

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		1(132)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	DANIELA MARTINEZ QUINTERO JHOAN VICENTE ROMERO PICON
FACULTAD	DE INGENIERÍAS
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA CIVIL
DIRECTOR	PEDRO NEL ANGARITA USTASEGUI
TÍTULO DE LA TESIS	PROPUESTA PARA LA ESTIMACION DE UN FACTOR DE DECREMENTO EN DIFERENTES ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIONES VERTICALES EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER.

RESUMEN (70 palabras aproximadamente)

ESTA INVESTIGACIÓN CONSISTIÓ EN UN ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD A TRAVÉS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS AL GRUPO DE TRABAJO. ADEMÁS DE OBSERVACIONES Y SEGUIMIENTO GENERAL EN OBRA, CON EL FIN DE OBTENER INFORMACIÓN SOBRE LAS PÉRDIDAS EN LA MANO DE OBRA Y SUS CAUSAS.

ESTO COMO PUNTO DE PARTIDA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS, PRETENDIENDO MEJORAR EL DESEMPEÑO DE LAS ACTIVIDADES EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VERTICALES.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS:131	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 31	CD-ROM: 1
--------------------	----------------	--------------------------	------------------



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

PROPUESTA PARA LA ESTIMACION DE UN FACTOR DE
DECREMENTO EN DIFERENTES ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIONES
VERTICALES EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER.

AUTORES

DANIELA MARTINEZ QUINTERO

JHOAN VICENTE ROMERO PICON

Trabajo de grado presentado para obtener el Título de Ingeniero civil

DIRECTOR

PEDRO NEL ANGARITA USTASEGUI

Esp. Gerencia de proyectos

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERIA CIVIL

Ocaña, Colombia

Febrero de 2019

Dedicatoria

Quisiera dedicar este gran logro primordialmente a DIOS, quien me regala la vida y la sabiduría para emprender cada uno de mis pasos, permitiéndome crecer como ser humano y como profesional, llenándome diariamente de sus inmensas bendiciones.

A mis padres YANETH QUINTERO Y PEDRO ANTONIO MARTINEZ quienes con su esfuerzo, amor y dedicación hicieron de mí una persona llena de valores y responsabilidad, siendo esto pilar fundamental para obtener este título profesional, a mi hermana CINDY LORENA MARTINEZ quien siempre estuvo ayudándome, apoyándome, dándome ánimo y fortaleza para seguir adelante en todo lo que me propusiera, a mi hermano JUAN JOSE por su cariño y amor incondicional; y a cada una de las personas que durante este proceso me brindaron su apoyo y hoy comparten de corazón la felicidad que siento de hacer uno de mis sueños realidad.

Daniela Martínez Quintero

Dedicatoria

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente este trabajo a Dios. De igual forma, dedico este proyecto de grado a mis padres José Vicente Romero Barbosa y María Elizabeth Picón Pulido, quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante a pesar de los obstáculos que se presentaron en el camino.

A mis hermanas Tatiana Romero Picón y Lismar Lorena Romero Picón, quienes siempre ha estado junto a mí y brindándome su apoyo. A mi familia en general, porque me han brindado el apoyo moral, la buena energía siempre y por compartir conmigo tantos momentos gratos de felicidad. A mis compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que durante estos años estuvieron a mí lado apoyándome y lograron que este sueño se hiciera realidad.

Jhoan Vicente Romero Picón

Índice

Capítulo 1. Propuesta para la estimación de un factor de decremento en diferentes actividades de construcciones verticales en el municipio de Ocaña Norte de Santander		1
1.1 Planteamiento del problema		1
1.2 Formulación del problema		2
1.3 Objetivos de investigación		3
1.3.1 Objetivo general.		3
1.3.2 Objetivos específicos.....		3
1.4 Justificación.....		3
1.5 Delimitaciones.....		5
1.5.1 Delimitación Operativa.....		5
1.5.2 Delimitación Temporal.....		5
1.5.3 Delimitación Conceptual.		5
1.5.4 Delimitación Geográfica y espacial.....		5
Capítulo 2. Marco Referencial.....		6
2.1 Antecedentes		6
2.2 Marco Histórico.....		9
2.3 Marco Contextual.....		11

2.4 Marco Conceptual	11
2.5 Marco Teórico	25
2.6 Marco Legal	29
Capítulo 3. Diseño Metodológico	31
3.1 Tipo de investigación	31
3.2 Población.....	31
3.3 Muestra.....	31
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de la información.....	33
3.5 Procesamiento de la información	34
Capítulo 4. Administración del proyecto	35
4.1 Recursos humanos.....	35
4.1.1 Investigadores.....	35
4.1.2 Director.....	35
4.2 Recursos institucionales	35
4.3 Recursos financieros	35
4.3.1 Ingresos.....	35
4.3.2 Egresos.....	36
Capítulo 5. Resultados	37
5.1 Identificar las causas que decrementan la productividad teórica a través de las diferentes obras de construcción vertical seleccionadas para el estudio con muestra representativa....	37

5.1.1 Estimación de actividades a estudiar.	37
5.1.1.1 Construcción Vivienda Urbanización Caracolí.....	37
5.1.1.2 Construcción Vivienda Barrio La Gloria.	41
5.1.1.3 Construcción Vivienda Torres del cable.....	44
5.1.1.4 Construcción Vivienda Tierra Santa.	46
5.1.1.5 Construcción Vivienda la Riviera.	49
5.1.2 Causas que decrementan la productividad.	52
5.2 Estimar el porcentaje de decremento de diferentes actividades de construcciones verticales a través del estudio de tiempos y movimientos para las causas identificadas.	55
5.2.1 Construcción Vivienda Urbanización Caracolí.	56
5.2.2 Construcción Vivienda Barrio La Gloria.....	64
5.2.3 Construcción Vivienda Torres del cable.	73
5.2.4 Construcción Vivienda Tierra Santa.....	80
5.2.5 Construcción Vivienda la Riviera.....	86
5.2.6 Porcentajes por actividades.	93
5.2.7 Porcentajes Totales.	99
5.3 Estimar el factor de decremento mediante los diferentes tiempos para el establecimiento de un porcentaje de la baja productividad de las diferentes actividades.	100
Capítulo 6. Conclusiones	104
Capítulo 7. Recomendaciones	106

Referencias.....107

Apéndices109

Lista de Tablas

Tabla 1	Factores que decrementan la productividad teórica en la industria de la construcción	7
Tabla 2	Consolidado de construcciones verticales del Municipio de Ocaña.....	32
Tabla 3	Descripción de ingresos y egresos del proyecto	36
Tabla 4	Edificio verde barrio caracolí	37
Tabla 5	Detalle de porcentajes para el proyecto de la Urbanización Caracolí	40
Tabla 6	Vivienda unifamiliar Barrio La Gloria	41
Tabla 7	Detalle de porcentajes para la vivienda del Barrio La Gloria.....	43
Tabla 8	Vivienda unifamiliar barrio torres del cable	44
Tabla 9	Detalle de porcentajes para la vivienda del Condominio Torres del Cable.....	45
Tabla 10	Vivienda unifamiliar Barrio Tierra Santa	47
Tabla 11	Detalle de porcentajes para la vivienda del sector de Tierra Santa	48
Tabla 12	Vivienda unifamiliar Barrio La Gloria - La Riviera	49
Tabla 13	Detalle de porcentajes para la vivienda del sector de La Gloria.....	51
Tabla 14	Causales del decremento de la productividad.....	52
Tabla 15	Tiempos no contributivos	53
Tabla 16	Porcentaje de interferencia por actividad.....	54
Tabla 17	Vigas de Amarre vivienda caracolí.....	56
Tabla 18	Muros vivienda caracolí.....	58
Tabla 19	Columnas vivienda caracolí.....	59
Tabla 20	Losa vivienda caracolí	60
Tabla 21	Resumen vivienda el Caracolí	62
Tabla 22	Vigas de Amarre vivienda la gloria	64
Tabla 23	Cimentación de la vivienda la gloria	65
Tabla 24	Muros de la vivienda la gloria	66
Tabla 25	Columnas de la vivienda la gloria.....	67
Tabla 26	Losa de la vivienda la gloria	69
Tabla 27	Resumen de la vivienda la gloria	71
Tabla 28	Vigas de Amarre vivienda Torres del Cable.....	73
Tabla 29	Muros vivienda Torres del Cable.....	74
Tabla 30	Columnas vivienda Torres del Cable.....	76
Tabla 31	Losa vivienda Torres del Cable	77
Tabla 32	Resumen vivienda Torres del Cable	79
Tabla 33	Vigas de Amarre vivienda Tierra Santa.....	80
Tabla 34	Cimentación vivienda Tierra Santa.....	81
Tabla 35	Muros vivienda Tierra Santa.....	82
Tabla 36	Columnas vivienda Tierra Santa.....	83
Tabla 37	Losa vivienda Tierra Santa	84
Tabla 38	Resumen vivienda Tierra Santa	85
Tabla 39	Viga de Amarre de la Riviera	86
Tabla 40	Cimentación de la Riviera.....	87

Tabla 41 Muros de la Riviera.....	88
Tabla 42 Columnas de la Riviera.....	90
Tabla 43 Losa de la Riviera	91
Tabla 44 Resumen de la Riviera	92
Tabla 45 Tiempos totales de viviendas.....	93
Tabla 46 Estimación del factor de decremento para Edificio Verde Urbanización Caracolí	101

Lista de Figuras

Figura 1. Valores “meta” para obtener un trabajo productivo en la construcción.	25
Figura 2. Respuesta a la solicitud de información.	30
Figura 3. Diagrama de PARETO para el proyecto Edificio Verde.	40
Figura 4. Diagrama de PARETO para el proyecto del Barrio La Gloria.	43
Figura 5. Diagrama de PARETO para el proyecto del Condominio Torres del Cable.	46
Figura 6. Diagrama de PARETO para el proyecto de Tierra Santa.	49
Figura 7. Diagrama de PARETO para el proyecto de La Gloria.	51
Figura 8. Gráfico de barras de las actividades no contributivas.	54
Figura 9. Gráfico circular de actividades no contributivas.	55
Figura 10. Gráfico circular de los tiempos obtenidos en obra.	63
Figura 11. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos en obra.	63
Figura 12. Gráfico circular de los tiempos obtenidos en obra.	72
Figura 13. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos en obra.	72
Figura 14. Gráfico circular de los tiempos obtenidos en obra.	79
Figura 15. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos en obra.	80
Figura 16. Gráfico circular de los tiempos obtenidos en obra.	85
Figura 17. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos en obra.	86
Figura 18. Gráfico circular de los tiempos obtenidos en obra.	92
Figura 19. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos en obra.	93
Figura 20. Gráfico circular de los tiempos obtenidos para vigas de amarre.	94
Figura 21. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos para vigas de amarre.	94
Figura 22. Gráfico circular de los tiempos obtenidos para cimentaciones.	95
Figura 23. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos para cimentaciones.	95
Figura 24. Gráfico circular de los tiempos obtenidos para muros.	96
Figura 25. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos para muros.	96
Figura 26. Gráfico circular de los tiempos obtenidos para columnas.	97
Figura 27. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos para columnas.	97
Figura 28. Gráfico circular de los tiempos obtenidos para losa.	98
Figura 29. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos para losa.	98
Figura 30. Gráfico circular de los tiempos obtenidos.	99
Figura 31. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos.	99

Lista de Apéndices

Apéndice A. Formatos empleados durante la investigación.....	110
Apéndice B. Memorias de cálculo.....	111
Apéndice C. Registro fotográfico.....	112

Resumen

Esta investigación consistió en un estudio de productividad a través del estudio de tiempos al grupo de trabajo (numerosas observaciones de las labores realizadas por los trabajadores en su sitio de trabajo) además de observaciones y seguimiento general en obra, con el fin de obtener información sobre las pérdidas en la mano de obra y sus causas, esto como punto de partida para el planteamiento de las estrategias, pretendiendo mejorar el desempeño de las actividades en la construcción de obras verticales.

El estudio se llevó a cabo en cinco (5) obras de construcción verticales en el municipio de Ocaña, Norte de Santander. Los resultados del estudio evidencian una alta presencia de actividades no productivas, y éstas se deben principalmente a falta de supervisión y actitud que presentan los trabajadores, los cuales son problemas transversales que se presentan en todo tipo de obra. Con los análisis realizados en este estudio se puede evidenciar una solución de un factor para ser aplicado en futuras programaciones de obra de los diferentes proyectos de construcción de viviendas verticales en el municipio de Ocaña.

El factor se realizó teniendo en consideración el estudio de tiempos productivo, contributivo y no contributivo en las obras de construcción, acciones que permiten reducir la productividad teórica, logrando así una productividad más cercana a la realidad y generando un aumento en la duración total de un proyecto de construcción.

Introducción

Esta investigación consistió en un estudio de productividad a través del estudio de tiempos al grupo de trabajo (numerosas observaciones de las labores realizadas por los trabajadores en su sitio de trabajo) además de observaciones y seguimiento general en obra, con el fin de obtener información sobre las pérdidas en la mano de obra y sus causas, esto como punto de partida para el planteamiento de las estrategias, pretendiendo mejorar el desempeño de las actividades en la construcción de obras verticales.

El estudio se llevó a cabo en cinco (5) obras de construcción verticales en el municipio de Ocaña, Norte de Santander. Los resultados del estudio evidencian una alta presencia de actividades no productivas, y éstas se deben principalmente a falta de supervisión y actitud que presentan los trabajadores, los cuales son problemas transversales que se presentan en todo tipo de obra. Con los análisis realizados en este estudio se puede evidenciar una solución de un factor para ser aplicado en futuras programaciones de obra de los diferentes proyectos de construcción de viviendas verticales en el municipio de Ocaña.

El factor se realizó teniendo en consideración el estudio de tiempos productivo, contributivo y no contributivo en las obras de construcción, acciones que permiten reducir la productividad teórica, logrando así una productividad más cercana a la realidad y generando un aumento en la duración total de un proyecto de construcción.

Capítulo 1. Propuesta para la estimación de un factor de decremento en diferentes actividades de construcciones verticales en el municipio de Ocaña Norte de Santander

1.1 Planteamiento del problema

La productividad ha sido objeto de estudio por parte de todo tipo de industrias y empresas, especialmente en esta época donde la competencia obliga a que los niveles de productividad sean cada vez más altos, sin embargo, en la industria de construcción son pocos los estudios de productividad que se han realizado, porque se desconocen metodologías para efectuarlos.

Es así como en general el sector de la construcción presenta un alto porcentaje de trabajo no productivo y el tiempo restante se ve invertido en la realización de actividades de desarrollo y apoyo de la actividad principal. Este alto porcentaje, al no contribuir a la realización de la actividad principal, es considerado como una pérdida, la cual gasta recursos y tiempo.

En el municipio de Ocaña se evidencian distintos problemas que enfrentan los proyectos hoy en día, tanto por la disponibilidad, rotación o volatilidad de este recurso “tiempo”, como es el caso de la Construcción de la primera fase del portal de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, obra que tiene fecha de inicio el 23 de febrero de 2017 y un tiempo de ejecución de 10 meses, en la cual es visible el retraso de las actividades de la misma, sin lograr obtener los resultados proyectados tanto en su costo como en su plazo. Así mismo es el caso de la construcción de una vivienda en el sector de torres del cable el cual tenía estipulado una

duración de 6 meses los cuales se vieron afectados por diferentes factores siendo visible el retraso de dicha construcción.

Esto se debe a malas programaciones de obra causadas por la falta de factores de decremento que permitan obtener productividades reales.

Según Martínez & Alarcón (1988) establecen que “El trabajo del recurso humano en la construcción en general, es poco eficiente, más del 50% del tiempo total de trabajo es destinado a trabajo no contributivo a la producción”.

Así mismo, estas obras de construcción son propensas a no culminar sus trabajos de acuerdo al plazo contractual; siendo las causas más comunes los retrasos que afectan los cronogramas de obra debidos a algunos factores, como lo son los retardos administrativos, métodos ineficientes de trabajo, restricciones de trabajo y el tiempo personal del trabajo.

1.2 Formulación del problema

¿Qué metodología se debe implementar para obtener un factor de decremento que permita determinar una productividad real en las actividades de construcciones verticales en el municipio de Ocaña?

1.3 Objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo general. Desarrollar una propuesta para la estimación de un factor de decremento en diferentes actividades de construcciones verticales en el Municipio de Ocaña, Norte de Santander.

1.3.2 Objetivos específicos. Identificar las causas que decrementan la productividad teórica a través de las diferentes obras de construcción vertical seleccionadas para el estudio con muestra representativa.

Estimar el porcentaje de decremento de diferentes actividades de construcciones verticales a través del estudio de tiempos y movimientos para las causas identificadas.

Estimar el factor de decremento mediante los diferentes tiempos para el establecimiento de un porcentaje de la baja productividad de las diferentes actividades.

1.4 Justificación

Las empresas constructoras no han tomado conciencia de varios factores que las perjudican. Como menciona (Torres, 2008), los factores que afectan a las empresas como falta de liquidez (crédito), baja en las ventas (falta de clientes), robo, fraude, soborno y corrupción; además se puede agregar el excesivo desperdicio de material, los bajos rendimientos de trabajadores, mala administración de recursos, entre muchos factores más.

Algunos autores como, (Arboleda, 2014) establecen que en la construcción se ha notado que al momento de realizar el presupuesto y la programación de proyectos se suele olvidar que la construcción es una actividad muy particular y que cada proyecto es aún más particular.

En nuestro medio se suelen presentar rendimientos de mano de obra generales y mentirosos, no acomodados a las necesidades específicas de la realización de las dos labores planteadas de los proyectos. El excesivo optimismo de los constructores hace que se tomen decisiones apresuradas, ya que lo que importa a la mayoría es tener al menos un contrato asegurado, y después, si hay tiempo, se planea, ajustando el presupuesto y la programación a lo requerido por el dueño de la obra. Esto muestra que no se trabaja con una productividad real y ajustada de la necesidad del proyecto.

La idea nace de observar los distintos problemas que enfrentan los proyectos hoy en día, siendo estos los causantes de erróneas programaciones de obra generando así excesos en costos e incumplimientos en su plazo. En la Ciudad de Ocaña es muy evidente este tipo de problema lo cual resulta necesario realizar estudios que permitan dar una posible solución a este, contribuyendo al mejoramiento de los resultados planeados, para lo cual, se estimará un factor de decremento que permita determinar una “Productividad Real” que involucra aquellos aspectos que disminuyen la productividad teórica, mejorando la gestión de recursos, la coordinación y la planificación en la construcción.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación Operativa. Para la ejecución de este proyecto de grado, se hará uso de la alcaldía municipal, instituciones, y algunos métodos estadísticos como el de PARETO.

1.5.2 Delimitación Temporal. El desarrollo del presente proyecto de investigación, se llevará a cabo durante 4 meses.

1.5.3 Delimitación Conceptual. Decremento, productividad, producción, rendimiento, tiempo productivo, mano de obra, tiempo contributivo, tiempo no contributivo.

1.5.4 Delimitación Geográfica y espacial. La investigación se desarrollará en el Municipio de Ocaña Norte de Santander.

Capítulo 2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

Para efectuar la investigación tendremos en cuenta algunos trabajos que se han realizado sobre el tema, en su mayoría producto de investigaciones académicas, de los cuales mencionaremos a continuación algunos autores que encaminaron sus estudios hacia esta problemática.

Lo descrito por (López, 2010) nos indica que “Existen diferentes métodos para calcular la productividad en el trabajo. Algunos de ellos son: el análisis de tiempos y movimientos, la medición de obras similares, la información documental y la experiencia”.

El análisis de tiempos y movimientos consiste en medir, figurada o realmente, los tiempos que se requieren en un ciclo de trabajo, desde que este se inicia hasta que se está en posibilidad de iniciar uno nuevo. (López, 2010)

Para el caso de una estimación figurada, el tiempo determinado debe afectarse por un factor de “productividad real” que involucre aquellos aspectos que decrementan la productividad teórica. (López, 2010)

Por otro lado, debe considerarse que cuando se está determinando “realmente” la productividad en el sitio de obra esta tiende a incrementarse dado que el administrador se

encuentra presente y supervisando de modo personal de la operación. Es decir, en ambos casos, la productividad teórica debe ser afectada por un coeficiente que nos permita encontrar la productividad real. (Tucker, 1988)

Tucker (1988) encontró, en un estudio realizado para el caso del trabajador de la industria de la construcción en Estados Unidos, que la productividad real se encuentra afectada por los factores mencionados en la Tabla 1.

Tabla 1

Factores que decrementan la productividad teórica en la industria de la construcción

CAUSA	PORCENTAJE DE DECREMENTO
Retardos administrativos	20
Métodos ineficientes de trabajo	20
Restricciones de trabajo	15
Tiempo personal del trabajador	5
TOTAL	60

Nota. La tabla muestra cada uno de los factores que afecta de manera directa la productividad. Fuente: Autores (2018)

De lo anterior se concluye que solo 40% de la jornada de trabajo resulta ser productiva, por lo que la productividad teórica deberá afectarse por un factor para encontrar la real.

Según (Botero, 2002) existen muchos factores que afectan la productividad en los proyectos de construcción y sobre las cuales se debe actuar para disminuir o eliminar se efecto.

Estos factores pueden ser: Errores de diseño, modificaciones al diseño en plena etapa de ejecución, falta de supervisión a los trabajadores, condiciones pobres de seguridad, distribución inadecuada de los materiales en la obra, falta de materiales requeridos, excesivo control de calidad, características de duración y tamaño de la obra que no motivan al personal, clima y condiciones adversas en la obra.

Botero (2002) también menciona que el trabajo de las actividades dentro de una obra de construcción se compone de:

Trabajo productivo: Son las actividades que aportan directamente a la producción de alguna unidad de construcción. Por ejemplo Colocación de armadura de refuerzo. (Botero, 2002)

Trabajo contributivo: Son las labores de apoyo necesarias para que se ejecute el trabajo productivo. Por ejemplo: transporte de materiales, armado de andamios, recibir o dar instrucciones, leer planos, retirar materiales, ordenar, limpiar.

Trabajo no contributivo: Es el conjunto de actividades realizadas por los obreros que no clasifican en ninguna de las categorías anteriores y por ende se consideran pérdidas. Por ejemplo: tiempos de espera, conversar, ir al baño, etc. (Botero, 2002)

Acorde a (Serpell, 2003) los valores óptimos de trabajo productivo, contributivo y no contributivo que se consideran como meta general para las obras son: Trabajo productivo 60%, Trabajo contributivo 25%, y Trabajo no contributivo 15%.

2.2 Marco Histórico

En América Latina hay un enorme interés por la aplicación de una construcción sin pérdidas, ya que se aprecia de manera notable en países como Chile, Colombia, Brasil, Perú o Panamá, en donde han obtenido buenos resultados en productividad, seguridad, calidad, reducciones significativas de tiempo de entrega de proyectos, entre otros. (Pons, 2014)

(Botero, 2002) Publicó un artículo resultado de una investigación sobre rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción de proyectos de vivienda de interés social en mampostería estructural.

Durante seis meses se realizaron observaciones y se tomaron datos suficientes para ser analizados estadísticamente. Como resultado, se inició la conformación de una base de datos sobre consumos de mano de obra, que incluye los factores que inciden sobre dicho consumo. (Botero, 2002)

Durante el siglo XIX el ingeniero civil John S. Page en Estados Unidos continuo con estudios sobre el trabajo y logro concluir que los factores que afectan el rendimiento se pueden clasificar en categorías como: economía general, aspectos laborales, clima, actividad, equipamiento, supervisión y trabajador. (Maecha, 2010)

La palabra productividad ha existido por más de 200 años. (OEC, 1950), emitió una definición oficial:

“La productividad es el cociente que se obtiene de dividir el monto de lo producido entre alguno de los factores de producción. Así es posible hablar de productividad del capital, de la inversión o de las materias primas, en función de que el monto de lo producido se considera en relación con el capital, la inversión o las materias primas.”

A principios de 1980, el Centro Americano de la Productividad popularizó la definición de rentabilidad igual a productividad por precio de recuperación.

Adam Smith, en su libro “La riqueza de las Naciones”, plantea el “Principio de la División de la Labor” y propone que la producción de un bien se haga por pasos fragmentados (un trabajador hace una parte de la labor) y no por un artesano de principio a fin. (Adam, 1776)

Con la fragmentación del proceso, se aumenta la productividad y aumenta el beneficio. En este contexto se puede decir que se cumple que el aumento de la oferta genera aumento de la demanda, pues esta no estaba satisfecha, ya que la producción era insuficiente. (Adam, 1776)

2.3 Marco Contextual

En el municipio de Ocaña se realizó un estudio de rendimientos de mano de obra en viviendas de interés social, en la cual Quintero & Plata (2017) concluyeron que:

Para la realización de todos los ítems se destacaban tres etapas: una en que los ayudantes y oficial preparaban todo para poder iniciar la actividad, otra etapa mientras realizaban la actividad y otra en donde realizaban actividades no relacionadas con el ítem en desarrollo. Estas tres etapas se definen durante la investigación como tiempo contributivo, productivo y no contributivo. Al iniciar la investigación se pensó que la inversión en tiempo productivo correspondía a la gran mayoría de la duración de la actividad pero los resultados obtenidos al analizar la influencia de los tres tipos de tiempos permitió concluir que prácticamente la mitad del tiempo se invierte en actividades que contribuyen a la actividad o en su defecto no se relacionan con el ítem.

2.4 Marco Conceptual

Productividad: Se puede establecer que este concepto es la relación existente entre la producción obtenida y los recursos empleados para llegar a obtenerla. Es decir, productividad es el uso de manera eficiente de los diferentes recursos disponibles para llevar a cabo una actividad. (Ghio, 2001)

Por lo tanto, tener una mayor productividad es significativo de que se está obteniendo más con la misma cantidad de recursos empleados o, dicho de otra manera, es alcanzar un mayor volumen de producción con la misma calidad y recursos. (Ghio, 2001)

Además, se indica que productividad es la relación entre lo producido y lo gastado en ello y se puede expresar como:

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{\textit{Cantidad producida}}{\textit{Recursos empleados}}$$

Asimismo, se debe tomar en cuenta que el concepto de productividad involucra también la eficiencia, (buena administración de los recursos para completar un producto específico) así como la efectividad (cumplimiento de los criterios de calidad a la hora de elaborar el producto) ya que de nada serviría producir mucho utilizando adecuadamente los recursos disponibles, si los mismos resultan de mala calidad. (Ghio, 2001)

Es por esto que el objetivo de cualquier empresa dedicada a la construcción, es ubicarse en un ámbito donde se posea una alta eficiencia y alta efectividad, ya que solo así es posible lograr una alta productividad.

Este término se encuentra asociado a un proceso de transformación donde ingresan todos y cada uno de los recursos necesarios para producir un material o un bien y por medio de este proceso se obtiene el producto final. (Serpell, 2003)

En los proyectos de construcción, los principales recursos empleados son los siguientes:

La mano de obra.

Los materiales.

La maquinaria y equipos.

Tomando en cuenta estos recursos que son utilizados en la construcción, es posible exponer sobre los siguientes tipos de productividades. (Serpell, 2003)

Productividad de los materiales: En la construcción es importante una buena utilización de los materiales, evitando todo tipo de pérdidas. (Serpell, 2003)

Productividad de la mano de obra: Es un factor crítico, ya que es el recurso que generalmente fija el ritmo de trabajo en la construcción y del cual depende, en gran medida, la productividad de los otros recursos. (Serpell, 2003)

Productividad de la maquinaria: Este factor es importante por el alto costo de los equipos, por lo tanto, es relevante evitar las pérdidas en la utilización de este tipo de recurso. (Serpell, 2003)

Al observar lo mencionado anteriormente, es importante señalar que todos los participantes de un proyecto constructivo, aparte de beneficiarse debido a una mejora en la productividad, son responsables de lograr la misma ya que estos son los que aportan los distintos componentes del trabajo a realizar. (Mora, 2012)

En el caso de la mano de obra, como se comentó anteriormente, al ser un factor crítico, es indispensable que estén presentes tres aspectos básicos para que este recurso sea productivo, los cuales son:

Un obrero debe “desear” realizar un buen trabajo, lo que está relacionado con la motivación y satisfacción en el trabajo. (Mora, 2012)

El obrero debe “saber” hacer su trabajo, lo que tiene relación con la capacitación y entrenamiento del mismo. (Mora, 2012)

El obrero debe “poder” realizar un buen trabajo, lo que implica una administración eficiente y efectiva. (Mora, 2012)

Causas de pérdida de productividad: Las principales causas que inducen a la pérdida de productividad en el desarrollo de un proyecto constructivo se encuentran clasificadas continuación:

Problemas de diseño y planificación: El retraso de los diseños, tener diseños muy complejos, la falta de planificación y preparación de las obras, una mala estimación de costos, junto con falta de información en campo y de herramientas para poder llevar a cabo el proceso de ejecución de las labores diarias, generan demoras importantes y por lo tanto se disminuye considerablemente la productividad del proyecto. (Mora, 2012)

Ineficiencia de la administración: Existen varias insuficiencias por parte de la administración de los distintos proyectos que generan pérdidas de productividad. Entre estas tenemos la falta de una supervisión efectiva (muchos obreros trabajando sin supervisión alguna), problemas de coordinación debido a una mala organización ejecutiva, mala planificación de los trabajos pues estos son ejecutados por personal no calificado. (Mora, 2012)

Adicionalmente, muchos de los proyectos están sub-poblados de personal ejecutivo y no se puede dar abasto con todas las labores presentes, o por el contrario se posee un sobrecargo de

tareas administrativas lo cual genera que no se pueda dar la adecuada dirección de la obra.
(Mora, 2012)

Métodos inadecuados de trabajo: La deficiente utilización de los recursos debido a cantidades ineficientes de obreros en las cuadrillas, el mal aprovechamiento de los materiales, el uso de equipos o herramientas no aptos para el tipo de trabajo debido a la ausencia de alternativas más eficientes. (Mora, 2012)

Así como no utilizar la experiencia de proyectos anteriores, son causas que provocan desmejoras importantes en la productividad de la obra. (Mora, 2012)

Grupos y actividades de apoyo deficientes: Los problemas ocasionados por las actividades de apoyo se encuentran estrechamente relacionados con la existencia de recursos. (Mora, 2012). Por lo tanto, algunas de las deficiencias que se pueden dar son:

Pocos recursos para realizar una actividad, la no disponibilidad del recurso por razones externas o por falta de planificación, deficiente control de los recursos e inadecuado mantenimiento de los recursos que lo necesitan. (Mora, 2012)

Problemas del recurso humano: Una mala capacitación del personal, falta de motivación y satisfacción en el proyecto y la poca o nula utilización de la experiencia del equipo de trabajo provoca problemas de calidad o lentitud en las distintas actividades, lo que se traduce en una deficiente productividad. (Mora, 2012)

Problemas de seguridad: Los inadecuados niveles de seguridad en la obra provocan un impacto en la motivación y el ambiente de trabajo, lo cual puede afectar la productividad. Adicionalmente, los accidentes provocados por los bajos niveles de seguridad provocan pérdidas económicas que pueden llegar a ser de gran escala. (Mora, 2012)

Problemas de los sistemas formales de control: Los sistemas de control que se desarrollan en los proyectos se encuentran orientados a la comparación de costos reales con los presupuestados. (Mora, 2012)

Sin embargo, estos sistemas no toman en cuenta la medición periódica de productividad y por esto, no se muestran problemas en cuanto a este tema, evitando que se puedan realizar acciones correctivas. (Mora, 2012)

Además no se indican de manera explícita las deficiencias en las actividades que generan apoyo a la producción. Todo esto ocasionan ineficiencias que a la postre disminuyen la productividad de la obra. (Mora, 2012)

El clima: Las condiciones climatológicas en cualquier proyecto constructivo afectan de gran manera la productividad de las labores de los obreros, esto debido a que no siempre se puede encontrar algún método para evadir un fenómeno natural como lo es la lluvia. (Mora, 2012)

Por lo tanto, se presentan retrasos indeseados que afectan de manera importante el costo de la obra. Es por esto que se decide tomar en cuenta este factor y exponer las consecuencias del mismo en lo que respecta a la productividad y costo en la construcción. (Mora, 2012)

Un estudio que se realizó respecto a las consecuencias del factor climatológico en las construcciones se resume a continuación. (Mora, 2012)

De los 365 días del año, después de restar los feriados obligatorios, los domingos y medio día de los sábados, el total de días laborables es de 280; ahora bien, si no se laboran los sábados, el total de días laborables se reduce a 254. (Mora, 2012)

Si a los días laborables se les castiga en función del brillo solar, el cual se reduce en la época de invierno, se tiene que de los 280 días que tiene la empresa para laborar incluyendo los sábados, las horas efectivas laborables solo alcanzan el 84 % del total de horas disponibles laborables; situación que se torna más crítica si no se laboran los sábados, en cuyo caso se reduce al 77 % las horas efectivas laborables. (Mora, 2012)

De modo general, se conoce cuál es el efecto que produce las condiciones climáticas en cada una de las provincias de nuestro país. Por lo tanto, es de suma importancia tomar en cuenta este fenómeno en el momento de realizar el planeamiento y presupuesto de cualquier proyecto, puesto que en las épocas lluviosas se conoce que los costos aumentan aproximadamente entre un 15% y un 20%. (Mora, 2012)

Mejoramiento de la productividad: Debido al gran número de problemas que se pueden encontrar en un proyecto constructivo, es de suma importancia realizar un estudio adecuado que permita evaluar la situación que presenta una empresa o proyecto. (Mora, 2012)

Y de esta manera tomar las acciones correctivas que permitan solucionar los problemas y mejorar la productividad. Por lo tanto, para ejecutar esta labor se establece de manera general un plan de mejoramiento de productividad que se menciona a continuación. (Mora, 2012)

Desarrollar mediciones de la productividad: Estas mediciones deben ser realizadas por los gerentes responsables de línea con asistencia de asesores conforme se necesite. Algunas unidades organizacionales pueden tener más de una medición total agregada. (Mora, 2012)

Establecer objetivos para mejorar la productividad: Estos objetivos de productividad deben ser realistas y depender del tiempo. (Mora, 2012)

Desarrollar planes para alcanzar metas: En este punto el gerente de proyecto debe decidir exactamente cómo alcanzar los objetivos. (Mora, 2012)

Poner en marcha el plan: Esto normalmente será llevado a cabo por medio de la organización del proyecto. La puesta en marcha es, por supuesto, mucho más fácil si los gerentes de proyectos y las fuerzas de trabajo han formulado el plan desde el inicio. (Mora, 2012)

Medir los resultados: Este paso requiere la obtención de datos y la evaluación periódica del alcance de los objetivos. Si los resultados son acordes, no se requiere acción adicional y, si no, se requerirá una acción correctiva. (Mora, 2012)

Flujo de trabajo: Los costos y la programación en un proyecto constructivo van mejorando conforme mejore la administración del flujo de trabajo. (Mora, 2012)

Este concepto se entiende como el movimiento de materiales, información y equipo a través de un sistema que para el caso de la industria de la construcción son los proyectos que se estén llevando a cabo. (Mora, 2012)

Por lo tanto, se tiene que los participantes en el sistema generalmente conforman el siguiente equipo de trabajo: Gerente de Proyecto, Ingenieros Residentes, Maestros de Obra y las distintas cuadrillas asignadas, aparte de toda la organización administrativa de la empresa constructora. (Mora, 2012)

Consecuentemente, en la medida que los movimientos de materiales e información no muestren un buen desempeño, se producirán desperdicios los cuales obstruirán el flujo de trabajo y retrasará el progreso. (Mora, 2012)

La planificación es el mecanismo primario para organizar las actividades constructivas y, las tendencias actuales de planificación no aseguran la confianza en el movimiento de las tareas entre las actividades y entre las cuadrillas. (Mora, 2012). Un conjunto de reglas es usado para asegurar la solidez apropiada de las tareas antes de ser incorporadas al plan. Estas son:

Definición: Las tareas han sido especificadas con los detalles adecuados. (Mora, 2012)

Solidez: Que los materiales requeridos y la información, además del trabajo pre-requerido, estén a la mano (disponibles). (Mora, 2012)

Secuencia: Que las actividades estén alineadas en el mejor orden. (Mora, 2012)

Tamaño: que las tareas concuerden con las capacidades de la cuadrilla. (Mora, 2012)

Aprendizaje: que las razones por las cuales las actividades están incompletas sean seguidas y registradas. (Mora, 2012)

Estas reglas van dirigidas de manera indirecta al flujo de mano de obra ya que se orientan a la capacidad de las cuadrillas y el trabajo que se les ha asignado. (Mora, 2012)

Además, es importante recalcar que mientras mejore la solidez de las distintas actividades del proyecto, se aumentará el flujo de trabajo y por ende la productividad. (Mora, 2012)

Flujo de mano de obra: La administración del flujo de la mano de obra tiene un papel importante para alcanzar un buen desempeño constructivo en el proyecto. (Mora, 2012)

Lo anterior no es tan sencillo de conseguir puesto que en la construcción se presentan diferentes situaciones que afectan al flujo de la mano de obra, como lo pueden ser:

El número de ubicaciones de trabajo y las necesidades de la mano de obra varían a través del curso del proyecto. (Mora, 2012)

Cada operación de construcción tiene un número óptimo de trabajadores por equipo.
(Mora, 2012)

La variación de la cantidad de trabajo disponible, es afectado por las demandas de horario, cambios, errores de diseño, clima, secuencia, interferencias en la cuadrilla y otras causas. (Mora, 2012)

Por esto, en procura de alcanzar un buen desempeño constructivo en el proyecto, la administración del flujo de la mano de obra es indispensable. (Mora, 2012)

El flujo de la mano de obra es distinto del flujo del trabajo, pues el primero requiere seguimiento y ubicación del recurso mano de obra, en varias tareas y asignaciones de trabajo.
(Mora, 2012)

Además, el flujo de mano de obra involucra la interacción de la cuadrilla con otras cuadrillas y otros trabajos. (Mora, 2012)

Investigaciones en proyectos concretos señalan que la variabilidad de los resultados de la construcción, al nivel de cuadrillas, es inevitable, inclusive en proyectos con un buen desempeño. (Mora, 2012)

Enfrentando esta variabilidad, la forma de minimizarla en la productividad de la mano de obra sería modificar este recurso, basándose en la cantidad de trabajo por hacer. (Mora, 2012)

Otro ejemplo es cuando se enfrentan las adversidades climáticas o las demoras en el trabajo, a los obreros los mandan para la casa o se les asignan otras labores. Si hay mucho trabajo por hacer, un horario de horas extra se puede poner en práctica. (Mora, 2012)

Estudio del trabajo: El estudio del trabajo es una metodología que toma, analiza y procesa información para hacer seguimiento y medición de la productividad. (Mejía, 2007)

El estudio del trabajo se enfoca en analizar tareas y procesos, a partir de dos técnicas:
a) Análisis de métodos y b) medición de tiempos. Estas técnicas se pueden emplear en las obras de construcción, haciendo las debidas adaptaciones. (Mejía, 2007)

El análisis de métodos registra y analiza el procedimiento empleado, buscando diseñar y aplicar aquel que le sea más práctico, eficiente, económico y que agregue valor. (Mejía, 2007)

El estudio de tiempos registra, analiza y establece el tiempo justo y necesario que se requiere para ejecutar una tarea o proceso, bajo condiciones estándares de desempeño. (Mejía, 2007)

Estudio de tiempos: El estudio de tiempos en otras palabras, es la medición del trabajo. Es registrar el tiempo que demandan las cuadrillas de trabajo para realizar una tarea. (Mejía, 2007)

Este tiempo se expresa en términos de rendimiento, referido a una cuadrilla calificada de trabajo y a un alcance definido. (Mejía, 2007). La medición de tiempos se puede hacer a través de:

Observación directa: Midiendo tiempos reales; estos se pueden estimar a través de observación discontinua-aleatorias, como los muestreos de trabajo o, por medio de observación continúa empleando técnicas de cronometraje. (Mejía, 2007)

Tiempos predeterminados: tiempos definidos para actividades básicas que componen una tarea a fin de establecer el tiempo que demanda dicha tarea, efectuada según una norma establecida. (Mejía, 2007)

El propósito es determinar rendimientos para fijar tiempos de desempeño tipo o referencia, que permitan adelantar planes de seguimiento y mejoramiento; además para establecer registros históricos que serán empleados en presupuestos y programas de obra para futuros proyectos. (Mejía, 2007)

Como desempeño tipo se entiende aquel rendimiento obtenido de manera natural, como promedio de una jornada laboral en condiciones normales (Mejía, 2007)

Para realizar un análisis más detallado y conocer cuáles tareas son productivas, contributivas o no contributivas, se desglosan tres categorías de tiempo, los cuales se mencionarán a continuación:

Tiempo productivo (TP): Es aquel trabajo que aporta en forma directa a la producción y agrega valor al producto analizado, como, por ejemplo:

Colocación de bloques.

Colado de concreto.

Elaboración de armadura.

Encofrar/desencofrar.

Fabricación de formaleta. (Mora, 2012)

Tiempo contributivo (TC): Es aquel trabajo de apoyo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Ejemplos:

Transportes.

Orden y limpieza.

Seguridad ocupacional.

Instrucción.

Medición. (Mora, 2012)

Trabajo no contributivo (TNC): Son aquellas actividades que no generan avance o valor agregado a la obra, tales como:

Desplazamientos sin objetivo conocido.

Retrabajos o reprocesos.

Tiempo ocioso.

Esperas por: material, método, maquinaria.

Descansos. (Mora, 2012)

Para alcanzar un trabajo óptimo en el campo de la construcción, se establecen según estudios realizados en Chile, los valores “meta” a partir de los cuales se puede decir que la actividad realizada es eficaz y eficientemente productiva. (Mora, 2012). En la Figura 1 se muestran estos niveles.

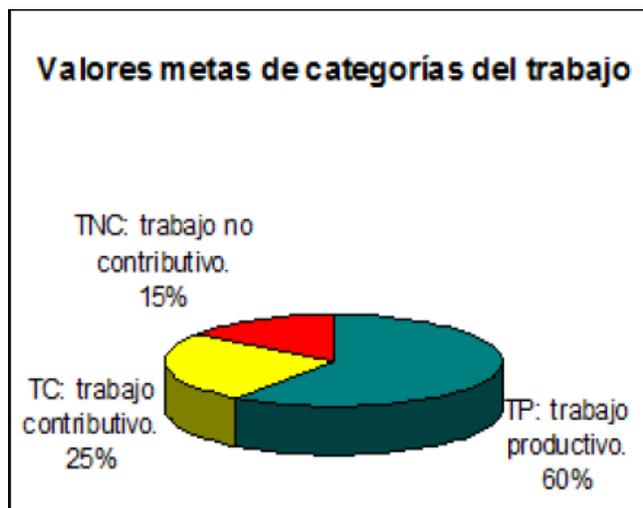


Figura 1. Valores “meta” para obtener un trabajo productivo en la construcción.

Fuente: (Mora, 2012).

2.5 Marco Teórico

En este capítulo se conceden los antecedentes e información de referencia para la realización del trabajo, se aborda el contexto productivo de lo general a lo particular incorporando las metodologías usadas por cada uno de los autores respecto al tema tratado; siendo la productividad un foco de estudio para muchos investigadores que mediante sus diferentes propuestas han querido brindar soluciones a un problema constante como es determinar una productividad real para los distintos procesos constructivos.

En el año 2002 el Arquitecto Constructor Luis Fernando Botero Botero, publicó un artículo resultado de una investigación sobre rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción de proyectos de vivienda de interés social en mampostería estructural.

Durante seis meses se realizaron observaciones y se tomaron datos suficientes para ser analizados estadísticamente. Como resultado, se inició la conformación de una base de datos sobre consumos de mano de obra, que incluye los factores que inciden sobre dicho consumo. (Botero, 2002)

Como aplicación práctica la investigación, se desarrolló un software con el cual es posible predecir el consumo de mano de obra en las actividades estudiadas, a partir de la calificación de los factores de afectación. (Botero, 2002)

De Botero et al. (2003) Se conoce que, en Chile el Ingeniero Luis Fernando Alarcón como cabeza del programa de excelencia en Gestión de la Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile, desarrolló una investigación de 5 años donde se realizaron mediciones en más de 40 proyectos de construcción (oficinas, hoteles, vivienda), en un total aproximado a 370.000 m² construidos, a partir del cual se concluyó que el 53% del tiempo laborado es dedicado a actividades no productivas. (Alarcón, 2003)

Las causas que originaron las pérdidas fueron identificadas, y como una de las conclusiones de este estudio se presenta que la falta o inadecuada planeación son una de las fuentes principales de improproductividades en los proyectos de construcción. (Alarcón, 2003)

Por lo tanto, para este caso se determinó que se requerirá un mayor esfuerzo en la planificación por parte de los profesionales si se desea mejorar la productividad y competitividad de esta industria. (Alarcón, 2003)

Resultados similares arroja la investigación sobre la identificación de pérdidas realizada por el área de construcción del departamento de ingeniería civil de la universidad EAFIT, en conjunto con un importante grupo de constructores de la ciudad de Medellín, que lideraron el proyecto de mejoramiento de la productividad en la construcción. (Alarcón, 2003)

El cual muestra que un gran porcentaje del tiempo (63%) se utiliza en actividades no productivas, lo cual se convierte en un reto y una gran oportunidad de mejoramiento en el desempeño del sector de la construcción en Colombia. (Alarcón, 2003)

Identificadas las pérdidas, la causa de mayor frecuencia de ocurrencia de las mismas (49%), se genera por esperas en el proceso constructivo, lo cual alerta a constructores sobre la necesidad de una mejor planificación para la disposición y localización de recursos, utilización y disposición de cuadrillas de trabajo, entre otras. (Alarcón, 2003)

Otra investigación referente al tema en estudio, se realizó en el año 2007 acerca del seguimiento de la productividad en obra: Técnicas de medición de rendimientos de mano de obra en el Departamento de Santander” por parte del Ingeniero Civil Guillermo Mejía Aguilar, profesor auxiliar de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de

Santander (UIS), en ella afirma que la planeación sirve de referencia a los sistemas de control y propone adoptar buenas metodologías de seguimiento. (Mejía, 2007)

Por lo general se presentan problemas frecuentemente, ya que indicadores de control como la productividad no se adoptan adecuadamente, lo que impide identificar situaciones que requieren acciones correctivas o de mitigación importantes. (Mejía, 2007)

Dicha investigación apuntó hacia la identificación de metodologías de seguimiento apropiadas, tomando la productividad de la mano de obra como indicador de gestión y control. (Mejía, 2007)

En el ámbito internacional, uno de los países que ha intentado trabajar en este tema y que sean referentes próximos a nuestro entorno es Perú. En dicho país inclusive, tienen implantado de forma legal un Manual de rendimientos mínimos de mano de obra en las provincias de Lima y Callao, los cuales han sido tomados de la Resolución Ministerial N° 175 del 09 de abril de 1968 del Ministerio de Vivienda y Construcción. (Min vivienda-construcción, 1968)

Dicha resolución ministerial define el estándar mínimo que debe realizar un operario promedio en una jornada de ocho horas. (Min vivienda-construcción, 1968)

Siguiendo el ámbito internacional, los ingenieros, docentes e investigadores del centro de investigación para la racionalización de la construcción tradicional de la Facultad de Ingeniería

de la Universidad Nacional de San Juan (Arg), Raúl Navas y Liliana Torres (2012) publican un artículo como resultado de la investigación:

“Mano de obra en la construcción: determinación de la cuadrilla óptima por medio de una herramienta de simulación” con el objeto de profundizar el análisis de tiempos de duración de una tarea y de acuerdo con las conformaciones usuales de equipos de trabajo (cuadrillas) compuestos por oficiales y ayudantes, los autores desarrollan una metodología para optar por la cuadrilla que produzca menor desperdicio de tiempo (cuadrilla óptima) en la ejecución del trabajo encomendado.

En este contexto se busca enfocar nuestra investigación hacia la implementación de estrategias que contribuyan a determinar una productividad real, de esta manera la persona que planifica el programa de actividades obtiene datos más cercanos a la realidad. (Navas, Ridl, & Torés, 2012)

2.6 Marco Legal

La base jurídica que conforma el soporte legal del proyecto, por el cual está regido y restringido, está basado en la siguiente normatividad:

Permiso para adquirir información sobre licencias de construcción aprobadas en el municipio de Ocaña Norte de Santander por medio de la Secretaria de Planeación de la Alcaldía Municipal.

Por lo cual la Secretaria de planeación de la Alcaldía municipal de Ocaña, responde a la solicitud mencionada y da respuesta mediante el oficio mostrado en la Figura 2.

Secretaría de Planeación

Ocaña 20-09-2018
800- 1469

Señor
JHOAN ROMERO
Ciudad

Ref. Requerimiento.

En atención a la petición radicada ante esta Secretaría, por medio del cual solicita el número de licencias de construcción expedidas durante la vigencia 2017 y lo que va trascurrido del año 2018 con sus respectivas direcciones.

Me permito acceder a lo solicitado, en lo concerniente a otorgar el número de licencias de construcción modalidad obra nueva emitidas en las vigencias requeridas; en lo que respecta a las direcciones de las licencias, se requiere previo consentimiento de cada uno de los titulares.

VIGENCIA 2017 74 Licencias de Construcción Modalidad Obra Nueva
VIGENCIA 2018 47 Licencias de Construcción Modalidad de Obra Nueva

En estos términos otorgo respuesta a lo peticionado.

Cordialmente,


JHONNY PEÑARANDA VEGA
Secretario de Planeación

Proyectó:	Aprobó:	Vo Bo
Dra. Diana Carolina Navarro	Arq. Jhonny Peñaranda vega	
Abogada Contratista-Sec. Planeación	Secretario de Planeación	

Figura 2. Respuesta a la solicitud de información.

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocaña (2018).

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de investigación

Para el desarrollo de este proyecto se llevará a cabo una investigación tipo explicativa según su profundidad, una investigación de campo con respecto a su diseño el cual es de tipo longitudinal y aplicada con respecto a su propósito.

De esta manera, proyectaremos la investigación de manera lógica y organizada, generando resultados sólidos, basados en la recopilación y análisis de resultados, obtenidos mediante el uso de herramientas para la muestra en estudio.

3.2 Población

La población que es objeto de esta investigación se encuentra conformada por 15 obras de construcción civil en el municipio de Ocaña, quienes son las unidades de muestreo correspondientes en estudio, en los cuales 77 personas (recurso humano) son los elementos, quienes desarrollan labores en las mismas, especialmente lo referente a obras verticales.

3.3 Muestra

Teniendo en cuenta que la toma de muestras se hará en tiempo real es necesario estudiar el grupo de trabajo que ejecutará las actividades de construcción; las cuales son clasificadas

mediante el diagrama de Pareto, dando como resultado cinco (5) de quince (15) actividades de cada proyecto de construcción civil, como lo son cimentación, vigas de amarre, columnas, muros y losa.

Por lo tanto se decidió realizar visitas por los diferentes sectores de la ciudad de Ocaña, llevando así un conteo de las diferentes obras de construcción verticales, en proceso de inicio, dando un total de 15 obras en las cuales se involucran 77 trabajadores (recurso humano), como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

Consolidado de construcciones verticales del Municipio de Ocaña

CONSTRUCCIÓN	MAESTRO	OFICIAL	AYUDANTE	
1	1	1	13	
2	0	1	8	
3	0	1	4	
4	0	1	3	
5	0	1	5	
6	0	1	3	
7	0	1	4	
8	0	1	2	
9	0	1	2	
10	0	1	5	
11	0	1	2	
12	0	1	2	
13	0	1	3	
14	0	1	2	
15	0	1	3	
TOTAL	1	15	61	77

Nota. La tabla muestra las construcciones verticales y la mano de obra en las mismas. Fuente: Autores (2018)

Para tomar un número adecuado de muestra se tomara la formula estadística para una población finita la cual se muestra a continuación:

$$n = \frac{Z^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

N = Total de la población.

Z = Confiabilidad o seguridad de la muestra.

p = Proporción esperada.

q = 1 - Proporción esperada.

d = Precisión.

Aplicando la ecuación obtenemos una muestra de 38 trabajadores a estudiar como lo muestra a continuación:

$$n = \frac{1,96^2 \times 77 \times 0,05 \times 0,95}{0,05^2 \times (77 - 1) + 1,96^2 \times 0,05 \times 0,95}$$

$$n = 37,72$$

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de la información

Las técnicas de recolección de información utilizadas para desarrollar este proyecto serán en primera instancia mediante las técnicas de observación directa y revisión documental, donde el instrumento utilizado será la lista de frecuencia, ver Apéndice A (Formato empleados durante la investigación)

3.5 Procesamiento de la información

De acuerdo al proyecto en estudio, para realizar el proceso de información se va a utilizar como modelo, la estadística inferencial, ya que se trabajará con una muestra de la población. Según el tipo de escala de medición, para el análisis de datos, se utilizará como estadística permisible el porcentaje.

Capítulo 4. Administración del proyecto

4.1 Recursos humanos

4.1.1 Investigadores. Daniela Martínez Quintero y Jhoan Vicente Romero Picón, estudiantes del programa de Ingeniería Civil.

4.1.2 Director. Pedro Nel Angarita Ustasegui, Ingeniero Civil. Especialista.

4.2 Recursos institucionales

Para el desarrollo de la presente investigación, se tendrán en cuenta recursos institucionales en los que se mencionan los siguientes:

Universidad Francisco de paula Santander - seccional Ocaña.

Biblioteca “Argemiro Bayona Portillo” y Sala de cómputo de ingeniería civil.

Alcaldía Municipal de Ocaña.

4.3 Recursos financieros

4.3.1 Ingresos. Este será el aporte que generaran los investigadores, lo cual estará dividido en dos partes iguales de \$400,000 cada uno, por tanto, dará una suma de \$800,000.

4.3.2 Egresos. Son todos los gastos que se tendrán durante la elaboración de la investigación. En la Tabla 3 se representará los diferentes ingresos y egresos.

Tabla 3

Descripción de ingresos y egresos del proyecto

DESCRIPCION	INGRESOS	EGRESOS
Aportes de los autores	\$ 2.800.000	
Papelería		-\$ 250.000
Transporte		-\$ 300.000
Cronómetros		-\$ 150.000
Imprevistos		-\$ 100.000
Aporte científico		-\$ 2.000.000
TOTAL	\$ 2.800.000	-\$ 2.800.000
TOTAL, PARCIAL	\$ 0	\$ 0

Nota. La tabla muestra la descripción de cada uno de los ingresos y egresos que se presentaran a lo largo del proyecto. Fuente: Autores (2018).

Capítulo 5. Resultados

5.1 Identificar las causas que decrementan la productividad teórica a través de las diferentes obras de construcción vertical seleccionadas para el estudio con muestra representativa.

5.1.1 Estimación de actividades a estudiar. Para lograr identificar las actividades a las que se les realizará el estudio, se tendrá en cuenta el principio de PARETO, aplicándolo al presupuesto de cada una de las obras de construcción visitadas. Como se muestra a continuación:

5.1.1.1 Construcción Vivienda Urbanización Caracolí. En la Tabla 4 se muestra la información obtenida en la Urbanización Caracolí.

Tabla 4

Edificio verde barrio caracolí

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1.1	Actividades Preliminares				
1.1.1	Localización y replanteo	299,09	m ²	\$ 2.020,00	\$ 604.151,70
1.1.3	Cerramiento con malla verde	76,65	Ml	\$ 2.500,00	\$ 191.625,00
2	zapatras				
2.1	Actividades preliminares				
2.1.1	Localización y replanteo (zapatas)	132,16	m ²	\$ 2.020,00	\$ 266.956,33
2.2	Movimientos de tierra				
2.2.1	Excavación manual (zapatas)	96,30	m ³	\$ 30.000,00	\$ 2.889.000,00
2.2.2	Relleno con material seleccionado (zapatas)	67,90	m ³	\$ 15.000,00	\$ 1.018.500,00
2.2.3	Retiro de sobrantes (zapatas)	70,25	m ³	\$ 8.500,00	\$ 597.125,00
2.2.4	Relleno (traslado de material) zapatas	76,20	m ³	\$ 7.000,00	\$ 533.400,00

Continuación Tabla 4

2.3 Cimentaciones					
2.3.1	Concreto de saneamiento (zapatas)	6,15	m ³	\$ 180.000,00	\$ 1.107.000,00
2.3.2	concreto ciclópeo	5,00	m ³	\$ 110.000,00	\$ 550.000,00
2.3.3	Concreto para zapatas f'c = 21,1 Mpas.	73,89	m ³	\$ 200.000,00	\$ 14.778.476,00
2.4 Acero de refuerzo					
2.4.1	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas. (zapatas)	3276,4	Kg	\$ 500,00	\$ 1.638.243,21
3 Pedestales					
3.2 Estructura en concreto					
3.2.1	Concreto para pedestales f'c = 28 Mpas.	20,33	Ml	\$ 50.000,00	\$ 1.016.500,00
3.3 Acero de refuerzo					
3.3.1	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas. (Pedestales)	4464,9	Kg	\$ 500,00	\$ 2.232.465,78
4 Nivel -3,3 m					
4.1 Movimientos de tierra					
4.1.1	Nivelación de piso sótano	46,31	m ³	\$ 15.000,00	\$ 694.665,00
4.1.2	Excavación manual muro perimetral	45,57	m ³	\$ 30.000,00	\$ 1.367.100,00
4.1.3	Excavación manual (vigas de amarre) 30x50	14,86	m ³	\$ 30.000,00	\$ 445.692,00
4.1.4	Relleno con material seleccionado (traslado de material)	105,13	m ³	\$ 7.000,00	\$ 735.917,00
4.2 Ascensor					
4.2.1	Excavación ascensor 3X2,5X1,9	14,25	m ³	\$ 30.000,00	\$ 427.500,00
4.2.2	Concreto para base ascensor f'c = 21,1 Mpas. 3x2,5 e=0.3	2,30	m ³	\$ 200.000,00	\$ 460.000,00
4.2.3	Concreto para muro ascensor f'c = 21,1 Mpas. e=0.2	2,14	m ³	\$ 200.000,00	\$ 428.160,00
4.2.4	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas.	248,10	Kg	\$ 500,00	\$ 124.050,00
4.3 muro de contención					
4.3.1	Concreto de saneamiento (zapatas) 5undx1x1x0.2	1,00	m ³	\$ 180.000,00	\$ 180.000,00
4.3.2	Concreto para zapatas f'c = 21,1 Mpas. 5undx1x1x0.3	1,50	m ³	\$ 200.000,00	\$ 300.000,00
4.3.3	Concreto para pantalla f'c = 21,1 Mpas. 3,22x0,8x0,2	0,52	m ³	\$ 200.000,00	\$ 103.040,00
4.3.4	Concreto viga amarre 30x30 f'c = 21,1 Mpas.	28,06	Ml	\$ 30.000,00	\$ 841.800,00
4.3.5	Concreto vigas medianera 25x25 f'c = 21,1 Mpas.	88,74	Ml	\$ 27.000,00	\$ 2.395.980,00
4.3.6	Concreto columna 25x25 f'c = 21,1 Mpas.	30,61	Ml	\$ 27.000,00	\$ 826.470,00
4.3.7	Mampostería ladrillo común	130,73	m ²	\$ 22.000,00	\$ 2.876.148,00
4.3.8	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas.	2023,5	Kg	\$ 500,00	\$ 1.011.764,00

Continuación Tabla 4

4.4 vigas de amarre					
4.4.1	Concreto para vigas f'c = 28 Mpas.	115,47	Ml	\$ 40.000,00	\$ 4.618.800,00
4.4.2	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas.	2181,00	Kg	\$ 500,00	\$ 1.090.500,00
4.5 Columnas					
4.5.1	Concreto para columnas f'c = 28 Mpas. 15undx 3,22ml	48,30	Ml	\$ 50.000,00	\$ 2.415.000,00
4.5.2	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas. (Pedestales)	3.122,60	Kg	\$ 500,00	\$ 1.561.300,00
5 Pañete de muro en ladrillo doble					
5.1	corte de talud (manual) 7,7x2,7x0,5	10,40	m ³	\$ 30.000,00	\$ 311.850,00
5.1.1	movimiento de tierras 10,40* 1,2	12,47	m ³	\$ 7.000,00	\$ 87.318,00
5.1.2	pañete impermeabilizado (SIKA 1-IGOL DENSO)	174,30	m ²	\$ 10.000,00	\$ 1.743.040,00
5.1.3	relleno con material seleccionado	10,40	m ³	\$ 15.000,00	\$ 155.925,00
6 Losa jardín -0,80					
6.1	Losa jardín nivel -0,80 (15,4x3,3)	50,82	m ²	\$ 70.000,00	\$ 3.557.400,00
6.1.1	jardinera primer piso	10,84	m ²	\$ 70.000,00	\$ 758.800,00
6.1.2	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas. Losa y jardinera	2.354,00	Kg	\$ 500,00	\$ 1.177.000,00
7 losa +0,00					
7.1	losa de entrepiso 1 nivel + 0,00	224,00	m ²	\$ 70.000,00	\$ 15.680.000,00
7.1.1	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas. Losa y jardinera	9.126,00	Kg	\$ 500,00	\$ 4.563.000,00
8 columnas 0,4x0,6 nivel +3,5					
8.1	columnas 0,4x0,6 nivel +3,5	45,00	Ml	\$ 50.000,00	\$ 2.250.000,00
8.1.1	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas. Columnas	3.122	Kg	\$ 500,00	\$ 1.561.300,00
TOTAL					\$ 82.172.962,0

Nota. La tabla muestra cada una de las actividades identificadas en el proyecto de la Urbanización Caracolí. Fuente: Autores (2018).

Por otra parte, en la Tabla 5 se muestra los porcentajes acumulados por actividades en relación a lo descrito en la Tabla 4.

Tabla 5

Detalle de porcentajes para el proyecto de la Urbanización Caracolí

DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL	% ACUMULADO	% TOTAL ACUMULADO	80-20
Losa +0,00	\$ 20.243.000,00	26%	26%	80%
Cimentaciones	\$ 18.073.719,21	23%	49%	80%
Muro de contención	\$ 8.535.202,00	11%	60%	80%
Vigas de amarre	\$ 5.709.300,00	7%	67%	80%
Losa jardín -0,80	\$ 5.493.200,00	7%	74%	80%
Movimientos de tierra cimentación	\$ 5.304.981,33	7%	81%	80%
Columnas	\$ 3.976.300,00	5%	86%	80%
Pedestales	\$ 3.248.965,78	4%	90%	80%
Movimientos de tierra nivelación	\$ 3.243.374,00	4%	94%	80%
Pañete de muro en ladrillo doble	\$ 2.298.133,00	3%	97%	80%
ascensor	\$ 1.439.710,00	2%	99%	80%
Actividades Preliminares	\$ 795.77,70	1%	100%	80%

Nota. La tabla muestra los porcentajes acumulados por actividad del edificio verde. Fuente: Autores (2018).

En la Figura 3 se detalla el diagrama de PARETO, obteniendo el siguiente comportamiento.

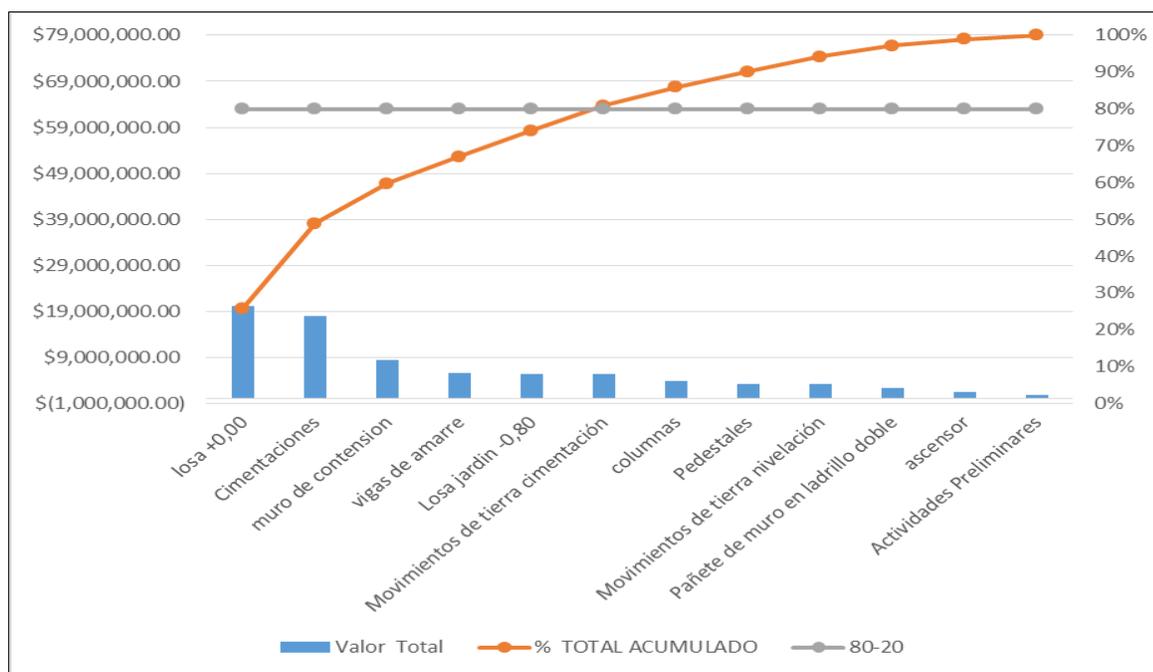


Figura 3. Diagrama de PARETO para el proyecto Edificio Verde.

Fuente: Autores (2018).

5.1.1.2 Construcción Vivienda Barrio La Gloria. En la Tabla 6 se muestra la información

obtenida en el barrio La Gloria.

Tabla 6

Vivienda unifamiliar Barrio La Gloria

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	VALOR PARCIAL	VALOR TOTAL
1	Actividades Preliminares				
1.1	Localización y replanteo	m2	182	\$ 2.649,00	\$ 482.118,00
1.2	Campamento y almacén	uni	1	\$ 489.500,00	\$ 489.500,00
1.3	Cerramiento malla verde	ml	60	\$ 13.900,00	\$ 834.000,00
2	Zapatas				
	Actividades preliminares de zapatas				
2.1	Localización y replanteo de zapatas				
2.1.1	Localización y replanteo de zapatas	m2	43,18	\$ 2.600,00	\$ 112.268,00
2.2	Movimiento de tierras				
2.2.1	Excavación manual (zapatas)	m3	95,00	\$ 42.969,00	\$ 4.081.883,12
	Relleno con material				
2.2.2	seleccionado (zapatas)	m3	77,86	\$ 16.000,00	\$ 1.245.728,00
2.2.3	Retiro de sobrantes (zapatas)	m3	17,99	\$ 34.984,00	\$ 629.533,58
2.3	Cimentaciones				
	Concreto para zapatas $f'c = 21,1$				
2.3.2	Mpas.	m3	15,11	\$ 779.560,00	\$ 11.781.490,28
2.4	Acero de refuerzo				
	Acero de refuerzo $f_y = 420$				
2.4.1	Mpas. (zapatas)	kg	630,20	\$ 5.909,00	\$ 3.723.828,16
3	Pedestales				
3.1	Estructura en concreto				
	Concreto para pedestales $f'c = 28$				
3.1.1	Mpas.	ml	22,5	\$ 109.950,00	\$ 2.473.875,00
4	Nivel				
4.1	Movimientos de tierra				
4.1.1	Excavación	m3	2,28	\$ 42.969,00	\$ 97.969,32
4.1.2	Excavación manual (vigas de amarre) 0,25x0,35	m3	7,51	\$ 42.969,00	\$ 322.890,55
	Relleno con material				
4.1.3	seleccionado (traslado de material)	m3	0,75	\$ 13.000,00	\$ 9.768,85
4.1.4	Retiro de sobrantes	m3	9,50	\$ 34.984,00	\$ 332.180,16
4.2	vigas de amarre				
	Concreto para vigas $f'c = 28$				
4.2.1	Mpas.	ml	85,88	\$ 109.990,00	\$ 9.445.941,20

Continuación Tabla 6

4.2.2	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas.	kg	1397	\$	5.909,00	\$	8.257.325,24
4.3	columnas						
4.3.1	Concreto para columnas f'c = 28 Mpas.	ml	37,5	\$	130.000,00	\$	4.875.000,00
4.3.2	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas. (Pedestales)	kg	1696,4 847	\$	5.909,00	\$	10.024.528,09
4.4	Muros						
4.4.1	Concreto vigas medianera 20x20 f'c = 21,1 Mpas.	ml	39,85	\$	37.490,00	\$	1.493.976,50
4.4.2	Concreto columna 20x20 f'c = 21,1 Mpas.	ml	40,5	\$	37.490,00	\$	1.518.345,00
4.4.3	Mampostería ladrillo Común	m2	89,66	\$	67.900,00	\$	6.087.914,00
4.4.4	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas.	kg	529,97	\$	5.909,00	\$	3.131.592,73
4.5	Pañete de muro en ladrillo doble						
4.5.1	pañete impermeabilizado (SIKA 1- IGOL DENSO)	m2	89,66	\$	20.000,00	\$	1.793.200,00
4.5.2	relleno con material seleccionado	m3	7,8	\$	13.000,00	\$	101.400,00
5	Losa						
5.1	Losa de entrepiso 1 nivel	m2	137,76 2129,4	\$	141.889,00	\$	19.546.628,64
5.2	Acero de refuerzo	kg	15	\$	5.909,00	\$	12.582.713,24
TOTAL						\$	105.475.597,67

Nota. La tabla muestra cada una de las actividades identificadas en el proyecto en el Barrio La Gloria. Fuente: Autores (2018).

Por otra parte, en la Tabla 7 se muestra los porcentajes acumulados por actividades en relación a lo descrito en la Tabla 6.

Teniendo en cuenta los parámetros para obtener el diagrama de PARETO para el proyecto analizado en el sector de La Gloria.

Tabla 7

Detalle de porcentajes para la vivienda del Barrio La Gloria

DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL	% ACUMULADO	VALOR TOTAL ACUMULADO	80.20
Losa Aligerada	\$32.129.342	30,5%	\$32.129.342	80%
vigas de amarre	\$17.703.266	47,2%	\$49.832.608	80%
Cimentaciones	\$15.505.318	61,9%	\$65.337.927	80%
columnas	\$14.899.528	76,1%	\$80.237.455	80%
Muros	\$12.231.828	87,7%	\$92.469.283	80%
Movimiento de tierras cimentación	\$6.069.413	93,4%	\$98.538.696	80%
Pedestales	\$2.473.875	95,8%	\$101.012.571	80%
Pañete de muro en ladrillo doble	\$1.894.600	97,6%	\$102.907.171	80%
Actividades Preliminares	\$1.805.618	99,3%	\$104.712.789	80%
Movimientos de tierra nivelación	\$762.809	100,0%	\$105.475.598	80%

Nota. La tabla muestra los porcentajes acumulados por actividad de la vivienda en el Barrio La Gloria. Fuente: Autores (2018).

En la Figura 4 se detalla el diagrama de PARETO, obteniendo el siguiente comportamiento.

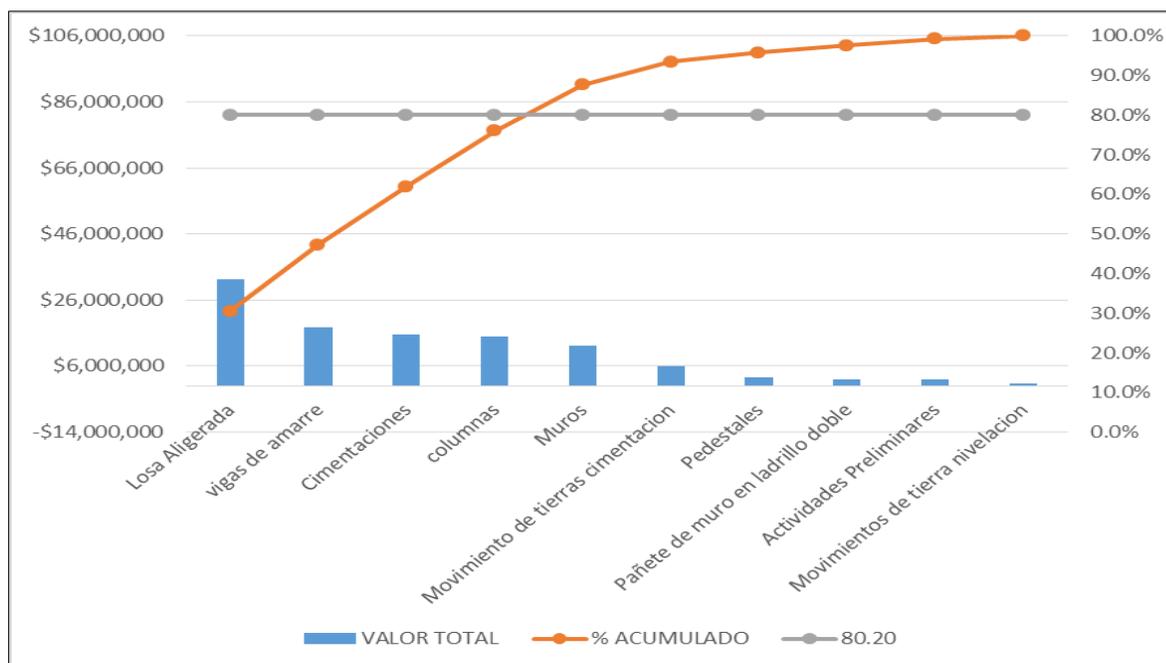


Figura 4. Diagrama de PARETO para el proyecto del Barrio La Gloria.

Fuente: Autores (2018).

5.1.1.3 Construcción Vivienda Torres del cable. En la Tabla 8 se muestra la información obtenida en el Condominio Torres del cable.

Tabla 8

Vivienda unifamiliar barrio torres del cable

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	VALOR PARCIAL	VALOR TOTAL
1	Actividades Preliminares				
1.1	Localización y replanteo	m2	210	\$ 2.649,00	\$ 556.290,00
1.2	Campamento y almacén	uni	1	\$ 489.500,00	\$ 489.500,00
1.3	Cerramiento malla verde	ml	70	\$ 13.900,00	\$ 973.000,00
2	Zapatas				
2.1	Actividades preliminares de zapatas				
2.1.1	Localización y replanteo de zapatas	m2	55,1	\$ 2.600,00	\$ 143.260,00
2.2	Movimiento de tierras				
2.2.1	Excavación manual (zapatas)	m3	110,00	\$ 42.969,00	\$ 4.726.590,00
2.2.2	Relleno con material seleccionado (zapatas)	m3	85,75	\$ 16.000,00	\$ 1.372.000,00
2.2.3	Retiro de sobrantes (zapatas)	m3	20,30	\$ 34.984,00	\$ 710.175,20
2.3	Cimentaciones				
2.3.2	Concreto para zapatas $f'c = 21,1$ Mpas.	m3	20,35	\$ 779.560,00	\$ 15.864.046,00
2.4	Acero de refuerzo				
2.4.1	Acero de refuerzo $f_y = 420$ Mpas. (zapatas)	kg	830,50	\$ 5.909,00	\$ 4.907.424,50
3	Pedestales				
3.1	Estructura en concreto				
3.1.1	Concreto para pedestales $f'c = 28$ Mpas.	ml	35,7	\$ 109.950,00	\$ 3.925.215,00
4	Nivel				
4.1	Movimientos de tierra				
4.1.1	Excavación	m3	3,65	\$ 42.969,00	\$ 156.836,85
4.1.2	Excavación manual (vigas de amarre) 0,25x0,35	m3	9,28	\$ 42.969,00	\$ 398.752,32
4.1.3	Relleno con material seleccionado (traslado de material)	m3	0,93	\$ 13.000,00	\$ 12.064,00
4.1.4	Retiro de sobrantes	m3	12,60	\$ 34.984,00	\$ 440.871,87
4.2	vigas de amarre				
4.2.1	Concreto para vigas $f'c = 28$ Mpas.	ml	95,87	\$ 109.990,00	\$ 10.544.741,30
4.2.2	Acero de refuerzo $f_y = 420$ Mpas.	kg	1689,45	\$ 5.909,00	\$ 9.982.960,05
4.3	columnas				

Continuación Tabla 8

4.3.1	Concreto para columnas $f'c = 28$ Mpas.	ml	53,5	\$	130.000,00	\$	6.955.000,00
4.3.2	Acero de refuerzo $f_y = 420$ Mpas. (Pedestales)	kg	1890,25	\$	5.909,00	\$	11.169.487,25
4.4	Muros						
4.4.1	Concreto vigas medianera 20x20 $f'c = 21,1$ Mpas.	ml	45,9	\$	37.490,00	\$	1.720.791,00
4.4.2	Concreto columna 20x20 $f'c = 21,1$ Mpas.	ml	46,3	\$	37.490,00	\$	1.735.787,00
4.4.3	Mampostería ladrillo común	m2	110,5	\$	67.900,00	\$	7.502.950,00
4.4.4	Acero de refuerzo $f_y = 420$ Mpas.	kg	650,78	\$	5.909,00	\$	3.845.459,02
4.5	Pañete de muro en ladrillo doble						
4.5.1	pañete impermeabilizado (SIKA 1-IGOL DENSO)	m2	96,7	\$	20.000,00	\$	1.934.000,00
4.5.2	relleno con material seleccionado	m3	8,9	\$	13.000,00	\$	115.700,00
5	Losa						
5.1	Losa de entrepiso 1 nivel	m2	145,6	\$	141.889,00	\$	20.659.038,40
5.2	Acero de refuerzo	kg	2900,56	\$	5.909,00	\$	17.139.409,04
TOTAL						\$	127.981.348,80

Nota. La tabla muestra cada una de las actividades identificadas en el proyecto del Condominio Torres del cable.
Fuente: Autores (2018).

Además, en la Tabla 9 se muestra los porcentajes acumulados por actividades en relación a lo descrito en la Tabla 8.

Tabla 9*Detalle de porcentajes para la vivienda del Condominio Torres del Cable*

DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL	% ACUMULADO	VALOR TOTAL ACUMULADO	80-20
Losa Aligerada	\$ 37.798.447,44	29,5%	\$37.798.447	80%
Cimentaciones	\$ 20.771.470,50	45,8%	\$58.569.918	80%
vigas de amarre	\$ 20.527.701,35	61,8%	\$79.097.619	80%
columnas	\$ 18.124.487,25	76,0%	\$97.222.107	80%
Muros	\$ 14.804.987,02	87,5%	\$112.027.094	80%
Movimiento de tierras cimentación	\$ 6.952.025,20	93,0%	\$118.979.119	80%
Pedestales	\$ 3.925.215,00	96,0%	\$122.904.334	80%
Pañete de muro en ladrillo doble	\$ 2.049.700,00	97,6%	\$124.954.034	80%
Actividades Preliminares	\$ 2.018.790,00	99,2%	\$126.972.824	80%
Movimientos de tierra nivelación	\$ 1.008.525,04	100,0%	\$127.981.349	80%

Nota. La tabla muestra los porcentajes acumulados por actividad del proyecto de Torres del Cable. Fuente: Autores (2018).

En la Figura 5 se detalla el diagrama de PARETO, obteniendo el siguiente comportamiento para el proyecto.

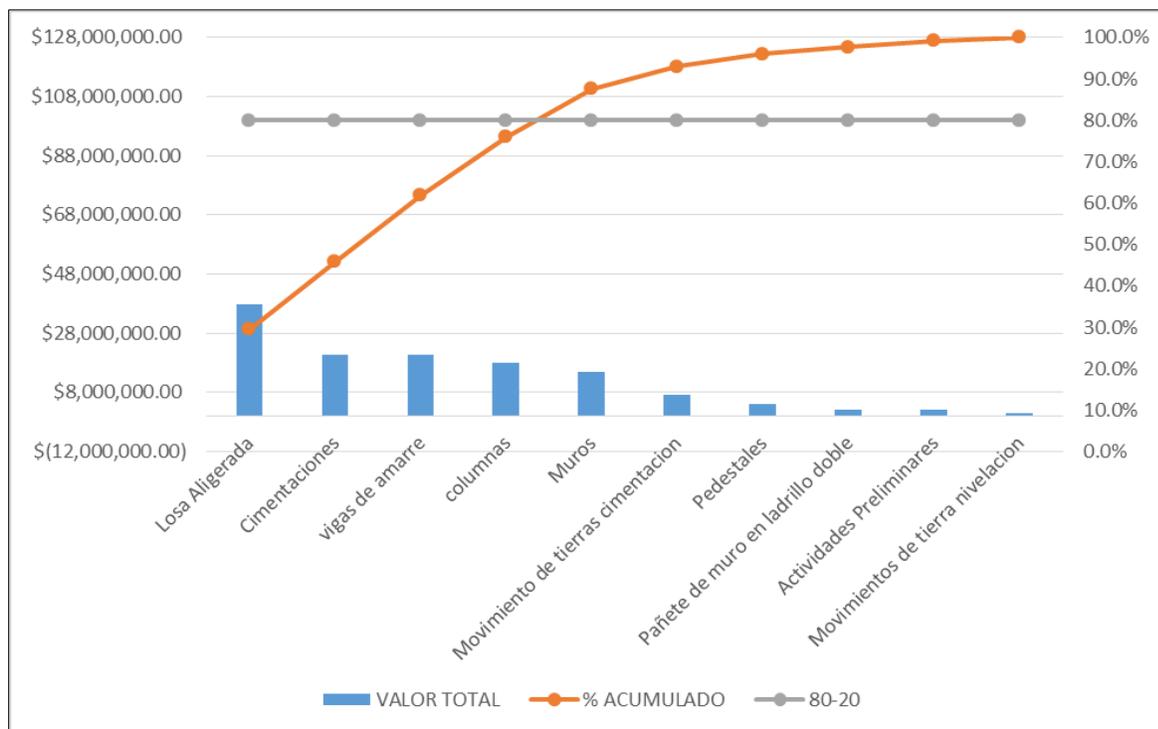


Figura 5. Diagrama de PARETO para el proyecto del Condominio Torres del Cable.

Fuente: Autores (2018).

5.1.1.4 Construcción Vivienda Tierra Santa. En la Tabla 10 se muestra la información obtenida en el sector de Tierra Santa, teniendo en cuenta cada una de las actividades y su respectivo desglose.

Además se muestra las cantidades y valores unitarios de cada uno de ellos, para su posterior análisis.

Tabla 10*Vivienda unifamiliar Barrio Tierra Santa*

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	VALOR PARCIAL	VALOR TOTAL
1	Actividades Preliminares				
1.1	Localización y replanteo	m2	180,42	\$ 2.649,00	\$ 477.932,58
1.2	Campamento y almacén	uni	1	\$ 489.000,00	\$ 489.000,00
2	Zapatas				
2.1	Actividades preliminares de zapatas				
2.1.1	Localización y replanteo de zapatas	m2	22,8	\$ 2.600,00	\$ 59.280,00
2.2	Movimiento de tierras				
2.2.1	Excavación manual (zapatas)	m3	45,60	\$ 42.969,00	\$ 1.959.386,40
2.2.2	Relleno con material seleccionado (zapatas)	m3	45,11	\$ 16.000,00	\$ 721.760,00
2.2.3	Retiro de sobrantes (zapatas)	m3	0,52	\$ 34.984,00	\$ 18.191,68
2.3	Cimentaciones				
2.3.2	Concreto para zapatas $f'c = 21,1$ Mpas.	m3	9,12	\$ 779.560,00	\$ 7.109.587,20
2.4	Acero de refuerzo				
2.4.1	Acero de refuerzo $f_y = 420$ Mpas. (zapatas)	kg	264,40	\$ 5.909,00	\$ 1.562.339,60
3	Pedestales				
3.1	Estructura en concreto				
3.1.1	Concreto para pedestales $f'c = 28$ Mpas.	ml	1,9	\$ 109.950,00	\$ 208.905,00
4	Nivel				
4.1	Movimientos de tierra				
4.1.1	Excavación	m3	17,6	\$ 42.969,00	\$ 756.254,40
4.1.2	Excavación manual (vigas de amarre)	m3	3,69	\$ 42.969,00	\$ 158.555,61
4.1.3	Relleno con material seleccionado (traslado de material)	m3	1,06	\$ 13.000,00	\$ 13.780,00
4.1.4	Retiro de sobrantes	m3	20,23	\$ 34.984,00	\$ 707.726,32
4.2	vigas de amarre				
4.2.1	Concreto para vigas $f'c = 28$ Mpas.	ml	92,25	\$ 109.990,00	\$ 10.146.577,50
4.2.2	Acero de refuerzo $f_y = 420$ Mpas.	kg	916,7	\$ 5.909,00	\$ 5.416.780,30
4.3	columnas				
4.3.1	Concreto para columnas $f'c = 28$ Mpas.	ml	70	\$ 130.000,00	\$ 9.100.000,00
4.3.2	Acero de refuerzo $f_y = 420$ Mpas. (Pedestales)	kg	944,02	\$ 5.909,00	\$ 5.578.214,18
4.4	Muros				
4.4.3	Mampostería ladrillo común	m2	205,16	\$ 67.900,00	\$ 13.930.364,00
4.5	Pañete de muro en ladrillo doble				
4.5.1	pañete impermeabilizado (SIKA 1- IGOL DENSO)	m2	205,16	\$ 20.000,00	\$ 4.103.200,00
4.5.2	relleno con material seleccionado	m3	3,61	\$ 13.000,00	\$ 46.930,00

Continuación Tabla 10

5	Losa Aligerada					
5.1	Losa de entepiso 1 nivel	m2	45,42	\$	141.889,00	\$ 6.444.598,38
5.2	Acero de refuerzo	kg	830,11	\$	5.909,00	\$ 4.905.119,99
6	Losa Metal deck					
6.1	Losa de entepiso 1 nivel	m2	135	\$	169.889,00	\$ 22.935.015,00
6.2	Acero de refuerzo	kg	1164,02	\$	5.909,00	\$ 6.878.194,18
TOTAL						\$ 73.914.483,14

Nota. La tabla muestra cada una de las actividades identificadas en el proyecto del Barrio Tierra Santa. Fuente: Autores (2018).

Del mismo modo, en la Tabla 11 se detalla los porcentajes acumulados por actividades en relación a lo descrito en la Tabla 10.

Tabla 11*Detalle de porcentajes para la vivienda del sector de Tierra Santa*

DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL	% ACUMULADO	VALOR TOTAL ACUMULADO	80.20
Losa Metal deck	\$29.813.209	28,7%	\$29.813.209	80%
vigas de amarre	\$15.563.358	43,7%	\$45.376.567	80%
columnas	\$14.678.214	57,9%	\$60.054.781	80%
Muros	\$13.930.364	71,3%	\$73.985.145	80%
Losa Aligerada	\$11.349.718	82,3%	\$85.334.864	80%
Cimentaciones	\$8.671.927	90,6%	\$94.006.790	80%
Pañete de muro en ladrillo doble	\$4.150.130	94,6%	\$98.156.920	80%
Movimiento de tierras cimentación	\$2.699.338	97,2%	\$100.856.258	80%
Movimientos de tierra nivelación	\$1.636.316	98,8%	\$102.492.575	80%
Actividades Preliminares	\$966.933	99,7%	\$103.459.507	80%
Pedestales	\$208.905	99,9%	\$103.668.412	80%
Zapatatas	\$59.280	100,0%	\$103.727.692	80%

Nota. La tabla muestra los porcentajes acumulados por actividad del proyecto de Tierra Santa. Fuente: Autores (2018).

En la Figura 6 se define el diagrama de PARETO, obteniendo el siguiente comportamiento para el proyecto.

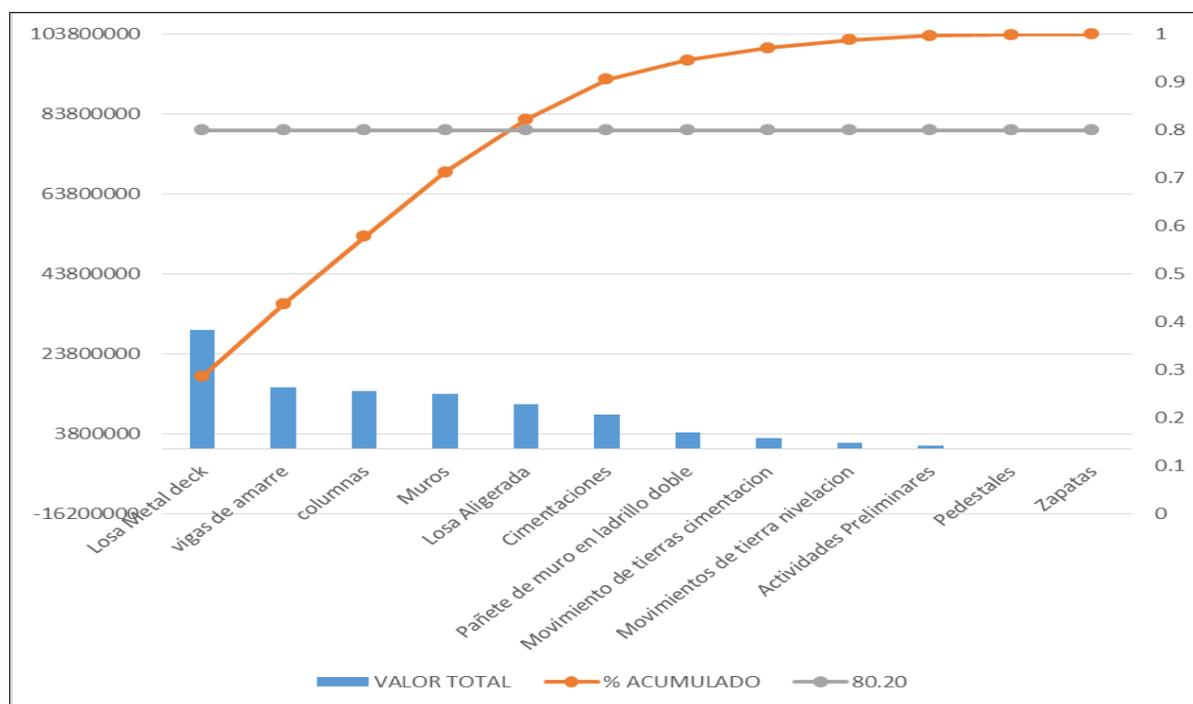


Figura 6. Diagrama de PARETO para el proyecto de Tierra Santa.

Fuente: Autores (2018).

5.1.1.5 Construcción Vivienda la Riviera. En la Tabla 12 se muestra la información obtenida en el sector de La Gloria.

Tabla 12

Vivienda unifamiliar Barrio La Gloria - La Riviera

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	VALOR PARCIAL	VALOR TOTAL
1	Actividades Preliminares				
1.1	Localización y replanteo	m2	91	\$ 2.649,00	\$ 241.059,00
1.2	Campamento y almacén	uni	1	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
2	Zapatatas				
2.1	Actividades preliminares de zapatas				
2.1.1	Localización y replanteo de zapatas	m2	26,46	\$ 2.600,00	\$ 68.796,00
2.2	Movimiento de tierras				
2.2.1	Excavación manual (zapatas)	m3	41,01	\$ 42.969,00	\$ 1.762.158,69
2.2.2	Relleno con material seleccionado (zapatas)	m3	7,99	\$ 16.000,00	\$ 127.840,00
2.2.3	Retiro de sobrantes (zapatas)	m3	34,67	\$ 34.984,00	\$ 1.212.930,26

Continuación Tabla 12

2.3	Cimentaciones				
2.3.1	Solado	m2	26,46	\$ 180.000,00	\$ 4.762.800,00
2.3.2	Concreto para zapatas $f'c = 21,1$ Mpas.	m3	10,58	\$ 779.560,00	\$ 8.247.744,80
2.4	Acero de refuerzo				
2.4.1	Acero de refuerzo $f_y = 420$ Mpas. (zapatas)	kg	477,72	\$ 5.909,00	\$ 2.822.847,48
3	Pedestales				
3.1	Estructura en concreto				
3.1.1	Concreto para pedestales $f'c = 28$ Mpas.	ml	16,5	\$ 109.950,00	\$ 1.814.175,00
4	Nivel				
4.1	Movimientos de tierra				
4.1.2	Excavación manual (vigas de amarre)	m3	9,25	\$ 42.969,00	\$ 397.463,25
4.1.3	Relleno con material seleccionado (traslado de material)	m3	0,93	\$ 13.000,00	\$ 12.025,00
4.2	vigas de amarre				
4.2.1	Concreto para vigas $f'c = 28$ Mpas. (0,4x0,3)	ml	70,2	\$ 109.990,00	\$ 7.721.298,00
4.2.2	Concreto para vigas $f'c = 28$ Mpas. (0,3x0,15)	ml	18,26	\$ 109.990,00	\$ 2.008.417,40
4.2.3	Acero de refuerzo $f_y = 420$ Mpas.	kg	820,31	\$ 5.909,00	\$ 4.847.211,79
4.3	columnas				
4.3.1	Concreto para columnas $f'c = 28$ Mpas.	ml	42	\$ 130.000,00	\$ 5.460.000,00
4.3.2	Acero de refuerzo $f_y = 420$ Mpas. (Pedestales)	kg	1198,07	\$ 5.909,00	\$ 7.079.395,63
4.4	Muros				
4.4.3	mampostería ladrillo comun	m2	89,96	\$ 67.900,00	\$ 6.108.284,00
4.5	Pañete de muro en ladrillo doble				
4.5.1	pañete impermeabilizado (SIKA 1- IGOL DENSO)	m2	89,96	\$ 20.000,00	\$ 1.799.200,00
5	Losa				
5.1	Losa de entepiso 1 nivel	m2	93,53	\$ 141.889,00	\$ 13.270.878,17
5.2	Acero de refuerzo	kg	1288,75	\$ 5.909,00	\$ 7.615.223,75
TOTAL					\$ 77.382.248,22

Nota. La tabla muestra cada una de las actividades identificadas en el proyecto del Barrio La Gloria. Fuente: Autores (2018).

De igual modo, en la Tabla 13 se detalla los porcentajes acumulados por actividades en relación a lo descrito en la Tabla 12.

Tabla 13

Detalle de porcentajes para la vivienda del sector de La Gloria

DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL	% ACUMULADO	VALOR TOTAL ACUMULADO	80.20
Losa +3,5	\$20.886.102	27,0%	\$20.886.102	80%
Cimentaciones	\$15.833.392	47,5%	\$36.719.494	80%
vigas de amarre	\$14.576.927	66,3%	\$51.296.421	80%
Columnas	\$12.539.396	82,5%	\$63.835.817	80%
Muros	\$7.907.484	92,7%	\$71.743.301	80%
Movimientos de tierra cimentación	\$3.171.725	96,8%	\$74.915.026	80%
Pedestales	\$1.814.175	99,2%	\$76.729.201	80%
Movimientos de tierra nivelación	\$409.488	99,7%	\$77.138.689	80%
Actividades Preliminares	\$243.559	100,0%	\$77.382.248	80%

Nota. La tabla muestra los porcentajes acumulados por actividad del proyecto del Barrio La Gloria. Fuente: Autores (2018).

Por último, en la Figura 7 se define el diagrama de PARETO, obteniendo el siguiente comportamiento para el proyecto.

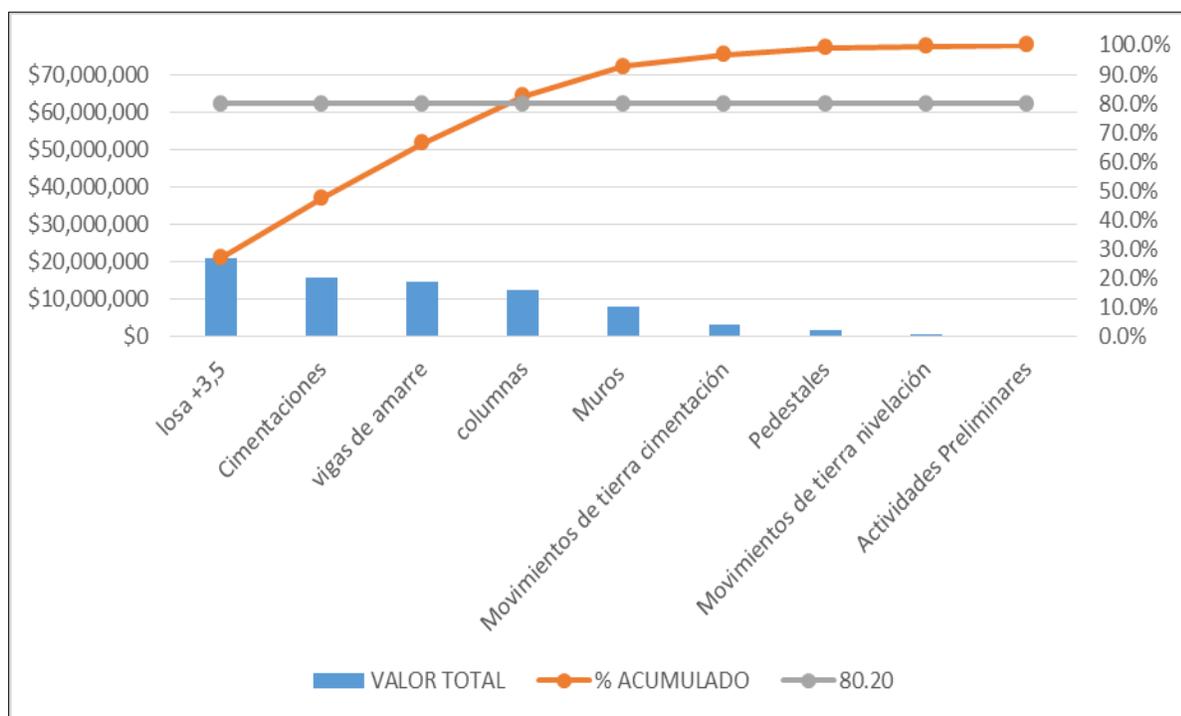


Figura 7. Diagrama de PARETO para el proyecto de La Gloria.

Fuente: Autores (2018).

De acuerdo a lo anterior se establecieron las actividades más relevantes dentro de los proyecto de construcción, las cuales son:

Cimentación

Vigas de amarre

Columnas

Muros

Losa

5.1.2 Causas que decrementan la productividad. Mediante el estudio de tiempo y movimientos se pudo identificar cada una de las causas que producen el decremento de la productividad teórica, en las cuales se pudieron evidenciar: Descanso, tiempo sin cumplir, limpieza, imprevistos, actividades personales, conversando, lluvia y esperas, siendo estas clasificadas con sus respectivos tiempos y distribuidas porcentualmente como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14

Causales del decremento de la productividad

ACTIVIDADES NO CONTRIBUTIVAS	CAUSAS
	Falta de instrucciones
Esperas	Mayor cantidad de operarios de la necesaria por cuadrilla
	Falta de materiales
	Condiciones climáticas
Descanso	Agotamiento
	Hidratación de trabajadores
	Distracción

Continuación Tabla 14

Limpieza	Limpieza del terreno
	Limpieza de herramientas y equipos
	Guardar herramientas y equipos
Conversando	Conversación entre trabajadores
	Conversación por celular
Tiempo sin cumplir	Inicio tardío de actividades
	Actividades sin finalizar
Imprevistos	Rehacer trabajo
	Accidente laboral
	Necesidades fisiológicas
Actividades personales	Permiso laboral
	Incapacidad médica

Nota. La tabla muestra las actividades no contributivas y sus causas. Fuente: Autores (2018).

En relación a la Tabla 14, se estimaron los minutos que relacionaron a cada actividad no contributivas. Estos datos se contemplan en la Tabla 15.

Tabla 15*Tiempos no contributivos*

ACTIVIDADES NO CONTRIBUTIVAS	MINUTOS
Esperas	20812
Descanso	17500
Limpieza	7754
Conversando	6431
Tiempo sin cumplir	5263
Imprevistos	3952
Actividades personales	3325
TOTAL	65037

Nota. La tabla muestra el tiempo en minutos de las actividades no contributivas. Fuente: Autores (2018).

De acuerdo a los datos obtenidos, se calculó el porcentaje que demandaron cada actividad.

La información se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16*Porcentaje de interferencia por actividad*

ACTIVIDADES NO CONTRIBUTIVAS	MINUTOS
Esperas	32,00%
Descanso	26,91%
Limpieza	11,92%
Conversando	9,89%
Tiempo sin cumplir	8,09%
Imprevistos	6,08%
Actividades personales	5,11%
TOTAL	100%

Nota. La tabla muestra el porcentaje de cada una de las actividades no contributivas. Fuente: Autores (2018).

En la Figura 8 se muestra el análisis de barras de la información obtenida en campo durante la ejecución del proyecto.



Figura 8. Gráfico de barras de las actividades no contributivas.

Fuente: Autores (2018).

Por último, se realizó un gráfico circular mostrado en la Figura 9, donde se detalla de manera porcentual cada una de las actividades no contributivas.

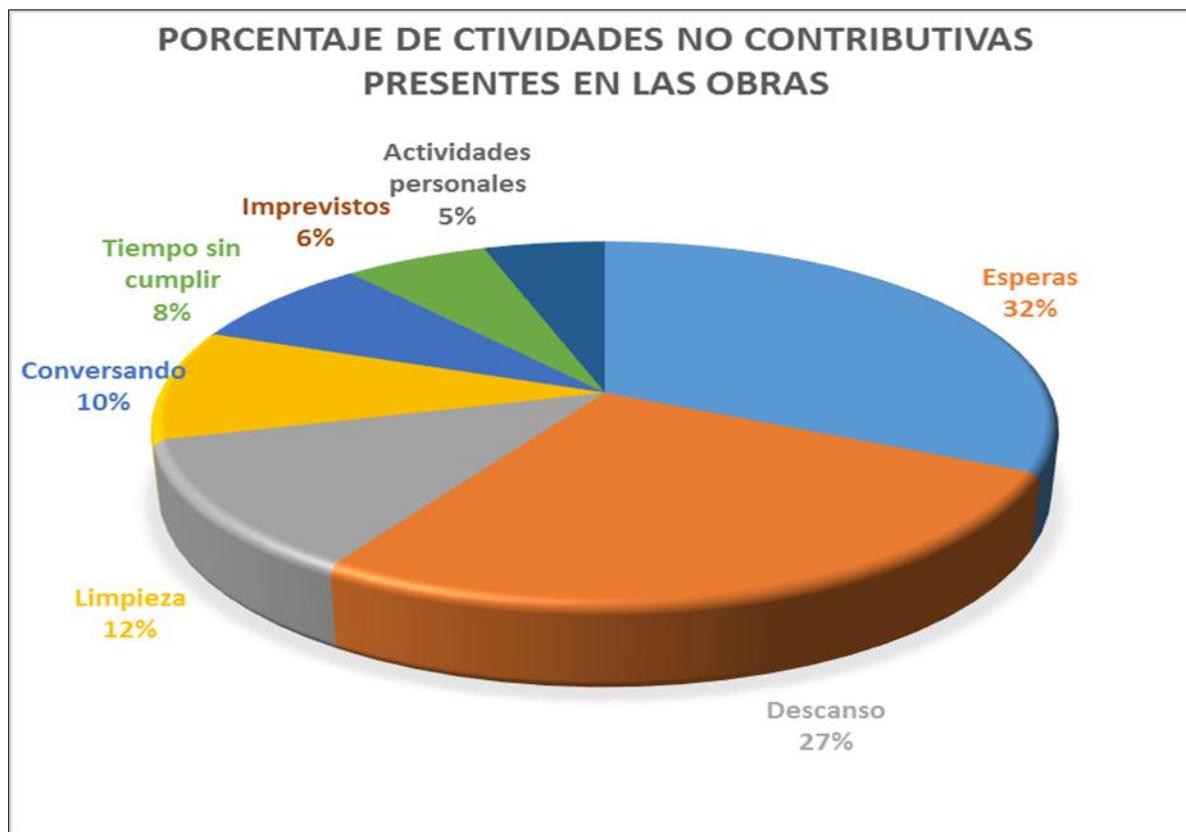


Figura 9. Gráfico circular de actividades no contributivas.

Fuente: Autores (2018).

5.2 Estimar el porcentaje de decremento de diferentes actividades de construcciones verticales a través del estudio de tiempos y movimientos para las causas identificadas.

Mediante la toma de tiempo en cada una de las obras seleccionadas para estudiar se estimaron los diferentes porcentajes de tiempos.

5.2.1 Construcción Vivienda Urbanización Caracolí. En las siguientes tablas se muestran las actividades relacionadas al proyecto ubicado en el sector la Urbanización Caracolí. En la Tabla 17 se detalla la actividad de vigas de amarre de la obra.

Tabla 17

Vigas de Amarre vivienda caracolí

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)	
VIGAS DE AMARRE	DIA 1	420	32	88
		379	113	48
		433	51	56
		396	100	44
		368	139	33
		434	59	47
	DIA 2	397	98	45
		329	169	42
		331	144	65
		433	73	34
		398	8	134
		418	88	34
	DIA 3	509	5	26
		474	28	38
486		26	28	
391		117	32	
460		44	36	
413		89	38	
DIA 4	545	16	39	
	485	18	37	
	421	71	48	
	141	123	36	
	266	3	31	
	123	377	100	
	130	355	55	
	253	217	130	
	470	17	53	
433	63	44		

Continuación Tabla 17

	168	64	8
DIA 5	201	37	2
	196	22	22
	208	27	5
	16	75	149
	14	68	158
DIA 6	17	71	152
	16	70	154
	21	56	163
	13	65	162
	0	207	33
	0	167	73
	0	137	103
	0	129	111
DIA 7	0	125	115
	0	121	119
	0	120	120
	0	110	130
	199	0	4
TOTAL (min)	11805	4314	3224

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad vigas de amarre para el proyecto de la Urbanización el Caracolí. Fuente: Autores (2018).

Secuencialmente se realiza el mismo procedimiento con la actividad de levantamiento de muros.

La información se muestra en la Tabla 18, donde se detalla los días empleados y la estimación de cada uno de los tiempos empleados en obra.

Tabla 18*Muros vivienda caracolí*

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
	0	410	130
DIA 9	417	64	59
	0	396	145
	411	60	69
	309	25	34
	0	60	38
	0	59	39
	0	62	36
DIA 10	0	108	84
	0	63	35
	0	144	60
	0	135	69
MUROS	45	0	53
	453	21	66
DIA 11	450	19	71
	0	380	160
	0	365	175
	165	8	24
DIA 14	160	4	33
	0	85	112
	0	88	109
	208	0	32
DIA 15	201	0	39
	0	170	130
	0	165	135
TOTAL (min)	2819	2891	5710

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad muros para el proyecto de la Urbanización el Caracolí.
Fuente: Autores (2018).

Del mismo modo se realiza el consolidado de tiempo para la actividad de columnas, dicha información se detalla en la Tabla 19.

Tabla 19*Columnas vivienda caracolí*

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
	224	5	11
	231	5	4
DIA 5	213	19	8
	212	19	9
	227	5	8
	229	7	4
	163	7	100
DIA 6	0	52	98
	0	71	79
	0	70	80
	0	14	46
DIA 7	144	52	44
	140	50	50
	141	51	50
	138	48	54
COLUMNAS	219	3	18
	220	1	19
DIA 8	207	5	88
	200	6	94
	205	3	92
	196	5	99
	47	13	70
	45	10	75
	0	93	37
	0	90	40
DIA 9	0	87	43
	0	75	55
	142	134	24
	140	134	26
	124	4	30
	119	3	36

Continuación Tabla 19

	373	113	54
	373	100	67
DIA 11	0	73	43
	0	71	45
	0	71	45
	0	68	48
	0	34	136
	0	35	135
DIA 12	0	72	118
	102	0	88
	100	0	90
	116	71	32
	0	87	43
DIA 13	0	75	55
	142	134	24
	140	134	26
TOTAL (min)	5272	2279	2540

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad de columnas para el proyecto de la Urbanización el Caracolí. Fuente: Autores (2018).

Por último, se realizó la toma de datos para la actividad de losa de entresuelo. La información se detalla en la Tabla 20.

Tabla 20

Losa vivienda caracolí

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
	401	84	55
DIA 12	395	80	65
	400	85	55
LOSA	355	86	99
	165	28	47
DIA 13	156	21	63
	451	29	60
	450	25	65

Continuación Tabla 20

	401	59	80
	400	60	80
	213	66	21
	215	60	25
	207	14	79
	200	13	87
	201	14	85
	193	11	96
	207	10	83
	205	10	85
	88	0	152
	81	0	159
	171	3	11
DIA 14	170	1	14
	0	72	113
	0	70	115
	0	72	113
	0	75	110
	0	69	116
	0	65	120
	0	106	79
	0	98	87
	0	104	81
	0	34	31
	0	30	35
	0	29	36
DIA 15	0	28	37
	0	0	61
	87	129	84
	80	129	91
	113	42	145
	195	0	45
DIA 19	190	0	50
	193	0	47
	210	6	24
DIA 20	212	2	26
	0	195	45
	0	192	48

Continuación Tabla 20

	0	190	50
	0	188	52
	0	175	65
	0	170	70
	0	156	84
	0	173	67
	0	172	68
	0	165	75
	0	169	71
	0	170	70
	0	173	67
	0	164	76
	0	170	70
TOTAL (min)	7005	4541	4190

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad de losa para el proyecto de la Urbanización el Caracolí. Fuente: Autores (2018).

En la Tabla 21 se muestra el resumen de los tiempos para la vivienda de la urbanización Caracolí.

Tabla 21*Resumen vivienda el Caracolí*

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
Vigas de amarre	11805	4314	3224
Cimentación	0	0	0
Muros	2819	2891	5710
Columnas	5272	2279	2540
Losa	7005	4541	4190
TOTAL	26901	14025	15664

Nota. La tabla muestra el resumen de tiempos para el proyecto de la Urbanización el Caracolí. Fuente: Autores (2018).

De acuerdo a la tabla resumen se obtiene el gráfico mostrado en la Figura 10, detallado los tiempos ejecutados en obra.

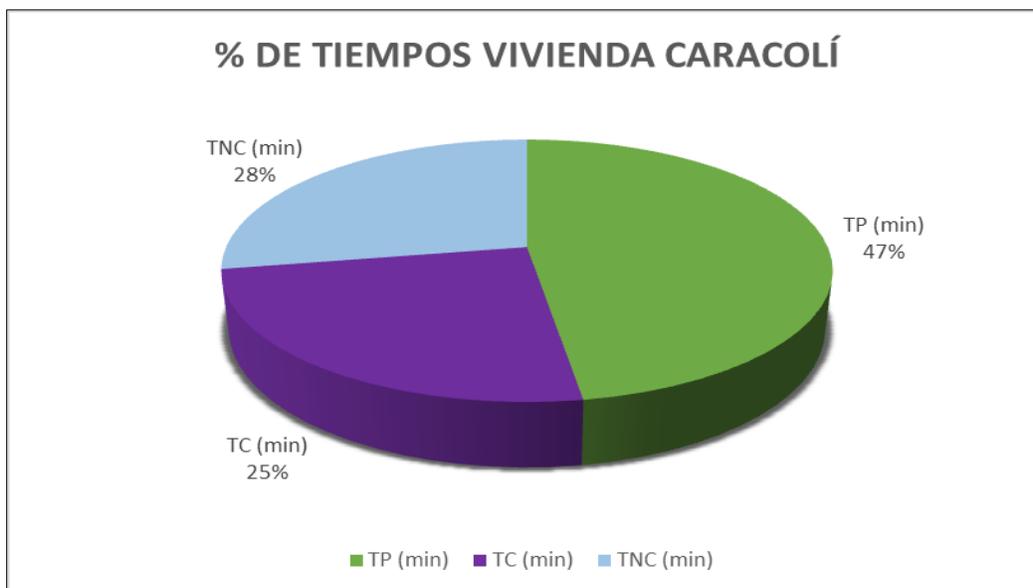


Figura 10. Gráfico circular de los tiempos obtenidos en obra.

Fuente: Autores (2018).

En relación con lo anterior también se obtiene el gráfico de barras mostrado en la Figura 11.

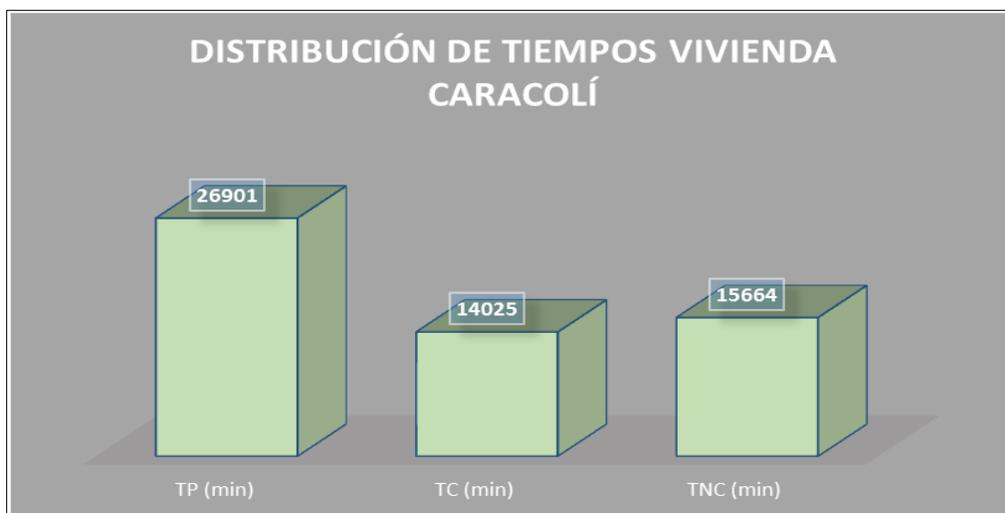


Figura 11. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos en obra.

Fuente: Autores (2018).

5.2.2 Construcción Vivienda Barrio La Gloria. En las siguientes tablas se muestran las actividades relacionadas al proyecto ubicado en el sector de la Gloria. En la Tabla 22 se detalla la actividad de vigas de amarre de la obra.

Tabla 22

Vigas de Amarre vivienda la gloria

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
	185	15	67
	111	47	127
DIA 4	62	107	82
	78	45	99
	137	58	45
	57	107	93
	82	15	94
	168	44	31
DIA 5	135	11	28
	211	18	30
	167	14	49
	35	138	67
VIGAS DE AMARRE	331	48	92
	232	54	94
DIA 6	453	20	22
	274	10	60
	45	120	78
	37	134	71
	347	76	64
	319	52	80
DIA 7	297	215	50
	247	263	60
	462	20	72
	87	220	80
	265	105	98
DIA 8	347	67	102
	126	287	76
	202	190	92

Continuación Tabla 22

	293	111	103
	104	67	145
	19	21	5
	81	18	41
DIA 9	64	54	15
	20	10	6
	22	9	16
	36	86	67
TOTAL (min)	6138	2876	2401

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad vigas de amarre para el proyecto del barrio la gloria.
Fuente: Autores (2018).

En la Tabla 23 se muestra el consolidado de la información para la actividad de cimentación.

Tabla 23

Cimentación de la vivienda la gloria

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
	7	40	4
	29	27	8
DIA 1	25	34	4
	127	38	80
	25	143	110
	164	23	53
CIMENTACIÓN	36	7	4
DIA 2	154	35	47
	33	108	76
	67	99	74
	39	12	23
	75	125	34
DIA 3	155	48	43
	90	110	78
	16	35	5
TOTAL (min)	1042	884	643

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad cimentación para el proyecto del barrio la gloria.
Fuente: Autores (2018).

En la Tabla 24 se muestra el consolidado de la información para la actividad de Muros, detallando cada uno de los tiempos empleados.

Tabla 24

Muros de la vivienda la gloria

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)	
MUROS		71	75	15
	DIA 9	62	48	6
		78	44	9
		0	31	40
		104	40	83
	DIA 10	0	245	60
		155	16	115
		0	186	61
		76	124	87
		54	0	0
	DIA 11	0	110	46
		151	40	33
		0	162	66
		67	202	89
		56	0	0
	DIA 14	0	71	10
		51	26	24
		216	48	38
	DIA 15	0	237	40
		262	60	34
		0	147	115
		56	90	145
		288	117	130
	DIA 16	271	87	71
		0	210	293
		161	55	49
	DIA 17	0	48	105
		123	20	78
TOTAL (min)		2302	2539	1842

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad muros para el proyecto del barrio la gloria. Fuente: Autores (2018).

En la Tabla 25 se muestra el consolidado de la información para la actividad de Columnas.

Tabla 25

Columnas de la vivienda la gloria

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)		
COLUMNAS		53	38	8	
	DIA 1		46	32	19
			140	31	27
			170	20	78
			64	19	133
	DIA 2		73	75	52
			74	26	19
			78	90	46
			7	15	27
	DIA 3		163	38	39
			108	10	43
			59	15	14
			165	83	48
			94	32	65
	DIA 9		186	35	20
			337	16	51
			215	26	12
			185	43	30
	DIA 10		148	19	94
			158	47	21
DIA 11		24	53	10	
		41	0	0	
		16	0	0	
DIA 12		184	29	27	
		55	15	20	
		115	21	13	
		83	89	80	
		99	76	79	

Continuación Tabla 25

	235	9	89
	69	0	0
DIA 13	67	0	28
	59	0	13
	21	0	0
	78	0	12
	144	21	22
	90	0	17
DIA 14	27	78	15
	87	21	29
	0	68	15
	75	0	24
DIA 15	78	57	18
	210	195	120
	170	181	136
DIA 16	82	88	70
	0	385	155
	20	321	169
	288	78	174
	174	225	141
DIA 17	26	16	5
	31	0	0
	0	124	98
	0	176	65
	67	15	74
	165	54	81
DIA 18	13	0	0
	41	25	22
	11	0	0
	23	9	45
TOTAL (min)	5491	3139	2712

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad Columnas para el proyecto del barrio la gloria. Fuente: Autores (2018).

En la Tabla 26 se muestra el consolidado de la información para la actividad de Losa, detallando cada uno de los tiempos empleados.

Tabla 26

Losa de la vivienda la gloria

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
	29	0	0
DIA 12	68	20	35
	74	9	23
	124	33	28
	351	17	90
DIA 13	362	16	78
	330	23	52
	356	5	166
	188	64	40
	281	26	21
DIA 14	179	78	34
	98	86	111
	0	68	15
DIA 15	81	57	18
	158	23	68
	182	0	63
DIA 19	138	118	84
	90	67	49
	116	13	89
	51	41	210
	310	37	106
DIA 20	266	130	116
	0	16	107
	0	0	102
	56	20	126
	163	0	42
	172	0	31
DIA 21	66	49	90
	63	45	90
	205	0	18
	178	23	45

Continuación Tabla 26

	150	26	49
	117	11	94
DIA 22	31	109	73
	190	11	13
	91	22	101
	78	56	127
	210	0	26
	195	0	42
DIA 23	173	0	63
	85	57	83
	104	0	16
	0	127	76
	158	16	100
	0	21	271
DIA 24	0	22	271
	116	0	95
	140	0	70
	89	73	98
	53	36	31
	62	12	46
DIA 25	43	41	36
	83	2	35
	59	25	36
	56	47	39
	266	108	166
	372	45	123
DIA 26	293	101	146
	216	150	174
	31	289	220
	45	259	203
	0	207	48
	0	201	54
	0	196	59
DIA 27	0	197	58
	0	190	65
	0	196	59
	0	187	68
	0	195	60

Continuación Tabla 26

	0	190	65
	0	187	68
	181	11	63
	181	11	63
	161	0	94
	161	0	94
TOTAL (min)	8925	4718	5988

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad Columnas para el proyecto del barrio la gloria. Fuente: Autores (2018).

Por último, en la Tabla 27 se muestra el resumen de los tiempos para la vivienda del Barrio la Gloria.

Tabla 27

Resumen de la vivienda la gloria

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
Vigas de amarre	6138	2876	2401
Cimentación	1042	884	643
Muros	2302	2539	1842
Columnas	5491	3139	2712
Losa	8925	4718	5988
TOTAL	23898	14156	13586

Nota. La tabla muestra el resumen de tiempos para el proyecto del barrio la Gloria. Fuente: Autores (2018).

De acuerdo a la tabla resumen se obtiene el gráfico mostrado en la Figura 12, detallado los tiempos ejecutados en obra del proyecto generado en el Barrio la Gloria.



Figura 12. Gráfico circular de los tiempos obtenidos en obra.

Fuente: Autores (2018).

En relación con lo anterior también se obtiene el gráfico de barras mostrado en la Figura

13.

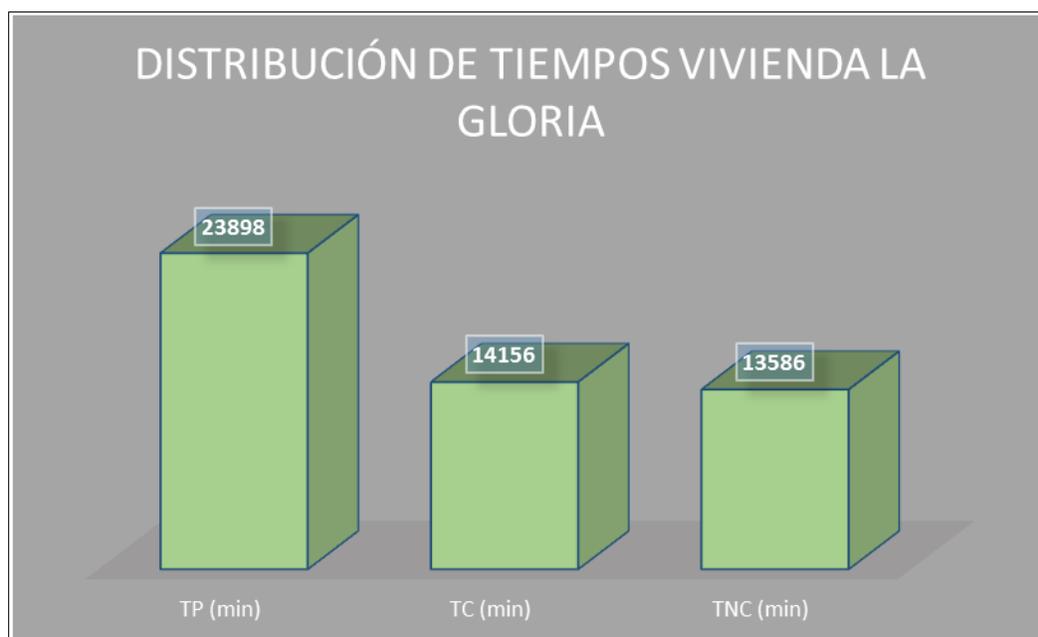


Figura 13. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos en obra.

Fuente: Autores (2018).

5.2.3 Construcción Vivienda Torres del cable. En las siguientes tablas se muestran las actividades relacionadas al proyecto ubicado en el sector de Torres del Cable. En la Tabla 28 se detalla la actividad de vigas de amarre de la obra.

Tabla 28

Vigas de Amarre vivienda Torres del Cable

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
	185	15	67
	111	47	127
	62	82	178
DIA 1	78	45	99
	137	58	45
	57	93	153
	82	15	94
	168	44	31
	135	11	28
	211	18	30
	167	14	49
DIA 2	35	67	138
	331	48	92
VIGAS DE AMARRE	232	54	134
	453	20	22
	274	10	60
	45	78	129
	37	71	134
	347	76	64
DIA 3	319	52	80
	297	50	215
	247	80	160
	462	20	72
	87	80	220
	265	55	150
DIA 4	347	67	102
	126	287	76
	202	92	190

Continuación Tabla 28

	293	111	103
	104	67	145
	19	21	5
	81	18	41
	64	54	276
	20	10	253
	22	9	292
DIA 5	36	86	207
	51	44	221
	67	102	195
	68	76	256
	87	89	288
	357	58	125
	42	16	61
	46	52	115
DIA 6	68	40	16
	27	14	42
	185	47	63
	87	23	190
	67	45	110
TOTAL (min)	7290	2631	5943

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad vigas de amarre para el proyecto del sector Torres del Cable. Fuente: Autores (2018).

En la Tabla 29 se muestra el consolidado de la información para la actividad de Muros.

Tabla 29*Muros vivienda Torres del Cable*

ACTIVIDAD		TP (min)	TC (min)	TNC (min)
		151	40	33
		0	66	162
MUROS	DIA 10	67	89	202
		43	197	20
		0	71	10
		51	26	24

Continuación Tabla 29

	216	48	38
	0	40	273
	262	60	34
	0	147	115
	56	90	145
DIA 11	98	56	130
	100	71	99
	78	104	125
	161	55	49
	0	48	105
	123	20	78
	71	75	15
	45	99	78
DIA 12	44	78	32
	0	31	40
	40	108	83
	0	245	60
	26	155	115
	0	186	61
	76	124	87
	54	0	0
DIA 14	0	110	46
	0	110	86
	156	36	98
	0	43	69
	0	114	159
TOTAL (min)	1918	2742	2671

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad de Muros para el proyecto del sector Torres del Cable.
Fuente: Autores (2018).

En la Tabla 30 se muestra el consolidado de la información para la actividad de Columnas, contemplado cada uno de los tiempos.

Tabla 30*Columnas vivienda Torres del Cable*

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)	
	126	35	82	
	237	16	151	
	215	26	12	
DIA 6	155	43	63	
	128	19	112	
	118	47	61	
	99	53	132	
	78	20	98	
	78	87	103	
	84	29	127	
	55	15	20	
COLUMNAS	DIA 8	115	21	13
		83	89	80
		99	76	79
		235	9	89
		210	120	195
		170	181	136
		82	88	124
		185	200	155
	DIA 9	20	321	169
		144	21	89
		288	78	174
		174	141	225
		85	16	115
TOTAL (min)	3263	1751	2604	

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad de Columnas para el proyecto del sector Torres del Cable. Fuente: Autores (2018).

En la Tabla 31 se muestra el consolidado de la información para la actividad de Losa, contemplado cada uno de los tiempos.

Tabla 31*Losa vivienda Torres del Cable*

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
	0	48	207
	0	54	201
	0	59	196
DIA 7	0	58	197
	0	65	190
	0	59	196
	0	68	187
	0	60	195
	188	40	64
	281	21	26
	179	34	78
DIA 10	98	86	166
	0	15	68
	158	68	23
	182	63	90
	138	84	118
	90	49	67
	89	54	116
	51	41	210
DIA 12	310	37	106
	266	116	130
	0	107	16
	0	102	0
	56	67	126
	100	42	63
	112	31	89
	66	90	115
DIA 13	63	90	128
	124	18	93
	104	45	101
	90	27	189
	86	35	191
	74	23	9
DIA 14	124	28	33
	351	17	90

Continuación Tabla 31

	362	78	16
	330	52	23
	356	20	146
	0	135	165
	180	120	0
	117	71	112
	138	55	107
	174	71	55
DIA 15	158	68	23
	182	63	0
	138	84	118
	90	49	67
	116	89	13
	51	41	210
	310	37	106
	266	130	116
DIA 16	0	16	107
	0	45	142
	56	20	126
	163	0	42
	172	0	31
TOTAL (min)	6739	3145	5799

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad de losa para el proyecto del sector Torres del Cable.
Fuente: Autores (2018).

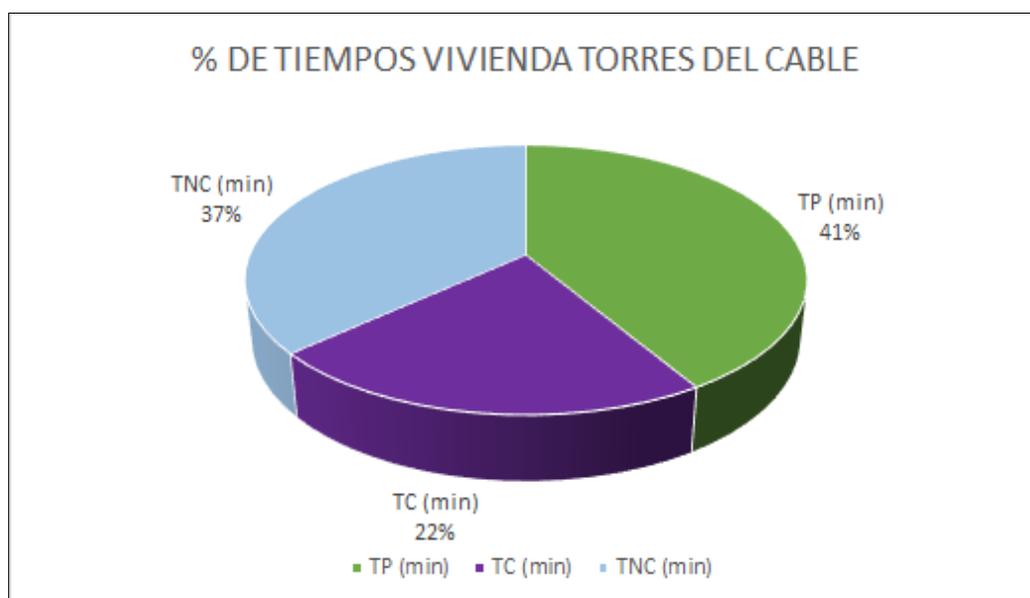
Por último, en la Tabla 32 se muestra el resumen de los tiempos para la vivienda del Sector Torres del Cable.

Tabla 32*Resumen vivienda Torres del Cable*

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
Vigas de amarre	7290	2631	5943
Cimentación	0	0	0
Muros	1918	2742	2671
Columnas	3263	1751	2604
Losa	6739	3145	5799
TOTAL	19210	10269	17017

Nota. La tabla muestra el resumen de los tiempos para el proyecto del sector Torres del Cable. Fuente: Autores (2018).

De acuerdo a la tabla resumen se obtiene el gráfico mostrado en la Figura 14, detallado los tiempos ejecutados en obra del proyecto generado en el Barrio Torres del Cable.

**Figura 14.** Gráfico circular de los tiempos obtenidos en obra.

Fuente: Autores (2018).

En relación con lo anterior también se obtiene el gráfico de barras mostrado en la Figura 15.

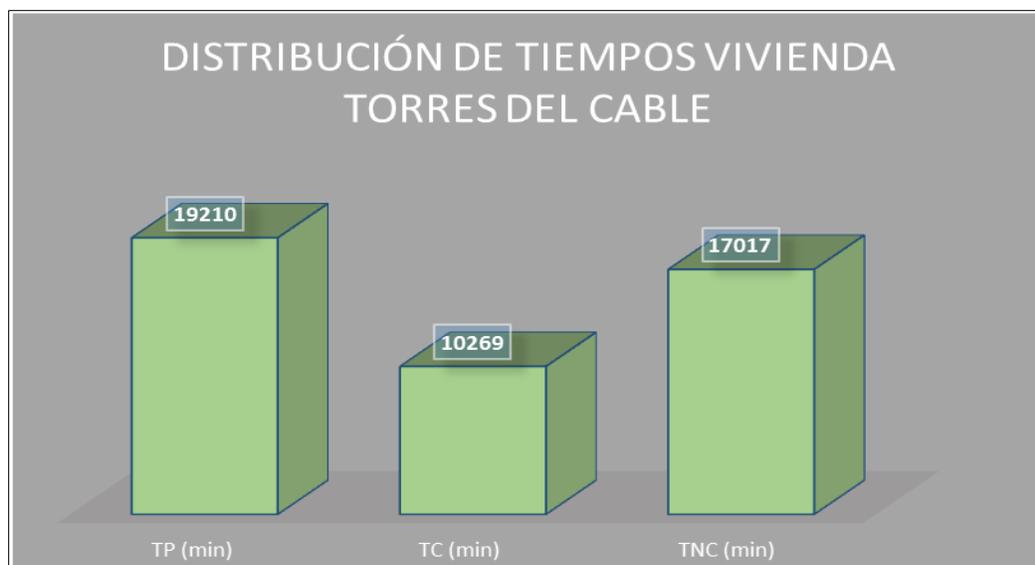


Figura 15. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos en obra.

Fuente: Autores (2018).

5.2.4 Construcción Vivienda Tierra Santa. En las siguientes tablas se muestran las actividades relacionadas al proyecto ubicado en el sector de Tierra Santa. En la Tabla 33 se detalla la actividad de vigas de amarre de la obra.

Tabla 33

Vigas de Amarre vivienda Tierra Santa

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)	
VIGAS DE AMARRE	281	122	137	
	DIA 5	295	119	126
		301	181	58
		287	89	164
	DIA 6	339	102	99
		357	125	58
		DIA 8	402	66
	412		32	96
	456		0	84

Continuación Tabla 33

	223	14	63
DIA 9	213	47	40
	186	57	57
	198	34	68
DIA 10	176	28	96
	154	39	107
TOTAL (min)	4280	1055	1325

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad de vigas de amarre para el proyecto del sector Tierra Santa. Fuente: Autores (2018).

En la Tabla 34 se muestra el consolidado de la información para la actividad de Cimentación.

Tabla 34

Cimentación vivienda Tierra Santa

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
	369	101	70
DIA 1	338	119	83
	325	78	137
	401	10	129
	189	51	60
DIA 2	127	42	131
	130	45	125
	37	112	151
CIMENTACIÓN	118	109	73
DIA 3	134	89	77
	0	207	93
	0	197	103
	225	4	71
DIA 4	259	0	41
	187	29	84
	204	5	91

Continuación Tabla 34

	107	69	124
DIA 7	189	41	70
	201	8	91
	0	236	64
DIA 8	0	247	53
	178	65	57
	178	79	43
DIA 9	0	243	57
	174	101	25
TOTAL (min)	4070	2287	2103

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad de cimentación para el proyecto del sector Tierra Santa.
Fuente: Autores (2018).

En la Tabla 35 se muestra el consolidado de la información para la actividad de Muros.

Tabla 35*Muros vivienda Tierra Santa*

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
	0	392	148
DIA 6	0	403	137
	273	194	73
	416	0	124
	0	411	129
DIA 8	0	463	77
	309	123	108
	376	93	71
MUROS	0	457	83
DIA 10	0	392	148
	366	0	174
	367	0	173
	0	210	30
DIA 11	0	175	65
	203	0	37
	198	0	42

Continuación Tabla 35

	0	167	73
DIA 12	124	56	60
	139	0	101
	0	154	86
DIA 13	0	167	73
	0	140	100
	140	0	100
	136	0	104
DIA 15	202	3	35
	187	21	32
	201	0	39
DIA 16	172	13	55
	0	156	84
	151	0	89
TOTAL (min)	3960	4190	2650

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad de Muros para el proyecto del sector Tierra Santa.
Fuente: Autores (2018).

En la Tabla 36 se muestra el consolidado de la información para la actividad de Columnas.

Tabla 36

Columnas vivienda Tierra Santa

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)	
COLUMNAS	309	140	91	
	DIA 5	340	101	99
		0	387	153
	DIA 6	388	61	91
	DIA 7	308	135	97
		237	186	117
	DIA 14	399	0	141
		425	0	115
		0	453	87
		0	443	97

Continuación Tabla 36

	423	21	96
DIA 16	415	40	85
	0	22	518
	0	195	345
	456	32	52
DIA 17	489	11	40
	0	478	62
	0	489	51
	TOTAL (min)	4189	3194

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad de Columnas para el proyecto del sector Tierra Santa.
Fuente: Autores (2018).

En la Tabla 37 se muestra el consolidado de la información para la actividad de Losa.

Tabla 37

Losa vivienda Tierra Santa

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
	0	194	46
DIA 17	213	0	27
	218	0	22
	174	55	11
	167	4	69
DIA 18	189	1	50
	199	2	39
	201	0	39
	LOSA	248	0
	267	0	93
	0	208	152
DIA 19	0	205	155
	0	200	160
	0	203	157
	0	191	169
	0	190	170
	0	212	148
	TOTAL (min)	1876	1665

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad de Losas para el proyecto del sector Tierra Santa.
Fuente: Autores (2018).

Por último, en la Tabla 38 se muestra el resumen de los tiempos para la vivienda del Sector Tierra Santa.

Tabla 38

Resumen vivienda Tierra Santa

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
Vigas de amarre	4280	1055	1325
Cimentación	4070	2287	2103
Muros	3960	4190	2650
Columnas	4189	3194	2337
Losa	1876	1665	1619
TOTAL	18375	12391	10034

Nota. La tabla muestra el resumen de los tiempos para el proyecto del sector Tierra Santa. Fuente: Autores (2018).

De acuerdo a la tabla resumen se obtiene el gráfico mostrado en la Figura 16, detallado los tiempos ejecutados en obra del proyecto generado en el Sector de Tierra Santa.

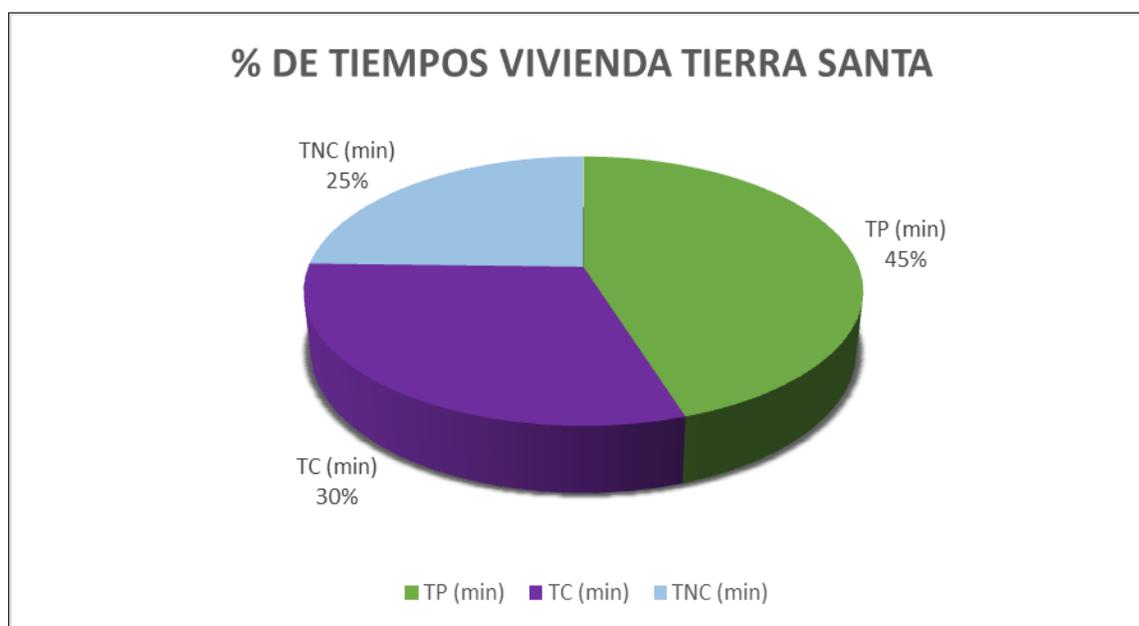


Figura 16. Gráfico circular de los tiempos obtenidos en obra.

Fuente: Autores (2018).

En relación con lo anterior también se obtiene el gráfico de barras mostrado en la Figura

17.

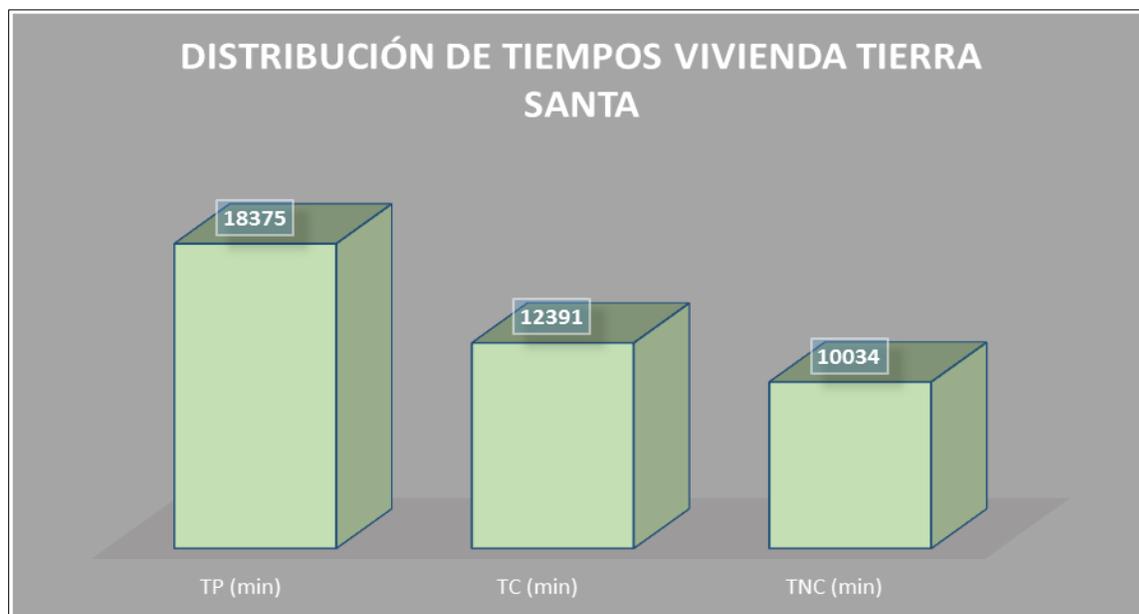


Figura 17. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos en obra.

Fuente: Autores (2018).

5.2.5 Construcción Vivienda la Riviera. En las siguientes tablas se muestran las actividades relacionadas al proyecto ubicado en el sector de la Riviera. En la Tabla 39 se detalla la actividad de vigas de amarre de la obra.

Tabla 39

Viga de Amarre de la Riviera

ACTIVIDAD		TP (min)	TC (min)	TNC (min)
VIGAS DE AMARRE	DIA 5	98	112	0
		198	138	152
		67	181	103
	DIA 6	256	115	94
		287	89	88
		357	125	58

Continuación Tabla 39

	42	16	61
DIA 8	46	52	115
	68	40	16
	27	14	42
DIA 9	185	47	63
	87	190	23
	16	0	0
DIA 10	13	0	0
	154	48	98
TOTAL (min)	1901	1167	913

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad de vigas de amarre para el proyecto del sector la Riviera. Fuente: Autores (2018).

En la Tabla 40 se muestra el consolidado de la información para la actividad de Cimentación.

Tabla 40*Cimentación de la Riviera*

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)	
	0	0	0	
	0	0	0	
DIA 1	0	0	0	
	0	45	30	
	0	0	0	
	0	51	82	
	127	42	62	
CIMENTACIÓN	DIA 2	130	45	70
		37	112	43
		27	36	78
		45	91	81
		150	45	99
DIA 3		98	68	90
		109	53	67
		71	106	75

Continuación Tabla 40

	46	104	60
	67	103	40
DIA 4	37	84	68
	113	21	51
	89	76	45
	66	31	33
DIA 7	74	43	99
	125	10	90
	77	0	0
DIA 8	39	41	75
	89	76	95
	178	87	35
DIA 9	147	55	98
	40	13	31
	51	77	52
DIA 10	10	20	17
	41	39	20
	49	70	61
TOTAL (min)	2132	1644	1747

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad de cimentación para el proyecto del sector la Riviera.
Fuente: Autores (2018).

En la Tabla 41 se muestra el consolidado de la información para la actividad de Muros.

Tabla 41*Muros de la Riviera*

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
	0	392	148
DIA 6	0	41	22
	273	194	73
	416	0	55
MUROS	0	198	77
DIA 8	110	0	36
	156	36	98
	96	0	0

Continuación Tabla 41

	0	114	159
DIA 10	98	18	145
	178	37	85
	0	190	110
	0	210	90
	0	12	20
DIA 11	245	0	55
	203	30	62
	198	18	96
	0	184	116
	110	0	105
DIA 12	130	90	80
	124	89	87
	78	129	93
	0	227	73
	0	167	133
	0	123	177
DIA 13	0	140	160
	0	120	176
	0	136	164
	202	20	78
	19	141	140
DIA 15	180	40	80
	41	183	76
	0	197	103
	172	13	55
DIA 16	0	156	84
	151	0	89
TOTAL (min)	3180	3645	3400

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad de Muros para el proyecto del sector la Riviera. Fuente: Autores (2018).

En la Tabla 42 se muestra el consolidado de la información para la actividad de Columnas.

Tabla 42*Columnas de la Riviera*

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
DIA 5	148	140	104
DIA 6	24	61	0
DIA 7	145	65	90
	186	58	56
	59	133	108
	112	51	137
DIA 14	100	80	120
	149	78	73
	189	71	41
	126	101	63
	200	36	64
DIA 16	190	40	70
	202	22	76
	195	26	79
	177	42	21
DIA 17	180	30	30
	176	41	23
	170	43	28
TOTAL (min)	2728	1118	1183

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad de Columnas para el proyecto del sector la Riviera.
Fuente: Autores (2018).

En la Tabla 43 se muestra el consolidado de la información para la actividad de Losa, detallando cada uno de los tiempos ejecutados en obra en el sector de la Gloria- Riviera.

Tabla 43*Losa de la Riviera*

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
	0	135	165
	180	0	120
DIA 17	117	112	71
	138	107	55
	174	55	71
	146	4	30
DIA 18	145	1	34
	159	2	19
	149	0	31
LOSA	197	0	103
	197	0	103
	0	208	92
	0	205	95
DIA 19	0	200	100
	0	203	97
	0	191	109
	0	190	110
	0	212	88
TOTAL (min)	1602	1825	1493

Nota. La tabla muestra el tiempo empleado para la actividad de Losa para el proyecto del sector la Riviera. Fuente: Autores (2018).

Por último, en la Tabla 44 se muestra el resumen de los tiempos para la vivienda del Sector La Riviera, donde se resumen todas las actividades relacionadas al proyecto.

Tabla 44*Resumen de la Riviera*

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
Vigas de amarre	1901	1167	913
Cimentación	2132	1644	1747
Muros	3180	3645	3400
Columnas	2728	1118	1183
Losa	1602	1825	1493
TOTAL	11543	9399	8736

Nota. La tabla muestra el resumen del tiempo para el proyecto del sector la Riviera. Fuente: Autores (2018).

De acuerdo a la tabla resumen se obtiene el gráfico mostrado en la Figura 18, detallado los tiempos ejecutados en obra del proyecto generado en el Sector de La Riviera.



Figura 18. Gráfico circular de los tiempos obtenidos en obra.

Fuente: Autores (2018).

En relación con lo anterior también se obtiene el gráfico de barras mostrado en la Figura

19.

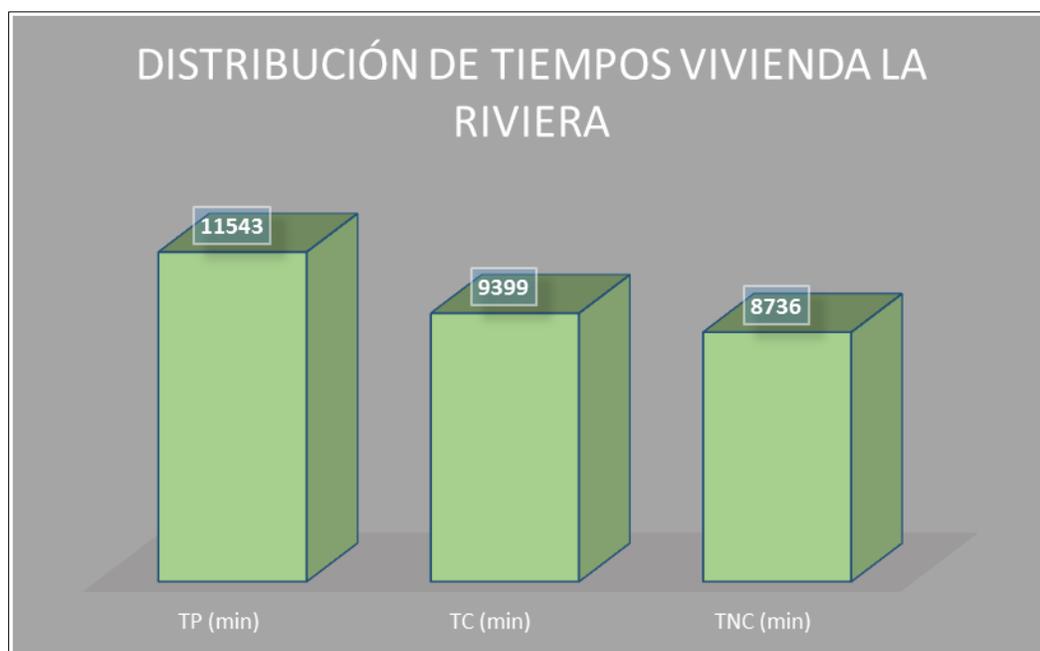


Figura 19. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos en obra.

Fuente: Autores (2018).

5.2.6 Porcentajes por actividades. Así mismo se calcularon los diferentes porcentajes de tiempo con respecto a cada actividad seleccionada mediante PARETO, mostrados en la Tabla 45.

Tabla 45

Tiempos totales de viviendas

ACTIVIDAD	TP (min)	TC (min)	TNC (min)	TOTAL (min)
Vigas de amarre	31414	12043	13806	57263
Cimentación	7244	4815	4493	16552
Muros	14179	16007	16273	46459
Columnas	20943	11481	11376	43800
Losa	26147	15894	19089	61130
TOTAL (min)	99927	60240	65037	225204

Nota. La tabla muestra los tiempos totales tomados durante las visitas. Fuente: Autores (2018).

De acuerdo a la tabla anterior se obtiene el gráfico mostrado en la Figura 20, detallado los tiempos ejecutados en obra relacionados a vigas de amarre.

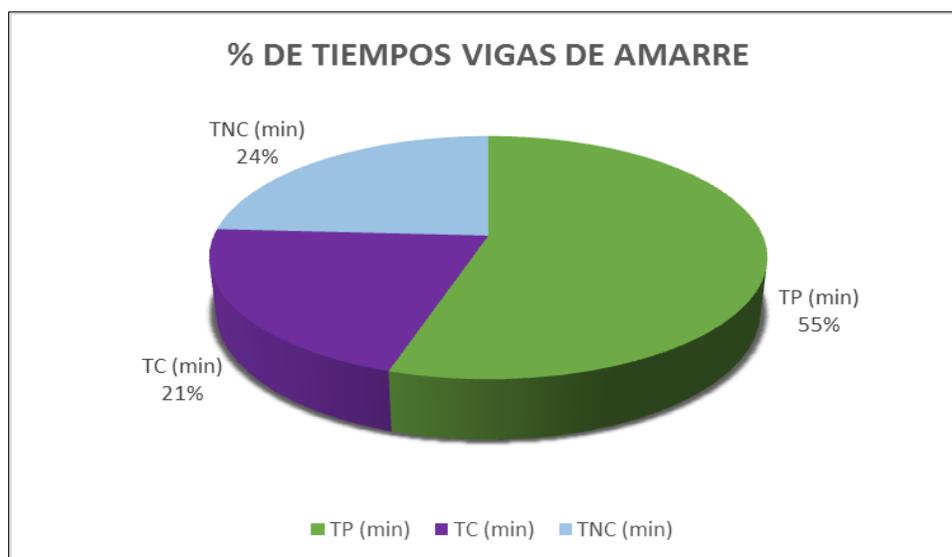


Figura 20. Gráfico circular de los tiempos obtenidos para vigas de amarre.

Fuente: Autores (2018).

En relación con lo anterior también se obtiene el gráfico de barras mostrado en la Figura 21.

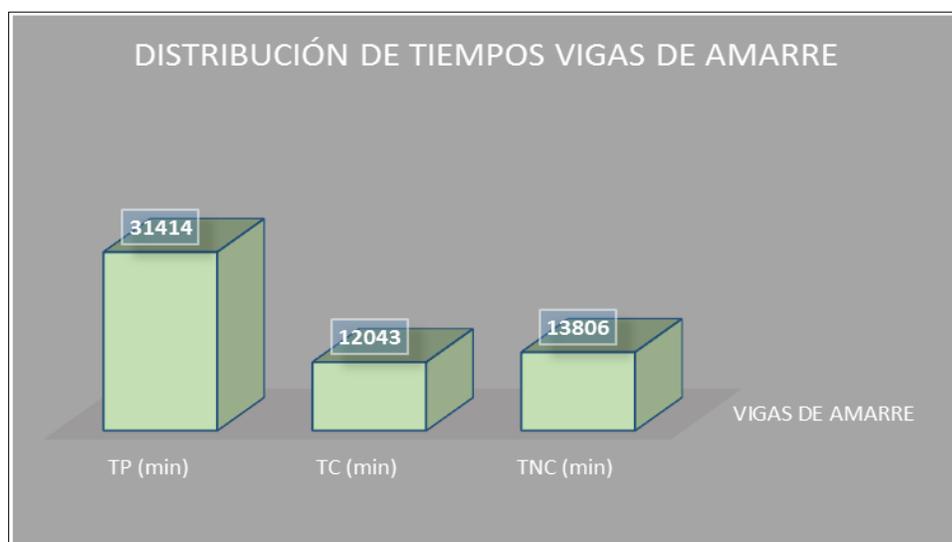


Figura 21. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos para vigas de amarre.

Fuente: Autores (2018).

De acuerdo a la Tabla 45 se obtiene el gráfico mostrado en la Figura 22, detallado los tiempos ejecutados en obra relacionados a cimentación.

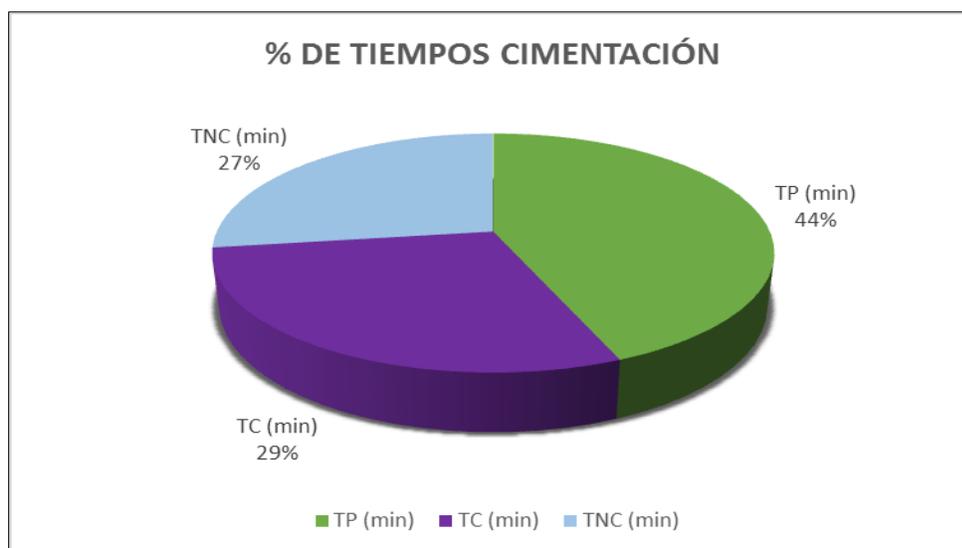


Figura 22. Gráfico circular de los tiempos obtenidos para cimentaciones.

Fuente: Autores (2018).

En relación con lo anterior también se obtiene el gráfico de barras mostrado en la Figura 23.

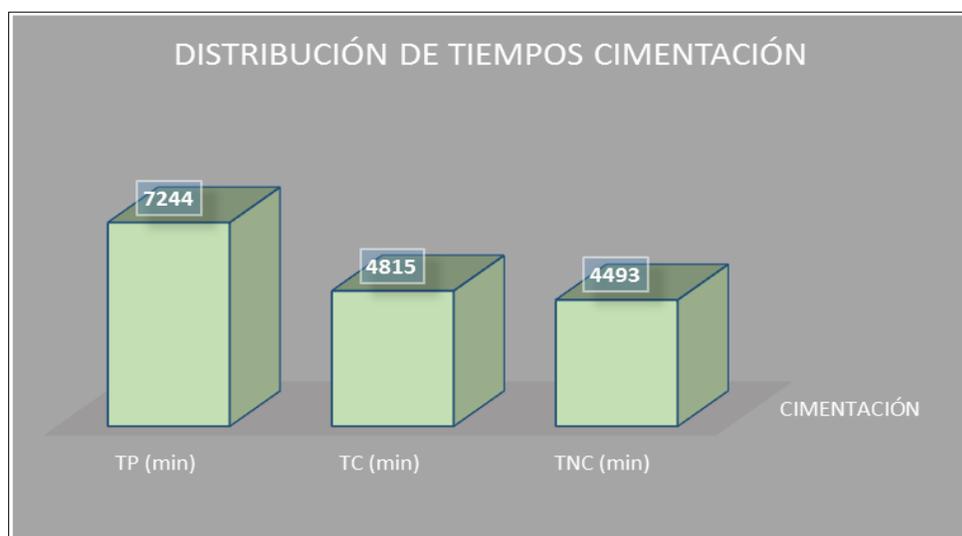


Figura 23. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos para cimentaciones.

Fuente: Autores (2018).

De acuerdo a la Tabla 45 se obtiene el gráfico mostrado en la Figura 24, detallado los tiempos ejecutados en obra relacionados a muros.

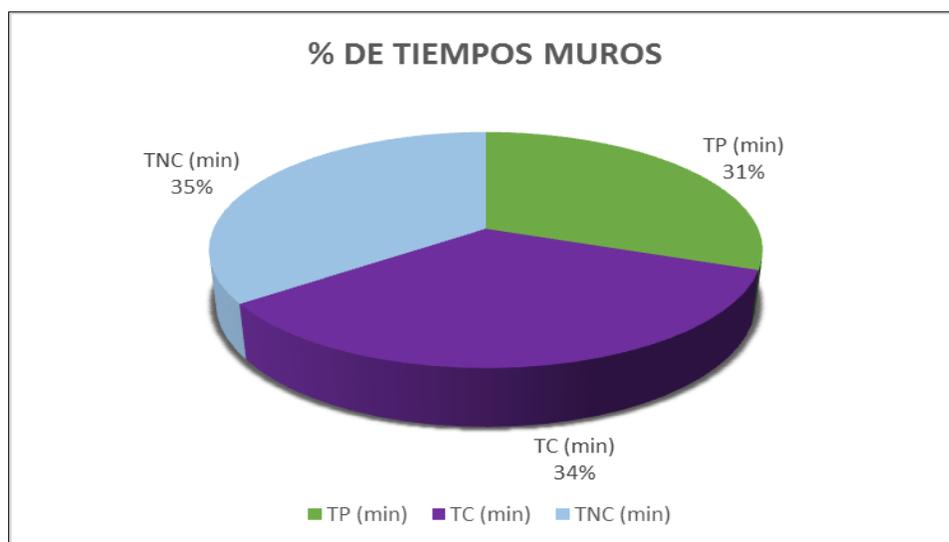


Figura 24. Gráfico circular de los tiempos obtenidos para muros.

Fuente: Autores (2018).

En relación con lo anterior también se obtiene el gráfico de barras mostrado en la Figura 25.

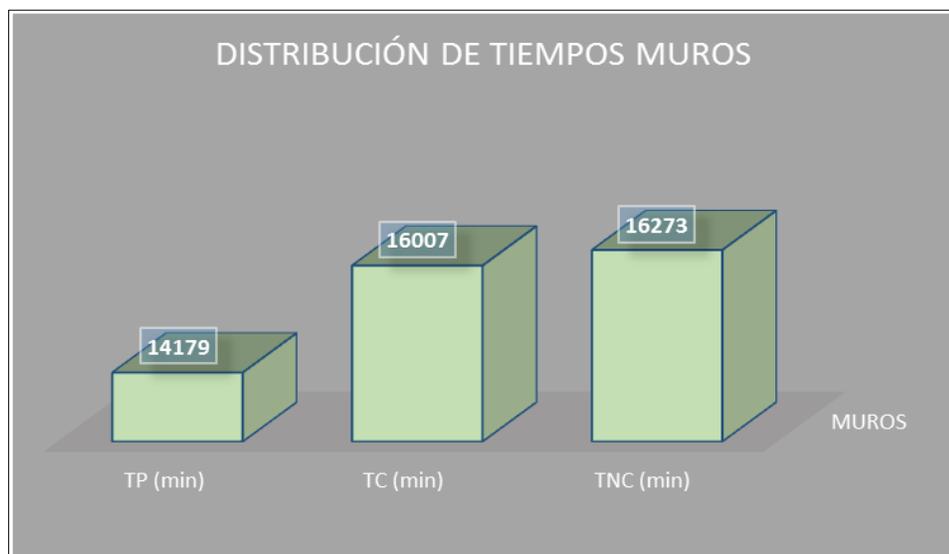


Figura 25. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos para muros.

Fuente: Autores (2018).

De acuerdo a la Tabla 45 se obtiene el gráfico mostrado en la Figura 26, detallado los tiempos ejecutados en obra relacionados a columnas.

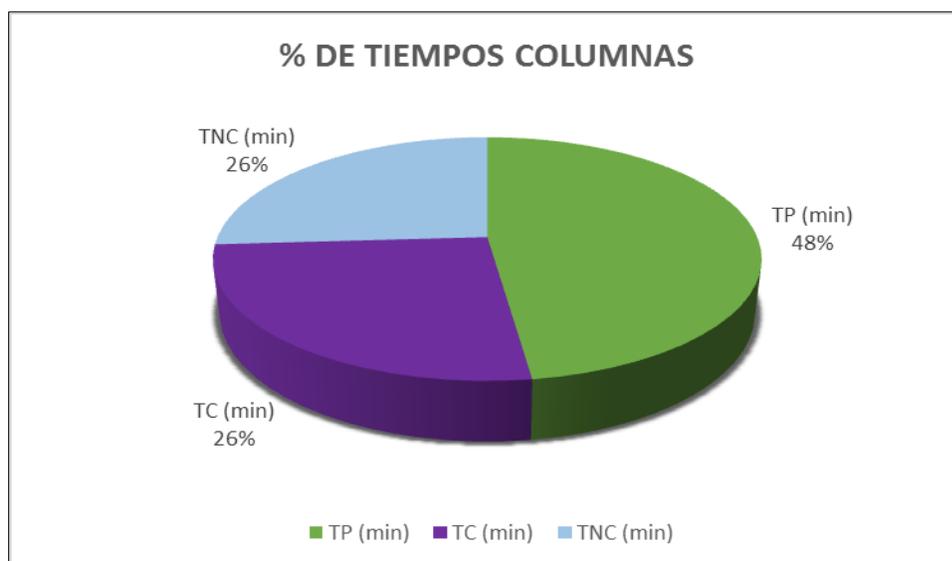


Figura 26. Gráfico circular de los tiempos obtenidos para columnas.

Fuente: Autores (2018).

En relación con lo anterior también se obtiene el gráfico de barras mostrado en la Figura 27.

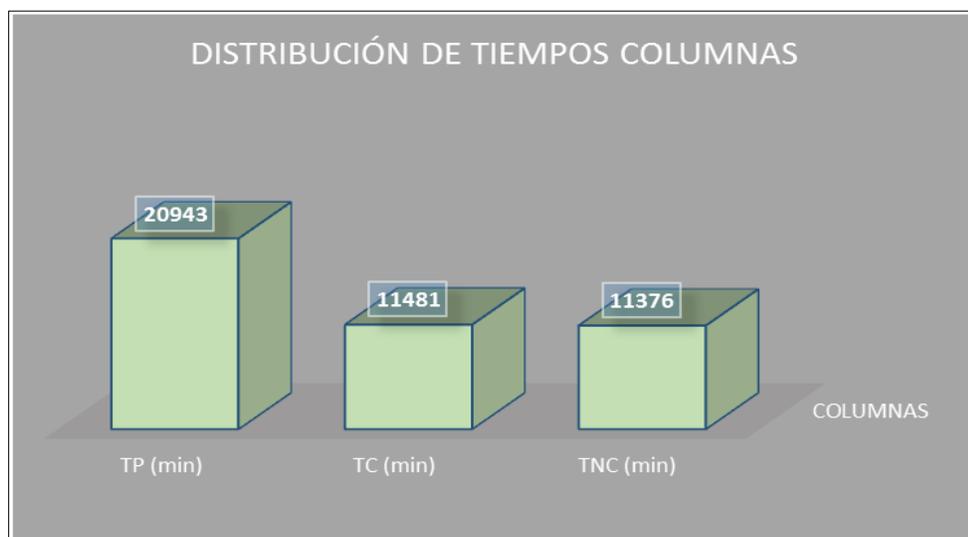


Figura 27. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos para columnas.

Fuente: Autores (2018).

De acuerdo a la Tabla 45 se obtiene el gráfico mostrado en la Figura 28, detallado los tiempos ejecutados en obra relacionados a losa.

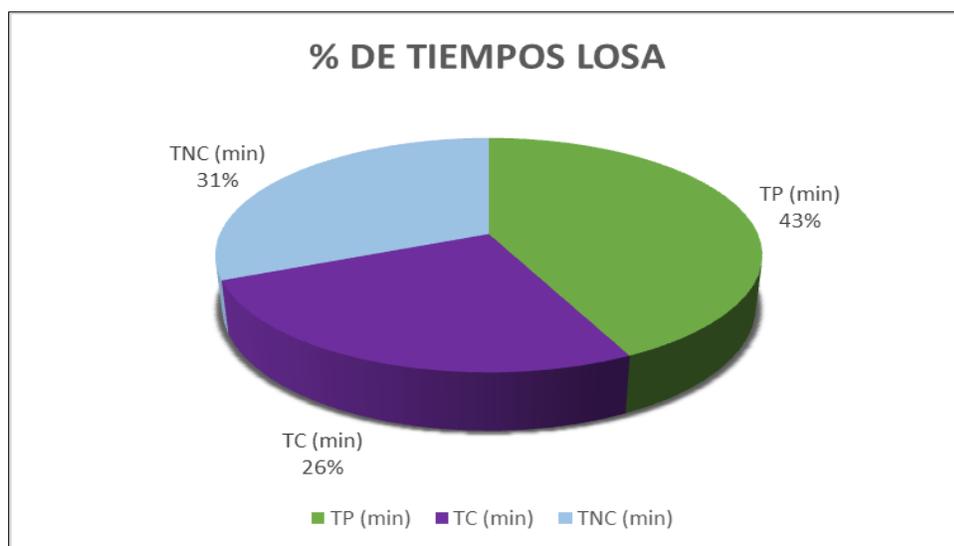


Figura 28. Gráfico circular de los tiempos obtenidos para losa.

Fuente: Autores (2018).

En relación con lo anterior también se obtiene el gráfico de barras mostrado en la Figura 29.

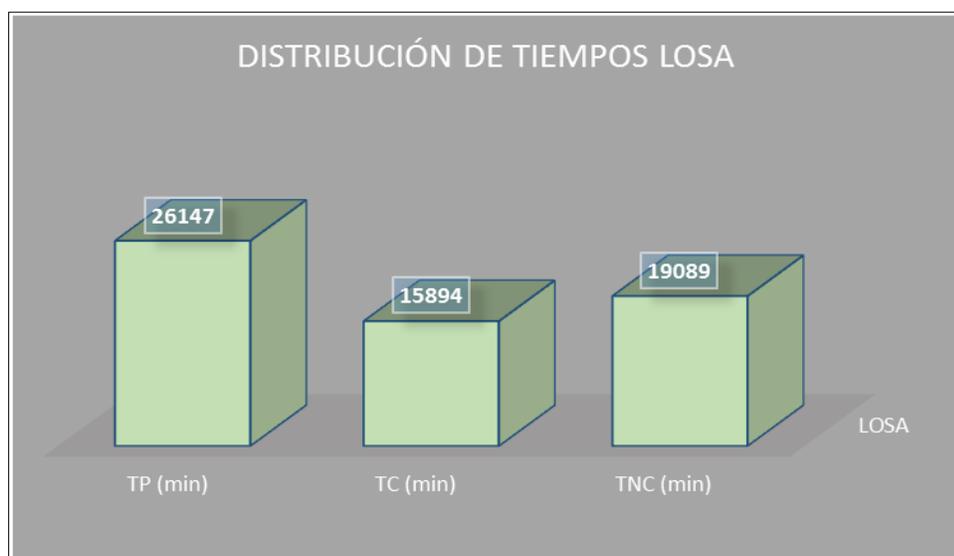


Figura 29. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos para losa.

Fuente: Autores (2018).

5.2.7 Porcentajes Totales. Teniendo en cuenta lo anterior se procedió a determinar los porcentajes totales dando como resultado un porcentaje del 29% de tiempo no contributivo, 27% de tiempo contributivo y 44% de tiempo productivo. En la Figura 30 se muestra el gráfico porcentual de los tiempos.

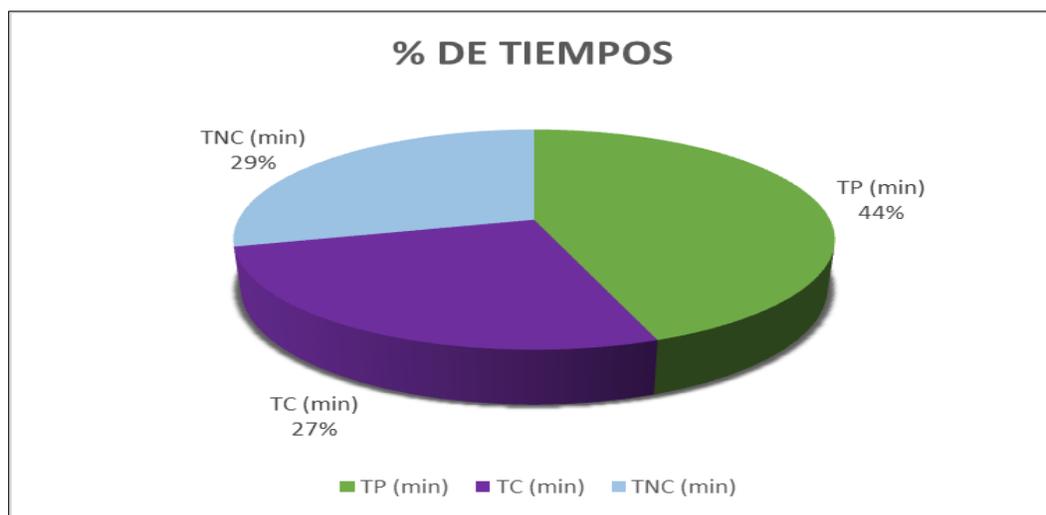


Figura 30. Gráfico circular de los tiempos obtenidos.

Fuente: Autores (2018).

Por otro lado, se muestra el gráfico de barras mediante la Figura 31.

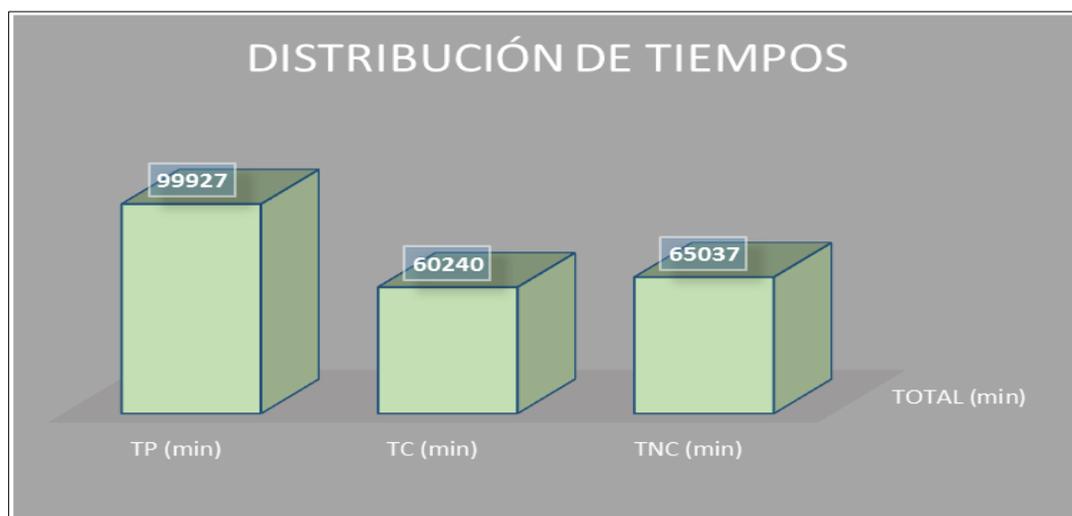


Figura 31. Gráfico de barras de los tiempos obtenidos .

Fuente: Autores (2018).

5.3 Estimar el factor de decremento mediante los diferentes tiempos para el establecimiento de un porcentaje de la baja productividad de las diferentes actividades.

Luego de calcular los porcentajes de tiempos, se procedió a estimar un factor de decremento el cual se obtuvo de la suma de los porcentajes de tiempos contributivo y productivo, dando como resultado el 71%, por consiguiente el factor es de 0,71, el cual será aplicado a la fórmula de productividad teórica dando ésta como resultado la productividad real, tanto como el tiempo real de ejecución de la obra.

$$PRODUCTIVIDAD\ TEORICA = \frac{Cantidad\ producida}{Recursos\ empleados}$$

$$PRODUCTIVIDAD\ REAL = \frac{Cantidad\ producida}{Recursos\ empleados} \times Factor\ de\ decremento$$

Se procedió a aplicar el factor de decremento en las actividades de uno de los presupuestos estudiados, logrando observar que los tiempos aumentan y las productividades disminuyen.

Como se muestra en la Tabla 46.

Tabla 46*Estimación del factor de decremento para Edificio Verde Urbanización Caracolí*

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	UND	CUDRILLAS	NÚMERO DE HOMBRES	RENDIMIENTOS (HH/UND)	TIEMPO TEORICO (H)	TIEMPO REAL CON FACTOR (H)	PRODUCTIVIDAD TEÓRICA (UND/HH)	PRODUCTIVIDAD REAL (UND/HH)
1.1	Actividades Preliminares									
1.1.1	Localización y replanteo	299,09	m ²	1:3	4	0,06	4	6	16,67	11,83
1.1.3	Cerramiento con malla verde	76,65	ml	1:2	3	0,08	2	3	12,50	8,88
2	zapatas									
2.1	Actividades preliminares									
2.1.1	Localización y replanteo (zapatas)	132,16	m ²	1:1	2	0,03	2	3	33,33	23,67
2.2	Movimientos de tierra									
2.2.1	Excavación manual (zapatas)	96,30	m ³	1:9	10	16,15	156	219	0,06	0,04
2.2.2	Relleno con material seleccionado (zapatas)	67,90	m ³	1:9	10	5,2	35	50	0,19	0,14
2.2.3	Retiro de sobrantes (zapatas)	70,25	m ³	1:5	5	2,6	37	51	0,38	0,27
2.3	Cimentaciones									
2.3.1	Concreto de saneamiento (zapatas)	12,30	m ²	1:3	4	0,92	3	4	1,09	0,77
2.3.2	concreto ciclópeo	5,00	m ³	1:10	11	25,02	11	16	0,04	0,03
2.3.3	Concreto para zapatas f'c = 21,1 Mpas.	73,89	m ³	1:8	9	20,47	168	237	0,05	0,03
2.4	Acero de refuerzo									
2.4.1	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas. (zapatas)	3276,49	kg	1:5	6	0,18	98	138	5,56	3,94
3	Pedestales									
3.2	Estructura en concreto									
3.2.1	Concreto para pedestales f'c = 28 Mpas.	20,33	ml	1:5	6	6,51	22	31	0,15	0,11
3.3	Acero de refuerzo									
3.3.1	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas. (Pedestales)	4464,93	kg	1:7	8	0,24	134	189	4,17	2,96

Continuación Tabla 46

4 Nivel -3,3 m										
4.1 Movimientos de tierra										
4.1.1	Nivelación de piso sótano	46,31	m ³	1:4	5	2,6	24	34	0,38	0,27
4.1.2	Excavación manual muro perimetral	45,57	m ³	1:5	6	9,69	74	104	0,10	0,07
4.1.3	Excavación manual (vigas de amarre) 30x50	14,86	m ³	1:7	8	12,92	24	34	0,08	0,05
4.1.4	Relleno con material seleccionado (traslado de material)	105,13	m ³	1:5	6	3,12	55	77	0,32	0,23
4.2 ascensor										
4.2.1	excavación ascensor 3X2,5X1,9	14,25	m ³	1:4	5	5,8	17	23	0,17	0,12
4.2.2	Concreto para base ascensor f'c = 21,1 Mpas. 3x2,5 e=0.3	46,00	m ²	1:4	5	1,15	11	15	0,87	0,62
4.2.3	Concreto para muro ascensor f'c = 21,1 Mpas. e=0.2	2,14	m ³	1:6	7	15,93	5	7	0,06	0,04
4.2.4	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas.	248,10	kg	1:4	5	0,15	7	10	6,67	4,73
4.3 muro de contención										
4.3.1	Concreto de saneamiento (zapatas) 5undx1x1x0.2	20,00	m ²	1:4	5	1,15	5	6	0,87	0,62
4.3.2	Concreto para zapatas f'c = 21,1 Mpas. 5undx1x1x0.3	1,50	m ³	1:4	5	11,38	3	5	0,09	0,06
4.3.4	Concreto viga amarre 30x30 f'c = 21,1 Mpas.	28,06	ml	1:6	7	3,26	13	18	0,31	0,22
4.3.5	Concreto vigas medianera 25x25 f'c = 21,1 Mpas.	88,74	ml	1:6	7	3,26	41	58	0,31	0,22
4.3.6	Concreto columna 25x25 f'c = 21,1 Mpas.	30,61	ml	1:6	7	3,12	14	19	0,32	0,23
4.3.7	Mampostería ladrillo común	130,73	m ²	1:3	4	1,52	50	70	0,66	0,47
4.3.8	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas.	2023,53	kg	1:5	6	0,18	61	86	5,56	3,94
4.4 vigas de amarre										
4.4.1	Concreto para vigas f'c = 28 Mpas.	115,47	ml	1:7	8	3,72	54	76	0,27	0,19
4.4.2	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas.	2181,00	kg	1:7	8	0,24	65	92	4,17	2,96
4.5 columnas										
4.5.1	Concreto para columnas f'c = 28 Mpas. 15undx 3,22ml	48,30	ml	1:7	8	8,68	52	74	0,12	0,08
4.5.2	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas. (Pedestales)	3.122,60	kg	1:7	8	0,24	94	132	4,17	2,96

Continuación Tabla 46

5 Pañete de muro en ladrillo doble										
5.1	corte de talud (manual) 7,7x2,7x0,5	10,40	m ³	1:3	4	6,46	17	24	0,15	0,11
5.1.1	movimiento de tierras 10,40* 1,2	12,47	m ³	1:3	4	6,46	20	28	0,15	0,11
5.1.2	pañete impermeabilizado (SIKA 1- IGOL DENSO)	174,30	m ²	1:3	4	0,88	38	54	1,14	0,81
5.1.3	relleno con material seleccionado	10,40	m ³	1:2	3	1,56	5	8	0,64	0,46
6 Losa jardín -0,80										
6.1	Losa jardín nivel -0,80 (15,4x3,3)	50,82	m ²	1:9	10	6,35	32	45	0,16	0,11
6.1.1	jardinera primer piso	10,84	m ²	1:9	10	6,35	7	10	0,16	0,11
6.1.2	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas. Losa y jardinera	2.354,00	kg	1:9	10	0,3	71	99	3,33	2,37
7 losa +0,00										
7.1	losa de entrepiso 1 nivel + 0,00	224,00	m ²	1:19	20	10,15	114	160	0,10	0,07
7.1.1	Acero de refuerzo fy= 420 Mpas. Losa y jardinera	9.126,00	kg	1:9	10	0,3	274	386	3,33	2,37

Nota. La tabla muestra el cálculo del factor de decremento y la variación que presenta el rendimiento. Fuente: Autores (2018).

Capítulo 6. Conclusiones

Mediante el análisis detallado del estudio de tiempos en las diferentes obras de construcción verticales, se identificaron las causas que decrementan la productividad teórica. De acuerdo a lo observado, las actividades no contributivas que generan una baja productividad en las obras corresponden a esperas, descansos, limpieza, conversación entre trabajadores, tiempo sin cumplir, imprevistos y actividades personales; en las cuales se pudo concluir que las esperas (32%) y el descanso (26,91%) son las actividades que tienen mayor incidencia en la pérdida de tiempo. Las esperas se originaron principalmente por la falta de instrucciones en el momento adecuado, sobrepoblación de cuadrillas, condiciones climáticas y falta de materiales; mientras que los descansos fueron producto del agotamiento laboral, hidratación de los trabajadores y distracciones de los mismos.

Analizando los datos arrojados por el estudio de tiempos y movimientos para las causas identificadas de las actividades más representativas de obras estudiadas (cimentación, vigas de amarre, columnas, muros y losa), se calculó que el porcentaje de decremento es del 29%, valor mucho mayor al obtenido en los valores “meta” del estudio en Chile por Mora en 2002 que fue de un 15%. Las actividades que tuvieron mayor participación en este porcentaje corresponden a esperas y descanso ya que son las principales causantes de pérdidas en las obras estudiadas. Cabe aludir que las actividades que generaron un tiempo no contributivo, no solo se deben a problemas con la logística de los procesos operativos en la obra, sino que también la responsabilidad recae en los operarios, en la actitud que éstos posean a la hora de realizar las tareas, ya que es de suma importancia que se quiera realizar un buen trabajo; resaltando que en las obras donde había un

mayor supervisión por parte del maestro, los obreros tenían menor participación en el tiempo no contributivo, ya que su rendimiento era mayor. La identificación de este porcentaje producto de los factores causantes de pérdidas en las obras estudiadas, puede ser de gran utilidad para los profesionales de otras obras, debido a que esta información permite centrar la atención en aspectos específicos que pueden ser mejorados a través de la disminución de las actividades no contributivas, dado que los problemas encontrados en este estudio son representativos para todo tipo de obra.

Para el establecimiento del porcentaje que incida en la baja productividad de las diferentes actividades de una obra de construcción, se estimó el factor de decremento, dando como resultado un valor de 0,71. Al aplicar este factor a las actividades del presupuesto de una obra en estudio, se logró observar que los tiempos aumentan, haciendo que la productividad disminuya, siendo esta la productividad real en ejecución de la misma.

Capítulo 7. Recomendaciones

Para futuros proyectos se recomienda tener en cuenta la productividad obtenida mediante el factor estimado por los investigadores, para así poder conseguir una mejor planificación y organización de estos.

Más allá del grado de ejecución alcanzado por un sistema de mejoramiento de la productividad, independientemente de qué sistema sea, lo importante es la inquietud por mejorar el equipo de obra. Para lograr implementar proyectos exitosos se requiere organización, disciplina y, fundamentalmente voluntad de mejorar.

Referencias

- Adam, S. (1776). *La riqueza de las Naciones*. Escocia: LONGSELLER.
- Alarcón, L. F. (2003). *Productividad real en obras civiles*. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Javeriana.
- Arboleda, S. (2014). *ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD, RENDIMIENTOS Y CONSUMO DE MANO DE OBRA EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS, ELEMENTO FUNDAMENTAL EN LA FASE DE PLANEACIÓN*. Medellín: Universidad Nacional.
- Botero, L. F. (2002). *Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción*. Medellín: Revista Universidad de EAFIT N°128.
- Ghio, V. (2001). *Productividad en obras de construcción. Diagnóstico, crítica y propuesta*. Lima: PUCP - Fondo Editorial.
- López, D. A. (2010). *Ingeniería de costos en la construcción*. México: Trillas.
- Maecha, L. C. (2010). *Análisis comparativo del rendimiento de la mano de obra en la construcción de un edificio*. Bogotá: Universidad Javeriana.
- Martínez, R., & Alarcón, P. (1988). VARIABLES QUE INCIDEN EN BAJA PRODUCTIVIDAD EN MANO DE OBRA. *Perfection of the Buggy Whip. Journal of the construction Engineering and Management, Society of Civil Engineers.*, 158-171.
- Mejía, G. M. (2007). *Seguimiento de la Productividad en Obra: Técnicas de Medición de Rendimientos de Mano de Obra*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Min vivienda-construcción. (1968). *Resolución Ministerial N° 175 del 09 de abril de 1968*.

Lima: CAMACOL.

Mora, J. J. (2012). *Medición y análisis de productividad de tres actividades en la construcción de un centro de distribución de 54000m²*. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Navas, R. F., Ridl, M. R., & Torés, L. (2012). *Mano de obra en la construcción: determinación de la cuadrilla óptima por medio de una herramienta de simulación*. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán.

OECD. (1950). *Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico*. Recuperado el 2018 de 12 de 14, de <https://www.oecd.org/centrodemexico/laocde/>

Pons, J. F. (2014). *Introducción al Lean Construction*. Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.

Quintero, A., & Plata, S. (2017). *ESTUDIO DE RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL PARA LA CREACION DE UNA BASE DE DATOS REAL DEL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER*. Ocaña.

Serpell, A. (2003). *Conceptos de Productividad en la Construcción*. Santiago de Chile: Alfaomega Grupo .

Torres, S. (2008). *La reorganización y el modelo MAC4DV*. Mexico: McGraw-Hill Education.

Tucker, R. (1988). *Perfection of the Buggy Whip*. México: Creative Editing Techniques.

Apéndices

Apéndice B. Memorias de cálculo.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCANA						
		Dependencia		Documento		Pág.
		PROGRAMA ACADÉMICO INGENIERÍA CIVIL		FORMATO REGISTRO DE TIEMPOS DE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN		
TIPO DE OBRA:	URBANIZACIÓN CARACOLÍ			UBICACIÓN		
ACTIVIDAD:	Vigas			UNIDAD DE MEDIDA:	ml	
PERSONA RESPONSABLE DE TOMA DE DATOS:	Daniela Martínez Quintero			CUADRILLA:	1:6	
FECHA:	14 de Agosto del 2018			OBSERVACION:	Alejo y David	
CARGO:	Ayudante			HORA FINAL:	12:00	
HORA INICIO:	7:00 am					
MEDICION	HORA	ACTIVIDAD REALIZADA POR TRABAJADOR	TIEMPO EN SEGUNDOS			
			TP	TC	TNC	
	7:00am	Armando acero Vigas	19			
	7:19am	Indicaciones del maestro		4		
	7:23am	Armando acero Vigas.	9			
	7:32am	Cortando acero.		14		
	7:46am	Armando acero	17			
	8:03am	Descanso desayuno			15	
	8:18am	Midiendo.		11		
	8:29am	Mirando planos		3		
	8:37am	Armando acero	3			
	8:35am	Midiendo		5		
	8:40am	Indicaciones del maestro		4		
	8:44am	Midiendo		5		
	8:49am	Armando acero	69			
	9:58am	Cortando acero		11		
	10:09am	Armando acero	65			
	11:14am	Cortando acero		9		
	11:23am	Armando acero	2			
	11:25am	tiempo ocioso			6	
	11:31am	Armando acero	29			
	12:00am	Terminó labor mañana				
TOTAL			213	66	21	

Apéndice C. Registro fotográfico.









