

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



## FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del proyecto:

**“PRODUCTIVIDAD EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS DENTRO DEL SECTOR  
PÚBLICO UTILIZANDO EL MÉTODO VSM”**

Autores:

Leonel Marcelo Pancho Naranjo

Madeley Monserrath Inca Cujilema

Tutor:

Ing. Tito Castillo, PhD.

Riobamba - Ecuador

Año 2018

## REVISIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: “PRODUCTIVIDAD EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS DENTRO DEL SECTOR PÚBLICO UTILIZANDO EL MÉTODO VSM”, presentado por **Leonel Marcelo Pancho Naranjo** y **Madeley Monserrath Inca Cujilema** y dirigida por Ing. Tito Castillo. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Tito Castillo PhD.

**Tutor de Tesis**



**Firma**

Ing. Jorge Núñez. Msc.

**Miembro del tribunal**



**Firma**

Ing. Carlos Saldaña Msc.

**Miembro del tribunal**



**Firma**

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

Yo, **Ing. Tito Castillo, PhD**, en calidad de Tutor de Tesis, cuyo tema es: “PRODUCTIVIDAD EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS DENTRO DEL SECTOR PÚBLICO UTILIZANDO EL MÉTODO VSM”, CERTIFICO; que el informe final del trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo a los estudiantes Leonel Marcelo Pancho Naranjo y Madeley Monserrath Inca Cujilema para que se presenten ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

Atentamente,



**Ing. Tito Castillo, PhD.**

**TUTOR DE TESIS**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, corresponde exclusivamente a: Madeley Monserrath Inca Cujilema, Leonel Marcelo Pancho Naranjo e Ing. Tito Castillo, PhD; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

.....  
Sr. Leonel Marcelo Pancho Naranjo

**C.I. 060379803-4**

.....  
Srta. Madeley Monserrath Inca Cujilema

**C.I. 060439050-0**

## **AGRADECIMIENTO**

Dios fuente de la vida y del amor por hacer posible todo lo inimaginable, por los buenos y malos momentos que me permites compartir te doy gracias. Gracias a mis padres, Marcelo y Rosi, por regalarme la vida, por ser mi soporte en cada momento y haberme forjado como la persona que ahora soy; me formaron con reglas y libertades, pero al final de cuentas, siempre me motivaron para alcanzar mis ideales, muchos de mis logros se los debo a ustedes en los que se incluye este. Gracias a mis hermanas Barby y Monse, porque son únicas e incomparables. A mis tías, Nelly y Alicia, porque siempre han estado presentes en mi vida.

A mis amigos, por su compañía y comprensión, por las experiencias que hemos compartido juntos y las que nos faltan por vivir, gracias hermanos.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Civil, por compartir sus conocimientos, experiencias, e invaluable amistad. Al Ing. Tito Castillo por su apoyo incondicional durante mi formación en esta prestigiosa universidad. Al Ing. Hernán Quinzo y Milton Quinzo por la invaluable experiencia que me brindan en el inicio de esta hermosa y privilegiada profesión, gracias amigos.

*Leonel Marcelo Pancho Naranjo*

## AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios todopoderoso y María Auxiliadora, mi madre del cielo, porque me regalan muchos momentos de felicidad con las constantes maravillas que hacen en mi vida. Infinitas gracias a ustedes mis amados padres Galo y Ana, porque su amor, paciencia, entrega y comprensión han hecho que culmine esta etapa y sin titubear puedo afirmar que ni la vida entera me bastaría para devolverles todo lo que hicieron, hacen y sin duda harán por mí. Galo Fabricio y Danny Michael, mis chiquititos, ustedes son la luz de mis ojos, mi alegría y felicidad, les amo con todo mi corazón. Mil gracias a toda mi familia por sus palabras de aliento que han sido de gran ayuda para tomar las mejores decisiones en mi vida.

A ti Leonel, por tu paciencia, ayuda y apoyo constante desde el día que te conocí. A mis amigos, ustedes saben lo que significan para mí, me han acompañado en este caminar por las aulas de la universidad que entre sus paredes quedan plasmados recuerdos de todo lo que se vivió, se aprendió y se adquirió. Al Ing. Tito Castillo, quien más que un docente ha sido un amigo, un apoyo y gracias a sus conocimientos se pudo culminar con esta investigación.

*Madeley Monserrath Inca Cujilema*

## **DEDICATORIA**

Milagritos mi princesa, eres la luz de mi vida, un regalo inesperado que he llegado a amar con todo mi corazón, el inicio de una nueva etapa te lo dedico a ti pequeña, porque cuando pierdo la vista del horizonte y no sé a dónde ir, es tu existencia mi motivación para continuar.

Dedico este trabajo a mis padres, por darme la vida y por estar conmigo apoyándome incondicionalmente en cada paso que doy. Gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto se los debo a ustedes.

A mis tías Alicia y Nelly, por quererme y apoyarme siempre, esto también se lo debo a ustedes. Mis hermanas, Bárbara y Coralía, por estar conmigo y apoyarme en todo momento, les quiero mucho.

*Leonel Marcelo Pancho Naranjo*

## **DEDICATORIA**

A mis abuelitos Olmedo, Hortencia y Victoria, quienes desde el cielo sé que me guían e interceden por mí ante Dios, a mi angelito de la guarda, pedacito de cielo Michael Patricio, te fuiste demasiado pronto y desde ese día nada fué igual, donde quiera que estés miraré al cielo y sonreiré porque te tengo cuidándome desde ahí.

A mi abuelito Eduardo, porque es un verdadero ejemplo, quien a pesar de las dificultades de la época hizo todo lo que estuvo a su alcance por educar a sus hijos y gracias a ellos conjuntamente con esfuerzo y dedicación hoy estoy terminando mi etapa universitaria.

A todas las personas que han estado a mi lado, y si siguen a mi lado es porque les considero un apoyo fundamental en mi vida.

*Madeley Monserrath Inca Cujilema*



## CONTENIDO

REVISIÓN .....	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	iii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS .....	7
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
3. ESTADO DEL ARTE.....	8
4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	16
4.1. CASO PILOTO .....	28
5. RESULTADOS .....	39
6. CONCLUSIONES .....	49
7. RECOMENDACIONES.....	50
8. REFERENCIAS.....	51
9. ANEXOS .....	59

9.1. ANEXO 1. GAD A.....	59
9.1.1. ANEXO 1.1. Ficha de codificación .....	59
9.1.2. ANEXO 1.2. Demografía del personal .....	59
9.1.3. ANEXO 1.3. Recolección de datos (DIGITAL) .....	59
9.1.4. ANEXO 1.4. Resumen de actividades disponibles.....	60
9.1.5. ANEXO 1.5. VSM general .....	61
9.1.6. ANEXO 1.6. Carta de balances por cuadrillas.....	62
9.1.7. ANEXO 1.7. VSM del proyecto .....	63
9.1.8. ANEXO 1.8. Análisis de costos .....	64
9.1.9. ANEXO 1.9. VSM estimado.....	65
9.2. ANEXO 2. GAD B.....	66
9.2.1. ANEXO 2.1. Ficha de codificación .....	66
9.2.2. ANEXO 2.2. Demografía del personal .....	66
9.2.3. ANEXO 2.3. Recolección de datos (DIGITAL) .....	66
9.2.4. ANEXO 2.4. Resumen de actividades disponibles.....	67
9.2.5. ANEXO 2.5. VSM general .....	68
9.2.6. ANEXO 2.6. Carta de balances por cuadrillas.....	69
9.2.7. ANEXO 2.7. VSM del proyecto .....	70
9.2.8. ANEXO 2.8. Análisis de costos .....	71
9.2.9. ANEXO 2.9. VSM estimado.....	72

9.3. ANEXO 3. GAD C .....	73
9.3.1. ANEXO 3.1. Ficha de codificación .....	73
9.3.2. ANEXO 3.2. Demografía del personal .....	73
9.3.3. ANEXO 3.3. Recolección de datos (DIGITAL) .....	73
9.3.4. ANEXO 3.4. Resumen de actividades disponibles.....	74
9.3.5. ANEXO 3.5. VSM general .....	75
9.3.6. ANEXO 3.6. Carta de balances por cuadrillas.....	76
9.3.7. ANEXO 3.7. VSM del proyecto .....	77
9.3.8. ANEXO 3.8. Análisis de costos .....	78
9.3.9. ANEXO 3.9. VSM estimado.....	79
9.4. ANEXO 4. GAD D.....	80
9.4.1. ANEXO 4.1. Ficha de codificación .....	80
9.4.2. ANEXO 4.2. Demografía del personal .....	80
9.4.3. ANEXO 4.3. Recolección de datos (DIGITAL) .....	80
9.4.4. ANEXO 4.4. Resumen de actividades disponibles.....	81
9.4.5. ANEXO 4.5. VSM general .....	82
9.4.6. ANEXO 4.6. Carta de balances por cuadrillas.....	83
9.4.7. ANEXO 4.7. VSM del proyecto .....	84
9.4.8. ANEXO 4.8. Análisis de costos .....	85
9.4.9. ANEXO 4.9. VSM estimado.....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de tiempos y actividades .....	17
<b>Tabla 2.</b> Asignación de códigos .....	19
<b>Tabla 3.</b> Demografía del personal .....	20
<b>Tabla 4.</b> Formato de registro de actividades generales .....	21
<b>Tabla 5.</b> Formato de resumen de actividades disponibles .....	22
<b>Tabla 6.</b> Ficha de codificación GAD C .....	29
<b>Tabla 7.</b> Ficha de demografía de personal del GAD C .....	30
<b>Tabla 8.</b> Ficha de recolección de datos del Día 6 del GAD C.....	32
<b>Tabla 9.</b> Análisis de costos de cada actividad del GAD C .....	35
<b>Tabla 10.</b> Categorías de trabajo para el diseño estructural de un proyecto en el sector público..	39
<b>Tabla 11.</b> Etapas de elaboración del Diseño Estructural en el Sector Público .....	40
<b>Tabla 12.</b> Recursos invertidos .....	41
<b>Tabla 13.</b> Productividad bruta de cada GAD .....	43
<b>Tabla 14.</b> Análisis de demografía de personal .....	46
<b>Tabla 15.</b> Cuadro comparativo entre productividad bruta y neta .....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Formato de actividades VSM <sub>PROYECTO</sub> .....	24
<b>Figura 2.</b> Formato de actividades VSM <sub>ESTIMADO</sub> .....	26
<b>Figura 3.</b> VSM <sub>G</sub> realizado en el GAD C .....	33
<b>Figura 4.</b> Subprocesos de las cuadrillas presentes en la Actividad 1 del GAD C.....	34
<b>Figura 5.</b> VSM <sub>P</sub> realizado en el GAD C.....	35
<b>Figura 6.</b> VSM <sub>E</sub> realizado en el GAD C .....	36
<b>Figura 7.</b> Esquema de ubicación y etapas desarrolladas.....	45
<b>Figura 8.</b> Cuadro de similitudes evidenciadas de actividades. ....	48

## RESUMEN

El sector de la construcción viene creciendo considerablemente, son numerosas las investigaciones orientadas a mejorar los procesos constructivos. Sin embargo, la etapa de diseño es un proceso iterativo e innovador que requiere de varias tareas complejas e interdependientes que no son tan fáciles de medir como las unidades de producción.

El sector público ecuatoriano no cuenta con un valor que refleje su productividad en la etapa de diseño estructural. En consecuencia, se desconoce el manejo de los recursos públicos (tiempo y dinero) invertidos para diseñar proyectos de construcción. El objetivo de esta investigación fue calcular la productividad de los departamentos de diseño estructural en el sector público, el método de investigación adaptó la herramienta VSM para representar gráficamente el proceso de diseño estructural de un proyecto y mediante el análisis de la carta de balance se determinó el porcentaje de Tiempo Productivo (TP), Tiempo contributorio (TC) y Tiempo no contributorio (TNC) para cada actividad y del proyecto. Los resultados presentados del VSM se tradujeron a tiempo dedicado a un diseño y su costo. Con estos recursos se determinó la productividad relacionando la cantidad de elementos diseñados por hora dedicada (PD) y mediante la relación del costo de un proyecto y la cantidad de elementos diseñado (PL). La investigación se aplicó a 4 Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs), y se logró cuantificar el desempeño durante la etapa de diseño estructural de 4 proyectos.

La metodología propuesta permite calcular la productividad de diseño estructural creando una referencia para evaluación comparativa entre instituciones.

**Palabras clave:** Productividad laboral, VSM, diseño de proyectos, carta de balance.

## ABSTRACT

The construction sector has been growing considerably, there are numerous investigations aimed at improving the construction processes. However, the design stage is an iterative and innovative process that requires several complex and interdependent tasks that are not as easy to measure as the production units. The Ecuadorian public sector does not have a value that reflects its productivity in the structural design stage. Consequently, the management of public resources (time and money) invested to design construction projects is unknown. The objective of this research was to calculate the productivity of the structural design departments in the public sector, the research method adapted the VSM tool to graphically represent the structural design process of a project and through the analysis of the balance chart was determined the percentage of productive time (TP), contributory time (TC) and non-contributory time (TNC) for each activity and the project. The results presented of the VSM were translated into time dedicated to a design and its cost. With these resources, productivity was determined by relating the number of elements designed per dedicated hour (PD) and by the relation of the cost of a project and the number of elements designed (PL). The research was applied to 4 Decentralized Autonomous Governments (GADs), and it was possible to quantify the performance during the structural design stage of 4 projects. The proposed methodology allows the calculation of structural design productivity, creating a reference for benchmarking between institutions.

Keywords: Labor productivity, VSM, project design, balance chart.



Translation of abstract reviewed by Narcisa Fuentes

Language Center teacher.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la productividad, una medida crítica de la eficiencia de un sistema de producción ha atraído más y más atención en todo el mundo. Son numerosas las investigaciones realizadas que consideran la productividad como una herramienta de toma de decisiones en cuanto al gran impacto que causa sobre el conjunto de la economía y desarrollo de un país (Criollo, 2018; Laborde & Veiga, 2014; METF, 2014; Mostajo, 2000). El crecimiento de la economía a nivel internacional se debe a la participación del sector de la construcción, ya que es considerado como el mayor empleador del mundo y en el Ecuador es el cuarto sector más productivo que aporta con riqueza a la nación (Durá, 2017; Echeverria, 2015; INEC, 2017; J. P. Jaramillo, 2018).

Botero & Álvarez (2004) mencionan que el dinamismo de la construcción lo convierte en el motor que impulsa permanentemente el progreso de la sociedad, para dar respuestas a sus necesidades se desarrollan proyectos de construcción los cuales se constituye en una fuente permanente de trabajo generando indirectamente incrementos económicos a todos los sectores del país. Sin embargo, la construcción es una actividad que se caracteriza por las grandes deficiencias y falta de efectividad en sus procesos convirtiéndolo como un sector poco competitivo. Varios autores destacan que medir productividad en la construcción es esencial para mejorarlo con herramientas que eliminen o reduzcan pérdidas en todas las etapas del proyecto de construcción (Botero & Álvarez, 2004; Cequea, Monroy, & Bottini, 2011; Freire & Alarcón, 2001; Orihuela, 2011).

En el análisis del estado del arte de la productividad en el sector de la construcción realizado por Criollo (2018) entre 2010 y 2014 concluye que durante la medición de productividad, los desafíos principales identificados fueron la falta de un sistema adecuado de recolección de datos y dificultades para obtener datos de una productividad exacta debido a la naturaleza de la mano de



obra; donde las mejores soluciones identificadas fueron simplificar los métodos de medición de la productividad centrándose en tareas importantes o relevantes.

Los productos horarios o el estudio de tiempos son métodos utilizados ampliamente para medir la productividad laboral en la construcción, utilizando una hora de trabajo como unidad de entrada y la cantidad de trabajo físico terminado como producto (Chang & Woo, 2017; Yi & Chan, 2013). Dado que la construcción es una industria intensiva, en varios países el costo de la mano de obra representa del 30% al 60% del costo total del proyecto, de esta manera se argumenta que la mano de obra es el recurso productivo dominante, por lo que la productividad en la industria de la construcción depende principalmente del esfuerzo y el rendimiento humano (Cequea et al., 2011; Contreras, Gómez, & Castaño, 2013; Gomar, Haas, & Morton, 2002; Hanna, Peterson, & Lee, 2002; Jarkaz, 2010; Maroto, 2013).

La mano de obra es el factor crítico más importante que influye directamente en la productividad de construcción; de manera muy similar en la etapa de ingeniería el actor principal es el diseñador a cargo del proyecto, para Jarkaz & Bitar (2012) tomar decisiones en esta etapa no solo tiene un gran impacto en el costo de construcción sino también en su viabilidad, futuros gastos y duración de obra, a pesar de que esta etapa tiene un costo de elaboración que varía entre el 2 y el 5% del costo de construcción del proyecto. McGeorge (1988) menciona que la investigación de productividad de ingeniería o diseño es relativamente menos conocida y rara vez estudiada, ya que producir diseños de ingeniería requiere de la ejecución de un gran número de tareas complejas e interdependientes, que no son tan fáciles de medir como las unidades de trabajo de construcción, porque que no es lo mismo diseñar 1 kg de acero de refuerzo que fundir 1 m<sup>3</sup> de hormigón ya que en el diseño de acero de refuerzo se pone en práctica los conocimientos adquiridos en una aula mientras que al fundir hormigón se pone en práctica la experiencia ganada en obra.

Botero & Álvarez (2004); Lledó, Rivarola, Mercau, Cucchi, & Esquembre (2006); Lovera, Santos, Diego, Taboada, & Alcántara (2011); Orihuela & Orihuela (2005); Villacrés, (2014) en cada una de sus investigaciones reiteran que las deficiencias y falta de efectividad en la etapa de diseño provocan que la etapa de construcción sea deficiente ocasionando desperdicios de tiempo y dinero, por otro lado Jarkaz & Bitar (2012); Kim (2007); Villacrés (2014); Yepes & Pellicer (2004) en sus estudios argumentan que el costo de los errores en la fase de diseño provoca el incremento del costo de la ejecución de la construcción ocasionado que aumente hasta el doble de su valor inicial.

Leite & Barros (2013) en su investigación afirman que la falta de flujo de información y conocimiento de las empresas de sus propios procesos de diseño dificultan identificar actividades que agregan valor al proceso, pues consideran que se debe minimizar residuos generados en el proceso de diseño pero la pregunta es ¿Cómo hacerlo?, para lograrlo utilizan el método VSM con el objetivo de representar y analizar información a lo largo del proceso de diseño, concluyendo que la comunicación entre miembros del equipo de diseño es informal y no documentada, además entre las fases de producción de dibujos y documentos existe una gran cantidad de trabajos en espera o progreso en la elaboración del diseño, por lo que el tiempo real usado efectivamente para diseñar es una pequeña fracción del tiempo total del ciclo, estas etapas se reducen en el VSM futuro, evidenciando que se optimizan el flujo de valor en la etapa de diseño y al implementar mejoras en el proceso se puede mejorar continuamente aumentando su productividad.

Orihuela, Orihuela, & Pacheco, (2015) implementan la herramienta Lean denominada diseño de valor objetivo o TVD en el Método VSM para representar el proceso de diseño de un proyecto de construcción y para identificar los momentos en donde se presentan oportunidades para agregar valor eliminando el desperdicio, reduciendo tiempos de entrega, optimizando costos,

mejorando la calidad de los productos y al final de todo este análisis se llega a determinar valoraciones económicas de la elaboración del diseño mencionando que las oportunas transferencias de información disminuyen las frecuentes pérdidas de tiempo y dinero generadas en esta etapa.

Así mismo Orihuela, Orihuela, & Ulloa (2011) en su estudio mencionan que la buena gestión del diseño, mejora la productividad y calidad de los productos inmobiliarios en todas sus fases, beneficiando no solo a los diseñadores y constructores, también a los usuarios que adquieren este producto. Pero alinear y comprometer poner en práctica principios de gestión en el diseño es un verdadero desafío.

Costa de los Reyes (2016) en su investigación realizada en las ciudades de Cuenca y Loja determina que las entidades, empresas u oficinas de diseño y planificación en estas ciudades, no aplican estrategias ni metodologías para planificar la elaboración de los diseños de proyectos de construcción, puesto que lo realizan de forma improvisada, sus resultados se respaldan con lo mencionado por Rosenbaum, Toledo, & González (2012) quienes afirman que la falta de planificación en el diseño de los proyectos, es una fuente importante de pérdidas en términos productivos, por lo tanto, el sistema actual de diseño y planificación de proyectos no es efectivo afectando así la eficiencia en la construcción.

La productividad de la ingeniería del diseño ha sido escasamente examinada y ejemplificada en comparación con la industria de la construcción, donde la investigación de la productividad ha estado en curso desde principios de la década de 1960 (Jarkaz, 2016; Liao, 2008).

La productividad es un término que se ha traducido de diferentes formas, Prokopenko (1989) define la productividad de una manera muy general como el uso eficiente de recursos en la producción de bienes y servicios. En la construcción la productividad es definida como la medición

de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido con un estándar de calidad dado (Botero & Álvarez, 2004), y productividad laboral es conceptualizada como la producción promedio por trabajador en un período de tiempo (Galindo & Rios, 2015). Cada una de ellas está basada en la definición más simple de productividad que es la relación de recursos aplicados y resultados obtenidos.

En la presente investigación se define la productividad como un indicador que refleja que tan bien se están usando los recursos del sector público en la elaboración del diseño de un proyecto; traducida en una relación entre recursos (tiempo y dinero) utilizados por cantidad de elementos diseñados.

Es evidente que el proceso de diseño de un proyecto de construcción debe ser mejorado, pero como mencionó Drucker (1999), todo lo que quiere ser mejorado debe ser medido. Para aumentar la productividad en el proceso de diseño se requieren de herramientas que evalúen el estado en el que se encuentra y posterior ejecutar un plan de mejora continua. Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo medir la productividad en la etapa de diseño estructural de un proyecto de construcción en el sector público.

Para cumplir este objetivo se elaboró un conjunto de pasos que adaptan una herramienta de la filosofía lean conocida como Value Stream Mapping o Mapa de Flujo de Valor (VSM) (Rosenbaum et al., 2012) para representar los recursos tiempo y dinero utilizados en el diseño de proyectos. Primero fue necesario conocer el estado actual del proceso, mediante un mapeo de flujo de valor general (VSM<sub>G</sub>) determinando de esta manera el tiempo de entrega de un proyecto, mediante el análisis de carta de balance para cada una de las cuadrillas que se formaron durante el proyecto se determinó los porcentajes de TP, TC y TNC para las actividades y el proyecto en general de este modo se creó un mapa de flujo de valor del proyecto (VSM<sub>P</sub>), y su objetivo fue

representar gráficamente el recurso tiempo del diseño evaluado. El recurso económico invertido en el proyecto se determinó analizando el tiempo de participación de las cuadrillas presentadas en la carta de balance y se representó gráficamente mediante un mapa de flujo de valor estimado (VSM<sub>E</sub>), obteniendo como resultado de esta herramienta el costo bruto y costo neto de producción de un diseño.

El análisis y la relación de los resultados obtenidos sirven para reflejar la manera que son utilizados los recursos (tiempo – dinero) en el sector público durante el diseño de un proyecto, determinando así su productividad. El logro de obtener un método que determine el valor que refleje la productividad de las instituciones públicas en su etapa de diseño, es fundamental para contribuir con la reducción de tiempos y costos en proyectos de construcción e incremento de beneficios a la sociedad (Armijo, 2009; Freire & Alarcón, 2001; Nogales Irahola, 2018).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Medir la productividad en la etapa de diseño estructural de un proyecto de construcción en el sector público, mediante el uso de la herramienta VSM.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Establecer un método de recolección y análisis de información que adapte el VSM para representar los recursos de tiempo y dinero necesario para producir un diseño estructural.

Definir métricas que reflejen la productividad en la etapa de diseño estructural de un proyecto, mismas que sirvan para generar discusión de los resultados hallados.

### 3. ESTADO DEL ARTE

El sector de la construcción en el Ecuador al igual que muchos otros países se caracteriza por ejecutar proyectos de construcción en el modelo tradicional de contratación DBB (diseño-licitación-construcción) tanto en entidades públicas como privadas (Fernández, 2018; Villacrés, 2014). Este modelo es una de las causas y fuentes principales de los problemas de diseño, ya que exige poca interacción y comunicación entre los especialistas encargados del proyecto. Esta situación obliga a que la etapa de construcción sea deficiente, porque al construir el proyecto con errores de diseños, diseños incompletos, planos no compatibles y documentación no coherente ocasiona desperdicios de tiempo y dinero (Botero & Álvarez, 2004; Lledó et al., 2006; Lovera et al., 2011; Orihuela & Orihuela, 2005; Villacrés, 2014). Las deficiencias y la falta de efectividad provocan que el costo de los errores en la fase de diseño sea igual o superior al costo de la ejecución de una construcción (Jarkaz & Bitar, 2012; Kim, 2007; Villacrés, 2014; Yepes & Pellicer, 2004).

En el sector público el ciclo de vida de un proyecto empieza en la etapa de diseño desarrollada en una unidad, el contrato es ejecutado por una unidad diferente para terminar con la obra construida realizada por un contratista externo (Jaramillo, 2018), durante la última etapa se ha identificado a la fase de diseño como deficiente, determinando que los errores de diseño generan esperas, reprocesos, desperdicios, replanteos y fundamentalmente rediseños (Drucker, 1999; Lovera et al., 2011; Orihuela & Orihuela, 2005; Villacrés, 2014).

Producir diseños en proyectos de ingeniería requiere de la ejecución de varias actividades complejas e interdependientes (Campero, 2013; McGeorge, 1988), por naturaleza es un proceso iterativo e innovador (Zhang, Wen, & Ashuri, 2018) que sigue una progresión lineal de trabajo pero no lineal de diseño (Lovera et al., 2011), es en esta etapa donde se requiere de interacción entre especialistas encargados de elaborarlo para conceptualizar las ideas y especulaciones del cliente

en un modelo físico materializable; definiendo sus necesidades y requerimientos a través de procedimientos, planos, y especificaciones técnicas (Freire & Alarcón, 2001; Jarkaz & Bitar, 2012; Villacrés, 2014). Por lo tanto, el trabajo de un diseñador no tiene una secuencia establecida e incluso en muchas ocasiones realiza actividades que no le compete o que están fuera de sus funciones como diseñador, es por ello que su trabajo es muy difícil de medir y mejorar su productividad se vuelve un reto (Drucker, 1999; Zhang et al., 2018).

El proceso de todo diseño para elaborar proyectos de construcción se basa en las etapas establecidas por Akin, Eastman, Newstetter, & McCracken, (2001) comprendidas en 5 pasos: identificación de conjunto de requisitos, priorizar los requisitos, elaborar soluciones preliminares, evaluar las soluciones y establecer requisitos de diseño final, preferencias y criterios de evaluación. Haymaker & Chachere (2007) formalizan estas etapas que incluyen: organizaciones: partes interesadas del proyecto, diseñadores y tomadores de decisiones, objetivos: restricciones, objetivos y preferencias de las organizaciones, opciones: opciones de diseño y métodos para generar el diseño, análisis: métodos, tiempos y tipos de análisis realizados, y decisiones: fundamentos y procesos de toma de decisiones (Gane & Haymaker, 2010). Pero el diseño es un proceso ilimitado por el número infinito de organizaciones, objetivos, opciones, análisis y decisiones que un equipo de diseño considera al momento de diseñar, sin embargo, los diseñadores suelen considerar muy pocas alternativas de diseño (Woodbury & Burrow, 2006).

Gimena, Gonzaga, & Gimena (2004) determinan que el proceso de elaboración del diseño estructural viene enmarcado por varias etapas que sigue todo diseñador estructural y se detallan a continuación:

**1.- Prediseño o Estructuración:** Llamada etapa de ideación y elección ya que se definen los conceptos básicos para el funcionamiento de la estructura proporcionando de manera



económica resistencia y rigidez a la construcción (De la Colina & Ramirez, 2000), de esta manera se facilita que la forma geométrica de la estructura se adapte a las solicitaciones de carga aplicada y esfuerzos resultantes. La secuencia de actividades que generalmente se presenta en esta etapa es la siguiente:

- Revisión de información previa ensayos, estudios.
- Definición de la geometría de la estructura.
- Elección de materiales constructivos.
- Condiciones de prediseño.
- Definición de solicitación de cargas incluida la carga sísmica.
- Definición del sistema estructural.
- Prediseño de elementos estructurales.
- Análisis de dimensiones de elementos estructurales.
- Definición de dimensiones de elementos estructurales del prediseño.

**2.-Modelación o Análisis:** En esta etapa se realizan las tareas necesarias para evaluar la respuesta de la estructura ante las acciones o solicitaciones de carga, es decir es la etapa en que se estima cuál es el comportamiento de la estructura una vez construida con el fin de evitar condiciones que no son tolerables en cuanto a funcionamiento y seguridad. El análisis se desarrolla mediante un programa de modelación estructural siguiendo la siguiente secuencia:

- Modelación estructural en programas de diseño estructural.
- Definición de carga sísmica de acuerdo al periodo de diseño del programa estructural.
- Verificación de deformaciones compuestas por desplazamientos y giros.
- Verificación de solicitaciones de carga compuestas por fuerzas axiales, cortantes y momentos.
- Verificación de controles en el programa de modelación estructural.

**3.- Dimensionamiento:** En esta etapa se seleccionan las dimensiones y características adecuadas para cada elemento estructural de acuerdo a la comprobación de su funcionalidad y

seguridad, con el fin de que la estructura modelada en la etapa anterior responda a las acciones predeterminadas, la secuencia a seguir en esta etapa es la siguiente:

- Consideración de normativa que rige en el país para determinar tanto las acciones de elementos diseñados como de materiales que se usarán en su construcción garantizando su durabilidad, seguridad, y funcionamiento.
- Comparación de resistencias de elementos estructurales en el cálculo y el programa de modelación estructural.
- Comparación de esfuerzos a tracción, compresión, tensión y torsión en el cálculo y el programa de modelación estructural.

De las etapas presentadas por (Gimena et al., 2004) el proceso que sigue todo diseño estructural es: pre diseño o estructuración, modelación o análisis, diseño o dimensionamiento, especificaciones técnicas y planos de detalle (Alvarado, Pineda, & Ventura, 2004; De la Colina & Ramirez, 2000).

Para determinar la productividad en el proceso de diseño estructural se toma en cuenta varios factores, uno de ellos es la ergonomía del diseñador. Angulo (2018) menciona que las actividades de un diseñador deben estar enfocadas a conseguir ayuda de la tecnología dando respuestas rápidas en su labor, al mismo tiempo conlleva riesgos para la salud que conviene conocer y prevenir. Tomar en cuenta la ergonomía del diseñador es indispensable para mejorar su productividad y la productividad del proceso de diseño.

Otro factor influyente para evaluar la productividad es el software que utiliza el diseñador, y para medir la productividad del software en el que se elabora el diseño estructural intervienen una serie de variables, entre ellas se considera el tipo de software utilizado, características del equipo en el que se instalará el software y el conocimiento o experiencia del diseñador utilizando el software. Para cualquier empresa que brinde servicios de diseño estructural es importante

conocer qué tipo de software mejora su productividad haciendo un análisis de calificación de acuerdo a sus necesidades (Angulo, 2018).

Otro de los factores que intervienen en la productividad es la distribución en planta del lugar de trabajo del diseñador, porque analizar, diseñar y ordenar espacios físicos del lugar del trabajo es necesario para optimizar sus movimientos y las condiciones de espera y almacenamiento de información, ya que su objetivo es conseguir que la circulación de materiales o información sea fluida a lo largo del proceso, por lo tanto, las instalaciones deben permitir que los procesos se lleven a cabo en las mejores condiciones de trabajo con mínima manipulación, a bajos costos, seguros, con mantenimiento y cuidado adecuado. La distribución en planta para un proceso de diseño en una oficina es del tipo lineal, porque se colocan los diferentes diseñadores con sus puestos de trabajo en forma lineal para que la información fluya de manera rápida y equilibrada eliminando esperas entre diseñadores (Castaño & Rapelli, 2010).

Determinar la productividad del proceso de diseño estructural es un tema importante de investigación, sin embargo, los estudios realizados son escasos. Ebrahimy & Rokni (2010) en su estudio presentan 3 indicadores para evaluar la productividad en la fase de ingeniería, la primera es desarrollada por (Thomas, 1999) la cual relaciona las horas de ingeniería por cada dibujo elaborado, la segunda métrica es desarrollada por (Song, Allouche, & AbouRizk, 2003) quien relaciona las horas de ingeniería por elemento diseñado y la última determinada por (Kim, 2007), mediante la relación de horas de ingeniería por cantidad de elementos diseñados. En general, la productividad está definida como la relación de los indicadores de desempeño expresado en la

#### **Ecuación 1.**

$$Productividad = \frac{\text{Indicadores de Insumos (input)}}{\text{Indicadores de Productos (output)}} \quad (\text{Ec 1.}) \text{ (Yi \& Chan, 2013).}$$

Los indicadores de insumos (input) cuantifican los recursos humanos y financieros utilizados en la producción de bienes y servicios. Estos indicadores generalmente están dimensionados en términos de gastos asignados, número de profesionales, cantidad de horas disponibles para desarrollar un proyecto, etc. Estos indicadores son útiles para dar cuenta de cuantos recursos son necesarios para lograr un diseño estructural exitoso.

Los indicadores de productos (output), de manera cuantitativa muestran los bienes y servicios producidos por un organismo público o una acción gubernamental. Generalmente están dimensionados en términos de volumen de producción (Bonney & Armijo, 2005).

A lo largo del tiempo se han desarrollado varios métodos para medir la productividad entre los cuales está el muestreo de trabajo que fue desarrollado por Bernold & AbouRizk (2010), la calificación de 5 minutos desarrollada por Gong & Caldas (2010), y el modelo de retraso de productividad MPDM de Park, Thomas, & Tucker (2005) ,sin embargo estos métodos fueron desarrollados para la mano de obra o equipo usado en la construcción y se requiere de otros métodos para medir la productividad del diseño (Zhang et al., 2018).

La filosofía Lean al igual que la productividad tienen el mismo fin “hacer más con lo mismo”, y en proyectos de construcción su finalidad es hacerlo más económico y en menor tiempo eliminando o reduciendo pérdidas en los procesos. Para aplicar y entender la Filosofía Lean se debe conocer el concepto de pérdidas, a pesar de su importancia en la literatura existe poco o nada sobre este concepto. Varios autores han dado sus opiniones de este concepto, pero no existe uno específico. Como referencia del concepto se ha tomado lo establecido por el ingeniero Taiichi Ohno quien desarrolló 7 tipos de pérdidas en procesos de producción, las cuales abarcan a 1) Sobreproducción, 2) Sobre proceso, 3) Defectos, 4) Transporte, 5) Inventario, 6) Movimiento y 7) Esperas. Lauri Koskela adaptó las definiciones de cada una de las pérdidas al sector de la

construcción con las que pudo verificar las actividades que agregan valor a los proyectos de construcción (Castillo, 2014).

La teoría lean está estructurada en una serie de Principios & Conceptos y Herramientas & Técnicas (Benitez, 2014; Freire & Alarcón, 2001), de las cuales las más utilizadas en los principios de prácticas lean son las herramientas del mapeo de flujo de valor (VSM), eventos Kaizen y paneles informativos (ECOS & EPA, 2011; Stentoft Arlbjørn, Vagn Freytag, & de Haas, 2011).

Para lograr una adecuada implementación de las herramientas Lean a cualquier proceso, es necesario realizar ciertas adaptaciones y decisiones previas que son fundamentales para evaluar los procesos (Rosenbaum et al., 2012). En la investigación se utilizó las cartas de balance y el VSM para analizar los recursos tiempo y dinero utilizados en el proceso de diseño estructural de un proyecto de construcción.

Las cartas de balance son utilizadas ampliamente para determinar el número necesario de personas que intervienen en procesos de producción, en la construcción analiza las cuadrillas de trabajo en obra, esta herramienta escribe detalladamente el proceso de una actividad buscando su optimización. Para el análisis de las cartas de balance en la construcción se toma un intervalo de tiempo corto entre 2 o 3 minutos de la actividad que realiza cada obrero para determinar 3 tipos de trabajo TP, TC y TNC.

TP es el tiempo productivo que se define como el trabajo que aporta el obrero de forma directa a la producción de una unidad de trabajo, de manera similar TC es el trabajo contributorio que es el trabajo de apoyo, el que debe ser realizado para que se pueda ejecutar el trabajo productivo, finalmente el trabajo no contributorio o TNC son las actividades que no aportan ningún valor al proceso, son actividades que el obrero realiza generando pérdidas (tiempo y dinero) las cuales desde el punto de vista del cliente no adicionan valor alguno ni al proceso ni al producto.

El VSM es un método de representación visual que permite resumir los procesos más críticos de una organización, procesos que son complejos de entender y son plasmados gráficamente por esta herramienta. Además son utilizados para evaluar y crear procesos de estado ideal y futuro eliminando aquellas actividades que no agregan valor al producto final (Venkataraman, Ramnath, & Kumar, 2014).

Cabrera (2015) en su estudio sobre el VSM, define a las actividades que añaden valor real (AV), como aquellas que el cliente está dispuesto a pagar, son las que está esperando para satisfacer su requerimiento y resolver su necesidad, por otro lado, existen otras actividades que la institución productora de servicios necesita para su operación, pero estas actividades no agregan valor desde el punto de vista de las ventajas para el cliente. Además, existen las actividades que no agregan valor (ANV) ni al cliente ni a la institución por lo que a estas actividades se las considera como desperdicio de recursos, por lo tanto, deben ser eliminadas a la brevedad posible; pues al sacarlas del proceso se incrementa la productividad. Las actividades son el conjunto de tareas que se llevan a cabo para producir y el valor agregado es el valor creado en las tareas necesarias para llevar a cabo un diseño, por ende realizar proyectos de diseño enfocándonos en las tareas que crean valor es necesario para llevar a cabo el diseño ideal de un proyecto (Freire & Alarcón, 2001).

Los beneficios de utilizar el VSM son varios y multidisciplinarios, entre ellos el VSM como herramienta de planificación y control, permite realizar un correcto seguimiento y control de obra analizando los desperdicios dentro de la línea de producción; además se usa como herramienta de diagnóstico para establecer la situación inicial de las obras y como herramienta de comunicación, para plantear mejoras inmediatas y reordenamiento de procesos (A. Jaramillo, 2018).

#### 4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

1. Revisión de la literatura: Los buscadores Scopus, Web of Science, Mendeley y Repositorio UNACH nos proporcionaron información relacionada a: productividad en proyectos de construcción, herramientas de recolección de información y medición de productividad en diseño. La finalidad de la revisión de la literatura fue identificar formas de medir la productividad en la etapa de diseño de un proyecto y metodologías óptimas para la recolección de datos en oficina.
2. Selección de la muestra: A nivel mundial el uso de los recursos públicos es de gran interés ya que si los aprovechamos al máximo es posible mejorar el nivel de vida de la ciudadanía en general, por lo cual la presente investigación se realizó en el sector público ecuatoriano. Se usó la delimitación zonal realizada por la SENPLADES para desarrollar la investigación en 4 GAD representativos de la zona 3, considerando el fácil acceso de los investigadores y la facilidad e interés que proporcionaron los funcionarios públicos. La presente investigación tiene la finalidad de proponer un método que determine productividad de diseño, por lo cual la variabilidad de proyectos en la investigación para corroborar si el método propuesto sirve, es de gran ayuda, para ello se seleccionó el primer proyecto en el departamento evaluado que tenga la necesidad de un diseño estructural.
3. Definición de tiempos: La investigación está orientada a medir la productividad en el desarrollo del diseño estructural de un proyecto, sin embargo el tema más crítico en el sector público es el desempeño laboral del funcionario encargado, ya que se caracterizó por cumplir varias funciones durante su jornada laboral, tales como: elaboración de diversos proyectos a la par, asistir a actividades de la entidad en la que labora, encontrar y brindar soluciones a necesidades repentinas y atender a la ciudadanía, por lo cual, fue necesario clasificar las tareas registradas considerando la disponibilidad de tiempo dedicado por el funcionario para diseñar el proyecto objeto de estudio.

De esta manera la primera clasificación del trabajo realizado será en: tiempo disponible (TD) y tiempo no disponible (TND) con la finalidad de obtener todas las actividades involucradas dentro del diseño estructural de un proyecto.

El análisis del TD se realizó mediante la técnica de la carta de balance para poder clasificar todas las actividades en tiempo productivo (TP), tiempo contributorio (TC) y tiempo no contributorio (TNC), sus definiciones se muestran en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Clasificación de tiempos y actividades

Tiempo de un servidor público		Descripción	Prioridad	
			Alta	Baja
	<b>Tiempo Disponible:</b>	Comprende el tiempo de las actividades desarrolladas mientras se realiza el diseño estructural analizado y se divide en:	X	
	<b>Tiempo Productivo:</b>	Es aquel trabajo que aporta en forma directa a la producción y agrega valor al producto analizado	X	
	<b>Tiempo Contributorio:</b>	Es aquel trabajo de apoyo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo.	X	
	<b>Tiempo No Contributorio:</b>	Son actividades que no generan avance o valor agregado al diseño	X	
	<b>Tiempo No Disponible:</b>	Comprende el tiempo destinado a actividades que no se involucran con el diseño del proyecto que se estudia, por ejemplo estimación de presupuesto de otro proyecto		X
<b>Prioridad Alta:</b>		Todas las actividades deben ser observadas detalladamente,		
<b>Prioridad Baja:</b>		Las actividades deben ser registradas.		



*Modificado de:* (Botero & Álvarez, 2004; Porras, Sánchez, & Galvis, 2014; Serpell B., 2002; Vilca, 2014).



4. Socialización: Se realizó una reunión con el jefe de dirección de cada GAD donde se firmó la ficha de confidencialidad que garantizó el anonimato a los participantes. Se realizó un taller del propósito y metodología de la investigación, en la que participaron el jefe de la Unidad de Proyectos y su equipo de trabajo. En el taller se expuso los antecedentes encontrados en construcción y diseño, priorizando la importancia de medir la productividad y recalando los beneficios que nos brinda el conocerla; el resultado fue que todos los participantes lograron comprender el concepto de productividad y decidieron brindar las facilidades necesarias durante la recolección de datos; la finalidad principal fue seleccionar un proyecto con la necesidad de un diseño estructural de concreto reforzado que satisfaga el objetivo de esta investigación.



5. Codificación y demografía del personal: Para mantener la confidencialidad de las instituciones participantes se asignan códigos tanto a la institución como a los proyectos y miembros de cada equipo de trabajo. Para ello se utiliza el formato presentado en la Tabla 1, esta consta de 4 partes principales que sirven para 1) identificar datos generales de la institución y del proyecto seleccionado, 2) detallar a los funcionarios que formaron parte durante el diseño estructural seleccionado, 3) detallar aquellos proyectos que intervienen durante el desarrollo del proyecto seleccionado y 4) representar el área de trabajo del departamento y la zona utilizada por el observador, tal como se muestra en la **Tabla2**.

**Tabla 2.** Asignación de códigos

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 		
FICHA DE CODIFICACIÓN		
Descripción	Detalle	Código
GAD Municipal Unidad Proyecto	_____	_____
Equipo de trabajo	Jefe del departamento Encargado del proyecto	_____
Otros Proyectos	_____	_____
Esquema	_____	_____

En la **Tabla3** se muestra la ficha de demografía del personal, esta es de gran utilidad para el análisis de resultados obtenidos y su registro tiene las siguientes consideraciones: la primera columna representa el código asignado al personal tomado de la **Tabla1**, la siguiente columna sirve para determinar la edad del participante, la tercera columna denominada experiencia general cuantifica la cantidad de años de experiencia que el funcionario tiene desde que ha conseguido su título profesional, la columna denominada experiencia específica cuantifica los años de trabajo del funcionario en un cargo público, el valor del salario anual es tomado de las páginas web oficiales de cada uno de los GAD participantes y la columna final expresa el salario hora de cada trabajador, y este es determinado mediante la relación del salario anual y 261 días, que representan el total de días laborables en un año.

**Tabla 3.** Demografía del personal

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>FICHA DE DEMOGRAFÍA DEL PERSONAL</b>					
<b>Institución:</b> _____					
<b>Unidad:</b> _____					
<b>Proyecto:</b> _____					
<b>Código</b>	<b>Edad</b>	<b>E. General</b>	<b>E. Especifica</b>	<b>Salario Anual</b>	<b>Salario Hora</b>



6. Recolección de datos: Es importante que al registrar lo observado, el responsable de la medición lo haga de acuerdo a lo que aprecia de forma instantánea al mirar, las actividades o acciones inmediatamente precedentes o siguientes deben ser descartadas totalmente del registro (Cantú, Moreno, Gallina, & García, 2009). Gracias a las características de los lugares donde se realizó la investigación el área de observación permitió tomar mediciones de tiempo de entrega de un diseño estructural logrando obtener un revelamiento real y completo del equipo de trabajo. Se realizaron registros diarios durante el tiempo que se demora un proyecto estructural en ser diseñado, desde que llega al departamento encargado de realizarlo hasta obtener la aprobación del jefe a cargo (Tiempo de entrega), para el registro del trabajo en oficina se utilizó una hoja de cálculo como la indicada en la **Tabla4**, la cual cuenta con una pestaña que permite clasificar la actividad registrada según los parámetros expresados en la **Tabla2** o en la parte superior del Formato de registro de actividades generales.

**Tabla 4.** Formato de registro de actividades generales

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
<b>GAD Municipal:</b> <b>Proyecto:</b> <b>Día:</b>	<b>Fecha:</b> <b>Hora de Inicio:</b> <b>Hora de Finalización:</b>		
<b>Clasificación de Tiempo y Actividades</b>			
Abrev.	Descripción	Prioridad	
		<b>Alta</b>	<b>Baja</b>
TD	<b>Tiempo Disponible:</b> Comprende el tiempo de las actividades desarrolladas mientras se realiza el diseño estructural analizado por ejemplo prediseño de elementos.	X	
TND	<b>Tiempo No Disponible:</b> Comprende el tiempo destinado a actividades que no se involucran con el diseño del proyecto que se estudia, por ejemplo estimación de presupuesto de otro proyecto.		X
	<b>Prioridad Alta:</b>	Todas las actividades deben ser observadas detalladamente, analizadas y medidas.	
	<b>Prioridad Baja:</b>	Las actividades deben ser registradas.	
Clasificación	Actividad	Hora	Duración
<input style="width: 100%;" type="text" value="TND"/>			
TD	TD		
TD	TND		
TD			
TND			
TND			

La hoja de cálculo que registra las actividades tiene una programación que genera en una hoja diferente, un resumen secuencial de las actividades disponibles según el día de registro. Cada registro fue analizado y calificado mediante la técnica de la carta de balance como se muestra en el **Paso8**.

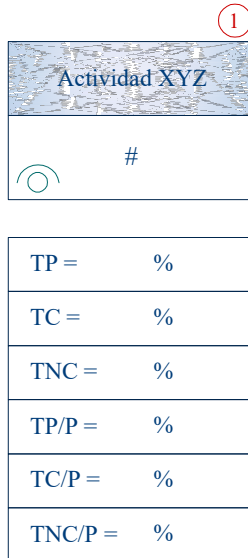
**Tabla 5.** Formato de resumen de actividades disponibles

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>GAD Municipal:</b>	<b>Inicio del proyecto:</b>	
<b>Proyecto:</b>	<b>Fin del proyecto:</b>	
<b>Clasificación de Tiempo y Actividades</b>		
<b>Abrev.</b>	<b>Descripción</b>	
TP	<b>Tiempo Productivo:</b>	Es aquel trabajo que aporta en forma directa a la producción. Ejemplo: Modelación de la estructura.
TC	<b>Tiempo Contributorio:</b>	Es aquel trabajo de apoyo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Ejemplo: Consulta de normas técnicas.
TNC	<b>Tiempo No Contributorio:</b>	Cualquier actividad que no aporta ningún valor y es considerado como una pérdida. Ejemplo: Esperas, descansos, etc.
<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>	<b>Clasificación Duración</b>
		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">TC ▾</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 100px;">             TP  <b>TC</b>              TND           </div> TP TC TNC

7. VSM<sub>G</sub>: Para graficar un VSM no se considera las tareas minuto a minuto si no se deben agrupar por paquetes de trabajo (Cabrera, 2011) por lo tanto, se agrupan las tareas registradas con el mismo fin en una actividad, considerando las actividades con TD y TND. De esta manera, se elaboró un VSM<sub>G</sub> en el que se representa el proceso desde que el proyecto llega a manos del equipo de diseño hasta obtener un diseño estructural exitoso y aprobado por el jefe del departamento también llamado líder de equipo; la parte superior del VSM<sub>G</sub> representa todas las actividades disponibles (TD) mientras que en la parte inferior se muestran aquellas actividades

realizadas durante la duración del mapeo que no forman parte del proyecto estudiado. La línea de tiempo presenta como resultado el tiempo de entrega ( $\text{Tiempo de entrega} = \text{TD} + \text{TND}$ ) necesario para el diseño de un proyecto estructural.

8. VSM<sub>P</sub>: El paso anterior deja en evidencia la discontinuidad laboral que se da a los proyectos en el sector público ya que a menudo un diseño se ve interrumpido por la necesidad de despachar proyectos con carácter urgente o responder a las obligaciones de las instituciones donde labora el servidor público, el formato presentado en la **Tabla5**, elimina el trabajo del encargado del diseño en proyectos diferentes y las obligaciones que se debe cumplir como servidor público, dando como resultado un listado de actividades que representan el tiempo bruto de diseño estructural invertido en un proyecto. Durante la tabulación de resultados se puede notar tareas registradas similares de duraciones cortas, interrumpidas por procesos pequeños muchas veces insignificantes, por lo que para la construcción del VSM, se agrupan estas tareas en una actividad que es escrita en el recuadro de flujo de información, durante la ejecución de estas actividades participan varias cuadrillas de trabajo que se forman según necesidades repentinas del proyecto. Mediante el análisis de la carta de balance para cada cuadrilla que participe en la actividad evaluada es posible determinar los porcentajes de TP, TC y TNC para la actividad y para el proyecto, y los resultados de este análisis son detallados en la caja de datos (ver **Figura1**).



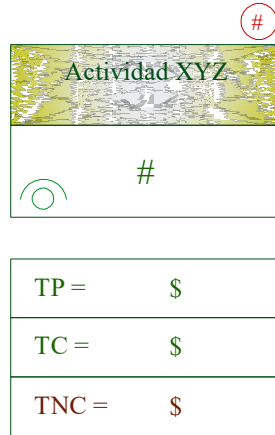
**Figura 1.** Formato de actividades VSM *PROYECTO*

Una vez que el proyecto tiene la aprobación del jefe del departamento es indispensable registrar el producto final del diseño. Para establecer especificaciones de diseño óptimas para la construcción, el diseñador adapta ciertos criterios de diseño para ciertas condiciones del proyecto (De la Colina & Ramirez, 2000; Gimena et al., 2004; Hernández, 2011; Lovera et al., 2011; Vargas, Espinosa, Díaz, Correa, & Pinilla, 2015), para conseguirlo se necesita de una base de conocimientos porque es necesario asegurar un ahorro de tiempo y dinero, e ir mejorando o innovando el conocimiento en ciertas áreas de diseño hace que el diseñador gane más experiencia y por ende la productividad de diseño aumenta (Freire & Alarcón, 2001; Zhang et al., 2018). El diseño estructural es un proceso creado por el diseñador que define características de un sistema que cumpla con sus objetivos de forma óptima, son actividades que se desarrollan para determinar forma, dimensión y características detalladas de vigas, columnas, losas, gradas, muros y otros elementos estructurales, su función es resistir fuerzas o acciones a las que va a estar sometida la estructura sin que se produzcan fallas o comportamiento inadecuado. Del proceso que sigue todo diseño estructural uno de los resultados es la cantidad de acero necesario para el proyecto. Este

acero, desde el punto de vista estructural, sirve para resistir fuerzas a compresión, tracción y cizalladura, además de presentar cualidades elásticas y de dilatación es la armadura del hormigón. Sus propiedades mecánicas junto a otros factores evitan el colapso de la estructura durante un evento sísmico, de esta manera se evitan pérdidas humanas y materiales (Astorga & Rivero, 2009). Además aparte de su importante función en la estructura, el rubro acero de refuerzo es uno de los más costosos del proyecto de acuerdo a la investigación realizada por Lara (2017). Por lo tanto, el producto final registrado es la cantidad de acero diseñado para el proyecto ( $kg_{ACERO}$ ).

9. VSM<sub>E</sub>: Una vez determinado los tiempos de diseño del proyecto, es necesario añadir el costo laboral a cada una de las actividades identificadas en el paso anterior, con el fin de determinar su costo de producción. Del análisis de las tareas que conforman las actividades del VSM<sub>P</sub> se construye el VSM<sub>E</sub>, el recuadro de flujo de información está conformado por las mismas actividades determinadas en el paso anterior, sin embargo, el número de trabajadores observados está ubicado en la parte central, en la parte superior del recuadro se encuentra el número de actividad, el cual será fácil identificar el cuadro de balance de esa actividad. En esta ocasión la caja de datos detalla el costo de tiempo TP, TC y TNC, considerando que el resultado necesario es el costo de producción, la línea de tiempo valorado en la parte superior representa en costo las AV (AV las conforman las actividades de tiempo productivo y las actividades de tiempo contributorio) y en la parte inferior las pérdidas económicas o ANV (ANV conforman las actividades de tiempo no contributorio) que tiene la institución para la cual laboran los encargados del diseño, como se muestra en la **Figura2**.





**Figura 2.** Formato de actividades VSM *ESTIMADO*

10. Producto final: La presente investigación tiene la finalidad de determinar la productividad de la etapa de diseño estructural de un proyecto, para lo cual se definió 2 dimensiones:

- **Productividad de diseño (PD):** Esta medida relaciona la cantidad de elementos diseñados con el tiempo que conlleva a realizar el diseño estructural (Ebrahimy & Rokni, 2010); es decir, cuantos minutos le toma al diseñador producir 1 kg de acero, expresada de la siguiente manera **Ecuación 2:**

$$PD = \frac{TD}{CD} \quad (\text{Ec 2}).$$

Donde:

PD = Productividad de diseño (min/kg)

TD = Tiempo disponible (hora)

CD = Cantidad de diseño (kg)

- **Productividad de diseño laboral (PDL):** Es una medida que relaciona lo gastado o invertido en un proyecto con los resultados producidos. Es decir, se mide en horas de trabajo remunerado por cantidad de diseño estructural producido, como se muestra en la **Ecuación3**.

$$PDL = \frac{CTD}{CD} \quad (\text{Ec } 3).$$

Donde:

PDL = Productividad de diseño laboral (\$/kg)

CTD = Costo total del diseño (\$)

CD = Cantidad de diseño (kg)



Las dos métricas presentadas están en formato input-output y es la relación entre recursos empleados y la producción real del sistema. En otras palabras, entre menos recursos consumo más productivo es el sistema. Es menester acotar que las dos métricas presentadas son solo un indicador de productividad global del departamento mas no un indicador del rendimiento real de los diseñadores (Gabillo & Mejía, 2013).

#### 4.1. CASO PILOTO

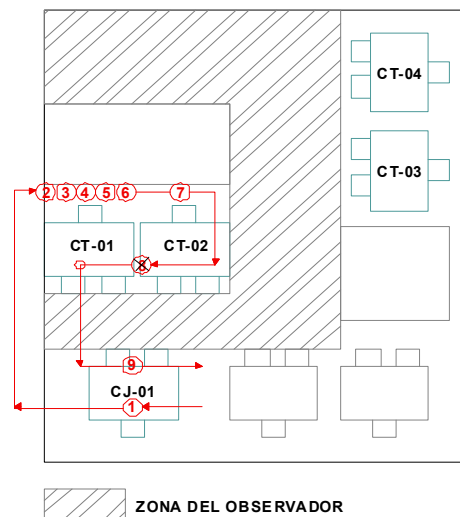
Para recolectar la información necesaria que sirve para determinar la productividad del diseño estructural de un proyecto en el sector público utilizando la metodología propuesta en esta investigación, la cantidad de proyectos estudiados no son suficientes para tener una muestra representativa, sin embargo, se detalla un sistema de evaluación de productividad y una forma sencilla de recolección de datos que podrían llenar el vacío existente en el inicio de prácticas de gestión para el sector referido, a continuación se presenta la aplicación de la metodología y los resultados obtenidos en el GAD C:

El inicio de la aplicación del método da lugar a reuniones con el jefe del departamento participante, donde firma el acta de confidencialidad y se planifica la fecha para el taller. El taller logra despertar interés en los participantes, quienes se comprometen en facilitar toda la información requerida en la investigación, con la finalidad de reflejar su productividad de diseño real. Se elaboró la ficha de confidencialidad que contiene los datos de todos los involucrados en la investigación con su respectivo código, además de un esquema en donde se define el área de trabajo del equipo y zona que será utilizada durante la observación como se muestra en la **Tabla 6**.

**Tabla 6.** Ficha de codificación GAD C

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL</b> <b>FICHA DE CODIFICACIÓN</b> 		
Descripción	Detalle	Código
<b>Institución:</b>	GAD C	GAD C
<b>Unidad:</b>	Proyectos	CU-P
<b>Proyecto:</b>	Muros de contencion y plataforma	CP-01
<b>Jefe del departamento:</b>	Ing. Civil	CJ-01
<b>Equipo de trabajo</b>	Ingeniera Civil - SUJETO 1	CT-01
	Ingeniero Civil - SUJETO 2	CT-02
	Ingeniera Civil - SUJETO 3	CT-03
	Ingeniera Civil - SUJETO 4	CT-04
	Arquitecto - SUJETO 5	C-ARQ
<b>Otros Proyectos:</b>	Construcción de una batería sanitaria	CP-02
	Construcción en un espacio cubierto	CP-03
	Cubierta del coliseo del Colegio Nuestra Señora	CP-04
	Reparación y protección de estructuras	CP-05
	Construcción en un espacio cubierto en el complejo Amazonas	CP-06

**Esquema GAD C:**



Mediante un dialogo personal con cada uno de los funcionarios registrados del GAD C se realizaron los registros de la ficha de demografía del personal mostrados en la **Tabla7**.

**Tabla 7.** Ficha de demografía de personal del GAD C

<b>Institución:</b>	GAD C				
<b>Unidad:</b>	Proyectos				
<b>Proyecto:</b>	CP-01				

<b>Código</b>	<b>Edad</b>	<b>E. General</b>	<b>E. Específica</b>	<b>Salario Anual</b>	<b>Salario Hora</b>
CJ-01	38 años	13 años	9 años	\$16.900,71	\$9,72
CT-01	30 años	5 años	3 años	\$9.895,75	\$6,36
CT-02	40 años	15 años	11 años	\$9.895,75	\$6,36
CT-03	27 años	3 años	3 años	\$9.895,75	\$6,36
CT-04	32 años	8 años	4 años	\$9.895,75	\$6,36
C-ARQ	33 años	7 años	7 años	\$9.895,75	\$6,36

La recolección de datos se llevó a cabo mediante la aplicación de la técnica de estudio de tiempos recomendada por Prokopenko (1989), y apoyada en la investigación realizada por Rico, Maldonado, Escobedo, & De la Riva (2005) en la que concluyen que las técnicas para el estudio de tiempos puede ser utilizada para el análisis de alguna tarea, por ello se recolectó datos durante la jornada laboral (8 horas diarias), empezando a las 8:00 am y finalizando a las 17:30 pm, por el tiempo que se demoró el proceso de diseño estructural que fue 13 días calendario aproximadamente. Un cronómetro, notas de texto y audio fueron los materiales usados para anotar la duración de cada actividad que realizó el equipo de diseño en el proyecto estructural denominado CP-01. La particularidad presentada durante el registro es la espera que sufrió el proyecto debido a rectificaciones del departamento proveedor y el trabajo a la par de dos funcionarios en actividades independientes para el diseño de CP-01.

Cabe indicar que al inicio del registro de datos el comportamiento del observado fue inquietante, porque siempre se mantenía en su escritorio a pesar de tener su computadora apagada

o suspendida, pero afortunadamente el funcionario de manera automática retomó su costumbre habitual de trabajo y muchas veces el observador pasó por desapercibido.

El análisis inicial de las tareas registradas corresponde a clasificarlas según el tiempo dedicado a CP-01 en TD y TND, esta clasificación tiene como finalidad establecer que actividades se desarrollan mientras se realiza el diseño estructural y que actividades se llevan a cabo como servidor público o dedican tiempo productivo a otros proyectos mediante el uso de la ficha de registro de actividades generales (**Ver Anexos**).

Cabrera (2015) recomienda que los datos recolectados para graficar el VSM no se puede considerar cada una de las tareas de minuto a minuto si no agruparlas por paquetes de trabajo. El siguiente paso corresponde a agrupar las tareas con el mismo fin en una actividad, como se muestra en la **Tabla8**. Las tareas que se muestran en el ejemplo corresponden al día 4 del proyecto CP-01, sombreadas de color rojo se presentan las actividades TD y de color verde aquellas actividades TND, posterior a ello se graficó el VSM<sub>G</sub> del proyecto CP-01. La **Figura3**, muestra el resumen del VSM<sub>G</sub> realizado, este se encuentra dividido por una línea entrecortada roja y sobre ella el flujo de actividades corresponde al tiempo dedicado al proyecto CP-01 es decir TD, y en la parte inferior, el flujo de actividades representa al TND. En la parte central de cada flujo de actividades el valor entre puntos sirve para detallar el número de actividades que no están representadas en el resumen, el VSM<sub>G</sub> del GAD C se puede observar en los **Anexos**. La línea de tiempo o cronología está colocada en la parte inferior del VSM<sub>G</sub>, la cual tiene forma de escalera, donde en las líneas superiores se coloca la duración de los tiempos disponibles y en las líneas inferiores los tiempos no disponibles y al finalizar en la línea de tiempo se coloca la suma de cada uno de los tiempos y en la celda contigua se determina el total de ambos, lo que representa al tiempo calendario del diseño estructural de CP-01.

Tabla 8. Ficha de recolección de datos del Día 6 del GAD C



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

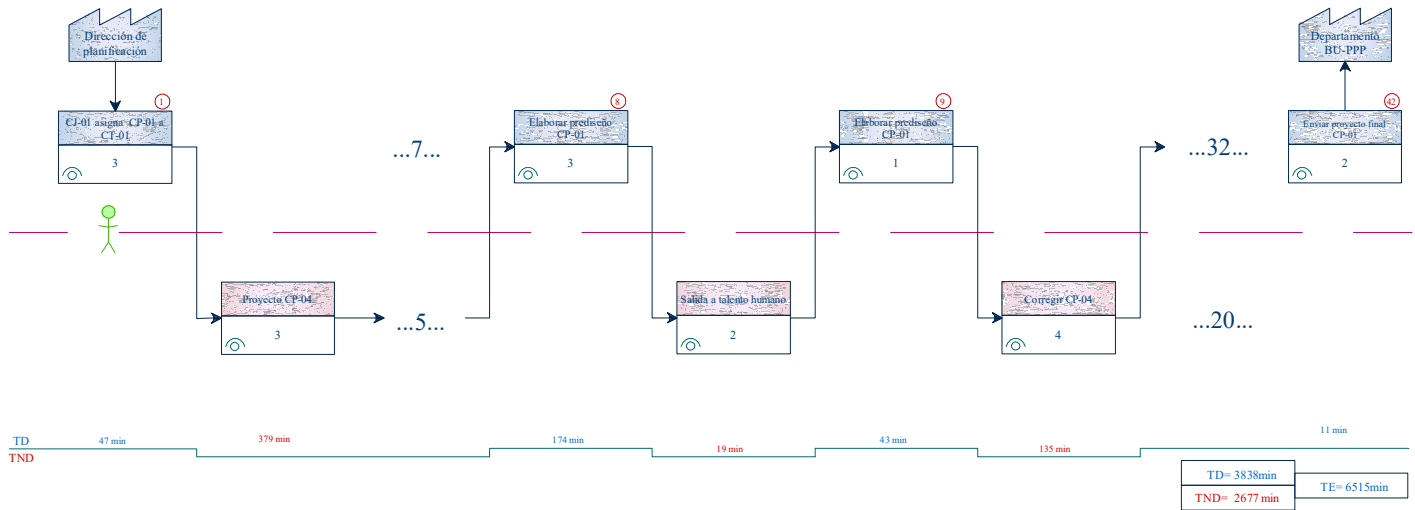


<b>GAD Municipal:</b>	GAD C	<b>Fecha:</b>	18/04/2018
<b>Proyecto:</b>	CP-01	<b>Hora de Inicio:</b>	08:00:00
<b>Día:</b>	4	<b>Hora de Finalización:</b>	17:00:00

Clasificación de Tiempo y Actividades

Abrev.	Descripción	Prioridad	
		Alta	Baja
TD	<b>Tiempo Disponible:</b> Comprende el tiempo y actividades desarrolladas mientras se realiza el diseño estructural analizado	X	
TND	<b>Tiempo No Disponible:</b> Es todo el tiempo y actividades que son realizadas fuera del tiempo destinado al diseño estructural que se analiza		X
<b>Prioridad Alta:</b> Todas las actividades deben ser observadas detalladamente, analizadas y medidas			
<b>Prioridad Baja:</b> Las actividades deben ser medidas y registradas			

Clasificación	Actividad	Hora	Duración
TND	Inicio de actividades (Saludo)	08:00:00	00:03:00
TND	Encendido de computadora	08:03:00	00:08:00
TND	Revisión de documentos y oficios	08:11:00	00:08:00
TND	Informe de aprobación de proyectos	08:19:00	00:06:00
TND	Revisión de documentos de proyectos	08:25:00	00:14:00
TND	Informe de aprobación de proyectos	08:39:00	00:08:00
TND	Impresión de oficios y de informe de aprobación de proyectos	08:47:00	00:06:00
TND	Firma de planos de proyectos	08:53:00	00:08:00
TND	Celular	09:01:00	00:05:00
TD	Elaboración del prediseño del proyecto CP-01	09:06:00	00:16:00
TD	Conversación con CT-03 de proyecto CP-01	09:22:00	00:14:00
TD	Elaboración del prediseño del proyecto CP-01	09:36:00	00:07:00
TD	Salida	09:43:00	00:11:00
TD	Elaboración del prediseño del proyecto CP-01	09:54:00	00:14:00
TD	Revisión de documentación del proyecto CP-01	10:08:00	00:06:00
TD	Celular	10:14:00	00:07:00
TD	Elaboración del prediseño del proyecto CP-01	10:21:00	00:18:00
TD	Celular	10:39:00	00:06:00
TD	Atención al público	10:45:00	00:14:00
TD	Conversación con CJ-01	10:59:00	00:09:00
TD	Elaboración del prediseño del proyecto CP-01	11:08:00	00:11:00
TD	Celular	11:19:00	00:08:00
TD	Envío de archivos a la plataforma institucional	11:27:00	00:12:00
TD	Elaboración del prediseño del proyecto CP-01	11:39:00	00:21:00
TND	Salida a departamento de talento humano	12:00:00	00:09:00
TND	Celular	12:09:00	00:04:00
TND	Conversación con CT-03	12:13:00	00:06:00
TD	Elaboración del prediseño del proyecto CP-01	12:19:00	00:09:00
TD	Celular	12:28:00	00:08:00
TD	Elaboración del prediseño del proyecto CP-01	12:36:00	00:17:00
TD	Revisión de planos arquitectónicos del proyecto CP-01	12:53:00	00:02:00
TD	Almuerzo	12:55:00	00:07:00
TND	Reunión con CJ-01 de proyecto CP-04	14:02:00	00:03:00
TND	Revisión de planos de proyecto CP-04	14:05:00	00:08:00
TND	Corrección de planos del proyecto CP-04	14:13:00	00:12:00
TND	Conversación con CT-03	14:25:00	00:06:00
TND	Corrección de planos del proyecto CP-04	14:31:00	00:17:00
TND	Corrección de memoria técnica del proyecto CP-04	14:48:00	00:04:00
TND	Celular	14:52:00	00:06:00
TND	Corrección de memoria técnica del proyecto CP-04	14:58:00	00:17:00
TND	Revisión de memoria técnica	15:15:00	00:09:00
TND	Conversación con CT-02 de proyecto CP-04	15:24:00	00:14:00
TND	Revisión de documentos de proyecto CP-04	15:38:00	00:09:00
TND	Revisión de planos del proyecto CP-04	15:47:00	00:07:00
TND	Impresión de documentos del proyecto CP-04	15:54:00	00:09:00
TND	Salida	16:03:00	00:14:00
TD	Elaboración del prediseño del proyecto CP-01	16:17:00	00:06:00
TD	Revisión de niveles del proyecto CP-01	16:23:00	00:05:00
TD	Elaboración del prediseño del proyecto CP-01	16:28:00	00:07:00
TD	Celular	16:35:00	00:04:00
TD	Elaboración del prediseño del proyecto CP-01	16:39:00	00:08:00
TD	Revisión de las dimensiones en el prediseño de la estructura del proyecto CP-01	16:47:00	00:05:00
TD	Elaboración del prediseño del proyecto CP-01	16:52:00	00:07:00
TND	Reunión con CJ-01 de proyecto CP-04	16:59:00	00:01:00
TND	SALIDA	17:00:00	



**Figura 3.** VSM<sub>G</sub> realizado en el GAD C

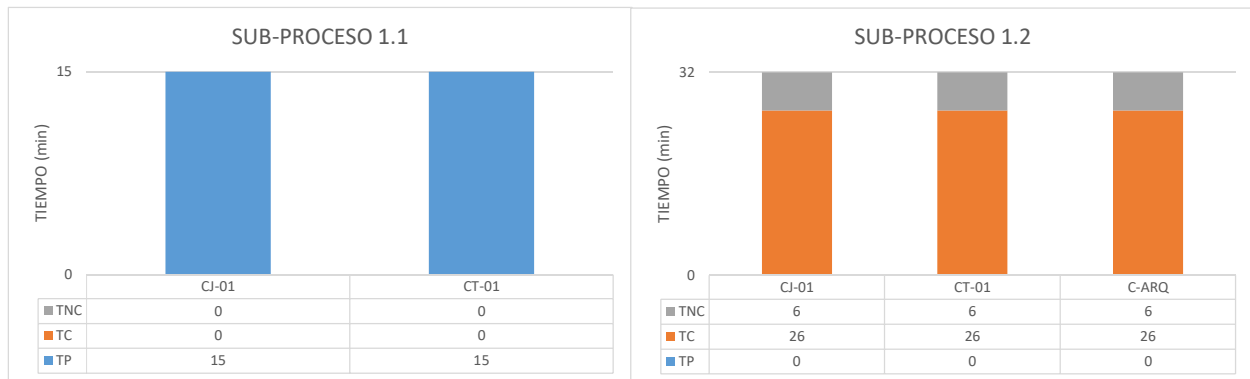
El conjunto completo de actividades presentadas en el VSM<sub>G</sub> presentado en la **Figura3**. se puede visualizar que sobre la línea roja (TD) se encuentra el proceso de diseño del proyecto CP-01, dentro de cada una de estas actividades se forman diferentes cuadrillas de trabajo para generar avance al proyecto o restar tiempo disponible de producción a la institución. Mediante la aplicación de la técnica de la carta de balance a cada una de las actividades registradas es posible determinar los porcentajes de participación del tiempo según el trabajo realizado TP, TC y TNC.

En el siguiente ejemplo se determina los porcentajes de tiempo para la actividad N° 1 denominada “CJ-01 asigna CP-01 a CT-01”. En la **Figura3** es posible observar la primera actividad con un tiempo de duración de 47 minutos y 3 participantes, de los cuales 41 minutos son dedicados actividades productivas y 6 minutos están generando desperdicios. Sin embargo, se crearon dos cuadrillas de trabajo para dos sub procesos como se muestra en la figura 4.

El primer sub-proceso con un tiempo de duración de 15 minutos y la participación del encargado del proyecto y el jefe del departamento, se realizaron actividades productivas durante

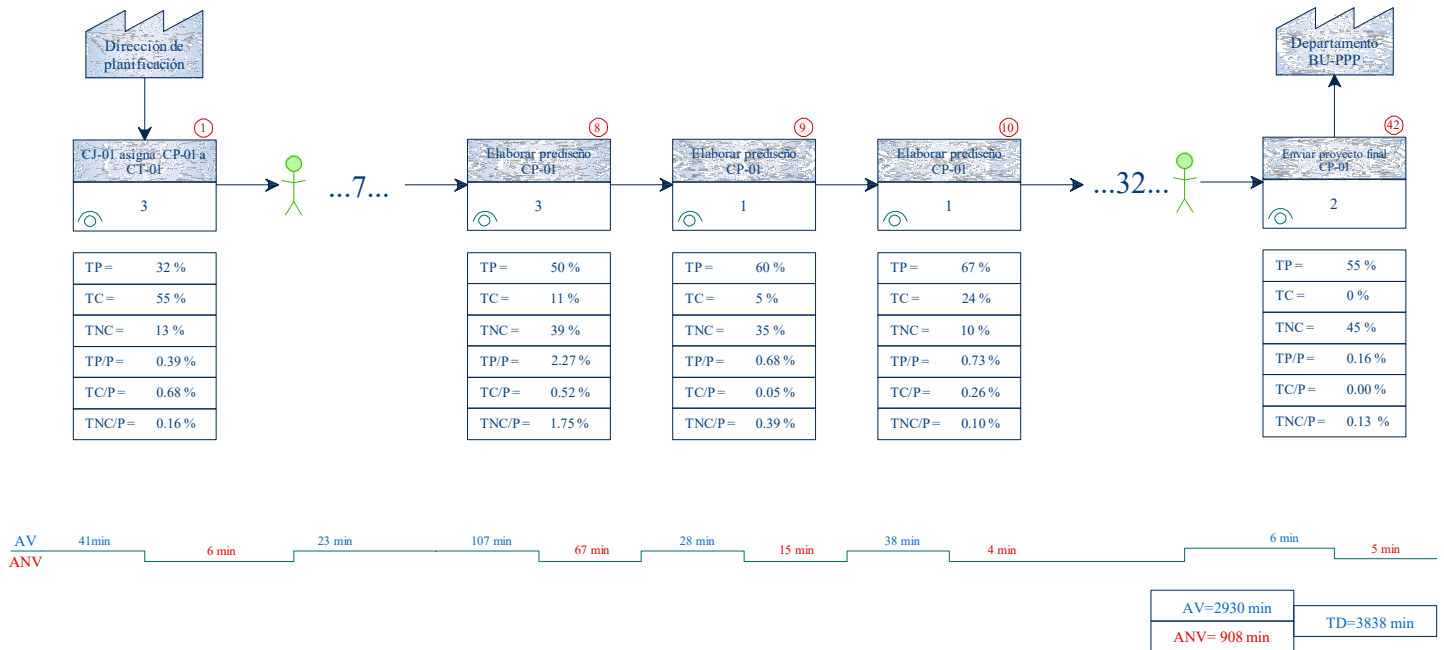


todo ese lapso de tiempo por lo tanto el 100% de este subproceso representa tiempo productivo, este sub-proceso representa el 32% de la actividad con un resultado de TP. El subproceso 2 tiene la participación de 3 sujetos, la duración es de 32 minutos que son el 68% de la actividad 1, el análisis de la carta de balance nos da como resultado 81% de TC y 19% de TNC, para la actividad 1 representan el 55% de TC y 13% TNC. Considerando el tiempo total de producción lo siguiente es determinar el porcentaje de participación de esta actividad respecto al proceso completo, los resultados obtenidos son TP 0.39%, TC 0.68% y TNC 16%, como se presenta en la **Figura 4**.



**Figura 4.** Subprocesos de las cuadrillas presentes en la Actividad 1 del GAD C

Con los resultados del análisis de cada una de las actividades del proceso de diseño se grafica el VSM p. En este caso la caja de datos contiene la información del análisis de la carta de balances que detalla la duración de las tareas según TP, TC y TNC, la línea de tiempo en su parte superior detalla la duración las actividades productivas y la parte inferior la duración de aquellas actividades no productivas o NAV, al final se presentan los resultados y la suma de ellos representa el recurso del tiempo invertido en el proyecto CP-01, como se muestra en la **Figura5**.



**Figura 5.** VSM<sub>p</sub> realizado en el GAD C

Considerando el tiempo de que participan los funcionarios públicos según el análisis de la carta de balances y multiplicado por el salario / hora registrado se determinó el costo de cada actividad presentada. Para lo cual, se utiliza una hoja de cálculo donde se considera el tiempo de participación de los funcionarios en las actividades analizadas como se muestra en la **Tabla 9**.

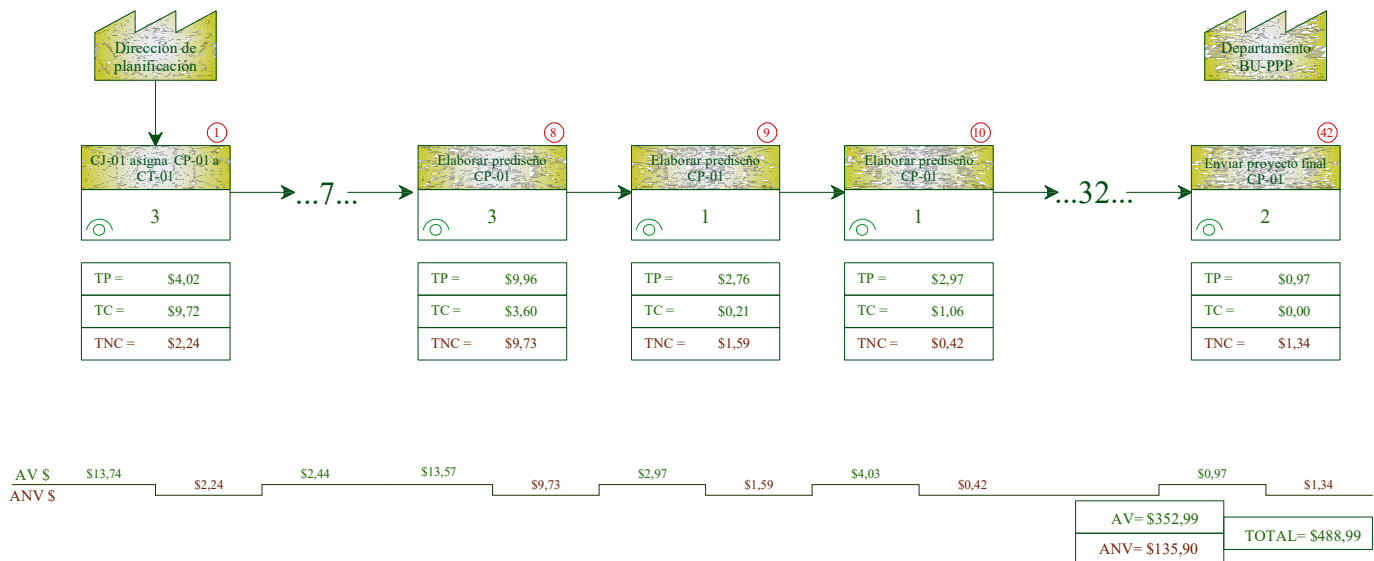
**Tabla 9.** Análisis de costos de cada actividad del GAD C

ACTIVIDAD	CUADRILLA		TIEMPO			VALOR			VALOR TOTAL			
	J	T	TP	TC	TNC	TP	TC	TNC	TP	TC	TNC	
1	C I	1	1	15	0	0	\$ 4.02	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 4.02	\$ 9.72	\$ 2.24
	C II	1	2	0	26	6	\$ 0.00	\$ 9.72	\$ 2.24			

La primera columna de la **Tabla 9** detalla el número de la actividad, la segunda columna es el número de cuadrillas que se formaron en esa actividad, la dos columnas siguientes describen las personas que conforman la cuadrilla que interviene en esa actividad en las siguientes 3 columnas

se detalla el tiempo de acuerdo el tipo de tiempo que intervinieron en las actividades para la realización del proyecto CP-01 como en otros proyectos, en varias actividades el número de participantes ascienden a 2 o más, en las tres columnas finales se calculó el costo de cada tipo de actividad multiplicando el salario-hora con el número de participantes en la actividad y al final de la tabla se determina el costo total de actividades por cada tipo de tiempo y el costo total del diseño del proyecto.

Los resultados de este análisis se utilizaron para construir el VSM<sub>E</sub>, es decir los costos de AV y ANV sirven para estimar el presupuesto que fue invertido en cada actividad, logrando determinar el costo estimado total de producción del diseño estructural de AP-01 como se muestra en la **Figura 6**. El resultado fue un costo total de producción de \$488.99 invertidos para obtener un diseño estructural de 6460.96 kg ACERO.



**Figura 6.** VSM<sub>E</sub> realizado en el GAD C

Entonces, se determina la productividad considerando las dos dimensiones presentadas de la siguiente manera:

**Productividad de diseño (PD):**

$$TD = 3838 \text{ min (VSM)}$$

$$CD = 6460,96 \text{ (kg)}$$

$$PD_{BRUTA} = \frac{4119 \text{ min}}{10352.2 \text{ kg}}$$

$$PD_{BRUTA} = 0.6 \frac{\text{minuto}}{\text{kg}_{\text{acero}}}$$

Este resultado nos dice que el diseñador del GAD C necesita 0.60 minutos para diseñar 1 kg ACERO, el VSM p sin aquellas actividades de ocio y espera (ANV), nos da como resultado una productividad neta de 0.45 minuto para diseñar 1 kg ACERO.

$$CD = 6460,96 \text{ (kg)}$$

$$AV = 2930 \text{ min (VSM)}$$

$$PD_{NETA} = \frac{2930 \text{ min}}{6460,96 \text{ kg}}$$

$$PD_{NETA} = 0.45 \frac{\text{minuto}}{\text{kg}_{\text{acero}}}$$

**Productividad laboral (PDL):**

$$CTD = \$ 488.89 \text{ (VSM estimado)}$$

$$CD = 6460.96 \text{ (kg)}$$

$$PDL_{BRUTA} = \frac{\$ 488.96}{6460.96 \text{ kg}}$$

$$PDL_{BRUTA} = 0.07 \frac{\$}{\text{kg}}$$

Esta medida expresa que en el GAD C producir el diseño estructural de un kg ACERO tiene un costo de \$0.07, y de manera similar al caso anterior eliminando las ANV, la productiva neta obtenida es de \$0.05 necesarios para kg ACERO.

$$CTD = \$ 352.99 \text{ (VSM estimado)}$$

$$CD = 6460,96 \text{ (kg)}$$

$$PDL_{NETA} = \frac{\$ 352.99}{6460,96 \text{ kg}}$$

$$PDL_{NETA} = 0.05 \frac{\$}{\text{kg}}$$

## 5. RESULTADOS

En el análisis de actividades para elaborar del VSM se pudo identificar las actividades que intervienen en el proceso de diseño estructural, obteniendo así actividades de tiempo productivo, contributorio y no contributorio identificados en los 4 proyectos analizados los cuales se detallan en la **Tabla 10**.

**Tabla 10.** Categorías de trabajo para el diseño estructural de un proyecto en el sector público

<b>DISEÑO ESTRUCTURAL</b>	<b>TIEMPO PRODUCTIVO TP</b>	Asignación del encargado del diseño estructural del proyecto
		Prediseño
		Revisión de información previa ensayos, estudios.
		Definición de la geometría de la estructura.
		Condiciones de prediseño.
		Definición de sollicitación de cargas incluida la carga sísmica.
		Definición del sistema estructural.
		Prediseño de elementos estructurales.
		Análisis de dimensiones de elementos estructurales.
		Definición de dimensiones de elementos estructurales del prediseño.
		Modelación o Analisis
		Modelación estructural en programas de diseño estructural.
		Definición de carga sísmica de acuerdo al periodo de diseño del programa estructural.
		Verificación de deformaciones compuestas por desplazamientos y giros.
		Verificación de sollicitaciones de carga compuestas por fuerzas axiales, cortantes y momentos.
		Verificación de controles en el programa de modelación estructural.
		Dimensionamiento
		Comparación de resistencias de elementos estructurales en el cálculo y el programa de modelación estructural.
		Elaboración de memoria técnica
		Planos estructurales
Volúmenes de obra		
Análisis de precios unitarios APUS		
Presupuesto		
Especificaciones Técnicas		
Aprobación del diseño estructural		
<b>TIEMPO CONTRIBUTORIO TC</b>	Aporte de conocimientos en el proceso de diseño estructural	
	Consideración de normativa que rige en el país	
	Envío del diseño estructural para su respectiva aprobación	
	Impresión de documentos del diseño	
	Envío de oficios y trámites burocráticos que aportan al diseño	
	Visitas técnicas	
	Redimensionamiento del diseño	
Costeo de materiales de construcción		
<b>TIEMPO NO CONTRIBUTORIO TNC</b>	Ausencias del lugar de trabajo	
	Higiene personal	
	Llamadas telefónicas	
	Conversaciones de otros proyectos que se ejecutan en el GAD	
	Reuniones	

De acuerdo a la visualización de las etapas del proceso del diseño estructural, en el VSM se ha logrado identificar que en sector público por cuestiones de formalidades también se observan etapas de asignación del diseño, memoria técnica estructural, especificaciones técnicas, presupuesto y aprobación del diseño estructural como se muestra en la **Tabla 11**.

**Tabla 11.** Etapas de elaboración del Diseño Estructural en el Sector Público

ETAPAS DE ELABORACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL EN EL SECTOR PÚBLICO										
INSTITUCIÓN	FUNCIONARIO PÚBLICO	Etapas ejecutadas para la elaboración del Diseño Estructural								
		Asignación del diseño estructural del Proyecto	Estructuración	Análisis	Dimensionamiento	Memoria Técnica	Planos	Presupuesto	Especificaciones Técnicas	Aprobación del Diseño Estructural
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
GAD A	AJ-01	X	-	-	-	-	-	-	-	X
	AT-01	-	X	X	X	X	X	-	-	-
	AT-04	-	-	-	-	-	-	X	X	-
GAD B	BJ-01	X	-	-	-	-	-	-	-	X
	BT-01	-	X	X	X	X	X	-	-	-
	BT-02	-	-	-	-	-	-	X	X	-
GAD C	CJ-01	X	-	-	-	-	-	-	-	X
	CT-01	-	X	X	X	X	X	-	NO SE ELABORA	-
	CT-02	-	-	-	-	-	-	X	-	-
GAD D	DJ-01	X	-	-	-	-	-	-	-	X
	DT-01	-	X	X	X	X	X	X	X	-
	DT-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Se identificó que los Gad A, B, y D se establecen 9 etapas del proceso de diseño estructural, ya que estos deben ser aprobados mediante un oficio del líder de equipo que en la investigación son denominados AJ-01, BJ-01 y DJ-01 respectivamente. El Gad C no elabora la etapa de especificaciones técnicas porque el proyecto debe ser diseñado en su totalidad para que ingrese al proceso de licitación y al finalizar este proceso se remite el proyecto de nuevo a CJ-01 y CT-02 para su elaboración. Una vez obtenida toda la documentación correspondiente se procede a subir los archivos al portal de compras públicas para su respectivo proceso de contratación.

El análisis se realizó para un proyecto que requería de diseño estructural en hormigón armado en cada GAD, los análisis de los VSM obtenidos para cada una de las instituciones se presentan a continuación:

**Tabla 12.** Recursos invertidos

Institución	Tipo de Proyecto	Cantidad de acero diseñado (Kg)	Tiempo de diseño (min)	Costo de Producción (\$)
GAD A	Muros de contención para una avenida	10352,2	4100	\$399,82
GAD B	Diseño de una cafetería	16011,04	2435	\$437,14
GAD C	Muros de contención y plataforma para un parque	6460,96	3838	\$488,89
GAD D	Diseño de edificio administrativo	9432,11	7124	\$767,97

El GAD A muestra un total de 18 días, 1 hora y 31 minutos necesarios para la entrega de un proyecto donde se diseñó muros de contención para una avenida, el resultado registrado es de 10352.2 kg de acero de refuerzo diseñados con un costo total de diseño de \$ 399,82; el tiempo dedicado netamente al proyecto fue de 8 días, 4 horas y 44 minutos, de los cuales: 3 días, 4 horas y 56 minutos se utilizaron en actividades de ingeniería de diseño, 3 días con 5 minutos fueron dedicados a actividades de investigación y consultas técnicas ; mientras que 1 día, 7 horas y 48 minutos generan desperdicios no solo al proyecto sino a la institución pública, ya que durante este proyecto se invirtió \$84,88 en ANV. La experiencia del encargado de realizar el diseño fue muy importante, ya que la primera tarea previa a la revisión de documentos preliminares fue la visita técnica e inspección del lugar donde se pretende realizar el proyecto, producto del informe presentado el diseño permaneció en inventario durante 8 días laborables esperando los requerimientos solicitados al proveedor. La coordinación de las etapas de memoria técnica con



especificaciones técnicas y presupuesto para poder desarrollarlas de manera simultánea por 2 funcionarios distintos también fue una particularidad presentada en esta institución.

El GAD B es caracterizado por evitar que los trabajos se estanquen, cuando empiezan un diseño lo primordial es despachar lo antes posible el proyecto para evitar colas y esperas, la Tabla 12 muestra que la disponibilidad de tiempo dedicada a un proyecto es mucho mayor que la de otras instituciones, el proyecto desarrollado fue un diseño estructural para una cafetería, presentando como resultado un total de 16011.04 kg de acero diseñado. El diseño fue despachado en un tiempo de 7 días y 28 minutos; 5 días y 35 minutos, de los cuales 3 días 7 horas y 11 minutos es el tiempo invertido en actividades que agregan valor al diseño y 1 día 1 hora y 24 minutos es el tiempo que no aporta al proyecto ni a la institución. El costo de diseño del proyecto es de \$ 437.14, de los cuales \$122,67 se invirtieron en desperdicios para el proyecto.

La particularidad del GAD C es realizar el diseño estructural sin especificaciones, ya que estas son realizadas una vez que el proyecto es contratado, aquí se diseñó muros de contención y la plataforma para un parque, se obtuvo como resultado un total de 6460.96 kg de acero diseñado con un costo total de diseño de \$ 488.89, en un tiempo calendario de 13 días 4 horas y 48 minutos, el tiempo dedicado al proyecto fue de 8 días con 11 minutos de los cuales 3 días 7 horas y 21 minutos es el tiempo productivo evidenciado, en 2 días 1 hora y 26 minutos se realizaron actividades de investigación y planeación de ideas y el tiempo que genera desperdicios y produce pérdidas al proyecto fue de 1 día 7 horas y 24 minutos con un costo de \$135,90.

El detalle más importante de la última institución investigada fue la ubicación de trabajador respecto al jefe del departamento (**Ver Anexos**), ya que a diferencia de los otros 3 GAD aquí el diseñador continuamente consulta la aprobación de lo que realiza, por lo cual el diseñador del GAD D es el único funcionario que realiza re diseños, una de las causas posibles puede ser a la falta de

experiencia del diseñador a cargo del proyecto tal como se mirará en los resultados de la tabla 15. Se obtuvo como producto un total de 9432.11 kg de aceros diseñados para la estructura de un edificio, con un costo total de producción de \$ 767,97, en un tiempo de entrega de 22 días 4 horas y 22 minutos, el tiempo que se dedicó al proyecto fue de 14 días 6 horas y 44 minutos, dentro de ellos el mayor porcentaje de tiempo es de actividades contributorias, ya que los re procesos o re diseños son considerados como actividades que contribuyen a un diseño exitoso representando un total de 5 días 7 horas y 55 minutos, el tiempo que genera desperdicios para el proyecto fue de 3 días 4 horas y 26 minutos que representa un costo de \$217,85.

Los resultados presentados en cada VSM permiten claramente visualizar los recursos necesarios (tiempo – dinero), con los que se determinó la productividad bruta de la etapa de diseño estructural de un proyecto en el sector público, para la productividad bruta se consideró los resultados obtenidos de las actividades que agregan valor (AV) al diseño, la **Tabla13** muestra los resultados obtenidos:

**Tabla 13.** Productividad bruta de cada GAD

Institución	Tipo de Proyecto	Cantidad de acero diseñado (Kg)	Tiempo de diseño (min)	Costo de Producción (\$)	PD (min/kg) P. BRUTA	PL (costo/kg) P. BRUTA
GAD A	Muros de contención para una avenida	10352,2	4100	\$399,82	0,4	0,04
GAD B	Diseño de una cafetería	16011,04	2435	\$437,14	0,15	0,03
GAD C	Muros de contención y plataforma para un parque	6460,96	3838	\$488,89	0,6	0,07
GAD D	Diseño de edificio administrativo	9432,11	7124	\$767,97	0,76	0,08

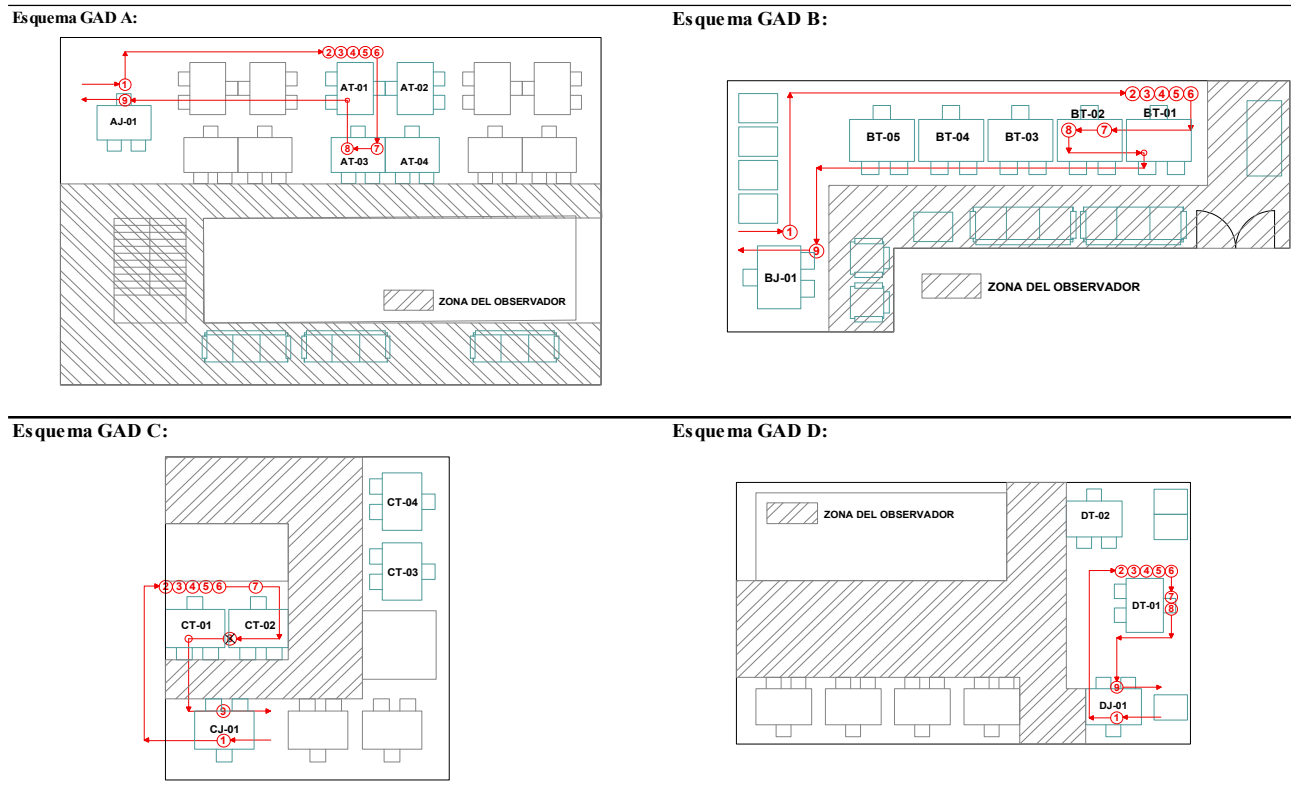
La primera métrica de productividad denominada productividad de diseño considera los min / kg ACERO, de esta manera se puede entender que mientras el resultado tienda a cero, más productivo es el proceso, ya que produce más resultados utilizando menos tiempo. El GAD B obtiene un valor de 0.15 min/kg representando el mayor de las 4 instituciones, considerando que

los proyectos estudiados de cada GAD son diferentes no es posible atribuirle como más productivo a este GAD. Una posible razón identificada puede ser, la forma de trabajo de los diseñadores a cargo del proyecto ya que se caracterizan por la importancia de despachar de una manera rápida los proyectos que tienen a cargo. Así lo afirman los resultados obtenidos, ya que esta institución es la que más rápido despacha un diseño estructural. A diferencia del GAD D, ya que esta institución obtiene un valor de 0.76 min/kg como productividad de diseño siendo este el menor de todos, es completamente contrario al caso expuesto anteriormente, debido a que en esta institución el tiempo de entrega es el mayor de los 4 proyectos estudiados, y es la única institución que se evidenció reprocesos durante el registro de actividades, ya que durante todo el proceso estudiado existe una constante necesidad de aprobación del diseño que tiene a cargo, en dichas actividades debido a la ubicación del sitio de trabajo (**Ver Anexos**), participan contantemente sus compañeros de trabajo y entre ellos el jefe. Por la constante participación de terceros durante el proceso de diseño el costo de producirlo se incrementa, y los resultados presentados en la **Tabla13** corroboran lo expuesto, ya que es la única institución con un costo de producción elevado en relación a las demás instituciones analizadas.

La segunda métrica de productividad determina el recurso económico invertido para producir un kg ACERO, es decir que la productividad es mayor cuando el resultado obtenido se acerca a cero, ya que este resultado se traduce como la inversión necesaria para producir. De esta manera la institución más productiva es de igual manera que el caso anterior el GAD B, ya que con su rutina y mentalidad de trabajo se necesita de \$0.03 para producir un kg ACERO. Seguida del GAD A donde su resultado es \$0.04, sin embargo, lo más importante que se debe considerar entre estas dos instituciones es que, los funcionarios del GAD B durante una hora laboral, su sueldo o remuneración representa el doble de lo que reciben los funcionarios en el GAD A. Las dos

instituciones con valores más bajos según PL son el GAD D, ya que para producir un kg ACERO es necesario invertir \$0.08; seguido del GAD C con un valor de \$0.07.

El esquema realizado para la ubicación y zona de los funcionarios públicos e investigadores respectivamente fue de gran ayuda para identificar el recorrido de las etapas s en el proceso de diseño estructural tal como se muestra en la **Figura7**. De esta manera es posible identificar la distribución en planta de cada institución, el recorrido del proceso se los realiza de una manera lineal en todos los GAD ya que gracias a la ubicación de los trabajadores el movimiento que se realizada cuando se necesita o se aporta información es mínimo, de esta manera el traspaso de información no genera esperas o desperdicios por movimientos innecesarios obteniendo de esta manera que el flujo de información sea rápido y equilibrado.



**Figura 7.** Esquema de ubicación y etapas desarrolladas

El análisis de la ficha demográfica de cada institución es de gran utilidad para determinar si la experiencia laboral de los encargados posiblemente influye en la productividad de diseño (Ver **Tabla 14**). Entre las dos instituciones que presentan los valores más bajos para PL y PD se pudo encontrar una particularidad entre los diseñadores encargados del proyecto, donde su experiencia general no superaba los 5 años y la experiencia específica los 3 años; en relación a las otras dos instituciones participantes que presentan valores similares para PD y PL con una experiencia general de los encargados de no menos de 15 años, y una experiencia específica de 6 años en adelante.

El análisis de la demografía del personal, muestra que la experiencia laboral de un diseñador influye en la productividad de diseño de un proyecto, ya que, a menos experiencia laboral de encargado del diseño la posibilidad que existan re procesos aumenta, incrementando el tiempo del proyecto y por ende los costos de producción se elevan.

**Tabla 14.** Análisis de demografía de personal

Institución	E. General	E. Específica	PD (min/Kg)	PL (costo/Kg)
GAD A	15 años	6 años	0,4	0,04
GAD B	18 años	8 años	0,15	0,03
GAD C	5 años	3 años	0,6	0,07
GAD D	2 años	2 años	0,76	0,08

El VSM es una herramienta visual que permite identificar y eliminar los desperdicios con la finalidad de mejorar dicho proceso. La PD y PL son resultado de todos los recursos que se visualizan en los VSM realizados, y al considerar todos los recursos invertidos para producir un

diseño, esta es denominada productividad bruta. Eliminando los desperdicios de cada proceso es posible calcular la productividad neta de cada institución como se presenta en la **Tabla 15**.

**Tabla 15.** Cuadro comparativo entre productividad bruta y neta

Institución	Tipo de Proyecto	Cantidad de acero diseñado (Kg)	Tiempo de diseño (min)	Costo de Producción (\$)	PD (min/kg)		PL (costo/kg)	
					P. Bruta	P. Neta	P. Bruta	P. Neta
GAD A	Muros de contención para una avenida	10352,2	4100	\$399,82	0,4	0,31	0,04	0,03
GAD B	Diseño de una cafetería	16011,04	2435	\$437,14	0,15	0,12	0,03	0,02
GAD C	Muros de contención y plataforma para un parque	6460,96	3838	\$488,89	0,6	0,45	0,07	0,05
GAD D	Diseño de edificio administrativo	9432,11	7124	\$767,97	0,76	0,57	0,08	0,06

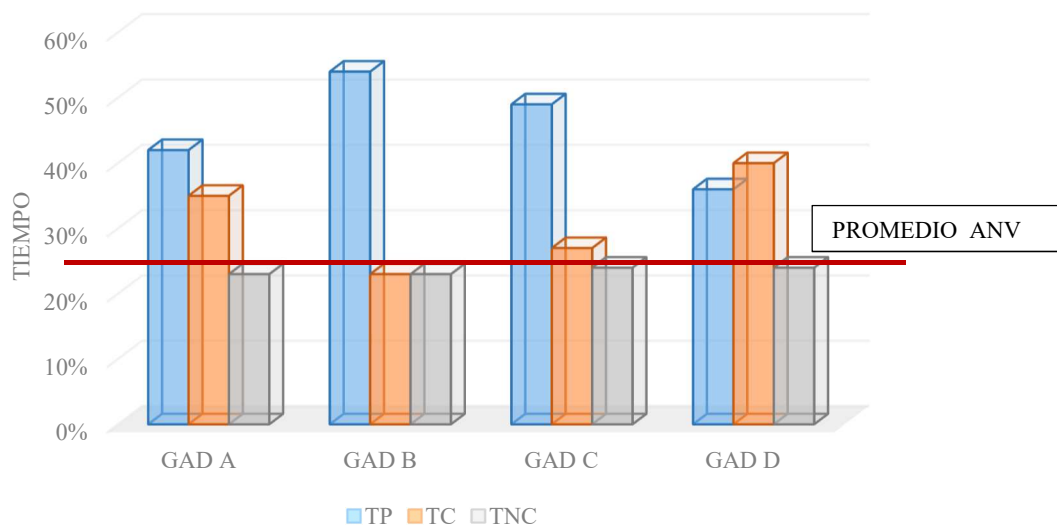
Los resultados de los cálculos de productividad neta, donde se eliminó aquellas actividades de ocio y espera que generan pérdidas a las instituciones son evidencia de que es posible mejorar la etapa de diseño en el sector público.

Las métricas propuestas fueron realizadas de manera independiente, sin embargo, presentan una medida en común, que es el indicador de salida (CD), de esta manera es posible relacionarlas y argumentar que; cuando menor es el tiempo invertido para diseñar un proyecto exitoso, las remuneraciones percibidas aumentan. La productividad es fruto de una organización eficiente del trabajo, la responsabilidad y capacidad por parte del encargado de realizarlo.

Considerando que los proyectos estudiados son distintos y en cada institución los recursos disponibles no son los mismos con el análisis realizado de los VSM<sub>p</sub> de los 4 proyectos estudiados en la **Figura 8** se muestra un cuadro de los porcentajes de tiempo obtenidos para cada institución, entre las 4 instituciones participantes, se puede apreciar una similitud en cuanto a el porcentaje de ANV, en promedio el 23.5% del tiempo invertido en los proyectos se dedicó a tareas que no generan avance a los proyectos que desde el punto de vista del cliente son desperdicios, es decir, de una jornada laboral que comprende 8 horas tan solo 6 horas y 5 minutos contribuyen a lograr un diseño

estructural exitoso y 1 hora con 55 minutos se dedica a otras actividades que van restando tiempo disponible para producir otros proyectos, sin embargo se debe recalcar que en el porcentaje de ANV un factor muy importante que se debe considerar es la denominada triada ergonómica humano- maquina-ambiente, donde los asuntos más relevantes incluyen la carga de trabajo mental, la toma de decisiones, la interacción humano-computadora, confiabilidad humana, el estrés laboral, por lo tanto es importante tomar en cuenta la medida en que estos factores podrían relacionarse con la productividad del diseño estructural.

Los demás porcentajes no son promediados por la variación que existe entre sus resultados, debido a la diferencia de cada uno de los proyectos.



**Figura 8.** Cuadro de similitudes evidenciadas de actividades.

## 6. CONCLUSIONES

Se demostró la efectividad del VSM con las adaptaciones realizadas en este estudio para determinar la productividad del diseño en proyectos de construcción, con los resultados y análisis presentados de la aplicación de la metodología propuesta se concluye que la adaptación de la herramienta VSM combinado con la carta de balance permitió visualizar los procesos que conllevan a elaborar el diseño estructural en un proyecto, en el cual se analizó las actividades que agregan valor y las actividades que no agregan valor desde el punto de vista del cliente.

Mediante el uso de la carta de balance de cuadrilla en las actividades presentadas en el VSM se pudo identificar el uso de los recursos tiempo y dinero invertido por cada GAD en la elaboración del diseño estructural, de este modo se logró calcular las productividades PD y PL. Sin embargo, para determinar una productividad total en la etapa de diseño estructural se debe considerar varios factores como: la calidad del software, la distribución del área de trabajo y la ergonomía en aspectos del ambiente de trabajo conocida como triada ergonómica, además otro aspecto importante que se debe tomar en cuenta es la calidad de diseño, que no fueron considerados en esta investigación.

A pesar de las limitaciones en esta investigación los resultados obtenidos permiten establecer puntos de referencia para medir productividad en proyectos que tengan características similares a los presentados.



## **7. RECOMENDACIONES**

Aplicar la metodología a una muestra más grande ayudará a validar lo propuesto en la investigación, de esta manera los datos obtenidos en futuras investigaciones calibrarán la sensibilidad del método VSM en el proceso de diseño de proyectos de obras civiles.

## 8. REFERENCIAS

- Akın, Ö., Eastman, C., Newstetter, W., & McCracken, M. (2001). Variants of design cognition, 11.
- Alvarado, L. A., Pineda, S. G., & Ventura, J. A. (2004). *Diseño de elementos estructurales en edificios de concreto reforzado*.
- Angulo, K. (2018). “Evaluación de la productividad del diseño estructural de edificaciones de concreto armado mediante el uso de dos software.”
- Armijo, M. (2009). Manual de Planificación Estratégica e Indicadores de Desempeño en el Sector Público. *Ilpes/Cepal*, 1–103. Retrieved from [http://187.237.133.170/pmd/doc/doctor\\_mora/i.insumos/2.planeacion/manual\\_planificacion\\_es\\_trategica.pdf](http://187.237.133.170/pmd/doc/doctor_mora/i.insumos/2.planeacion/manual_planificacion_es_trategica.pdf)
- Astorga, A., & Rivero, P. (2009). Definiciones de Términos Básicos. *Centro de Investigación En Gestión Integral de Riesgos*, 1(1), 42.
- Benitez, M. (2014). *Análisis y mejora de los procedimientos de una empresa de ingeniería eléctrica*.
- Bernold, L. E., & AbouRizk, S. M. (2010). Managing performance in construction, 2, 18.
- Bonnefoy, J. C., & Armijo, M. (2005). *Indicadores de desempeño en el sector público*. Naciones Unidas. <https://doi.org/ISBN:92-1-322800-7>
- Botero, L. F. B., & Álvarez, M. E. V. (2004). Guía De Mejoramiento Continuo Para La Productividad En La Construcción De Proyectos De Vivienda (Lean Construction Como Estrategia De Mejoramiento). *Revista Universidad EAFIT*. Retrieved from [revista@eafit.edu.co](mailto:revista@eafit.edu.co)
- Cabrera, C. R. C. (2011). VSM, Value Stream Mapping. *Lean Solutions*, 1–5. Retrieved from

<https://eddymercado.files.wordpress.com/2013/05/analisis-del-mapeo-de-la-cadena-de-valor.pdf%0Ahttp://www.leansolutions.co/conceptos/vsm/>

- Campero, M. (2013). Rol de los principios de administración de proyectos en el manejo de contratos de obras civiles. *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, 28, 14.
- Cantú, A., Moreno, J., Gallina, M., & García, G. (2009). Productividad Real En Obras Civiles. Análisis De Un Caso. *Encuentro de Investigadores Y Docentes de Ingeniería*.
- Castaño, R., & Rapelli, G. (2010). *Distribución en Planta - Lay out*.
- Castillo, I. R. (2014). *Inventario de Herramientas del Sistema de Entrega de Proyectos Lean LPDS*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cequea, M. M., Monroy, C. R., & Bottini, M. A. N. (2011). La productividad desde una perspectiva humana: Dimensiones y factores. *Intangible Capital*, 7(2), 549–584.  
<https://doi.org/10.3926/ic.2011.v7n2.p549-584>
- Chang, C. K., & Woo, S. (2017). Critical review of previous studies on labor productivity loss due to overtime. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 21(7), 6.
- Contreras, J., Gómez, A., & Castaño, J. (2013). Balance de cuadrillas y flujo de trabajo como herramienta para el mejoramiento de procesos constructivos. *Revista Escuela Colombiana de Ingeniería*, 91, 11.
- Costa de los Reyes, C. (2016). *Estudio para determinar la factibilidad de introducción de la filosofía “Lean Construction” en la etapa de planificación y diseño de proyectos, en empresas públicas y privadas de ciudades intermedias, casos: Cuenca y Loja*. Universidad de Cuenca.
- Criollo, M. (2018). “Análisis del estado del arte de la productividad de la mano de obra en el sector de la construcción.”
- De la Colina, J., & Ramirez, H. (2000). La ingeniería estructural. *Ciencia Ergo Sum*, 7, 8.

- Drucker, P. F. (1999). Knowledge-Worker Productivity: The Biggest Challenge. *California Management Review*, 41(2), 79–94. <https://doi.org/10.2307/41165987>
- Durá, S. (2017). Industria de la Construcción en el Ecuador. *La Construcción En El Ecuador*, p. 1.
- Ebrahimy, Y., & Rokni, S. (2010). Validity of Industry Benchmarks and Metrics for Engineering Productivity. *American Society of Civil Engineers*, 1057–1063.
- Echeverria, A. D. (2015). “El sector de la construcción y la economía ecuatoriana periodo 2007-2013.”
- ECOS, & EPA. Kit para comenzar a aplicar la metodología Lean en el gobierno (2011).
- Fernández, M. (2018). *Propuesta de una metodología de mejoramiento de la productividad para empresas constructoras en la ciudad de Chiclayo*.
- Freire, J., & Alarcón, L. F. (2001). Mejoramiento del Proceso de Diseño en Proyectos Achieving a Lean Design Process. *Revista Ingenieria de Construcción*, 16. Retrieved from <file:///C:/Users/MaríaJosé/Downloads/201-371-1-PB.pdf>
- Gabillo, S., & Mejía, F. (2013). *Optimizacion de la eficiencia de los procesos constructivos en las partidas de encofrados de vigas y acero de vigas mediante la aplicacind e herramientas de gestión de procesos: carta de balance y líneas de balance bajo un enfoque lean para optimizar la m*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Galindo, M., & Rios, V. (2015). Productividad. *México ¿Cómo Vamos? Serie de Estudios Económicos*, Vol. 1, p p.1-p.9.
- Gane, V., & Haymaker, J. (2010). Benchmarking Current Conceptual High-Rise Design Processes. *Journal of Architectural Engineering*, 16(3), 100–111. Retrieved from <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29AE.1943-5568.0000017>
- Gimena, F., Gonzaga, P., & Gimena, L. (2004). Análisis estructural sistemático. teorías, técnicas y

- aplicaciones. su mapa conceptual como herramienta didáctica y de investigación. *Conferencia de Mapeo Conceptual*, 4.
- Gomar, J. E., Haas, C. T., & Morton, D. (2002). Assignment and allocation optimization of partially multiskilled workforce. *Revista de Ingeniería Y Gestión de La Construcción*, 128, 6.
- Gong, J., & Caldas, C. H. (2010). Computer vision-based video interpretation model for automated productivity analysis of construction operations., 252–263.
- Hanna, A., Peterson, P., & Lee, M. (2002). Benchmarking productivity indicators for electrical/mechanical projects. *Revista de Ingeniería Y Gestión de La Construcción*, 128(4), 6.
- Haymaker, J., & Chachere, J. (2007). Coordinating goals, preferences, options, and analyses for the Stanford Living Laboratory feasibility study. *Intelligent Computing in Engineering and Architecture 13th EG-ICE*, 4200, 320–327.
- Hernández, S. (2011). Aplicación de la información de la vida útil en la planeación y diseño de proyectos de edificación. *Acta Universitaria*, 21(2), 37–42.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15174/au.2011.35>
- INEC. (2017). Panorama Laboral y Empresarial del Ecuador. *Convenio Específico de Cooperación Técnica Entre El INEC Y La CEPAL Para El Diseño E Implementación Del Laboratorio de Dinámica Laboral Y Empresarial*, p. 124.
- Jaramillo, A. (2018). *Implementación de la filosofía lean construction en la empresa Constructora Vifarco Cia. Ltda.*
- Jaramillo, J. P. (2018). Impacto del Sector de la Construcción en el Ecuador. *Perspectiva Económica*, 3.
- Jarkaz, A. (2010). Critical Investigation into the Applicability of the Learning Curve Theory to

- Rebar Fixing Labor Productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 12.
- Jarkaz, A. (2016). Effect of Buildability on Labor Productivity: A Practical Quantification Approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(2), 11.
- Jarkaz, A., & Bitar, C. (2012). Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(7), 10.
- Kim, I. (2007). *Development and implementation of an Engineering Productivity Measurement System For Benchmarking*. *Clinical nurse specialist CNS*. <https://doi.org/10.1097/00002800-200409000-00009>
- Laborde, M. N., & Veiga, L. (2014). Competitividad y productividad, los aliados del crecimiento. *Abc de Economía*, 84–85.
- Lara, M. J. (2017). *Vsm o mapa de la cadena de valor como línea base para mejora continua en la construcción de puentes*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Leite, K., & Barros, J. de P. (2013). Value Stream in Housing Design. *Proceedings IGLC-21*, 419–428.
- Liao, P.-C. (2008). *Influence factors of engineering productivity and their impact on project performance*.
- Lledó, P., Rivarola, G., Mercáu, R., Cucchi, D., & Esquembre, J. F. (2006). *Administración Lean de Proyectos*.
- Lovera, D., Santos, R., Diego, J., Taboada, J., & Alcántara, V. (2011). Detección de interferencias e incompatibilidades en el diseño de proyectos de edificaciones usando tecnologías BIM. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica Y Geográfica*, 14(28).
- Maroto, A. (2013). Las relaciones entre servicios y productividad: Un tema a impulsar en el ámbito

- regional y territorial. *Investigaciones Regionales*.
- McGeorge, J. F. (1988). "Design productivity: A quality problem." *J. Manage. Eng.*, 12.
- METF. (2014). Productividad laboral por tamaño y sector, 1–21.
- Mostajo, R. (2000). Productividad del sector público, evaluación de la gestión del gasto público e indicadores de desempeño en Guatemala. *CEPAL*, p. 83.
- Nogales Irahola, J. A. (2018). *La digitalización en la fase de ejecución de proyectos constructivos*.
- Orihuela, P. (2011). Sistema Integrado para la Gestión Lean de Proyectos de Construcción. In *IV Encuentro Latino-Americano de Gestión y Economía de la Construcción ELAGEC- Santiago de Chile* (p. 12).
- Orihuela, P., & Orihuela, J. (2005). Aplicaciones del Lean Design a proyectos inmobiliarios de vivienda. *Montiva S.a. Consultoría, Inmobiliaria Y Construcción*, 22. Retrieved from <http://www.motiva.com.pe/Articulos/Lean Design en Proyectos Inmobiliarios.pdf>
- Orihuela, P., Orihuela, J., & Pacheco, S. (2015). Communication protocol for implementation of Target Value Design (TVD) in building projects. *Creative Construction Conference 2015*, 123, 361–369.
- Orihuela, P., Orihuela, J., & Ulloa, K. (2011). Herramientas para la Gestión del Diseño en Proyectos de Edificación, 2, 22.
- Park, H., Thomas, S., & Tucker, R. (2005). Benchmarking of construction productivity. *J. Constr. Eng. Manage*, 772–778.
- Porras, H., Sánchez, O., & Galvis, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual.
- Prokopenko, J. (1989). *La gestión de la productividad*. *Organización Internacional del Trabajo*. Retrieved from [http://staging.ilo.org/public/libdoc/ilo/1987/87B09\\_433\\_span.pdf](http://staging.ilo.org/public/libdoc/ilo/1987/87B09_433_span.pdf)

- Rico, L., Maldonado, A., Escobedo, M. T., & De la Riva, J. (2005). Técnicas Utilizadas para el Estudio de Tiempos: un Análisis Comparativo. *CULCyT*, 2(11), 11.
- Rosenbaum, S., Toledo, M., & González, V. (2012). Green-Lean Approach for Assessing Environmental and Production Waste in Construction. In *20ª Conferencia del Grupo Internacional para la Construcción Lean, IGLC 2012, San Diego, USA*.
- Serpell B., A. (2002). *Administracion de operaciones de construccion. Alfaomega* (Vol. 2).  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Song, L., Allouche, & AbouRizk, S. (2003). Measuring and Estimating Steel Drafting Productivity. In *Proceedings of the 2003 Construction Research Congress, ASCE, Honolulu*, (pp. 67–75).
- Stentoft Arlbjørn, J., Vagn Freytag, P., & de Haas, H. (2011). Service supply chain management: a survey of lean application in the municipal sector. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 41(3), 277–295.  
<https://doi.org/10.1108/09600031111123796>
- Thomas, R. (1999). Conceptual Model for Measuring Productivity of Design and Engineering. *Journal of Construction Engineering and Management*, 5, 7.
- Vargas, J. C., Espinosa, A. M., Díaz, L., Correa, M. F., & Pinilla, J. (2015). Análisis Sector Construcción En Colombia. *Pmi*, (1641794), 7. Retrieved from  
<http://www.pmicolombia.org/wp-content/uploads/2015/08/PMIBogota-Analisis-sector-construccion-en-Colombia.pdf>
- Venkataraman, K., Ramnath, B., & Kumar, V. (2014). Application of value stream mapping for reduction of cycle time in a machining process.
- Vilca, M. P. (2014). *Mejora de la productividad por medio de las cartas de balance en las partidas de solaqueo y tarrajeo de un edificio multifamiliar*.



- Villacrés, M. (2014). *Factores que producen retrasos en el sistema contactual utilizado en Chile y Ecuador*.
- Woodbury, R., & Burrow, A. (2006). Whither design space? *Artif. Intell. Eng. Des. Anal. Manuf.*, 20, 63–82.
- Yepes, V., & Pellicer, E. (2004). Aplicación de la metodología seis sigma en la mejora de resultados de los proyectos de construcción. <http://personales.upv.es/vyepesp/05YPX01.pdf>, 8. Retrieved from <http://personales.upv.es/vyepesp/05YPX01.pdf>
- Yi, W., & Chan, A. (2013). Critical Review of Labor Productivity Research in Construction Journals. *Journal of Management in Engineering*, 47.
- Zhang, L., Wen, M., & Ashuri, B. (2018). BIM Log Mining: Measuring Design Productivity. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 32(1), 4017071.  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000721](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000721)

## **9. ANEXOS**

### **9.1. ANEXO 1. GAD A**

#### **9.1.1. ANEXO 1.1. Ficha de codificación**

#### **9.1.2. ANEXO 1.2. Demografía del personal**

#### **9.1.3. ANEXO 1.3. Recolección de datos (DIGITAL)**

ANEXO 1.4. Resumen de actividades disponibles

ANEXO 1.5. VSM general

ANEXO 1.6. Carta de balances por cuadrillas

ANEXO 1.7. VSM del proyecto

ANEXO 1.8. Análisis de costos

ANEXO 1.9. VSM estimado

#### **9.1.4. ANEXO 1.4. Resumen de actividades disponibles**

### **9.1.5. ANEXO 1.5. VSM general**

**9.1.6. ANEXO 1.6. Carta de balances por cuadrillas**

### **9.1.7. ANEXO 1.7. VSM del proyecto**

### **9.1.8. ANEXO 1.8. Análisis de costos**

### **9.1.9. ANEXO 1.9. VSM estimado**



## **9.2.ANEXO 2. GAD B**

### **9.2.1. ANEXO 2.1. Ficha de codificación**

### **9.2.2. ANEXO 2.2. Demografía del personal**

### **9.2.3. ANEXO 2.3. Recolección de datos (DIGITAL)**

ANEXO 2.4. Resumen de actividades disponibles

ANEXO 2.5. VSM general

ANEXO 2.6. Carta de balances por cuadrillas

ANEXO 2.7. VSM del proyecto

ANEXO 2.8. Análisis de costos

ANEXO 2.9. VSM estimado

#### **9.2.4. ANEXO 2.4. Resumen de actividades disponibles**

### **9.2.5. ANEXO 2.5. VSM general**

**9.2.6. ANEXO 2.6. Carta de balances por cuadrillas**

### **9.2.7. ANEXO 2.7. VSM del proyecto**

### **9.2.8. ANEXO 2.8. Análisis de costos**

### **9.2.9. ANEXO 2.9. VSM estimado**

### **9.3.ANEXO 3. GAD C**

#### **9.3.1. ANEXO 3.1. Ficha de codificación**

#### **9.3.2. ANEXO 3.2. Demografía del personal**

#### **9.3.3. ANEXO 3.3. Recolección de datos (DIGITAL)**

ANEXO 3.4. Resumen de actividades disponibles

ANEXO 3.5. VSM general

ANEXO 3.6. Carta de balances por cuadrillas

ANEXO 3.7. VSM del proyecto

ANEXO 3.8. Análisis de costos

ANEXO 3.9. VSM estimado



#### **9.3.4. ANEXO 3.4. Resumen de actividades disponibles**

### **9.3.5. ANEXO 3.5. VSM general**

**9.3.6. ANEXO 3.6. Carta de balances por cuadrillas**

### **9.3.7. ANEXO 3.7. VSM del proyecto**

### **9.3.8. ANEXO 3.8. Análisis de costos**

### **9.3.9. ANEXO 3.9. VSM estimado**

## **9.4.ANEXO 4. GAD D**

### **9.4.1. ANEXO 4.1. Ficha de codificación**

### **9.4.2. ANEXO 4.2. Demografía del personal**

### **9.4.3. ANEXO 4.3. Recolección de datos (DIGITAL)**

ANEXO 4.4. Resumen de actividades disponibles

ANEXO 4.5. VSM general

ANEXO 4.6. Carta de balances por cuadrillas

ANEXO 4.7. VSM del proyecto

ANEXO 4.8. Análisis de costos

ANEXO 4.9. VSM estimado

#### **9.4.4. ANEXO 4.4. Resumen de actividades disponibles**



#### **9.4.5. ANEXO 4.5. VSM general**

#### **9.4.6. ANEXO 4.6. Carta de balances por cuadrillas**

#### **9.4.7. ANEXO 4.7. VSM del proyecto**

#### **9.4.8. ANEXO 4.8. Análisis de costos**

#### **9.4.9. ANEXO 4.9. VSM estimado**