 |
| | Protección | 1701 | | 992 |
| | Desenfofrado | 1801 | | 38603 |
| | Panelitas | 1901 | | 0 |
| | Vibrador | 2001 | | 75 |
| | Vibrado | 2101 | | 1990 |
| | Chapolineo | 2201 | | 2522 |
| | Malla tubería | 2301 | | 0 |
| | Icopor | 2401 | | 319 |
| | Curado | 2501 | | 300 |
| | Otros | 2601 | | 10961 |
| Asistencia | 2701 | | 6903 | |
| | | | TOTAL TIEMPO CONTRIBUTIVO | 150911 |

| | | | | |
|--------------------------|---|------|--------------------------------|--------------|
| TIEMPO PRODUCTIVO | Realizar actividades propias a su trabajo | 3001 | | 64362 |
| | | | TOTAL TIEMPO PRODUCTIVO | 64362 |

Anexo E Tiempos totales túnel clasificados

| CATEGORÍA | CLASIFICACIÓN | CÓD | ACTIVIDAD | TOTAL TIEMPO X ACTIVIDAD |
|------------------------|--------------------------|-----|--|--------------------------|
| TIEMPO NO CONTRIBUTIVO | Espera | 101 | Falta de Información | 40 |
| | | 102 | Falta de Instrucción | 2461 |
| | | 103 | Falta de materiales (concreto, cemento, ladrillo, bloques, etc) | 1614 |
| | | 104 | Falta de equipo y/o herramienta (formaleta, martillos, andamios, etc.) | 731 |
| | | 105 | Sobrepoblación | 945 |
| | | 106 | Espera de personal | 436 |
| | | 107 | Actividad previa sin terminar | 367 |
| | | 108 | Actividad mal ejecutada | 138 |
| | | 109 | Condiciones climáticas | 0 |
| | | 110 | Otro | 0 |
| | Tiempo Ocioso | 201 | Actitud del trabajador | 1566 |
| | | 202 | Mala distribución de personal | 0 |
| | | 203 | Trabajador Conversando | 4203 |
| | | 204 | Llamada telefónica | 626 |
| | | 205 | Sobrepoblación | 195 |
| | | 206 | Falta de supervisión. | 0 |
| | | 207 | Falta de instrucciones. | 0 |
| | | 208 | Otro | 117 |
| | | 209 | Nada | 8212 |
| | Desplazamientos | 301 | Falta de recursos | 673 |
| | | 302 | Falta de supervisión o instrucciones | 0 |
| | | 303 | Falta de instrucciones. | 28 |
| | | 304 | Sobrepoblación | 31 |
| | | 305 | Pobres condiciones de trabajo | 0 |
| | | 306 | Actividad previa sin terminar | 0 |
| | | 307 | Otro | 194 |
| | Descansos | 401 | Agotamiento | 199 |
| | Necesidades Fisiológicas | 501 | Hidratación | 245 |
| | | 502 | Aseo personal | 132 |
| | | 503 | Ir al baño | 198 |
| | | 504 | Otro | 0 |
| | Reprocesos | 601 | Trabajo mal ejecutado | 588 |
| | | 602 | Daño causado por una cuadrilla diferente | 143 |

| | | | | |
|--|------------|-----|-------------------------------|-------------------------------------|
| | | 603 | Falta de planeación | 282 |
| | | 604 | Cambio de planos. | 0 |
| | | 605 | Cambio de especificaciones. | 0 |
| | Transporte | 701 | Mala distribución de recursos | 1350 |
| | | 702 | Falta de equipo | 41 |
| | | 703 | Método inadecuado | 0 |
| | | 704 | otros | 0 |
| | | | | TOTAL TIEMPO NO CONTRIBUTIVO |

| | | | | |
|---------------------|--------------------------|------|----------------------------------|---------------|
| TIEMPO CONTRIBUTIVO | Instrucciones de Trabajo | 801 | | 6144 |
| | Toma de decisiones | 901 | | 1826 |
| | Supervisión. | 1001 | | 1106 |
| | Planificación de trabajo | 1101 | | 4035 |
| | Transporte | 1201 | | 6800 |
| | Desplazamientos | 1301 | | 5585 |
| | Mediciones | 1401 | | 8646 |
| | Limpieza | 1501 | | 6008 |
| | Preparación | 1601 | | 17973 |
| | Protección | 1701 | | 550 |
| | Desenclavado | 1801 | | 94162 |
| | Panelitas | 1901 | | 0 |
| | Vibrador | 2001 | | 3271 |
| | Vibrado | 2101 | | 0 |
| | Chapoleo | 2201 | | 1330 |
| | Malla tubería | 2301 | | 0 |
| | Icopor | 2401 | | 794 |
| | Curado | 2501 | | 0 |
| | Otros | 2601 | | 813 |
| Asiste | 2701 | | 11689 | |
| | | | TOTAL TIEMPO CONTRIBUTIVO | 170732 |

| | | | | |
|-------------------|---|------|--------------------------------|---------------|
| TIEMPO PRODUCTIVO | Realizar actividades propias a su trabajo | 3001 | | 102013 |
| | | | TOTAL TIEMPO PRODUCTIVO | 102013 |

