

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del proyecto

**VSM O MAPA DE LA CADENA DE VALOR COMO LÍNEA BASE PARA MEJORA
CONTINUA EN LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES**

Autor:

María José Lara Guevara

Tutor:

Ing. Tito Castillo

Riobamba - Ecuador

Año 2017

REVISIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: “VSM O MAPA DE LA CADENA DE VALOR COMO LÍNEA BASE PARA LA MEJORA CONTINUA EN LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES” presentado por **María José Lara Guevara** 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
Director del proyecto



Firma

Ing. Oscar Paredes
Miembro del tribunal



Firma

Ing. Ángel Paredes
Miembro del tribunal



Firma

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Tito Castillo, en calidad de Tutor de Tesis, cuyo tema es: “VSM O MAPA DE LA CADENA DE VALOR COMO LÍNEA BASE PARA LA MEJORA CONTINUA EN LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES”, CERTIFICO; que el informe final del trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo a la Señorita María José Lara Guevara para que se presenten ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

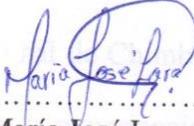
Atentamente,



Ing. Tito Castillo
Tutor de tesis

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, corresponde exclusivamente a: María José Lara Guevara e Ing. Tito Castillo; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.


.....
Sta. María José Lara Guevara
C.I. 171457217-7

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios quien me dio la fuerza y la voluntad para cumplir una de mis metas más grandes en la vida, también agradezco a mis padres quienes con su ejemplo de sacrificio y lucha me dieron lo necesario para culminar mis estudios; a mis verdaderos amigos y demás familiares quienes fueron un apoyo cuando más los necesité.

También mis más sinceros agradecimientos a todos mis profesores de la Universidad Nacional de Chimborazo quienes me motivaron con sus conocimientos y experiencias de vida, y un especial agradecimiento al Ing. Tito Castillo quien con sus palabras acertadas supo guiarme en el desarrollo de esta investigación.

María José Lara Guevara

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi abuelita quien siempre con su amor me da ánimos pese a la distancia que nos separa. A mis padres que son el ejemplo de lucha y perseverancia quienes ante mis ojos me daban la fuerza para seguir adelante y enfrentarme a los tiempos más difíciles.

A toda mi familia que confió en mí y con su apoyo hoy estoy aquí, sin ellos esto no sería posible.

María José Lara Guevara

CONTENIDO

RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
1 INTRODUCCIÓN	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
3 MARCO TEÓRICO	4
4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	6
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
5.1 Acero de refuerzo	11
5.1.1 Puente Las Tablas	11
5.1.2 Puente Jerusalén	12
5.1.3 Puente Cristal	13
5.1.4 Puente El Reventado	14
5.2 Encofrado	15
5.2.1 Puente Las Tablas	16
5.2.2 Puente Jerusalén	17
5.2.3 Puente Cristal	17
5.2.4 Puente El Reventado	18
5.3 Hormigón	19
5.3.1 Puente Las Tablas	20
5.3.2 Puente Jerusalén	21

5.3.3	Puente El Cristal	21
5.3.4	Puente El Reventado	22
5.4	Línea Base	23
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
6.1	Conclusiones	28
6.2	Recomendaciones	29
7	BIBLIOGRAFÍA	30
8	ANEXOS	32
8.1	Gráficos de causas NAV	32
8.1.1	Acero	32
8.1.2	Encofrado	34
8.1.3	Hormigón	36
8.2	Tablas de datos	38
8.2.1	Acero	38
8.2.2	Encofrado	40
8.2.3	Hormigón	42

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Formato para clasificación de actividades</i>	9
<i>Tabla 2. Datos rubro acero - Puente Las Tablas</i>	38
<i>Tabla 3. Datos rubro acero - Puente Jerusalén</i>	39
<i>Tabla 4. Datos rubro acero - Puente Cristal</i>	39
<i>Tabla 5. Datos rubro acero - Puente El Reventado</i>	40
<i>Tabla 6. Datos rubro encofrado - Puente Las Tablas</i>	40
<i>Tabla 7. Datos rubro encofrado - Puente Jerusalén</i>	41
<i>Tabla 8. Datos rubro encofrado - Puente Cristal</i>	41
<i>Tabla 9. Datos rubro encofrado - Puente El Reventado</i>	42
<i>Tabla 10. Datos rubro hormigón - Puente Las Tablas</i>	42
<i>Tabla 11. Datos rubro hormigón - Puente Jerusalén</i>	43
<i>Tabla 12. Datos rubro hormigón - Puente Cristal</i>	43
<i>Tabla 13. Datos rubro hormigón - Puente El Reventado</i>	44

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Esquema de Metodología</i>	6
<i>Figura 2: Flujo de materiales</i>	9
<i>Figura 3: Flujo de información</i>	10
<i>Figura 4: Símbolos generales</i>	10
<i>Figura 5. VSM estado actual, rubro acero - Puente Las Tablas</i>	12
<i>Figura 6. VSM estado actual, rubro acero - Puente Jerusalén</i>	13
<i>Figura 7. VSM estado actual, rubro acero - Puente Cristal</i>	14
<i>Figura 8. VSM estado actual, rubro acero - Puente El Reventado</i>	15
<i>Figura 9. VSM estado actual, rubro encofrado - Puente Las Tablas</i>	16
<i>Figura 10. VSM estado actual, rubro encofrado - Puente Jerusalén</i>	17
<i>Figura 11. VSM estado actual, rubro encofrado - Puente Cristal</i>	18
<i>Figura 12. VSM estado actual, rubro encofrado - Puente El Reventado</i>	19
<i>Figura 13. VSM estado actual, rubro hormigón - Puente Las Tablas</i>	20
<i>Figura 14. VSM estado actual, rubro hormigón - Puente Jerusalén</i>	21
<i>Figura 15. VSM estado actual, rubro hormigón - Puente Cristal</i>	22
<i>Figura 16. VSM estado actual, rubro hormigón - Puente El Reventado</i>	23
<i>Figura 17. Porcentaje de actividad NAV de los puentes por cada rubro</i>	24
<i>Figura 18. Línea Base del VSM por cada rubro</i>	25
<i>Figura 19. Causas de la actividad NAV por cada rubro</i>	25
<i>Figura 20. Causas reincidentes rubro acero - Puente Las Tablas</i>	32
<i>Figura 21. Causas reincidentes rubro acero - Puente Jerusalén</i>	32
<i>Figura 22. Causas reincidentes rubro acero - Puente Cristal</i>	33
<i>Figura 23. Causas reincidentes rubro acero - Puente El Reventado</i>	33
<i>Figura 24. Causas reincidentes rubro encofrado - Puente Las Tablas</i>	34
<i>Figura 25. Causas reincidentes rubro encofrado - Puente Jerusalén</i>	34
<i>Figura 26. Causas reincidentes rubro encofrado - Puente Cristal</i>	35
<i>Figura 27. Causas reincidentes rubro encofrado - Puente El Reventado</i>	35

<i>Figura 28. Causas reincidentes rubro hormigón - Puente Las Tablas</i>	36
<i>Figura 29. Causas reincidentes rubro hormigón - Puente Jerusalén</i>	36
<i>Figura 30. Causas reincidentes rubro hormigón - Puente Cristal</i>	37
<i>Figura 31. Causas reincidentes rubro hormigón - Puente El Reventado</i>	37

RESUMEN

Desde que Lean Construction (LC) fue introducido por Lauri Koskela en 1992 la industria dedicada a la construcción ha visto una oportunidad para mejorar la planificación y el control de los proyectos. LC se dedica a la creación de herramientas que permitan que esto sea posible y es el caso del Mapa de Cadena de Valor (VSM) que de acuerdo a la bibliografía el uso de esta herramienta permitió el análisis de los procesos de proyectos constructivos identificando los problemas o desperdicios generados. Su aplicación permitió llevar un registro de actividades. Además, la herramienta las clasificó entre actividades que agregan valor (AV) y que no agregan valor (NAV) (Díaz, Sánchez, & Galvis, 2014; Rosenbaum, Toledo, & González, 2014).

La casi inexistencia de artículos relacionados al uso del VSM en puentes (Larsson & Simonsson, 2012) permitió dar paso a esta investigación en la construcción de 4 puentes de hormigón armado para crear una línea base que permita la mejora continua de acuerdo a las causas de los desperdicios encontrados.

La metodología aplicada para la recolección de datos y creación de los mapas (Crespo, 2012; Jarrin, 2014; San & Ruíz, 2015) permitió el desarrollo de la investigación obteniendo los resultados esperados y la consideración de la empresa involucrada de aplicar este instrumento a proyectos futuros.

Palabras clave: VSM, mejora continua, construcción sin pérdidas, puentes.

ABSTRACT

Since Lean Construction (LC) was introduced by Lauri Koskela in 1992 the construction industry has seen an opportunity to improve planning and control of projects. LC is dedicated to creating tools that make this possible and in this the case of Value Stream Mapping (VSM) that according to the bibliography the use of this tool allowed the analysis of the processes of construction projects identifying the problems or wastes generated. Its application allowed keeping a record of activities. In addition, the tool classified them between activities that add value (AV) and that do not add value (NAV) (Díaz et al., 2014; Rosenbaum et al., 2014).

The almost inexistence of articles related to the use of VSM in bridges (Larsson & Simonsson, 2012) allowed to give way to this investigation in the construction of 4 bridges of reinforced concrete to create a baseline that allows the continuous improvement according to the causes of the wastes found.

The methodology used for data collection and creation of the maps (Crespo, 2012; Jarrin, 2014; San & Ruíz, 2015) allowed the development of the research obtaining the expected results and the consideration of the company involved to apply this instrument to future projects.

Keywords: VSM, continuous improvement, lean construction, bridges.


Reviewed by: Gallegos, Lorena
Language Center Teacher



1 INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción a menudo es retratada como conservadora, resistente a los cambios y tardía en adoptar los avances tecnológicos. Sin embargo, en 1992, gracias al trabajo pionero de Lauri Koskela, la industria de la construcción fue una de las primeras en considerar la adopción de la Filosofía de Lean Production empleada por la industria automovilística desde los 80, llamándola Lean Construction (LC) esta filosofía retrata a los sistemas constructivos como proyectos con incertidumbre en la planificación y con una mala concepción de la producción, el objetivo del LC consiste en crear un sistema de producción que permita optimizar, reducir o eliminar los flujos para mejorar los tiempos de entrega (Díaz et al., 2014). La adaptación de los principios del LC a la construcción ha permitido cubrir diversos aspectos cambiando la forma como se trabaja para identificar y analizar los desperdicios, mantener la mejora continua proporcionando el conocimiento para la creación de herramientas y técnicas necesarias como por ejemplo Last Planner (LP), Value Stream Mapping (VSM.), entre otros (Bernal, 2016; Pons, 2014).

La investigación se centra en la técnica Lean conocida como VSM que nos permite el análisis de los procesos constructivos a detalle para alcanzar un máximo conocimiento de ellos y de esta forma localizar dónde se necesita mejorar; mediante el uso de diagramas de flujo se muestra como los materiales e información fluyen “puerta a puerta” desde el proveedor hasta el cliente (en el enfoque industrial) buscando agregar valor al proceso, se entiende por valor a la reducción o eliminación de todo aquello que produzca desperdicios en la ejecución de los proyectos (Díaz et al., 2014; Cabrero, 2015).

Se sabe que el VSM ha tenido buenos resultados en diversas construcciones como hospitales (Rosenbaum, Toledo, & González, 2014), edificios (Yu, Tweed, Al-Hussein, & Nasseri,

2009), casas (Erikshammar, Alestig, & Lu, 2014) la aplicación de esta herramienta logró mejorar tiempos y restar recursos optimizando la productividad.

En un estudio realizado por Larsson & Simonsson (2012), los autores destacan que el VSM contribuyó en la documentación de la construcción de un puente pre-fabricado disminuyendo la complejidad de construcción y aumentando su velocidad de construcción en un 75% en el estado futuro.

De la misma forma existen varios artículos sobre el VSM con una visión industrial, así es el caso de industrias dedicadas a la fabricación de color (Rohani & Zahraee, 2015), hormigón prefabricado (Gallardo, Granja, & Picchi, 2014) y otras, que han obtenido claramente resultados positivos al aplicar el VSM reduciendo días de trabajo para terminar el producto (Rohani & Zahraee, 2015). También se ha observado que a pesar de los buenos resultados obtenidos, la implementación de cambios en la gestión y en procesos constructivos como el uso de VSM pierde fácilmente seguimiento o continuidad (Crespo, 2012)

Existen estudios sobre el uso de VSM en varias industrias, y en el ámbito de la construcción la investigación de esta herramienta se ha enfocado mayormente en la ejecución de edificios (Crespo, 2012). En otros tipos de obra, por ejemplo los puentes, se encontró un solo caso en el que se destaca la dificultad que implica la aplicación e investigación de VSM debido a las características propias de dichos proyectos así como a su escasez (Larsson & Simonsson 2012), además el estudio fue limitado a una sola actividad, por lo que se ha recomendado ampliar la investigación en este tipo de obras. En consecuencia, es necesario ampliar el conocimiento de la aplicación de VSM en proyectos de puentes para establecer una línea base que permita a los constructores proponer procesos de mejora continua en la ejecución de este tipo de obras, basados en las causas de los desperdicios encontrados.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Ampliar el conocimiento sobre el uso del VSM para crear una línea base para la mejora continua en la construcción de puentes basados en las causas de los desperdicios encontrados.

2.2 Objetivos específicos

- Definir una metodología para elaborar un VSM en la construcción de puentes.

3 MARCO TEÓRICO

Existen guías de planificación de proyectos como Project Management Body of Knowledge (PMBOK) basados en el Project Management Institute (PMI) (Mallqui & Enrique, 2011), sin embargo estas guías se centran especialmente en la planificación y no en el control de proyectos y mucho menos en la ejecución; es por esto que el LC hace de la planificación y control de proyectos procesos complementarios y dinámicos, donde la planificación se encarga de crear estrategias necesarias para alcanzar los objetivos y el control asegura que cada evento se ejecute de acuerdo a la secuencia prevista. (Díaz et al., 2014)

La aplicación de herramientas Lean en las industrias ha ayudado al análisis de problemas matriz, por ejemplo en la fabricación de hormigón prefabricado (Gallardo et al., 2014) se ocupó herramientas Lean tales como VSM, Mantenimiento Productivo Total (MPT) y organización del área de trabajo (5S) (Gallardo et al., 2014), contribuyendo en la detección de desperdicio de mano de obra en los procesos de uso de maquinaria. El estudio usó VSM para el diseño de producción considerando la demanda de proyectos en el momento para luego compararlo con el problema actual y la propuesta esperada de mejora.

En el enfoque constructivo el estudio realizado por Rosenbaum, Toledo, & González, (2014) en Chile, analiza el proyecto de un hospital tomando en cuenta los procesos de diseño y elaboración de paredes. El artículo denota que para la aplicación de la herramienta VSM en la construcción se debe definir un elemento para su análisis y que sea posible medirlo, así luego de las observaciones y datos recolectados se elaboró el mapa de estado actual que describe los cambios de diseño durante el proceso y la falta de definición de trabajo en la ejecución del proyecto. El mapa futuro se planeó en base a los problemas presentes y los cambios posibles y aceptados por el personal encargado de la producción.

En otro artículo elaborado por Yu, Tweed, Al-Hussein, & Nasser, (2009) se muestra que el tiempo para la fabricación de una casa puede ser reducido sin perder calidad en la construcción. Los días laborados para la casa sin la aplicación del VSM fueron de 65.5 días pero al implementar la herramienta Lean la construcción de la casa demoró tan solo 38.5 días significando una mejora del 41.22% sin perder calidad.

En el estudio realizado por Larsson & Simonsson, (2012) se expone al VSM como una herramienta que ayudó a la identificación de problemas en un sistema de construcción poco usado en Suecia como es la pre fabricación de puentes, el VSM permitió realizar una documentación adecuada para mejorar el proceso de construcción a futuro en un 75%, disminuyendo su complejidad, entendiendo por complejidad a la dificultad de las actividades in situ considerando las horas de trabajo empleadas y el tiempo de entrega.

Estos ejemplos demuestran cuán importante es el uso de herramientas que nos permitan administrar adecuadamente los recursos y los procesos en la construcción, es un gran beneficio en cuanto a tiempos, calidad y costos tanto para constructoras como para contratistas. Sin embargo para que las herramientas Lean obtengan resultados beneficiosos su aplicación debe considerar a la cultura de mejora continua como una prioridad, es decir aplicar los principios propuestos por Lauri Koskela para las actividades de los proyectos. (Botero, n.d.; Díaz et al., 2014)

4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

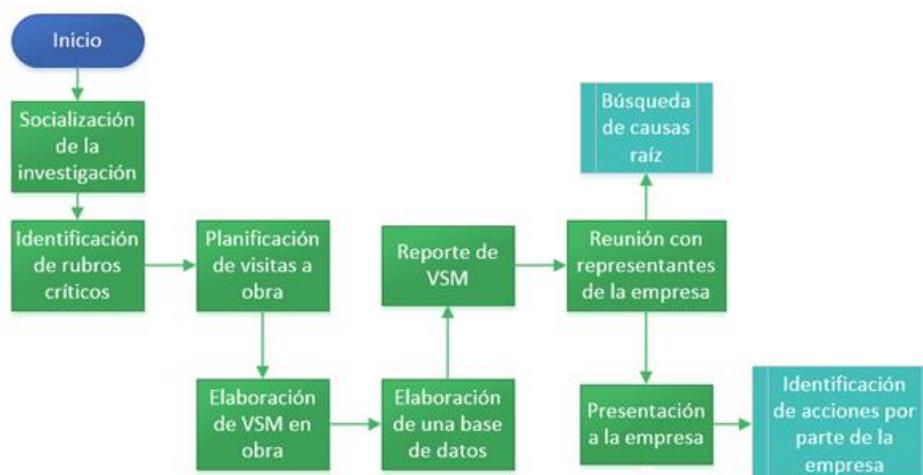


Figura 1. Esquema de Metodología

Elaborado por: María José Lara

La investigación tiene un alcance descriptivo y se desarrolló en la provincia de Bolívar, en 4 puentes de distintas longitudes, El estudio consistió en el análisis de los procesos constructivos de los rubros más relevantes del presupuesto y cronograma (acero, encofrado y hormigón.)

Con los motores de búsqueda tales como Google Académico, Pro Quest, ASCE e IGLC; se encontró bibliografía relacionada con la metodología empleada en la recolección de datos y preparación de los VSM dentro del estudio.

Después se programaron reuniones con los residentes y trabajadores a cargo de las obras, para obtener los datos con mayor facilidad. No fue necesario explicar el desarrollo de la investigación a los obreros de esta forma no existió alteraciones en la investigación.

En la determinación de los rubros de estudio se pensó en el costo de los mismos. Generalmente en los puentes los rubros de mayor peso (costo) son el acero de refuerzo, el hormigón y el

encofrado; además de ser una constante en casi todas las construcciones, es por esta razón que se considera a estos rubros como los más relevantes para el estudio.

Para la recopilación de información se tomó en cuenta el cronograma de construcción de cada puente de esta forma se estableció los días para las visitas a obra y se realizó las respectivas visualizaciones. Jarrín (2014) recomienda que se pueden efectuar mediciones de manera bisemanal o semanal, siendo 1 vez por semana lo ideal. Acatando esta recomendación, la toma de datos se programó en base a los tiempos de ejecución de las obras y de cada rubro, el acero de refuerzo, por ejemplo, es un proceso que depende de la dimensión del puente, en el caso de las cimentaciones mientras más larga es la extensión de un puente más grande es su cimentación y estribo lo que implica que se necesita de más acero de refuerzo y más tiempo en esta labor; faltando poco para la finalización del montaje de acero de refuerzo se programó la visita para recolectar la información de este rubro, así al día siguiente se pudo observar el trabajo de encofrado y posterior a este se aprovechó la toma de datos de hormigón. De esta forma se definieron 3 visitas consecutivas por puente en función del avance.

Para el desarrollo de la investigación se aplicó el método descrito por Jarrin, (2014) que permite evaluar y controlar el trabajo, conocido como *Medición de trabajo* que comprende del estudio de tiempos y muestreo de actividades. La metodología aplicada se basa en la medición de trabajo que ayudó a resaltar los problemas en obra. Las modificaciones que se explican a continuación permitieron que el método se aplique a la construcción de puentes. En primer lugar la clasificación de las actividades quedó de la siguiente manera:

- Trabajo que agrega valor (AV).- Es aquel trabajo que aporta en forma directa a la entrega del producto.

- Trabajo que no agrega valor (NAV).- Son aquellas actividades que no generan valor agregado. Entendiendo el valor como la eliminación de todo aquello que produzca pérdidas en la ejecución de los proyectos (Díaz et al., 2014)

Para el registro de datos se usaron aplicaciones de video, audio y notas de texto para documentar las actividades de los rubros; con las notas de texto se anotó la duración de cada actividad del rubro analizado además de observaciones de retrasos para un posterior análisis de causas, también se realizaron videos con una duración variada por cada actividad donde generalmente intervenían varias personas; el video permitió una comparación entre lo anotado y lo grabado para evitar errores en la interpretación de datos. Los audios realizados fueron pocos pero con ellos se obtuvo información sobre la recepción de materiales además de problemas en el proceso que no se pudo registrar en video.

Dentro de obra, se elaboraron los VSM de cada proceso observado día a día como borradores para determinar el orden de las actividades ejecutadas en el rubro con tiempos no verificados. Posteriormente se analizó la información obtenida para crear los VSM finales, el análisis consistió en la revisión de las notas, videos y audios; clasificando cada actividad entre AV y NAV. Si la actividad se clasificaba como NAV se buscaba su causa de acuerdo a los factores encontrado en Crespo, (2012), con ayuda del formato de la Tabla 1.

Tabla 1.*Formato para clasificación de actividades*

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL 			
Nombre del puente	-----	Rubro	-----
Longitud	-----	Fecha	-----
Ubicación	-----		
Simbología Causas			
1. Falta de supervisión del trabajo.		5. Exceso de tiempo en la toma de decisiones.	
2. Ubicación inapropiada de los materiales.		6. Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas.	
3. Temperatura o clima adverso.		7. Interrupciones no controladas (café, ida a los servicios, etc.).	
4. Falta de equipos y herramientas cuando se requieren.		8. Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea	
Tiempo (min)	Actividad	Clasificación	Causa

Elaborado por: María José Lara

Para realizar los VSM se tomó en cuenta información fundamental de cada proceso: número de personas y tiempos de ciclo (San & Ruíz, 2015). En la elaboración de los mapas se utilizaron símbolos estándar entre los cuales se tiene:

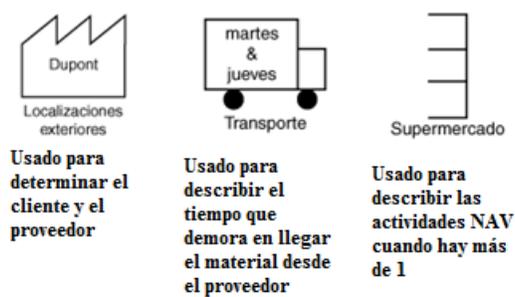


Figura 2: Flujo de materiales

Modificado de: San & Ruíz (2015)

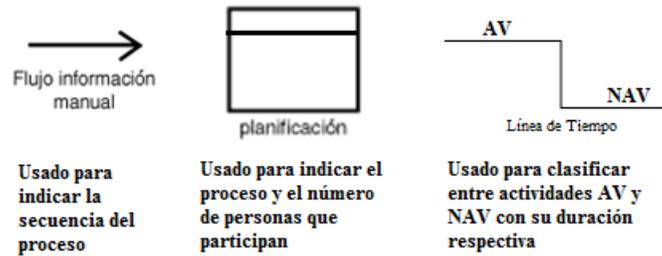


Figura 3: Flujo de información

Modificado de: San & Ruíz (2015)



Figura 4: Símbolos generales

Modificado de: San & Ruíz (2015)

Luego de la elaboración de los VSM de cada puente se usó la Tabla 1 para identificar las causas que generaban desperdicios en el proceso, se realizó un gráfico de barras con las causas más comunes encontradas en la ejecución del proyecto de acuerdo a lo descrito por Crespo, (2012) relacionando las actividades NAV y la frecuencia con las que se producen. La información obtenida permitió elaborar un reporte de los problemas encontrados y obtener propuestas de soluciones.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego del análisis de datos se realizaron los VSM por cada rubro observado en la construcción de los cuatro puentes, donde se podrá observar las actividades NAV y el tiempo que consumen en cada proceso.

5.1 Acero de refuerzo

El rubro de acero de refuerzo consistió en la recepción de la varilla que el proveedor entrega, en este caso la varilla viene cortada y doblada por parte del proveedor de acuerdo a la planilla, el uso de material pre fabricado es un beneficio para la empresa tanto en tiempos como en costos; luego de la recepción del material, al momento de construir, el acero es trasladado al lugar de obra donde luego de marcar la ubicación del acero de refuerzo, este es colocado y amarrado. En este rubro se midió el tiempo que duró cada actividad y adicionalmente se buscaron las causas que generaron desperdicios en este proceso. Los resultados finales de las causas en este rubro se encuentran en la Figura 19.

5.1.1 Puente Las Tablas

Para el puente Las Tablas se clasificaron las actividades ejecutadas en el proceso tomadas de la Tabla 2 y ordenadas en un diagrama o VSM como se muestra a continuación en la Figura 5.

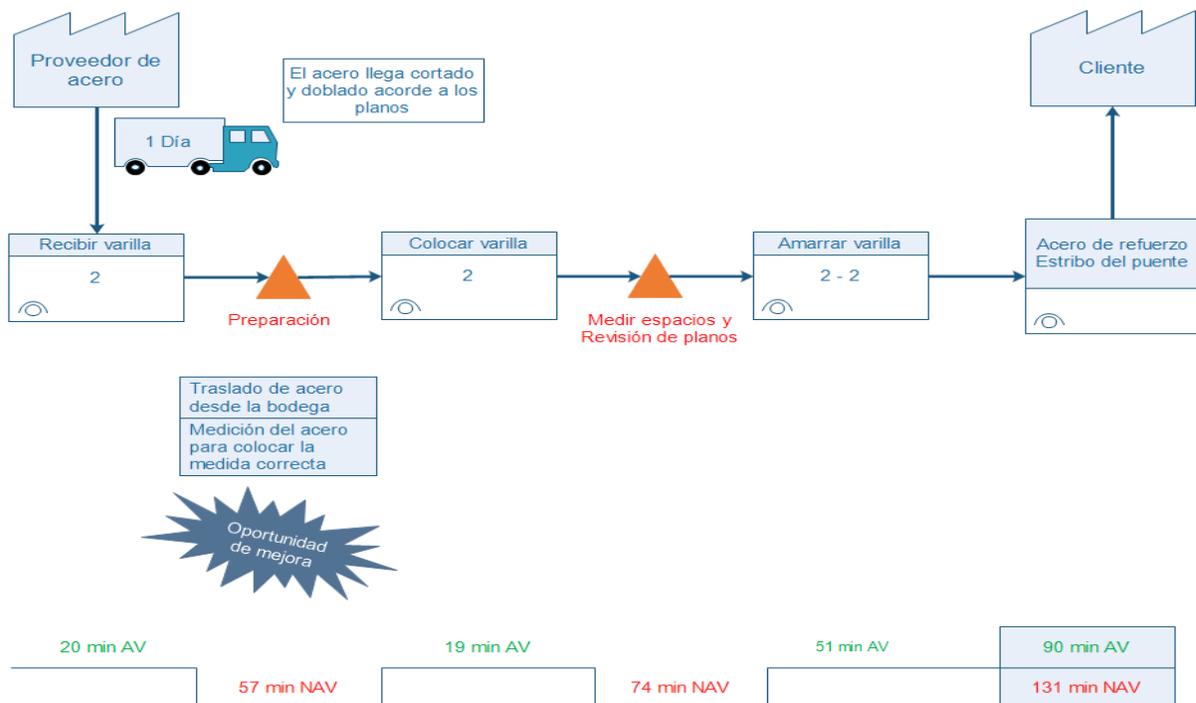


Figura 5. VSM estado actual, rubro acero - Puente Las Tablas

Elaborado por: María José Lara

El VSM realizado al puente Las Tablas, ubicado en la provincia de Bolívar en el cantón Caluma con una longitud de 23m; obtuvo un resultado de actividades NAV del 59% del tiempo total del proceso analizado, mostrando la necesidad de mejora en dicho proceso, las causas que generaron este desperdicio se muestran en la Figura 20.

5.1.2 Puente Jerusalén

De la misma forma para el puente Jerusalén se clasificaron las actividades ejecutadas en el proceso tomadas de la Tabla 3 y ordenadas en un diagrama o VSM como se muestra a continuación en la Figura 6.

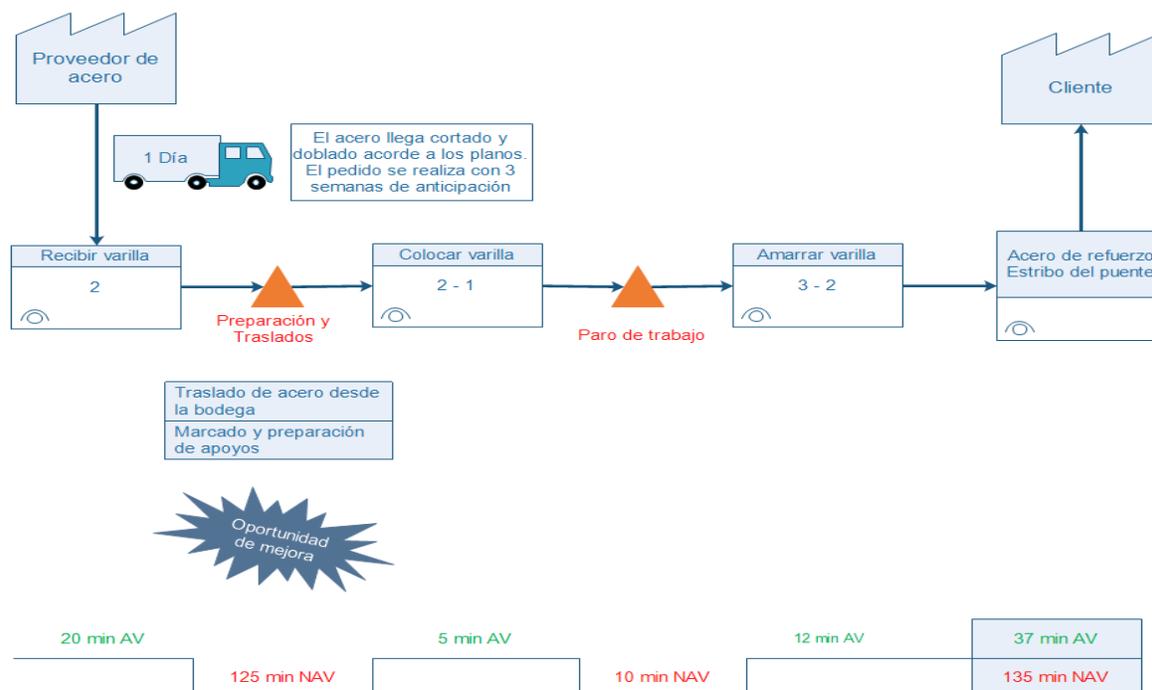


Figura 6. VSM estado actual, rubro acero - Puente Jerusalén

Elaborado por: María José Lara

El VSM realizado del puente Jerusalén, ubicado en la provincia de Bolívar en el cantón San Luis de Pambil con una longitud de 14m; obtuvo un resultado de actividades NAV del 78% del tiempo total del proceso analizado, mostrando la necesidad de mejora en dicho proceso, las causas que generaron este desperdicio se muestran en la Figura 21.

5.1.3 Puente Cristal

De la misma forma para el puente Cristal se clasificaron las actividades ejecutadas en el proceso tomadas de la Tabla 4 y ordenadas en un diagrama o VSM como se muestra a continuación en la Figura 7.

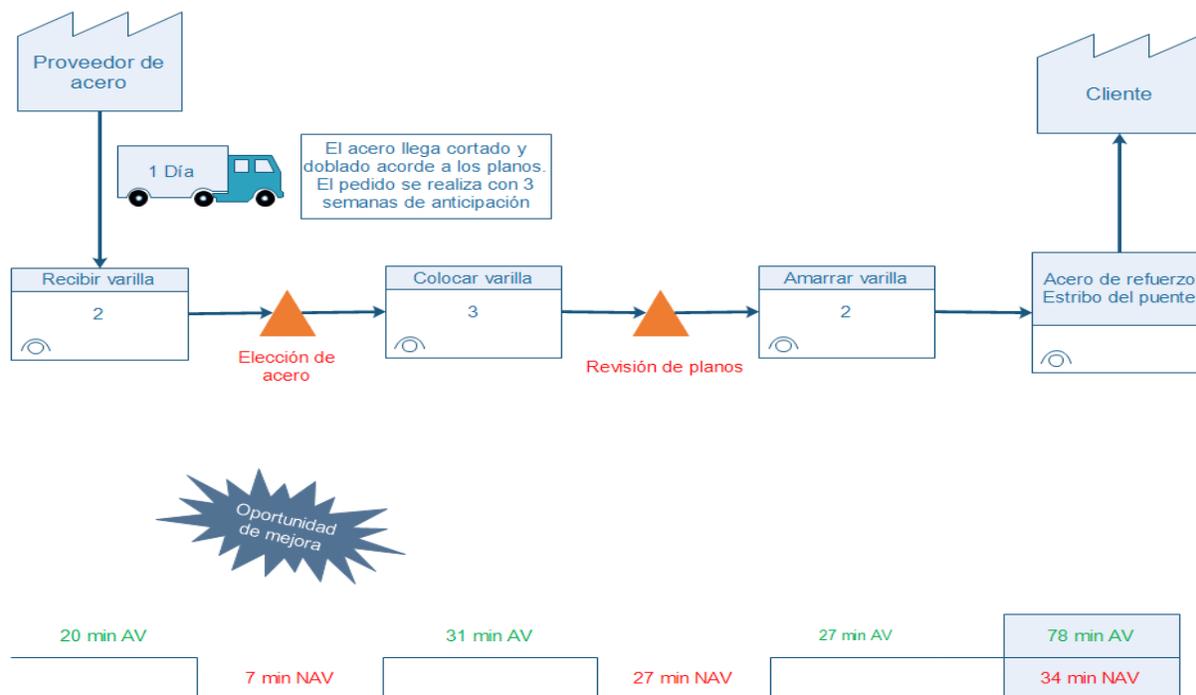


Figura 7. VSM estado actual, rubro acero - Puente Cristal

Elaborado por: María José Lara

El VSM realizado al puente Cristal, ubicado en la provincia de Bolívar en el cantón Caluma con una longitud de 52m; obtuvo un resultado de actividades NAV del 30% del tiempo total del proceso analizado, pese a que el tiempo ocupado en el proceso fue el adecuado, la actividad AV puede mejorar disminuyendo el tiempo invertido en la revisión de planos, que representa el 79% de la actividad NAV del proceso, además que existieron otras causas que generaron desperdicios mostradas más adelante en la Figura 22.

5.1.4 Puente El Reventado

Así mismo en el puente El Reventado se clasificaron las actividades ejecutadas en el proceso tomadas de la Tabla 4 y ordenadas en un diagrama o VSM como se muestra a continuación en la Figura 8.

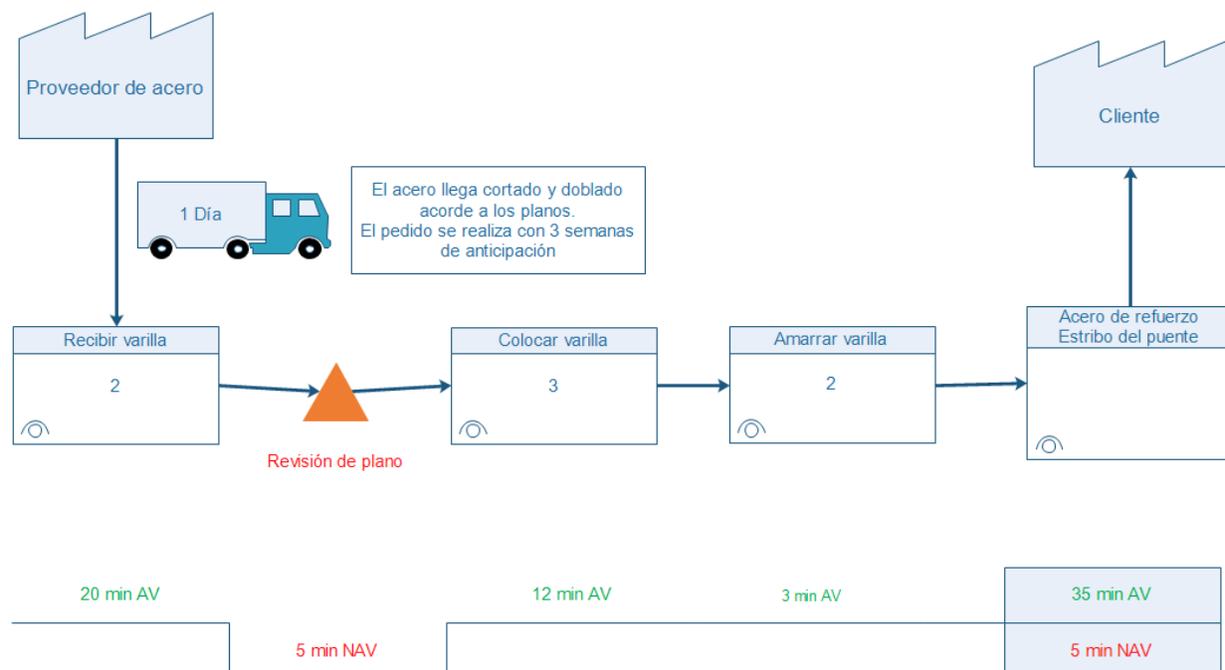


Figura 8. VSM estado actual, rubro acero - Puente El Reventado

Elaborado por: María José Lara

El VSM realizado al puente El Reventado, ubicado en la provincia de Bolívar en el cantón Chillanes, parroquia San José del Tambo con una longitud de 12m; obtuvo un resultado de actividades NAV del 12% del tiempo total del proceso analizado, siendo este uno de los mapas que muestra el uso de recursos adecuados y un ejemplo para los demás proyectos. En la Figura 23 se muestran las causas que generaron los desperdicios.

5.2 Encofrado

El rubro de encofrado se manejó de forma diferente ya que existía la posibilidad de ocupar encofrado metálico y encofrado de madera, esto dependía del subcontratista. Luego del traslado del encofrado obra se nivelaba el terreno y se medían distancias para su ubicación y posterior colocación y amarre. En este rubro se midió el tiempo que duró cada actividad y adicionalmente

se buscaron las causas que generaron desperdicios en este proceso. Los resultados finales de las causas en este rubro se encuentran en la Figura 19.

5.2.1 Puente Las Tablas

Para el puente Las Tablas se clasificaron las actividades ejecutadas en el proceso tomadas de la Tabla 5 y ordenadas en un diagrama o VSM como se muestra a continuación en la Figura 9.

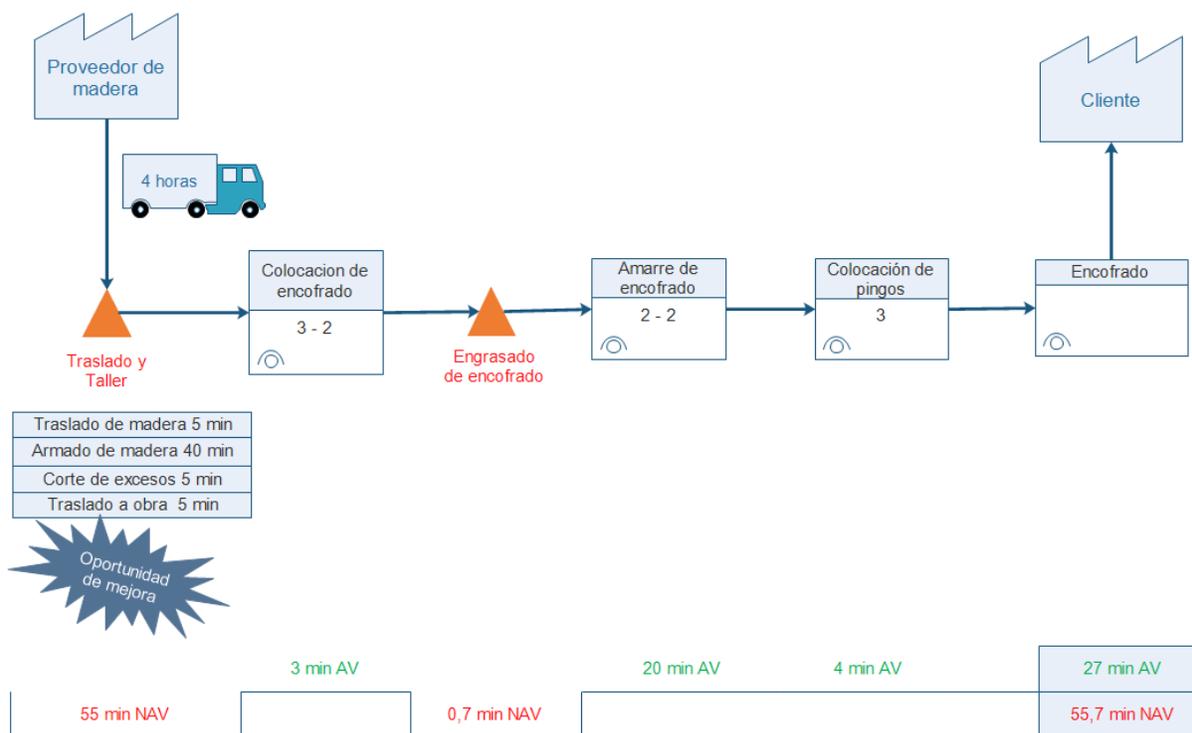


Figura 9. VSM estado actual, rubro encofrado - Puente Las Tablas

Elaborado por: María José Lara

El VSM realizado al puente Las Tablas del rubro de encofrado, obtuvo un resultado de actividades NAV del 67% del tiempo total del proceso analizado, mostrando la necesidad de mejora en dicho proceso, sus causas se muestran más adelante en este documento en la Figura 24.

5.2.2 Puente Jerusalén

De la misma forma para el puente Jerusalén se clasificaron las actividades ejecutadas en el proceso tomadas de la Tabla 6 y ordenadas en un diagrama o VSM como se muestra a continuación en la Figura 10.

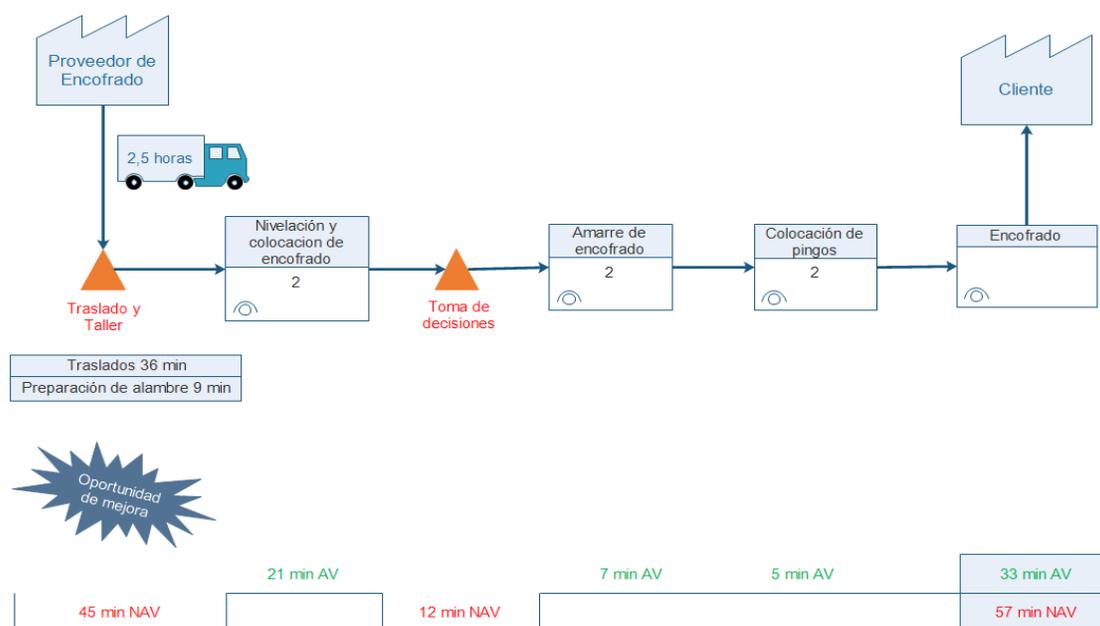


Figura 10. VSM estado actual, rubro encofrado - Puente Jerusalén

Elaborado por: María José Lara

El VSM realizado al puente Jerusalén del rubro de encofrado, obtuvo un resultado de actividades NAV del 63% del tiempo total del proceso analizado, mostrando la necesidad de mejora en dicho proceso, sus causas se muestran en la Figura 25 más adelante en este documento.

5.2.3 Puente Cristal

De igual forma para el puente Cristal se clasificaron las actividades ejecutadas en el proceso tomadas de la Tabla 7 y ordenadas en un diagrama o VSM como se muestra a continuación en la Figura 11.

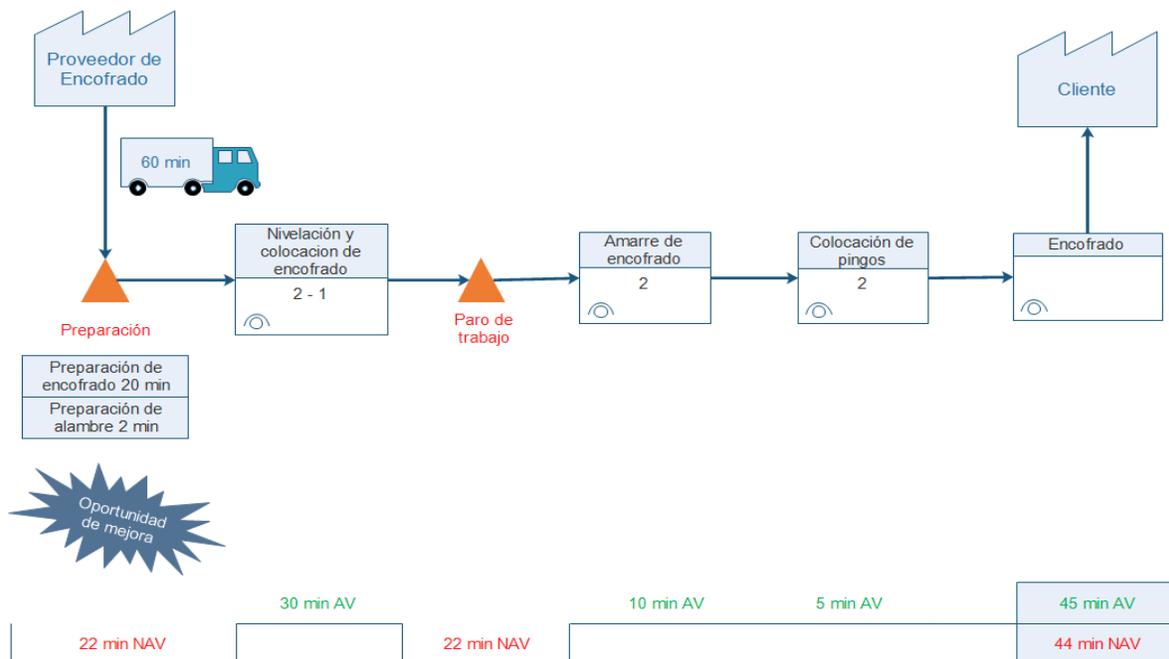


Figura 11. VSM estado actual, rubro encofrado - Puente Cristal

Elaborado por: María José Lara

El VSM realizado al puente Cristal del rubro de encofrado, obtuvo un resultado de actividades NAV del 49% del tiempo total del proceso analizado, mostrando la necesidad de mejora en dicho proceso pese a que el valor de actividad AV es mayor al porcentaje de actividad NAV se puede disminuir aún más al corregir las causas que lo generan dentro del documento en la Figura 26 cuáles son sus causas.

5.2.4 Puente El Reventado

Así mismo para el puente El Reventado se clasificaron las actividades ejecutadas en el proceso tomadas de la Tabla 8 y ordenadas en un diagrama o VSM como se muestra a continuación en la Figura 12.

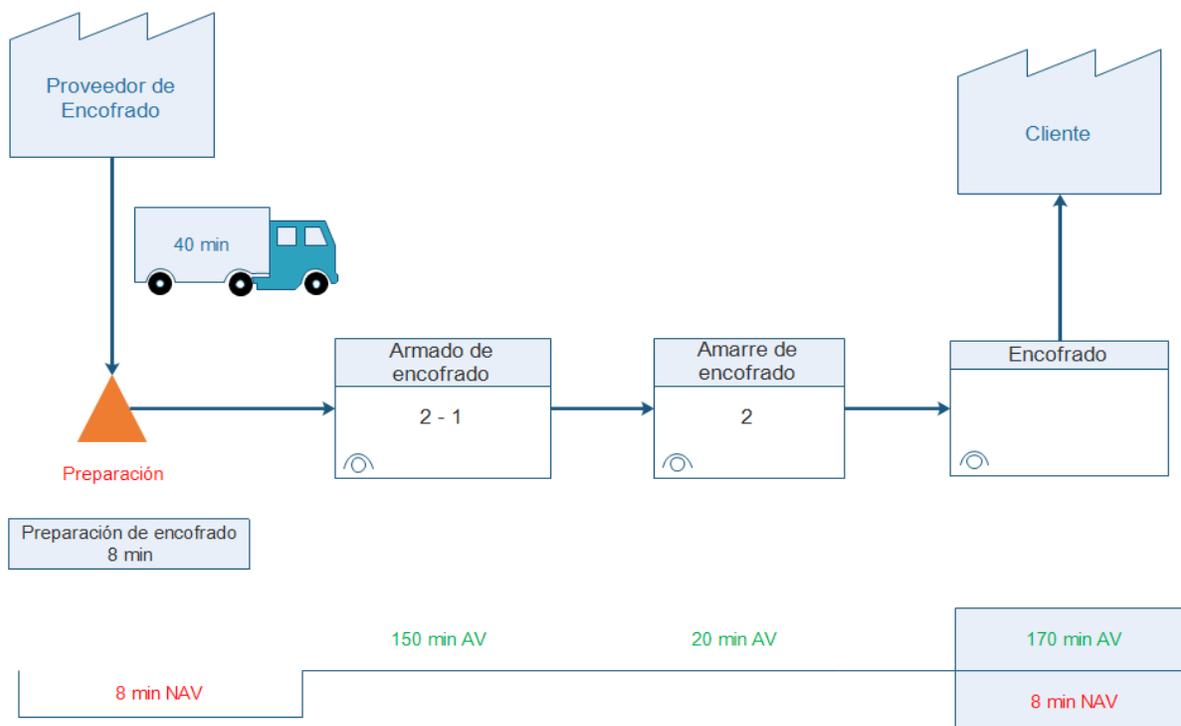


Figura 12. VSM estado actual, rubro encofrado - Puente El Reventado

Elaborado por: María José Lara

El VSM realizado al puente El Reventado del rubro de encofrado, obtuvo un resultado de actividades NAV del 4% del tiempo total del proceso analizado, el valor nos indica lo óptimo del trabajo realizado pero como anteriormente se expuso, el VSM no controla las dimensiones de los puentes. Las causas registradas se muestran en la Figura 27.

5.3 Hormigón

En el rubro de hormigón primero se recibió el cemento del proveedor en las bodegas de cada planta, previo al traslado de la mezcla se prepara la mezcla de hormigón de acuerdo a la resistencia requerida, cuando el mixer llega al lugar de obra se realizan los preparativos para verter la mezcla en la estructura mientras se vierte los trabajadores se encargan de esparcir y vibrar el hormigón y finalmente se endosa para que la superficie quede sin aglutinaciones. En este rubro se midió el

tiempo que duró cada actividad y adicionalmente se buscaron las causas que generaron desperdicios en este proceso. Los resultados finales de las causas en este rubro se encuentran en la Figura 19.

5.3.1 Puente Las Tablas

Para el puente Las Tablas se clasificaron las actividades ejecutadas en el proceso tomadas de la Tabla 9 y ordenadas en un diagrama o VSM como se muestra a continuación en la Figura 13.

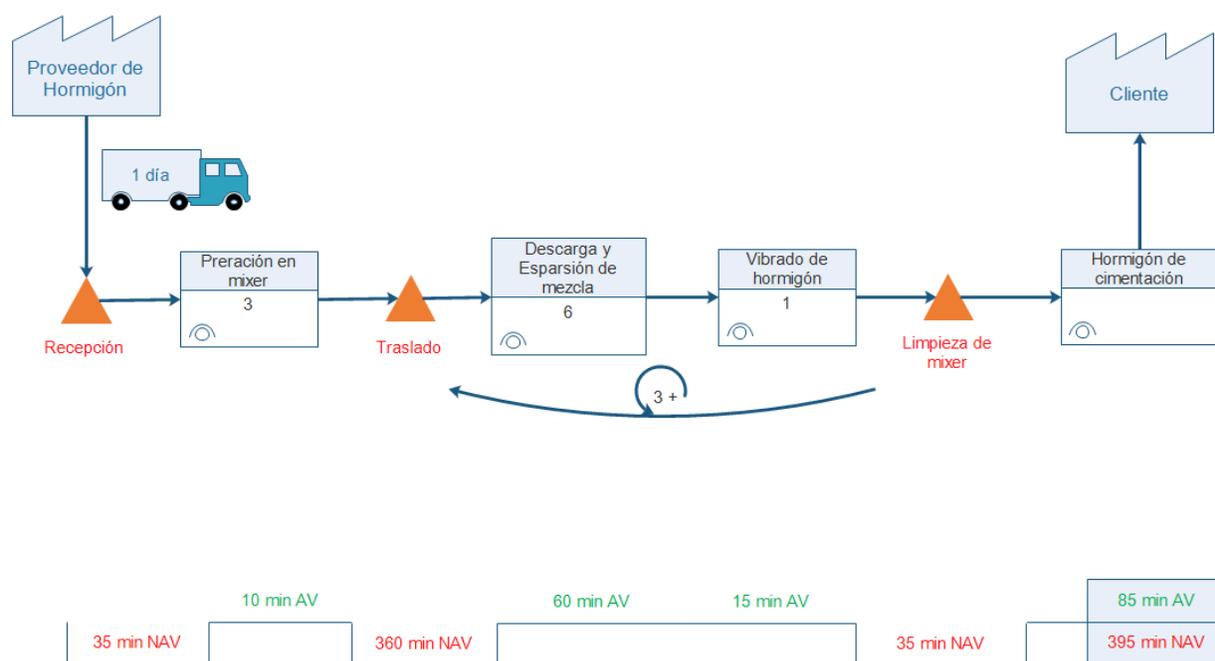


Figura 13. VSM estado actual, rubro hormigón - Puente Las Tablas

Elaborado por: María José Lara

El VSM realizado al puente Las Tablas del rubro de hormigón, obtuvo un resultado de actividades NAV del 82% del tiempo total del proceso analizado, mostrando la necesidad de mejora en dicho proceso, sus causas se muestran más adelante en la Figura 28.

5.3.2 Puente Jerusalén

En el puente Jerusalén se clasificaron las actividades ejecutadas en el proceso tomadas de la Tabla 10 y ordenadas en un diagrama o VSM como se muestra a continuación en la Figura 14.

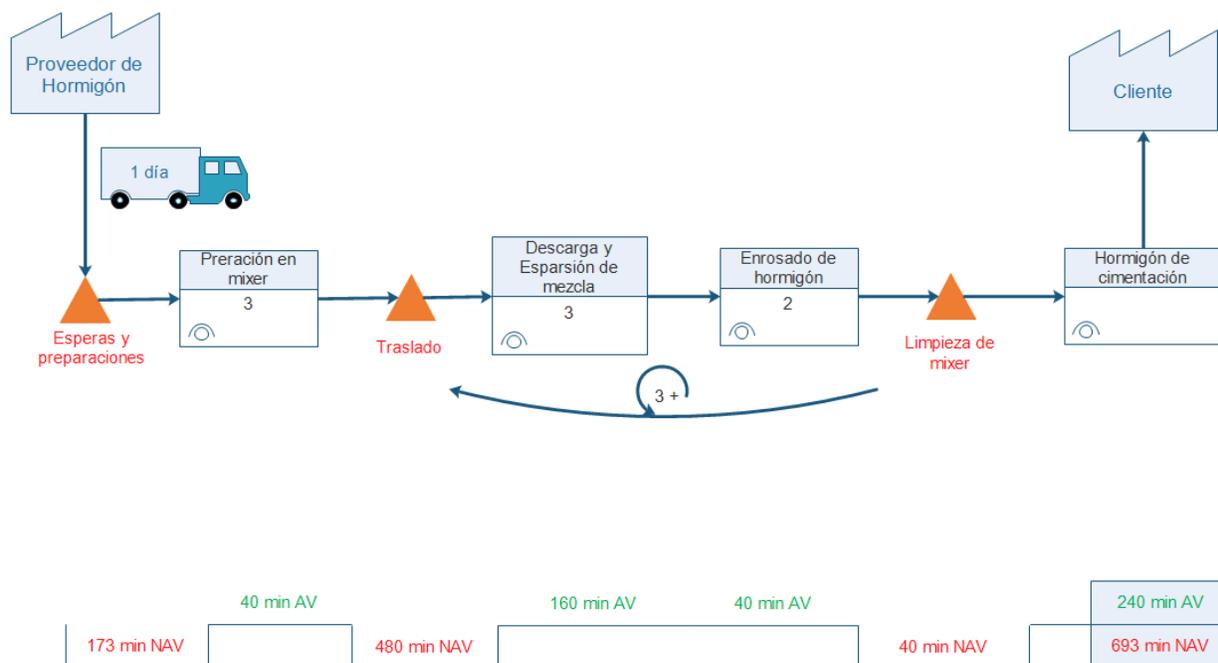


Figura 14. VSM estado actual, rubro hormigón - Puente Jerusalén

Elaborado por: María José Lara

El VSM realizado al puente Jerusalén del rubro de hormigón, obtuvo un resultado de actividades NAV del 74% del tiempo total del proceso analizado, mostrando la necesidad de mejora en dicho proceso, sus causas se muestran en la Figura 29 del documento.

5.3.3 Puente El Cristal

De igual forma en el puente Cristal se clasificaron las actividades ejecutadas en el proceso tomadas de la Tabla 11 y ordenadas en un diagrama o VSM como se muestra a continuación en la Figura 15.

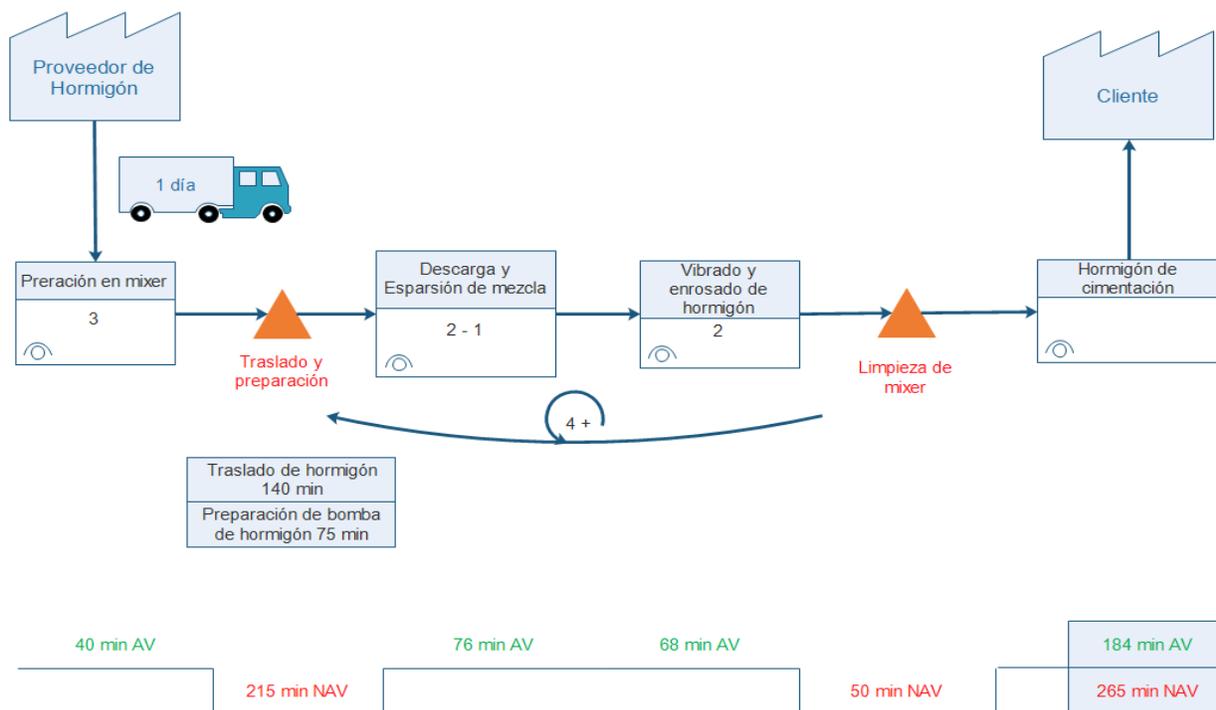


Figura 15. VSM estado actual, rubro hormigón - Puente Cristal

Elaborado por: María José Lara

El VSM realizado al puente Cristal del rubro de hormigón, obtuvo un resultado de actividades NAV del 59% del tiempo total del proceso analizado, mostrando la necesidad de mejora en dicho proceso, sus causas se muestran en la Figura 30.

5.3.4 Puente El Reventado

Así mismo en el puente El Reventado se clasificaron las actividades ejecutadas en el proceso tomadas de la Tabla 12 y ordenadas en un diagrama o VSM como se muestra a continuación en la Figura 16.

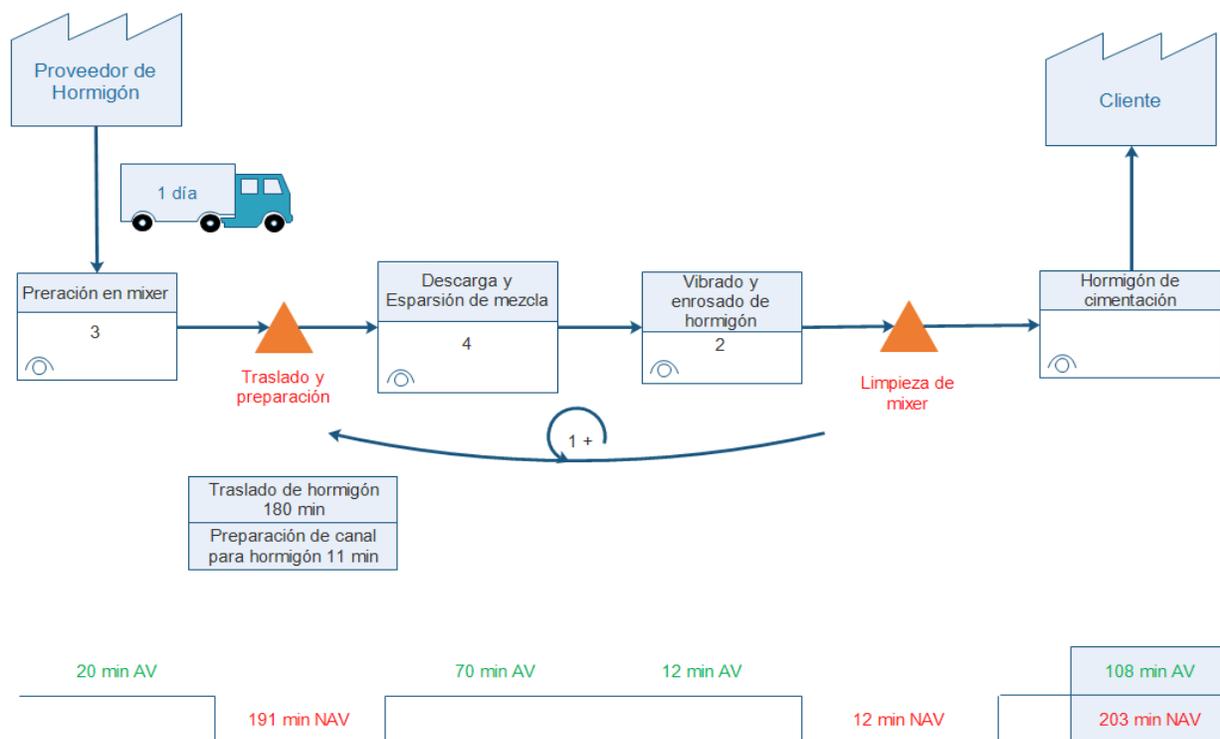


Figura 16. VSM estado actual, rubro hormigón - Puente El Reventado

Elaborado por: María José Lara

El VSM realizado al puente El Reventado del rubro de encofrado, obtuvo un resultado de actividades NAV del 67% del tiempo total del proceso analizado, mostrando la necesidad de mejora en dicho proceso, sus causas se muestran en la Figura 31.

5.4 Línea Base

Los resultados obtenidos permitieron crear una línea base para que a partir de esta, se fijen metas y así disminuir las pérdidas o NAV's. Para esto fue necesario determinar el porcentaje de NAV's de cada puente y por cada rubro analizado, como se puede ver en la Figura 17.

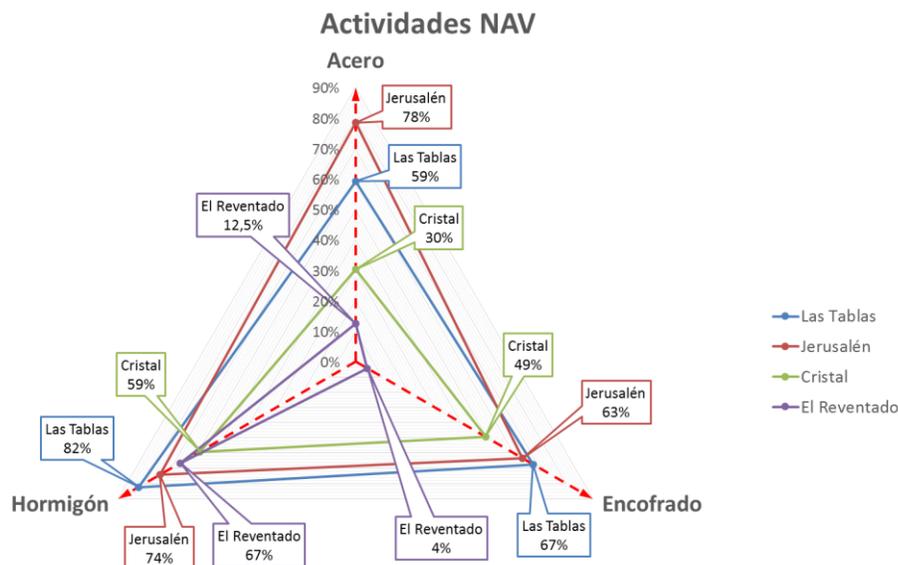


Figura 17. Porcentaje de actividad NAV de los puentes por cada rubro

Elaborado por: María José Lara

El gráfico radial de la Figura 17 acumula los porcentajes de actividad NAV de cada rubro de todos los puentes observados y, la variabilidad entre cada proceso, es decir, entre cada puente por el mismo rubro nos indica la falta de control y planificación de los proyectos ejecutados. Con estos datos se ve la necesidad de crear una línea base (Figura 18).

El gráfico de barras de la Figura 18 determina el punto máximo de actividades NAV de cada rubro, con esta línea base se establecen las marcas sobre las cuales deben trabajarse para disminuir el porcentaje de NAV's junto con la ayuda de las causas que generan dichas actividades (Figura 19), lo que debería mejorar el control en la ejecución de los proyectos. En mejora continua lo ideal es disminuir de manera sostenida estos porcentajes optimizando los procesos y corrigiendo las causas.

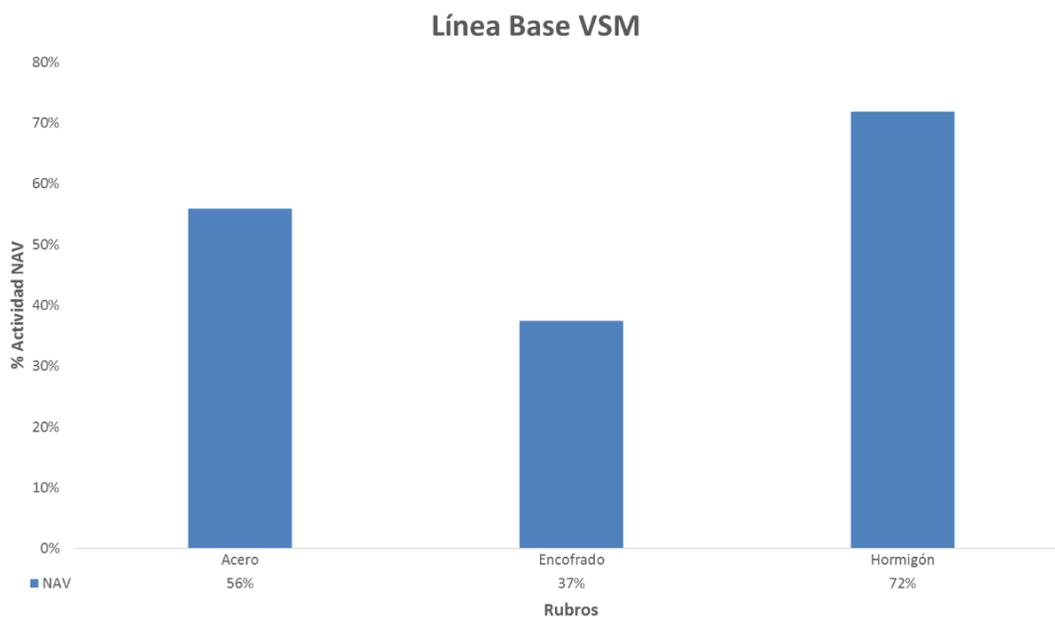


Figura 18. Línea Base del VSM por cada rubro

Elaborado por: María José Lara

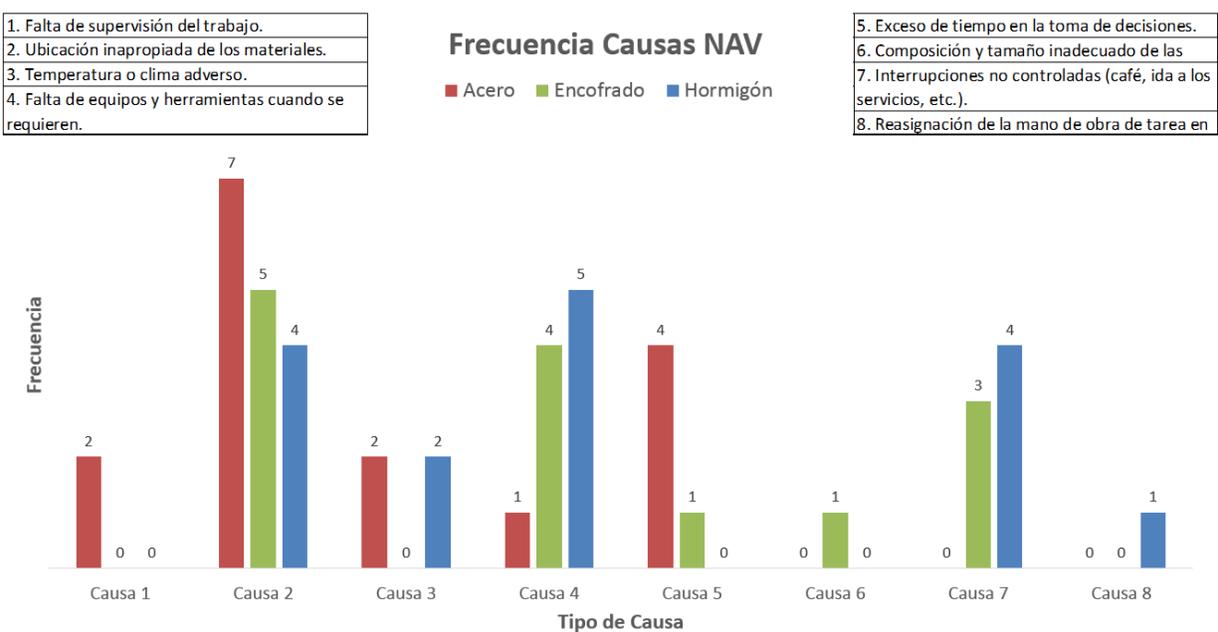


Figura 19. Causas de la actividad NAV por cada rubro

Elaborado por: María José Lara

En anteriores investigaciones se estableció que el VSM permitió identificar los problemas en los procesos de construcción y gracias a esto se encontraron soluciones que mejoraron dicho proceso (Rosenbaum et al., 2014). En esta investigación se reafirma esa observación, los VSM elaborados en el estudio muestran el estado actual del proceso constructivo por cada rubro, en todos se presentaron actividades que no generaban valor para llegar al producto final, con ayuda de los gráficos de barra se encontró que la causa más frecuente y determinante que genera desperdicios de tiempo es la ubicación inadecuada de los materiales; en obra este factor no es percibido porque los obreros están acostumbrados a trabajar de esta forma sin considerar el tiempo que les lleva buscar y encontrar el material para continuar con la construcción. Como se menciona anteriormente las herramientas LC permiten que la planeación y el control sean complementarios y dinámicos (Díaz et al., 2014), es decir que el uso de estas herramientas permite un control adecuado del proceso en ejecución.

En el caso del rubro de acero de refuerzo, el uso de pre figurados ayudó al proceso porque se ahorró aproximadamente 5 días de trabajo o más dependiendo de las dimensiones del puente y a su vez se ahorró en mano de obra; es un aspecto que se puede destacar, sin embargo en obra si no se ordena el acero de refuerzo adecuadamente antes de comenzar armar, se generan desperdicios. De los 4 puentes analizados 3 presentaron este problema, el acero llegaba separado y agrupado pero al ser trasladado a obra se ubicaba desordenadamente y cuando se necesitaba el material para el armado los trabajadores volvían a medir el acero generando desperdicios de tiempo. La excepción a este problema se encuentra en el puente El Reventado, los trabajadores, tal vez por lógica propia del maestro, tenían el acero ordenado por tamaño y de acuerdo a como sería armado, esto facilitó el trabajo de traslado y armado tomando menos tiempo de ejecución en la actividad y sin generar pérdidas.

Para el rubro de encofrado se ocupó dos tipos de encofrado, el metálico y el de madera, el uso de encofrado metálico resultó óptimo porque se ahorró más tiempo de montaje pero de la misma forma se generaron desperdicios al momento del traslado del material, disminuyendo el valor agregado que tiene el uso de este tipo de encofrado. Los resultados nos indican que la ubicación inadecuada del encofrado produjo más actividades NAV en este proceso.

En el rubro de hormigón como lo muestran los gráficos en todos los puentes se generó un alto porcentaje de actividades NAV. De acuerdo al gráfico de barras el factor de desperdicio es la falta de equipos y herramientas cuando se las requieren. Durante la ejecución de obra, los trabajadores esperaban mucho tiempo para que llegue el mixer con la mezcla de hormigón. En el caso particular del puente El Reventado cuya espera duró toda la mañana no hubo gran pérdida porque no se necesitó de mucho volumen de hormigón debido a que sus dimensiones son menores.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Los resultados encontrados sirven para que la gerencia de la empresa tenga el conocimiento del estado actual con el que se llevan los procesos de construcción y de esta forma se puedan tomar medidas que permitan disminuir las pérdidas que se encontraron.

La investigación nos muestra que los factores más frecuentes que generan desperdicios en este tipo de proyectos son generalmente la ubicación inadecuada de los materiales al momento de construir como también la falta de equipos y herramientas en el lugar donde se ejecuta la obra; En la realización del proyecto al tomar los datos estas actividades no fueron percibidas en su momento sino hasta después de realizar el análisis de los datos.

Con la investigación realizada se obtuvo información que permitió crear una línea base donde se tiene el 56, 37 y 72% de actividades NAV en los rubro de acero, encofrado y hormigón respectivamente; estos valores nos muestran una realidad en los proyectos de construcción sin embargo pueden ser reducidos con la aplicación adecuada de herramientas LC que mejoren la planificación y control continuo de los proyectos.

6.2 Recomendaciones

La implantación de la herramienta Last Planner System (LSP) permite la programación semanal de las actividades considerando la cantidad de trabajo que se realizará por día, de esta forma se planearía adecuadamente previendo los materiales que se necesitan en obra y coordinando la logística de los mixers, además de crear un control de los procesos; esta herramienta junto al uso del VSM que clasifica las actividades entre AV y NAV permitirá la gestión propicia de proyectos constructivos.

La investigación está limitada a los proyectos constructivos de puentes de hormigón reforzado y se recomienda realizar investigaciones cuya metodología se oriente a la construcción de carreteras o vías y puentes de acero; ya que constan de otros rubros y requieren otra forma de medirlos.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Bernal, A. (2016). Que es Lean y VSM. Retrieved May 13, 2017, from <http://www.leansisproductividad.com/que-es-lean-y-vsm/>
- Botero, L. (n.d.). *Gestión de la producción en la construcción*. Retrieved from http://media.wix.com/ugd/df967c_6306cf97dddc44adbe71b6f3be3dcae.pdf?dn=3.+Gesti3n+de+la+producci3n.pdf
- Cabrero, R. C. (2015). *Analisis de cadena de valor*.
- Crespo, W. (2012). *Mejora de la productividad en la construcción de edificaciones en la ciudad de Quito, aplicando Lean Construction*. Universidad Central del Ecuador.
- Díaz, H., Sánchez, O., & Galvis, J. (2014). Lean Construction philosophy for the management of construction projects : a current review. *AVANCES Investigación En Ingeniería*, 11(1), 32–53. Retrieved from <http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances-11/art4.pdf>
- Erikshammar, J., Alestig, E., & Lu, W. (2014). Parametric Value Stream Mapping Framework: A Case Study of a Small Swedish Industrialized House-Building Supplier. *Proceedings for the 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction.*, 425–435.
- Gallardo, C. A. S., Granja, A. D., & Picchi, F. A. (2014). Mejorias en la Productividad de un Proceso de Prefabricados de Concreto con Flujo en Linea Despues de un Esfuerzo de Estabilidad Basica. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(4), C4013004. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000675](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000675)
- Jarrin, J. E. (2014). *Productividad del personal en la construcción de un proyecto arquitectónico*. Universidad Central del Ecuador.

- Larsson, J., & Simonsson, P. (2012). Decreasing complexity of the on-site construction process using prefabrication: a case study. *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Retrieved from [http://www.iglc20.sdsu.edu/papers/wp-content/uploads/2012/07/85 P 109.pdf](http://www.iglc20.sdsu.edu/papers/wp-content/uploads/2012/07/85_P109.pdf)
- Mallqui, F., & Enrique, J. (2011). *Aplicación de los lineamientos del PMBOK en la gestión de la ingeniería y construcción de un depósito de seguridad para residuos industriales*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Retrieved from <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/handle/10757/303686>
- Pons, A. (2014). *Introducción a Lean Construction*.
- Rohani, J., & Zahraee, S. (2015). Production line analysis via value stream mapping: a lean manufacturing process of color industry. *The Journal of Biological Chemistry*, 270(45), 26723–26726.
- Rosenbaum, S., Toledo, M., & González, V. (2014). Improving Environmental and Production Performance in Construction Projects Using Value-Stream Mapping: Case Study. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(2), 4013045. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000793](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000793)
- San, M., & Ruíz, S. (2015). *Mapeo de la cadena de valor*.
- Yu, H., Tweed, T., Al-Hussein, M., & Nasser, R. (2009). Development of Lean Model for House Construction Using Value Stream Mapping. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(8), 782–790. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2009\)135:8\(782\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135:8(782))

8 ANEXOS

8.1 Gráficos de causas NAV

8.1.1 Acero

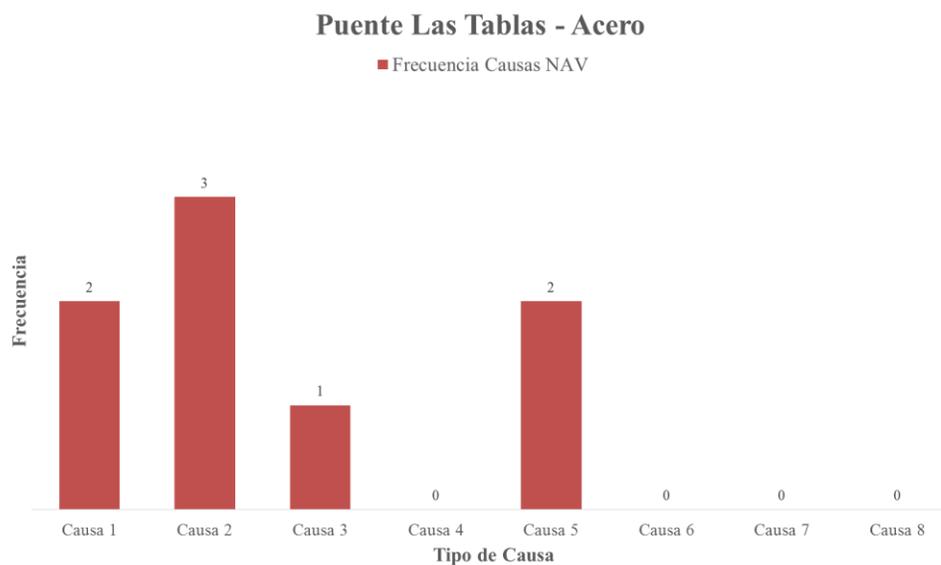


Figura 20. Causas reincidentes rubro acero - Puente Las Tablas

Elaborado por: María José Lara

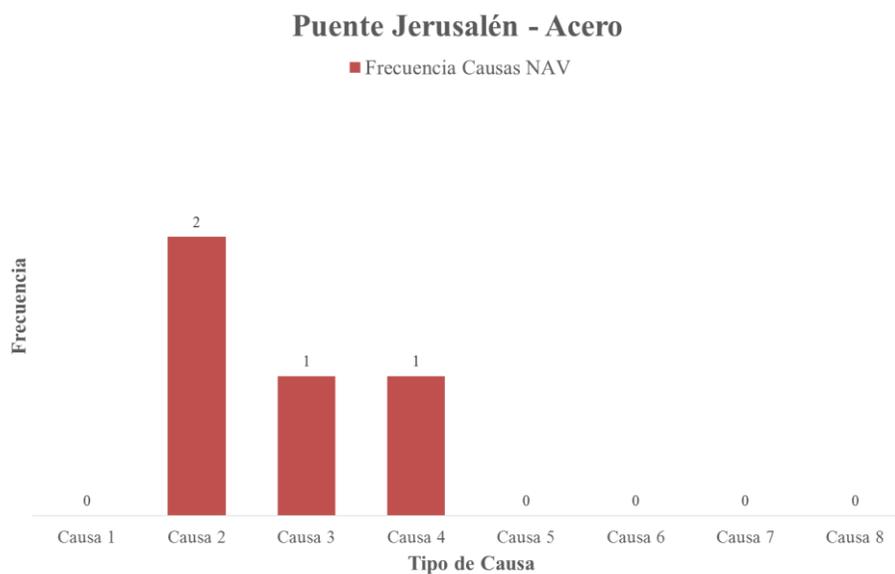


Figura 21. Causas reincidentes rubro acero - Puente Jerusalén

Elaborado por: María José Lara

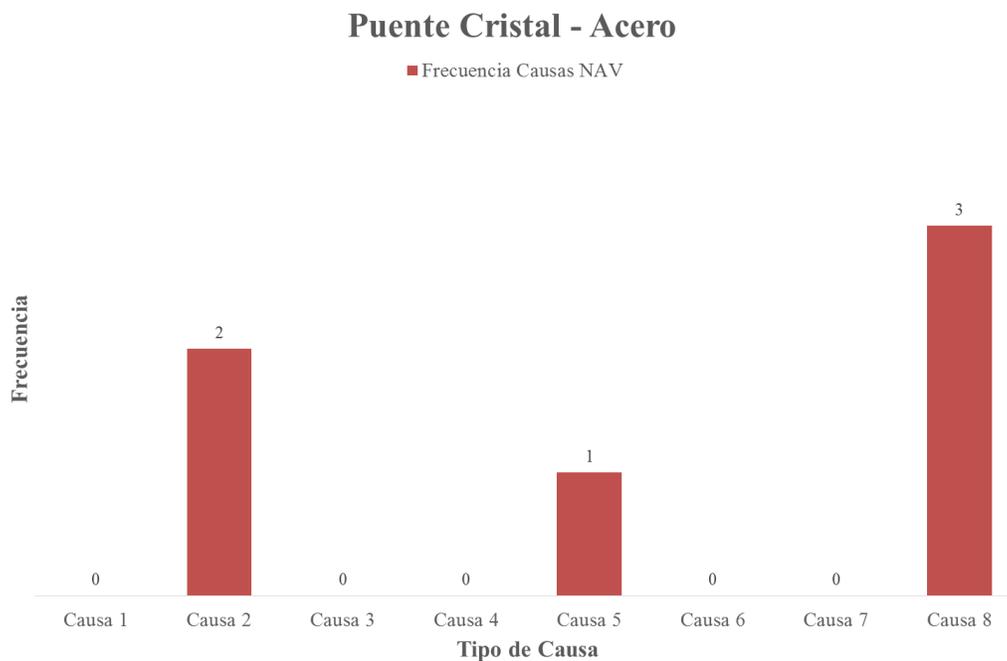


Figura 22. Causas reincidentes rubro acero - Puente Cristal

Elaborado por: María José Lara



Figura 23. Causas reincidentes rubro acero - Puente El Reventado

Elaborado por: María José Lara

8.1.2 Encofrado

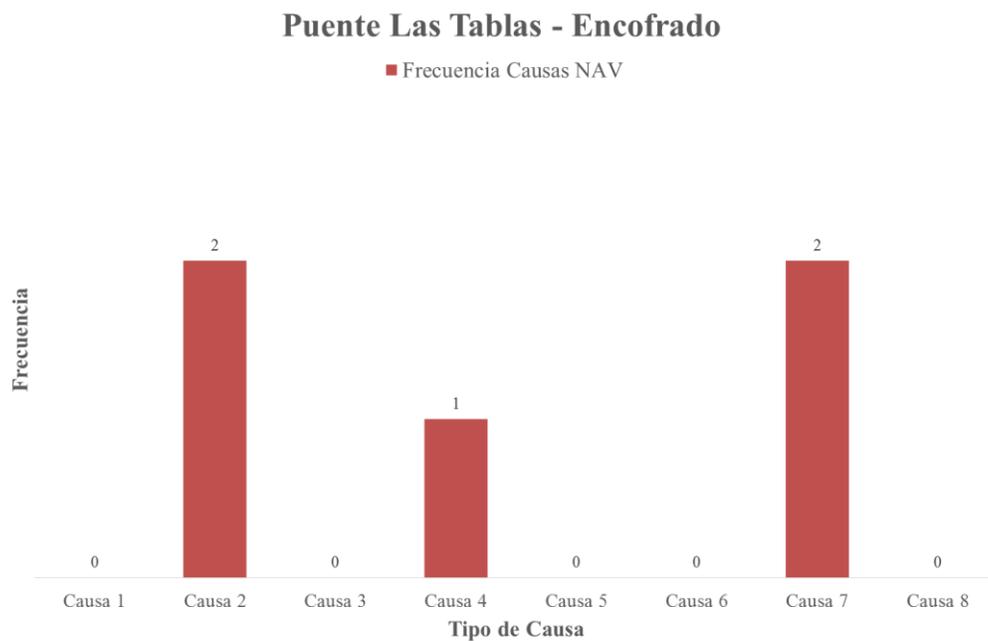


Figura 24. Causas reincidentes rubro encofrado - Puente Las Tablas

Elaborado por: María José Lara

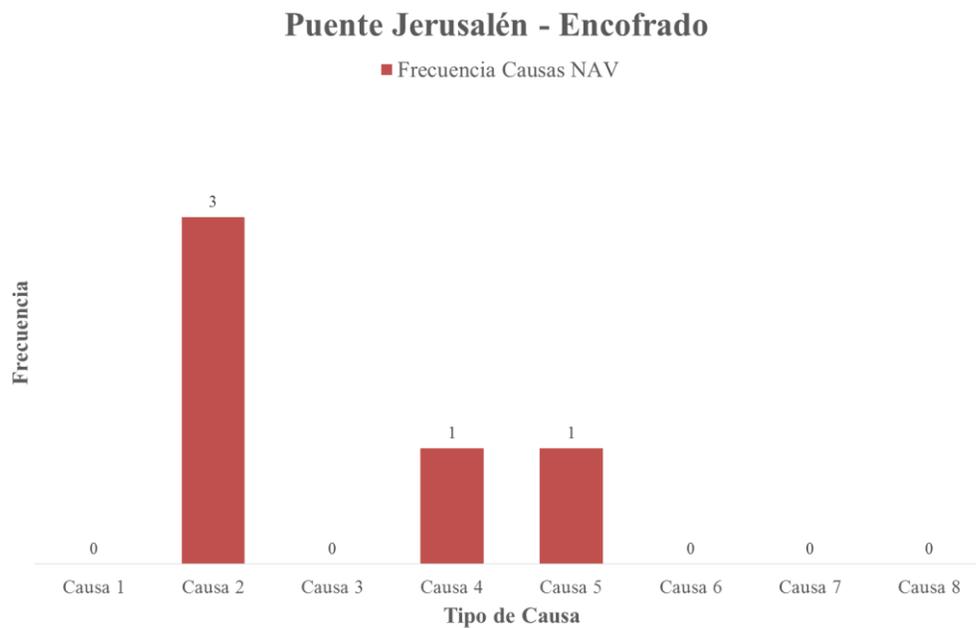


Figura 25. Causas reincidentes rubro encofrado - Puente Jerusalén

Elaborado por: María José Lara

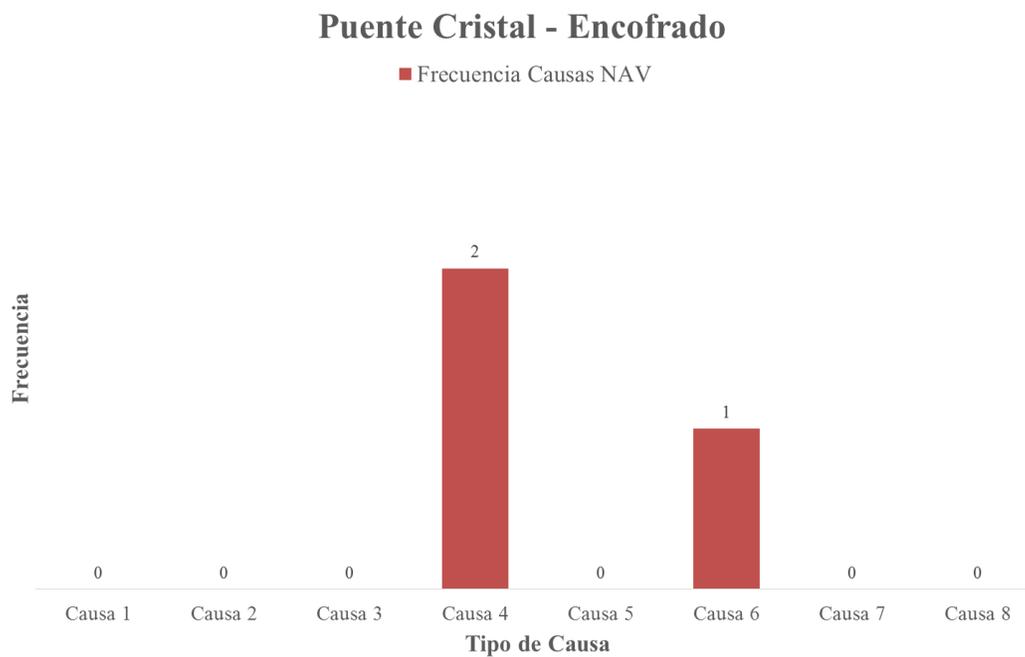


Figura 26. Causas reincidentes rubro encofrado - Puente Cristal

Elaborado por: María José Lara

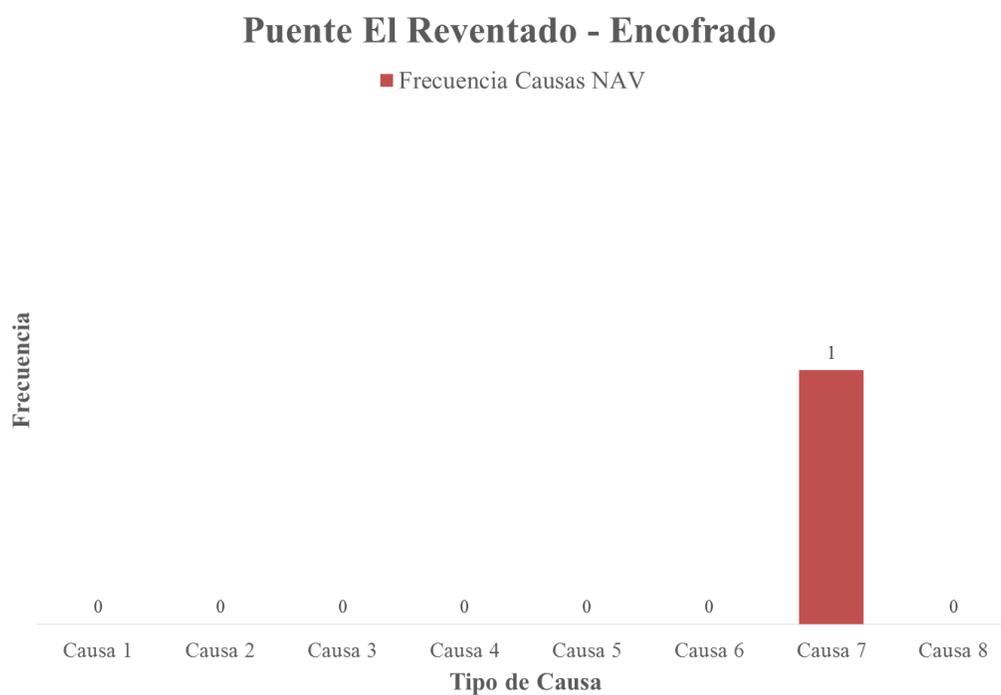


Figura 27. Causas reincidentes rubro encofrado - Puente El Reventado

Elaborado por: María José Lara

8.1.3 Hormigón

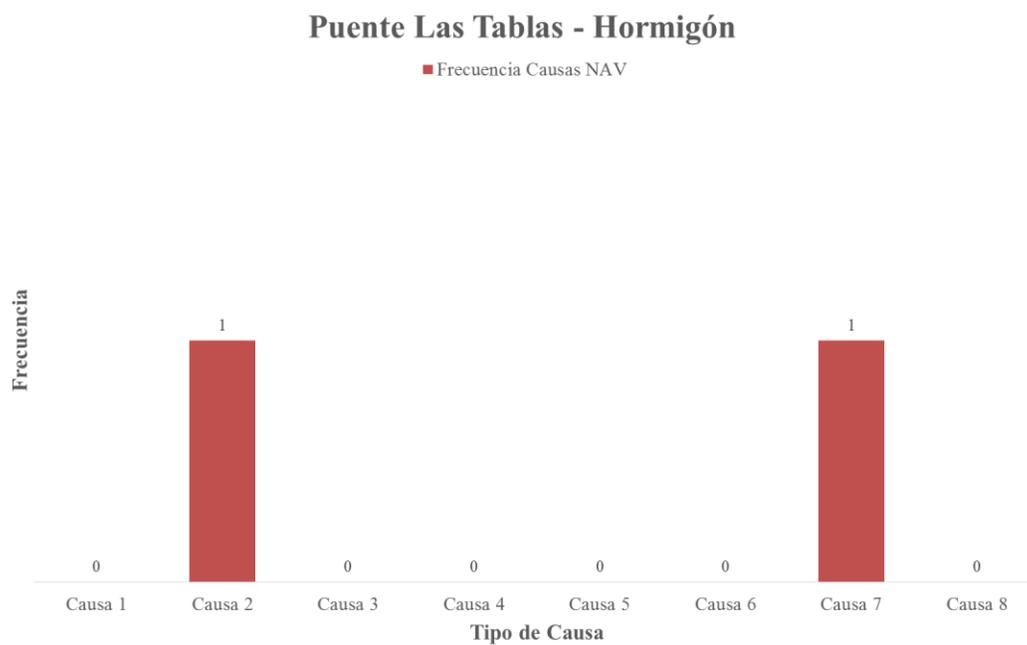


Figura 28. Causas reincidentes rubro hormigón - Puente Las Tablas

Elaborado por: María José Lara

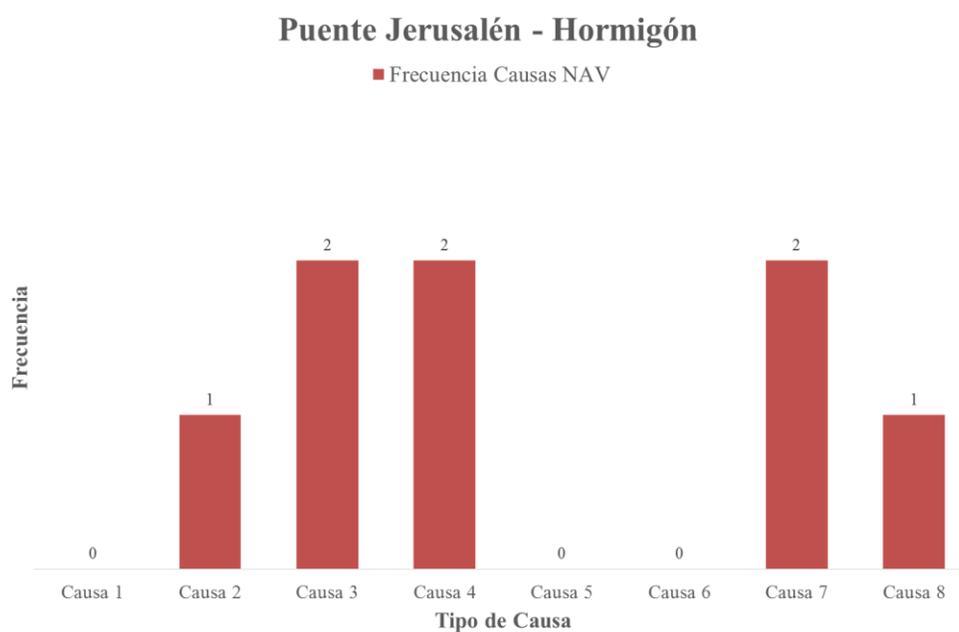


Figura 29. Causas reincidentes rubro hormigón - Puente Jerusalén

Elaborado por: María José Lara

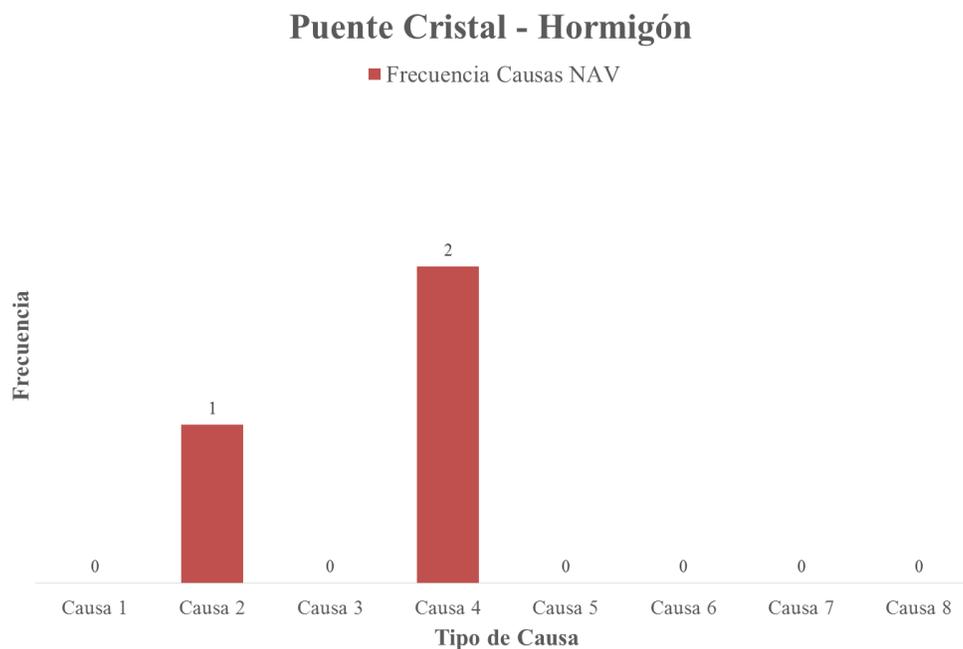


Figura 30. Causas reincidentes rubro hormigón - Puente Cristal

Elaborado por: María José Lara

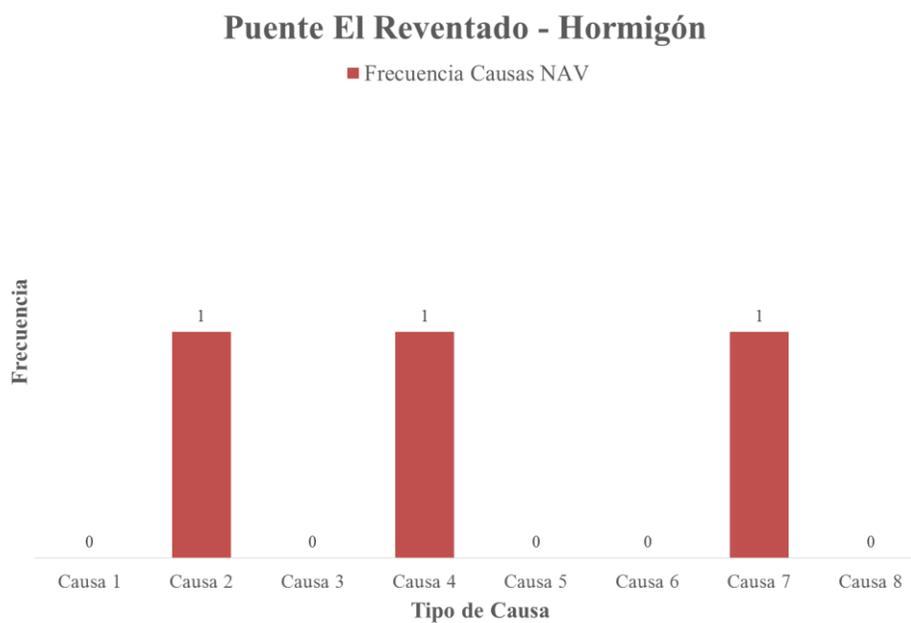


Figura 31. Causas reincidentes rubro hormigón - Puente El Reventado

Elaborado por: María José Lara

8.2 Tablas de datos

8.2.1 Acero

Tabla 2.

Datos rubro acero - Puente Las Tablas

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL			
Nombre del puente	Las Tablas	Rubro	Acero		
Longitud	23m	Fecha	02/03/2017		
Ubicación	Caluma, Bolivar				
Simbología Causas					
1. Falta de supervisión del trabajo.			5. Exceso de tiempo en la toma de decisiones.		
2. Ubicación inapropiada de los materiales.			6. Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas.		
3. Temperatura o clima adverso.			7. Interrupciones no controladas (café, ida a los servicios, etc.).		
4. Falta de equipos y herramientas cuando se requieren.			8. Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea		
Tiempo (min)	Actividad	Clasificación	Causa		
20	Recibir acero de refuerzo	AV			
15	Agrupación y medición de acero de refuerzo previo a su colocación	NAV	2		
4	Revisión de planos para armado de acero de refuerzo	NAV	5		
4	Desamarre de acero	NAV	1		
4	Revisión de planos para armado de acero de refuerzo	NAV	5		
4	Control de espacios entre varillas	AV			
30	Desamarre de acero Ala Derecha del Estribo	NAV	1		
15	Colocación de acero de refuerzo controlando espacios entre ellos	AV			
13	Tiempo muerto en amarre de acero de refuerzo	NAV	2		
51	Colocación y amarre de varillas (7)	AV			
6	Tiempo muerto en amarre de acero de refuerzo	NAV	2		
55	Tiempo muerto en amarre de acero de refuerzo	NAV	3		

Elaborado por: María José Lara

Tabla 3.
Datos rubro acero - Puente Jerusalén

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO		FACULTAD DE INGENIERÍA		ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL			
Nombre del puente	Jerusalén	Rubro	Acero						
Longitud	14m	Fecha	05/03/2017						
Ubicación	San Luis de Pambil, Bolivar								
Simbología Causas									
1. Falta de supervisión del trabajo.					5. Exceso de tiempo en la toma de decisiones.				
2. Ubicación inapropiada de los materiales.					6. Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas.				
3. Temperatura o clima adverso.					7. Interrupciones no controladas (café, ida a los servicios, etc.).				
4. Falta de equipos y herramientas cuando se requieren.					8. Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea				
Tiempo (min)	Actividad			Clasificación	Causa				
20	Recibir el acero de refuerzo			AV					
120	Marcado para ubicar acero y preparación de apoyos para colocar acero			NAV	4				
5	Traslado de acero de refuerzo desde la bodega hasta obra			NAV	2				
5	Traslado y preparación de acero de refuerzo en lugar de trabajo			NAV	2				
5	Colocación de acero de refuerzo (10 varillas) 1:20 por varilla			AV					
10	Paro de trabajo			NAV	3				
12	Amarre de acero de refuerzo (10 varillas) 1:20 por varilla			AV					

Elaborado por: María José Lara

Tabla 4.
Datos rubro acero - Puente Cristal

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO		FACULTAD DE INGENIERÍA		ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL			
Nombre del puente	Cristal	Rubro	Acero						
Longitud	52m	Fecha	13/06/2017						
Ubicación	Vía Balzapamba - Montalvo, Bolivar								
Simbología Causas									
1. Falta de supervisión del trabajo.					5. Exceso de tiempo en la toma de decisiones.				
2. Ubicación inapropiada de los materiales.					6. Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas.				
3. Temperatura o clima adverso.					7. Interrupciones no controladas (café, ida a los servicios, etc.).				
4. Falta de equipos y herramientas cuando se requieren.					8. Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea				
Tiempo (min)	Actividad			Clasificación	Causa				
20	Recibir acero de refuerzo			AV					
7	Elección de acero para empezar armar			NAV	2				
27	Amarre de acero de refuerzo (9)			AV					
31	Colocación de acero de refuerzo (9)			AV					
25	Revisión de planos			NAV	5				
2	Busqueda de acero para armado			NAV	2				

Elaborado por: María José Lara

Tabla 5.*Datos rubro acero - Puente El Reventado*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO		FACULTAD DE INGENIERÍA		ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	
Nombre del puente	Puente El Reventado	Rubro	Acero		
Longitud	12m	Fecha	16/06/2017		
Ubicación	San José del Tambo, Bolivar				
Simbología Causas					
1. Falta de supervisión del trabajo.		5. Exceso de tiempo en la toma de decisiones.			
2. Ubicación inapropiada de los materiales.		6. Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas.			
3. Temperatura o clima adverso.		7. Interrupciones no controladas (café, ida a los servicios, etc.).			
4. Falta de equipos y herramientas cuando se requieren.		8. Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea			
Tiempo (min)	Actividad	Clasificación	Causa		
20	Recibir acero de refuerzo	AV			
12	Colocación y Amarre de acero de refuerzo (6)	AV			
3	Amarre de acero de refuerzo (6)	AV			
5	Revisión de planos	NAV			5

Elaborado por: María José Lara

8.2.2 Encofrado

Tabla 6.*Datos rubro encofrado - Puente Las Tablas*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO		FACULTAD DE INGENIERÍA		ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	
Nombre del puente	Las Tablas	Rubro	Encofrado		
Longitud	23m	Fecha	03/03/2017		
Ubicación	Caluma, Bolivar				
Simbología Causas					
1. Falta de supervisión del trabajo.		5. Exceso de tiempo en la toma de decisiones.			
2. Ubicación inapropiada de los materiales.		6. Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas.			
3. Temperatura o clima adverso.		7. Interrupciones no controladas (café, ida a los servicios, etc.).			
4. Falta de equipos y herramientas cuando se requieren.		8. Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea			
Tiempo (min)	Actividad	Clasificación	Causa		
5	Traslado de madera para preparar encofrado	NAV			2
40	Armado de madera	NAV			4
5	Corte de excesos	NAV			7
5	Traslado encofrado a obra	NAV			2
3	Colocación de encofrado	AV			
0,7	Engrasado de encofrado	NAV			7
20	Amarre de encofrado	AV			
4	Colocación de pingos	AV			

Elaborado por: María José Lara

Tabla 7.
Datos rubro encofrado - Puente Jerusalén

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO		FACULTAD DE INGENIERÍA		ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	
Nombre del puente	Jerusalén	Rubro	Encofrado		
Longitud	14m	Fecha	06/03/2017		
Ubicación	San Luis de Pambil, Bolivar				
Simbología Causas					
1. Falta de supervisión del trabajo.		5. Exceso de tiempo en la toma de decisiones.			
2. Ubicación inapropiada de los materiales.		6. Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas.			
3. Temperatura o clima adverso.		7. Interrupciones no controladas (café, ida a los servicios, etc.).			
4. Falta de equipos y herramientas cuando se requieren.		8. Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea			
Tiempo (min)	Actividad	Clasificación	Causa		
9	Preparación de alambre para encofrado	NAV	4		
180*	Traslado de encofrado de depósito a obra	NAV	2		
36	Traslado de encofrado de camioneta a lugar de trabajo	NAV	2		
3	Nivelación para colocar encofrado	AV			
5	Tiempo muerto durante colocación de encofrado (entre piezas 10)	NAV	5		
18	Colocación y ajuste provicional de encofrado (10 piezas)	AV			
7	Tiempo muerto durante colocación de encofrado (entre piezas 10)	NAV	2		
12	Colocación de soportes y amarrado de encofrado	AV			

Elaborado por: María José Lara

Tabla 8.
Datos rubro encofrado - Puente Cristal

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO		FACULTAD DE INGENIERÍA		ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	
Nombre del puente	Cristal	Rubro	Encofrado		
Longitud	52m	Fecha	14/06/2017		
Ubicación	Vía Balzapamba - Montalvo, Bolivar				
Simbología Causas					
1. Falta de supervisión del trabajo.		5. Exceso de tiempo en la toma de decisiones.			
2. Ubicación inapropiada de los materiales.		6. Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas.			
3. Temperatura o clima adverso.		7. Interrupciones no controladas (café, ida a los servicios, etc.).			
4. Falta de equipos y herramientas cuando se requieren.		8. Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea			
Tiempo (min)	Actividad	Clasificación	Causa		
30	Colocación de encofrado metálico	AV			
15	Amarrado y ajuste de encofrado (colocación de pingos)	AV			
2	Corte de alambre de amarre	NAV	4		
22	Paro de trabajo	NAV	4		
20	Preparación para colocar encofrado	NAV	6		

Elaborado por: María José Lara

Tabla 9.*Datos rubro encofrado - Puente El Reventado*

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL			
Nombre del puente	Puente sobre el Río Reventado	Rubro	Encofrado		
Longitud	12m	Fecha	17/06/2017		
Ubicación	San José del Tambo, Bolivar				
Simbología Causas					
1. Falta de supervisión del trabajo.		5. Exceso de tiempo en la toma de decisiones.			
2. Ubicación inapropiada de los materiales.		6. Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas.			
3. Temperatura o clima adverso.		7. Interrupciones no controladas (café, ida a los servicios, etc.).			
4. Falta de equipos y herramientas cuando se requieren.		8. Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea			
Tiempo (min)	Actividad	Clasificación	Causa		
8	Preparación de encofrado	NAV	7		
150	Encofrado metálico completo	AV			
20	Amarre de todo el encofrado	AV			

Elaborado por: María José Lara

8.2.3 Hormigón

Tabla 10.*Datos rubro hormigón - Puente Las Tablas*

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL			
Nombre del puente	Las Tablas	Rubro	Hormigón		
Longitud	23m	Fecha	04/03/2017		
Ubicación	Caluma, Bolivar				
Simbología Causas					
1. Falta de supervisión del trabajo.		5. Exceso de tiempo en la toma de decisiones.			
2. Ubicación inapropiada de los materiales.		6. Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas.			
3. Temperatura o clima adverso.		7. Interrupciones no controladas (café, ida a los servicios, etc.).			
4. Falta de equipos y herramientas cuando se requieren.		8. Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea			
Tiempo (min)	Actividad	Clasificación	Causa		
10	Preparación de hormigón	AV			
360	Traslado de mezcla	NAV	2		
60	Descarga y esparción de mezcla	AV			
11	Vibrado de hormigón	AV			
4	Control de espacios entre varillas	AV			
36	Limpieza de mixer	NAV	7		

Elaborado por: María José Lara

Tabla 11.
Datos rubro hormigón - Puente Jerusalén

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL			
Nombre del puente	Jerusalén	Rubro	Hormigón		
Longitud	14m	Fecha	07/03/2017		
Ubicación	San Luis de Pambil, Bolivar				
Simbología Causas					
1. Falta de supervisión del trabajo.		5. Exceso de tiempo en la toma de decisiones.			
2. Ubicación inapropiada de los materiales.		6. Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas.			
3. Temperatura o clima adverso.		7. Interrupciones no controladas (café, ida a los servicios, etc.).			
4. Falta de equipos y herramientas cuando se requieren.		8. Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea			
Tiempo (min)	Actividad	Clasificación	Causa		
75	Preparación de canal para hormigón	NAV	4		
60	Tiempo de espera en obra para que llegue mixer	NAV	4		
15	Ajustes de canal para descargar hormigón	NAV	7		
18	Agregado de agua en mezcla de mixer	NAV	3		
40	Preparación de mezcla	AV			
40	Enrosado de hormigón	AV			
40	Paro de primer mixer para lavarlo	NAV	7		
40*	Espera de segundo mixer	NAV	8		
5	Carga de agua para segundo mixer	NAV	3		
160	Vertido de mezcla de hormigón	AV			
480	Traslado de mezcla (4mixer)	NAV	2		

*Tiempo no considerado en mapa porque sucede al mismo tiempo que otra actividad

Elaborado por: María José Lara

Tabla 12.
Datos rubro hormigón - Puente Cristal

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL			
Nombre del puente	Cristal	Rubro	Hormigón		
Longitud	52m	Fecha	15/06/2017		
Ubicación	Vía Balzapamba - Montalvo, Bolivar				
Simbología Causas					
1. Falta de supervisión del trabajo.		5. Exceso de tiempo en la toma de decisiones.			
2. Ubicación inapropiada de los materiales.		6. Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas.			
3. Temperatura o clima adverso.		7. Interrupciones no controladas (café, ida a los servicios, etc.).			
4. Falta de equipos y herramientas cuando se requieren.		8. Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea			
Tiempo (min)	Actividad	Clasificación	Causa		
40	Preparación de mezcla	AV			
140	Traslado de hormigón desde planta (4 mixers)	NAV	2		
75	Preparación de bomba para traslado de hormigón	NAV	4		
50	Espera de mixer para verter hormigón	NAV	4		
64	Se vierte hormigón de mixer en bomba	AV			
12	Esparsión de mezcla	AV			
8	Vibrado	AV			
60	Enrosado de hormigón	AV			

Elaborado por: María José Lara

Tabla 13.*Datos rubro hormigón - Puente El Reventado*

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL			
Nombre del puente	Puente sobre el Río Reventado	Rubro	Hormigón		
Longitud	12m	Fecha	18/06/2017		
Ubicación	San José del Tambo, Bolívar				
Simbología Causas					
1. Falta de supervisión del trabajo.			5. Exceso de tiempo en la toma de decisiones.		
2. Ubicación inapropiada de los materiales.			6. Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas.		
3. Temperatura o clima adverso.			7. Interrupciones no controladas (café, ida a los servicios, etc.).		
4. Falta de equipos y herramientas cuando se requieren.			8. Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea		
Tiempo (min)	Actividad	Clasificación	Causa		
20	Preparación de mezcla	AV			
180	Traslado de hormigón a obra	NAV	2		
11	Preparación de canal para vertido de hormigón	NAV	4		
50	Vertido de hormigón	AV			
20	Esparsión de mezcla	AV			
12	Enrosado de hormigón	AV			
12	Limpieza de mixer	NAV	7		

Elaborado por: María José Lara