

**APOYO A LA SUPERVISIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES  
EN EL MARCO DEL MEJORAMIENTO DEL CORREDOR VIAL HONDA-  
PUERTO SALGAR- GIRARDOT**

**JULIÁN ANDRÉS GÓMEZ VIRVIESCAS**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA, SANTANDER  
JUNIO, 2018**

**APOYO A LA SUPERVISIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES  
EN EL MARCO DEL MEJORAMIENTO DEL CORREDOR VIAL HONDA-  
PUERTO SALGAR- GIRARDOT**

**JULIÁN ANDRÉS GÓMEZ VIRVIESCAS**  
Práctica empresarial presentada para optar por el título de:  
**INGENIERO CIVIL**

**Docente Supervisor:**  
**Ph. D. SANDRA ROCÍO VILLAMIZAR AMAYA**  
**Docente Facultad de ingeniería Civil**

**Supervisor de la empresa C.Q.A. Ingeniería y Soluciones S.A.S.:**  
**Ing. CAROLINA ARIZA SANTOYO**  
**Gerente C.Q.A. Ingeniería y Soluciones S.A.S.**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**BUCARAMANGA, SANTANDER**  
**JUNIO, 2018**

**NOTA DE ACEPTACIÓN:**

---

---

---

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Jurado Calificador**

---

**Jurado Calificador**

**Bucaramanga, Santander - 2018**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto:

De primera mano a Dios por todas las bendiciones que día a día puso en mi camino, a mis padres Dairo de Jesús Gómez Ramírez (q.e.p.d) y a mi mamá Martha Eugenia Virviescas Hernández, por ser mi mayor ejemplo a seguir, ya que me enseñaron que las metas y los propósitos que se deseen en la vida se consiguen con esfuerzo y dedicación; que vale la pena luchar por los sueños y objetivos que se tracen en la vida.

A mi familia por el entero apoyo que cada uno de ellos me brindó en el camino, a los docentes que hicieron parte de mi formación, a mis amigos y compañeros que conocí en el proceso.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por bendecirme y acompañarme en todo momento, por darme la fuerza y la valentía de afrontar el mundo cada día, por regalarme sabiduría y tenacidad y colmarme con grandes dones y capacidades.

A mis padres, Martha Eugenia Virviescas Hernández y Dairo de Jesús Gómez Ramírez (q.e.p.d) por darme la mejor educación, por el esfuerzo y sacrificio que realizaron para que siempre estuviera enfocado en mis sueños y metas. Por los innumerables consejos que me formaron como persona íntegra, por enseñarme y demostrarme que el esfuerzo y dedicación conllevan a superar cualquier obstáculo en la vida. Por guiarme en todo momento, por inculcarme valores como la humildad, el respeto y responsabilidad.

A mi hermano Sergio Alejandro Gómez Virviescas por los consejos, a mi tía Sonia Teresa Virviescas Hernández por ser siempre mi apoyo incondicional. Por esa motivación, por el enorme apoyo en el camino, y a toda la familia por toda la motivación recibida en mi proceso de aprendizaje.

A la Universidad Pontificia Bolivariana por disponer al servicio de mi aprendizaje todas las herramientas necesarias para lograrlo, por forjar además de un perfil educativo, un perfil humano.

A la Ingeniera Sandra Rocío Villamizar Amaya, supervisora de la práctica por su colaboración en todo el proceso de la práctica.

A la empresa C.Q.A. Ingeniería y Soluciones S.A.S por confiar en mis capacidades y permitir realizar el proceso en su frente de obra; a la Ingeniera Carolina Ariza y la Ingeniera Viviana Castaño, por el continuo acompañamiento en este primer alcance al perfil profesional.

# Contenido

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>GLOSARIO.....</b>	<b>3</b>
<b>4.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....</b>	<b>5</b>
<b>5.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>6</b>
<b>6.</b>	<b>DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO .....</b>	<b>7</b>
6.1	RECONSTRUCCIÓN DE BOX CULVERTS.....	9
6.2	CONSTRUCCIÓN ALCANTARILLA NO REVESTIDA .....	12
6.3	CONSTRUCCIÓN DE MUROS PATEROS.....	14
6.4	RECONSTRUCCIÓN DE PUENTE 16G.....	15
<b>7.</b>	<b>APORTE AL CONOCIMIENTO.....</b>	<b>18</b>
7.1	MÉTODOS DE ENCOFRADO: ¿CUÁL ES EL MEJOR?.....	18
7.2	CONTROL DEL IMPACTO DE LA NATURALEZA EN LAS OBRAS CIVILES.....	20
7.3	EXPERIENCIA DE RECONSTRUCCIÓN DEL BOX COULVERT 79+955.....	21
7.4	FASES RECOMENDABLES PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RECURSO TIEMPO EN LA CONSTRUCCIÓN DE ALGUNAS OBRAS COMPLEMENTARIAS .....	22
7.5	RENDIMIENTO PROMEDIO EN CAMPO DE M3 DE CONCRETO PARA UNA CUADRILLA DE 1 OFICIAL Y 3 AYUDANTES 26	
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>27</b>
<b>9.</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>28</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA C.Q.A INGENIERÍA Y SOLUCIONES S.A.S.....	5
FIGURA 2. LOCALIZACIÓN DEL CORREDOR VIAL HONDA - PUERTO SALGAR - GIRARDOT.....	6
FIGURA 3. CONSTRUCCIÓN DEL CAMPAMENTO.....	9
FIGURA 4. BOX COULVERT ANTIGUO KM 85+955.....	10
FIGURA 5. EXCAVACIÓN BOX COULVERT KM85+955 /RETROEXCAVADORA HYUNDAI 210-W.....	11
FIGURA 6. DEMOLICIÓN BOX COULVERT KM 85+955 / RETROEXCAVADORA HYUNDAI 210-W.....	11
FIGURA 7. VISTA FRONTAL DEL ENCOFRADO Y DEL PLANO DEL BOX COULVERT 2 X 2 M.....	12
FIGURA 8. INSTALACIÓN TUBERÍA EN CONCRETO REFORZADO DIÁMETRO = 90 CM.....	13
FIGURA 9. DESCARGUE DE TUBERÍA PARA ALCANTARILLA NO REVESTIDA.....	13
FIGURA 10. PLANO ACEROS Y LONGITUDES MURO PATERO H=2,00 M.....	15
FIGURA 11. MURO PATERO EN ETAPA DE EJECUCIÓN KM 79+800, MÓDULOS 1,2 Y 3.....	15
FIGURA 12. AMARRE DE ACEROS EN LA VIGA 1 ETAPA 1 PUENTE 16G.....	16
FIGURA 13. ENCOFRADO VIGA 1, ETAPA 1 PUENTE 16G.....	17
FIGURA 14. ÍZQUIERDA MÉTODO ALINEADOR-CORBATA, DERECHA MÉTODO CERCHA TORÓN.....	19
FIGURA 15. INUNDACIÓN BOX COULVERT KM 86+242.....	20
FIGURA 16. INUNDACIÓN EN LA EXCAVACIÓN DEL MURO PATERO 79+800.....	21
FIGURA 17. BOX CULVERT – ACERO FIGURADO.....	23
FIGURA 18. BOX COULVERT ACERO NO FIGURADO, FASE I A LA XI.....	24
FIGURA 19. MURO PATERO ACERO FIGURADO, FASE I A LA VII.....	24
FIGURA 20. ALCANTARILLA NO REVESTIDA, FASE I A LA VII.....	25
FIGURA 21. PUENTE POST-TENSADO (HASTA LA ETAPA DE LAS VIGAS), FASE I A LA XI.....	25

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. CUADRO PLANO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS EJECUTADAS SEPTIEMBRE 2017 - ENERO 2018.....	8
TABLA 2. METROS CÚBICOS DE CONCRETO PARA LA ETAPA I DEL BOX COULVERT.....	12
TABLA 3. RENDIMIENTO PROMEDIO DE M <sup>3</sup> /DÍA DE CONCRETO PARA BOX COULVERT 2 X 2 M.....	26



## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** APOYO A LA SUPERVISIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES EN EL MARCO DEL MEJORAMIENTO DEL CORREDOR VIAL HONDA-PUERTO SALGAR- GIRARDOT

**AUTOR(ES):** JULIÁN ANDRÉS GÓMEZ VIRVIESCAS

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR(A):** SANDRA ROCÍO VILLAMIZAR AMAYA

### RESUMEN

El presente documento describe el trabajo desarrollado con la empresa C.Q.A Ingeniería y Soluciones en el corredor vial Honda-Puerto Salgar-Girardot. La práctica estuvo orientada hacia el apoyo al control y programación de obra en el cargo de auxiliar de residencia de obra. En el proyecto se llevaron a cabo estructuras complementarias de la vía (muros de contención, alcantarillas, box culverts, y la etapa 1 de un puente con vigas post-tensadas). Mi papel consistió en realizar actas parciales de entrega, donde se registraban la cantidad de actividades ejecutadas para cobrarlas en cada corte, llevando el control de la nómina y consignando horas extras dominicales de los días trabajados por los empleados. Adicionalmente, llevé la bitácora de obra de lo realizado en el día, en conjunto con el control de materiales; también me encargué de realizar los pedidos a los contratistas con anticipación, y siempre confirmándolos el día anterior. Finalmente, apoyé el seguimiento de la obra en campo. Como aporte al conocimiento presento cuatro temas: (1) métodos de encofrado, ¿cuál es el mejor? (2) control del impacto de la naturaleza en las obras civiles (3) experiencia de la reconstrucción del box culvert 79+955 y (4) fases recomendables para la optimización del recurso tiempo en la construcción de algunas obras complementarias. Estos temas son de gran importancia para los ingenieros jóvenes que se empiecen a desempeñar en la residencia de obras.

### PALABRAS CLAVE:

Residencia de obras civiles, control y programación, seguimiento, corredor vial

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

## GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

**TITLE:** SUPPORT FOR SUPERVISION IN THE CONSTRUCTION OF CIVIL WORKS IN THE FRAMEWORK OF THE IMPROVEMENT OF THE ROAD CORRIDOR HONDA-PUERTO SALGAR- GIRARDOT

**AUTHOR(S):** JULIÁN ANDRÉS GÓMEZ VIRVIESCAS

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** SANDRA ROCÍO VILLAMIZAR AMAYA

### ABSTRACT

This document describes the work carried out with the company “CQA Ingeniería y Soluciones” in the Honda-Puerto Salgar-Girardot road corridor. The internship was oriented towards supporting the control and work scheduling of the project, as a resident assistant. The project consisted of construction of complimentary structures of the road system such as retaining walls, culverts, box culverts, and stage one of a bridge with post-tensioned beams. My role consisted in making partial delivery records, to make sure that all the executed activities were registered so they could be charged timely. I was in charge of keeping track of the payroll and recording all the extra hours worked by the employees. Additionally, on a daily basis, I kept track of all the activities carried and the materials used. I also was in charge of making purchasing orders on a timely manner always confirming them on the previous day they were needed. Finally, I supported all the activities related to the follow-up of the work in the field. As a knowledge contribution, I present four topics (1) formwork methods, which one is the best?, (2) control of the impact of nature on civil works, (3) reconstruction experience of the box culvert 79 + 955, and (4) suggested phases for the optimization of the time resource in the construction of some complementary works. These topics may be valuable information for the junior engineers who start working on the area of residence.

### KEYWORDS:

Civil works residence, Control and programming, monitoring, road corridor

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

## 1. INTRODUCCIÓN

Colombia es uno de los países más húmedos del planeta, esta condición implica que las carreteras se encuentren sometidas de manera frecuente a la acción del agua lluvia, y que deban atravesar numerosos cursos de agua. Así mismo, dada la distribución de la población en el país, buena parte de la red vial nacional transcurre en terrenos montañosos, donde el agua subterránea afecta con frecuencia la estabilidad de los taludes y debilita los suelos que soportan los pavimentos. Esta combinación de circunstancias hace especialmente necesarios el diseño y la construcción de sistemas de drenaje, cuya eficacia dependerá de la calidad en los procesos constructivos y el seguimiento minucioso de la obra (Instituto Nacional de Vías, 2009).

Se debe considerar a la industria de la construcción como el mayor empleador industrial del mundo, pues es un sector que ejerce un efecto multiplicador en la economía; ya que puede decirse que por cada trabajo en la construcción se generan dos trabajos más en el mismo sector (Análisis económico de ABG, 2014). Debido a esto, un proyecto debe estar siempre en constante control, donde se disminuya tiempo en el seguimiento minucioso de los procesos de las obras, y la logística de un planteamiento de estrategias que den siempre seguridad en las tomas de decisiones. Por lo que es necesario hacer uso de todas las herramientas disponibles en el medio, como el apoyo del recurso humano y personas con cualidades especiales, liderado por una pieza clave dentro de un engranaje general llamado residente de obra. La experiencia como auxiliar residente de obra permite un acercamiento profundo a todas las estrategias de planificación, programación y ejecución que se adquieren a través de la experiencia; ya que el residente está en la obra para velar por los intereses del propietario, haciéndolo con rectitud y ecuanimidad, siendo imparcial en cuanto a su autoridad y precavido con sus decisiones (Lesur, 2007). Es así, que en la sección del aporte al conocimiento se mencionan algunos temas que considero de suma importancia para un primer acercamiento a la ejecución, como los métodos de encoframiento, fases recomendables para optimizar el tiempo de construcción, mitigación del impacto de la naturaleza en las obras, experiencia en la reconstrucción de un box coulvert y un cálculo promedio de rendimiento de una cuadrilla para la construcción de un box coulvert.

## **2. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Apoyar los procesos de control, administración y seguimiento de la construcción de estructuras hidráulicas, de paso y de contención en el corredor vial Honda-Puerto Salgar-Girardot; mediante la identificación de las actividades de obra logrando el fortalecimiento del conocimiento teórico-práctico que contribuya a la formación integral del estudiante.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar y caracterizar las obras de infraestructuras necesarias para el mejoramiento de un corredor vial.
- Consolidar el conocimiento teórico en los aspectos tipo administrativos que deriven en el control y reconocimiento de tiempos de ejecución de una cuadrilla, caracterización de materiales y programación de actividades, mediante el apoyo en campo a la supervisión de obra de un proyecto de mejoramiento vial.
- Calcular mediante la observación y análisis el rendimiento en campo en metros cúbicos (M3) de concreto con una cuadrilla compuesta por 1 oficial y 3 ayudantes para la construcción de un box culvert.

### 3. GLOSARIO

Esta sección presenta a continuación una serie de términos que son pertinentes a la actividad constructiva.

**Batea:** Nivel de cota de la estructura por donde se desplaza el agua. (Gómez, 2013).

**Box coulvert:** Son elementos de gran tamaño elaborados en concreto reforzado los cuales pueden ser prefabricados, estos componen un sistema modular en el que cada parte se conecta con el otro para formar un túnel; cada elemento se empalma con el otro a través de un espigo, el cual lleva incorporado un sellante bituminoso, que al estar sometido a presión forma un sello hidráulico hermético (Velandia, 2012).

**Muros de contención:** Se define como muro de contención a toda estructura continua, que de forma activa o pasiva produce un efecto estabilizador sobre una masa de terreno al proporcionarle a este soporte lateral (Gómez, 2013).

**Paral:** Madero que sale de un mechinal o hueco y sostiene el extremo de un tablón de andamio. (Instituto universitario politécnico, 2011).

**Replanteo:** Acción de trazar o controlar en el terreno un proyecto antes, durante y después de su ejecución, y cuantas veces sea necesario (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2008).

**Torones:** Elementos constitutivos de los cables de acero (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2008).

Otros términos que son de común uso en la construcción son:

**Alineador:** Listón metálico usados para trancar los tableros, reemplazando las cerchas

**Cerchas:** Herramienta en acero usada como viga o refuerzo en obras falsas

**Chapeta:** herramienta pequeña usada para trancar un tablero con el otro mediante sus uniones laterales.

**Corbata:** Listón de acero con huecos en sus extremos, usadas para asegurar los tableros internamente. Es necesario untarlos de grasa y forrarlos con un material tipo Icopor para su facilidad al retirarlos después de fundir.

**Descapote:** Actividad inicial de obra que consiste en remover la capa vegetal

**Formaleta:** Tablero de varias medidas usadas para armar el molde de la obra falsa, se unen mediante chapetas.

**Obra falsa:** Estructura compuesta con cerchas y formaleta utilizada como molde para fundir la estructura.

**Muro Patero:** Muro de contención de taludes

**Parales:** Funcionan como columnas para la obra falsa. Se utilizan para trancar; poseen niveles de ajuste según la medida requerida.

**Pines:** Pedazos de acero comúnmente de 3/8 usados para asegurar las corbatas a lado y lado de ellas, instalándola en los huecos.

**Replanteo:** Preparación del terreno según los puntos y niveles correspondientes

**Solado:** Concreto de limpieza de baja resistencia

**Tortón:** unión de varias tiras de alambre galvanizado usadas como amarre en diferentes lugares de la obra falsa.

#### 4. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

C.Q.A Ingeniería y Soluciones S.A.S fue constituida el 24 de octubre de 2016 en la ciudad de Cimitarra, Santander; actualmente es una empresa dedicada a la construcción de obras civiles, especializada en puentes, obras hidráulicas, muros y cimentaciones. La empresa está conformada por 5 asociados, mayormente representados en las ciudades de Manizales y Cimitarra, trabajando conjuntamente con la empresa Ingeniería de vías S.A.S en la construcción de puentes y muros sobre caissons en la Ruta del Carare. Adicionalmente en Ibagué con Construcciones Colpatría S.A.S, realizando tramos de muros de contención y muros pateros; en algunos pueblos como Oiba y Guadalupe (Santander) en el corredor agroforestal, construyendo también muros de contención, en Puerto Salgar, construyendo alcantarillas y box coulverts con la Ingeniería de Vías S.A.S. Y recientemente en el corregimiento de Cambao (municipio de San Juan de Río Seco, Cundinamarca), construyendo puentes con vigas post-tensadas, muros pateros, box coulverts y alcantarillas. La Empresa se encuentra organizada estructuralmente de la siguiente manera:

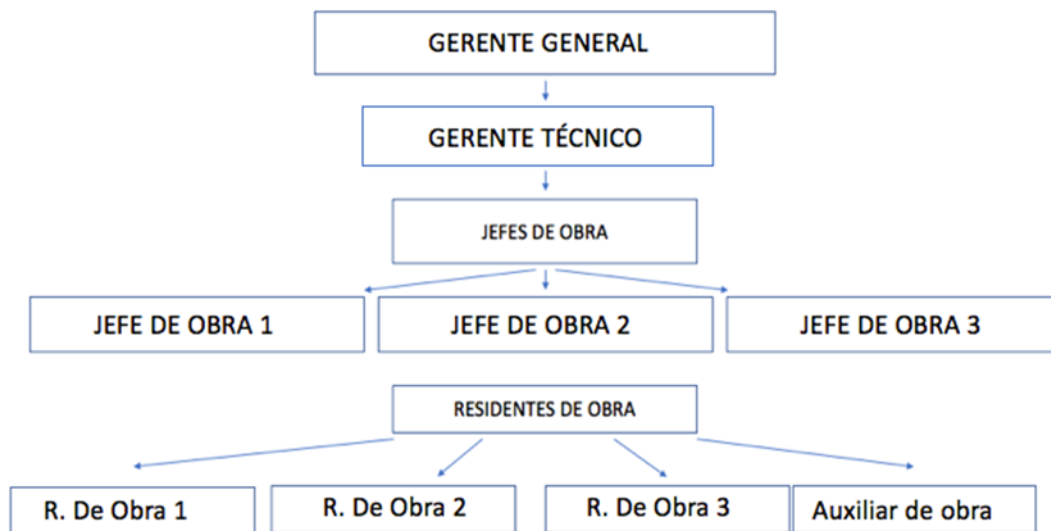


Figura 1. Estructura organizacional de la empresa C.Q.A Ingeniería y Soluciones S.A.S

## 5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El corredor vial Honda – Puerto Salgar – Girardot, es un proyecto incluido en el plan de redes complementarias a las vías4G, adjudicado a la empresa MHC (Mario Huertas Cote); este proyecto consiste en el replanteo, pavimentación y construcción de estructuras necesarias para la reconstrucción del tramo de vía existente, el cual tiene como objetivo principal rediseñar un trayecto más eficiente, interviniendo el 100% de este. Para de esta manera, poder generar importantes ahorros en tiempo de desplazamiento y costos en operación vehicular en la ruta; ya que incrementará el comercio y transporte de carga entre el Putumayo y el norte del país, al conectar con la Ruta del Sol. También se tendrá acceso a los puertos de Cartagena y Barranquilla, además beneficiará de manera directa a los municipios de Girardot, Guaduas, Nariño, Guataquí, Puerto Salgar, Chaguaní y San Juan de Río Seco.

El proyecto consiste en una inversión aproximada de 1.4 billones de pesos con el objeto de mejorar la conectividad entre tres departamentos; este dio inicio hace 1 año y la empresa CQA Ingeniería y Soluciones S.A.S, inició actividades en Julio de 2017 en modo subcontratista, en el tramo que comunica los corregimientos de Cambao-Beltran-Gramalotal km 70 al km 90, construyendo obras de paso, obras hidráulicas y de contención.

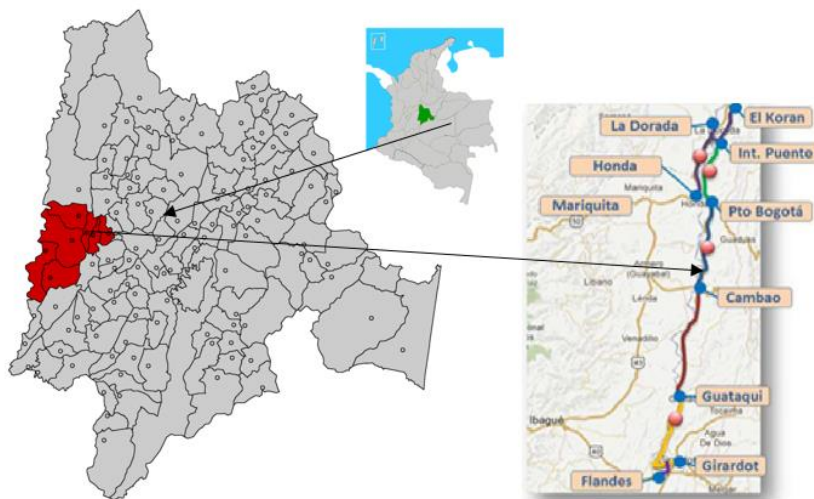


Figura 2. Localización del corredor vial Honda - Puerto Salgar - Girardot.  
Fuente: Gobernación de Cundinamarca (<http://www.cundinamarca.gov.co>)



## 6. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO

Una de las obligaciones y responsabilidades del residente de obra es ser el encargado de la planificación, coordinación del personal y de los diferentes contratistas; así como lograr que todo funcione de acuerdo al plan de acción o programación establecida (Hernández, 2017), donde se debe tener estricto control en las necesidades de sus frentes de obra, en las que se incluyen materiales, maquinaria y recurso humano. El balance de estas obligaciones, genera una herramienta clave para desarrollar las actividades lo más eficiente posible.

Mi función principal como auxiliar residente de obra, fue apoyar el control de los procesos y actividades programados para la ejecución de obras complementarias del corredor vial, donde también contribuía con la organización de las actividades fundamentales, como el control de los materiales, el cual considero una de las actividades más indispensables y fundamentales de la ejecución en campo; mediante este proceso se realiza la cuantificación del material, realizando las cubicaciones y los despieces de acero respectivos de las estructuras, para garantizar su disponibilidad.

Una de las actividades importantes dentro del control de material, fueron los pedidos de concreto, la empresa MHC contaba con planta de concreto en campo, por lo que debía apoyar las solicitudes mediante la programación y cubicación de los concretos; este pedido se realizaba con un día de antelación a fundir, y el mismo día a ejecutarlo se realizaba la confirmación del pedido como mínimo dos horas antes. Los otros materiales necesarios como cintas de pvc, madera, alambre negro, alambre galvanizado y curasol, se pedían directamente al almacén.

Todas estas actividades hacen parte de un control más general, que vienen siendo el apoyo al continuo ajuste semanal de la programación real en obra; ya que siempre existen algunos percances o imprevistos que son difíciles de controlar y generan retrasos en la programación; por ende, otra de mis funciones consistió en la participación de los informes con las novedades, la bitácora de obra y los controles que se comparan con la programación real de obra y la programación elaborada.

Durante el tiempo que apoyé el proceso de construcción de las obras, tuve participación en 4 obras tipo box coulvert, 1 obra tipo alcantarilla, 2 obras tipo muros pateros y 1 obra tipo puente post-tensado, donde se completaron algunas obras al 100% y otras se concretaron por etapas, como el puente.

Para la ejecución de las obras civiles fue necesario como primera medida un plan de acción, en donde se realizó un reconocimiento del terreno con las respectivas visitas de obra, requiriendo evidenciar la razón por la cual fue necesario intervenir. En nuestro caso la mayoría de las razones fueron cambios, debidos al nuevo diseño de la vía que exigía mayor anchura en batea de box y cambio en la alineación del eje de la vía.

Tabla 1. Cuadro plano de las características de las obras ejecutadas Septiembre 2017 - Enero 2018.

<i>TIPO DE OBRA</i>	<i>ANCHO (m)</i>	<i>ALTO (m)</i>	<i>LARGO (m)</i>	<i>*OTRA DIMENSIÓN</i>
<i>Box coulvert #1</i>	2	2	17	X
<i>Box coulvert #2</i>	2	2	15	X
<i>Box coulvert #3</i>	2	2	15	X
<i>Box coulvert #4</i>	2	2	17	X
<i>Puente 16g</i>	X	x	38	2 vigas etapa I
<i>Alcantarilla #1</i>	X	x	x	15 tubos
<i>Muro Patero #1</i>	1.85	2	30	X
<i>Muro Patero #2</i>	1.85	2	30	x

Las obras de mejoramiento en una vía pueden variar según su estado y grado de aprovechamiento, por lo que podemos encontrar obras nuevas, obras de reconstrucción y obras de mejoramiento. Adicionalmente, para dar inicio se requirió la construcción del campamento en obra, realizando una coordinación de elementos básicos de primeros auxilios y de emergencia (camilla inmovilizadora, extintor, botiquín, agua). Según los requerimientos del equipo de HSE.



Figura 3. Construcción del campamento.

### **6.1 Reconstrucción de box culverts**

En el proceso de reconstrucción de este tipo de estructuras, se deben tener en cuenta aspectos tales como la gestión que el residente deberá realizar antes de ejecutar la obra, partiendo desde el control de la excavación, en este caso de media calzada, hasta encontrar la estructura para luego proceder a demolerla; en algunos casos se utilizó la placa del box antiguo como solado y se realizaron mejoramientos en las estructuras, que cumplieran con los requisitos óptimos de calidad realizada por la agencia nacional de interventoría.

Para la determinación del apoyo al control de obra, se debe conceptualizar el problema principal que va enlazado con la óptima ejecución y sus recursos. Además, su característica principal se enfoca en las etapas o ciclos que conllevan a construir este proyecto (Díaz y Porras, 2015), por ello es de vital importancia aprender a conocer muy bien las herramientas disponibles y sus alcances, al igual que la maquinaria; ya que de esto dependerá el comportamiento y cumplimiento de nuestra programación. La cual tendrá como misión ser siempre lo más eficiente posible, por esta razón considero que identificar el tipo de maquinaria necesaria para iniciar una actividad, será uno de los primeros ítems que el residente deberá incluir en su plan de ejecución, como el caso de estas estructuras; pues siempre debemos optimizar el recurso tiempo al máximo, por esto se especificó en la solicitud de equipo y maquinas, que la retroexcavadora incluyera el martillo hidráulico para tener la capacidad de excavar y demoler la estructura con una sola máquina.



Figura 4. Box culvert antiguo km 85+955.

Así mismo se debe estar al tanto de las actividades a futuro consignadas en la programación, de esta manera se ejerce un control en la disponibilidad de los suministros y máquinas sin obtener ningún retraso; como por ejemplo, la programación de un vibro compactador para utilizarlo después del replanteo manual, esto implica conocer el tiempo de ejecución de cada actividad, para coordinar la llegada de la maquinaria y de esta manera tener listo el replanteo, que permitirá la continuación de G a la siguiente actividad. La cual fue el concreto de limpieza, en donde es recomendable programar un concreto pobre (2000 psi).

Por otro lado, es indispensable conocer principalmente el sistema y logística de las empresas constructoras, ya que ellas tienen procesos diferentes para realizar cualquier actividad, sea desde la logística de los concretos hasta la reglamentación de MHC. De esta forma, se conoció que el cuerpo del box culvert debe amarrarse con acero pedido ya figurado, por lo que fue necesario incluir en la programación el ajuste de días para que este material llegara en obra, cerca de los días que se esté en la etapa de excavación y demolición. Allí, una de mis labores principales fue apoyar esta coordinación de obra en el tiempo justo.



Figura 5. Excavación Box culvert Km85+955 /Retroexcavadora HYUNDAI 210-W.



Figura 6. Demolición Box culvert Km 85+955 / Retroexcavadora HYUNDAI 210-W.

Los pedidos de acero los controlaba mediante un cálculo de cantidades de obra ejecutando un despiece de los planos aprobados por la interventoría.

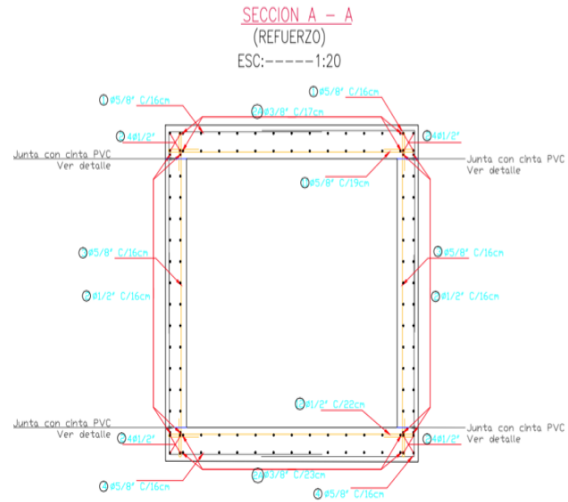


Figura 7. Vista frontal del encofrado y del plano del Box coulvert 2 X 2 m.

Tabla 2. Metros cúbicos de concreto para la etapa I del box coulvert.

<i>Etapa Constructiva</i>	<i>Largo (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Alto (m)</i>	<i>Concreto (M3)</i>
<i>Solado</i>	9.6	2.5	0.05	1.2
<i>Placa Inferior</i>	9.5	2.4	0.25	5.7
<i>Elevación 1</i>	9.5	0.20	2	3.8
<i>Elevación 2</i>	9.5	0.20	2	3.8
<i>Placa Superior</i>	9.5	2.4	0.25	5.7
<i>Total</i>				19

## 6.2 Construcción alcantarilla no revestida

Paralelamente se dio inicio a la alcantarilla, obra que a diferencia de los box culverts no necesitaba demolición ya que era una obra nueva, la cual se decidió empalmar con un boxculvert que se encontraba a unos metros, este box culvert no se intervino ya que se encontraba fuera del eje de la nueva vía; pero si se utilizó como descole de la escorrentía que trasportará la nueva alcantarilla.

Este tipo de alcantarilla se caracteriza por no ser revestida, simplemente es apoyada sobre un solado de 0.15 m y asegurada con un atraque de concreto de baja resistencia (2000 psi) similar al solado; y según la norma, fundida a una altura de 1/3 del diámetro del tubo de referencia.



Figura 8. Instalación tubería en concreto reforzado Diámetro = 90 cm.



Figura 9. Descargue de tubería para alcantarilla no revestida.

Para dar inicio a la instalación se tuvo que realizar la orden de pedido de los tubos con una semana de antelación, y un día anterior a la ejecución se programó maquinaria para poder descargar los tubos, no fue necesaria una retroexcavadora grande, con una mediana tipo pajarita se pudo realizar la actividad.

Se debe tener en cuenta, que es indispensable conocer muy a fondo el tipo de actividad a realizar, ya que en los inicios se pudo iniciar la obra sin un maestro, solo se necesitaba 3 auxiliares para descargar los tubos; siendo ese tipo de administración de personal, una de las tareas a apoyar en las que pude participar.

### **6.3 Construcción de muros pateros**

Los muros son elementos constructivos cuya principal misión es servir de contención, bien sea de un terreno natural, un relleno artificial o de un elemento a almacenar (Universidad de castilla, 2011), en este caso, vamos hablar de muros pateros, que son un tipo de muro de contención, estos se encargan de contener directamente la parte inferior del talud; estructuralmente se componen de una zarpa con dentellón y el muro o elevación. El acero de esta estructura se solicitaba recto, a pesar de que nos acarrea programar una actividad más como es la figuración, se logró un rendimiento en ejecución mayor; pues este tipo de muros por ser todo su acero en calibre 3/8" requiere de un rendimiento más dinámico y extenso, siendo más fácil que figurar acero de calibres de mayor dimensión.

Calcular y Conocer este tipo de rendimientos fue indispensable en la ejecución de los muros, ya que en la programación estas estructuras me permitían agregar más tareas al día. Esta construcción en horas hombre/m<sup>3</sup> era menor.

Este tipo de estructuras se compone por módulos de 6m según las especificaciones del diseñador, esta estructura no se podía fundir monolítica por la dilatación de las juntas, por eso se decidió con la cuadrilla diseñar un plan de ejecución, donde se llegó a intervenir por módulos intercalados, fundiendo módulos 1-3-5 y después el 2-4 para optimizar el tiempo de ejecución.



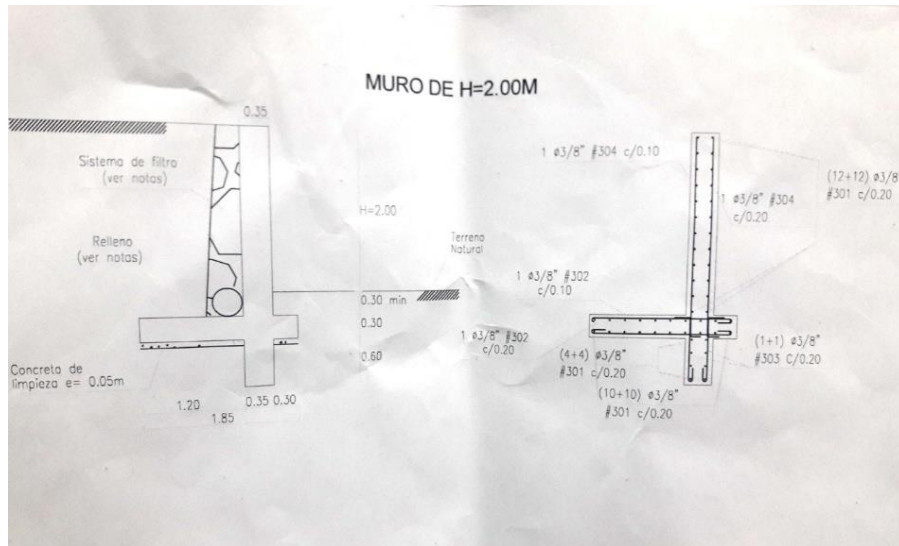


Figura 10. Plano aceros y longitudes muro patero H=2,00 m.



Figura 11. Muro patero en etapa de ejecución km 79+800, módulos 1,2 y 3.

#### 6.4 Reconstrucción de puente 16G

Esta obra consistió en la reconstrucción del puente de Calacuta, ubicado entre el corregimiento de Cambao y el municipio de Beltrán. Este puente, se decidió intervenir por el nuevo diseño de la vía, que tiene la característica de construirse con peralte; ya que se encuentra en la longitud de desarrollo de la curva, además cuenta con una técnica particular en sus vigas, las cuales están diseñadas bajo el método de post tensado. Este método consiste en construir una viga más liviana pero más resistente, por lo que se

requirió la instalación de 4 ductos en aluminio reforzado en toda la luz de la viga, los cuales se instalan inmediatamente después de amarrar los aceros.

Para poder iniciar con la reconstrucción, apoyé el control y la solicitud del equipo de demolición y oxicorte, ya que los estribos a construir debían estar amarrados a los pilotes previamente construidos y era necesario hacer un corte limpio en la placa superior del puente; para poder conservarla estructuralmente en buenas condiciones y dar paso por medio del puente, pues la reconstrucción se desarrollaría en 2 etapas.

Para iniciar con los estribos, se descalcificaron los pilotes hasta el nivel requerido y se programó solado para iniciar con el amarre de los aceros. Uno de los contratiempos fue un derrumbe ubicado en el estribo No.1, ya que el paso a nivel del puente el talud provisional quedo un poco inestable. Se inició con un plan de contención provisional utilizando las mismas barreras de la vía.

Después de fundidos los estribos se dio inicio al armado de la obra falsa para soportar la viga llamada cimbra, la cual es un juego de diagonales y amarres en forma de ángulos que simula y trabaja como una cercha. Esta es capaz de soportar el peso de la viga y sirve de piso para nuestra viga.



Figura 12. Amarre de aceros en la viga 1 etapa 1 puente 16G.

Se programó la instalación de los juegos de torones llamados familias, que consisten en guayas de calibre  $\frac{3}{4}$ ", los cuales fueron instaladas en el interior de los ductos que cumplen la función; después de tensionados, de contrarrestar el esfuerzo a flexión, absolviendo cantidades considerables de carga viva y carga muerta sin necesidad de construir una columna intermedia, bastó un sistema de vigas simplemente apoyadas en los estribos.

Se hizo necesario la solicitud de topografía para chequear los puntos de los ductos después de instalados los torones, ya que estos 4 ductos van en puntos estratégicos de la viga para que el diseño cumpla a cabalidad.

Luego de tener la aprobación por parte de la topografía se inició con la actividad de encofrado del tipo Alineador-corbata, uno de los más seguros y eficientes. Y se procedió a programar el concreto.

Dentro de los controles y el apoyo que aporté estuvo el control de pedidos de acero ya figurado, esta estructura requería de grandes toneladas de acero, por ello el control debía ser muy riguroso y exacto.



Figura 13. Encofrado viga 1, etapa 1 Puente 16G.  
*Tiempo de construcción de la viga con 1 maestro y 7 ayudantes (4 semanas).*

## 7. APORTE AL CONOCIMIENTO

Durante el desarrollo de mi práctica empresarial principalmente aprendí a enfrentar un proyecto desde varios puntos de vista, de los que resalto el punto de vista administrativo, un punto de vista organizacional y otro de programación. Considero que todo ingeniero civil residente de obra debe implementar como eje de base un sistema de toma de decisiones, que tendrá que realizar a lo largo del proyecto.

Aprendí a identificar diferentes métodos de construcción que los oficiales utilizan y que van perfeccionando según su experiencia; puesto que no existe un método obligatorio para realizar alguna actividad, además existen algunas herramientas que nos permiten hacer lo mismo de maneras distintas como el encoframiento de una estructura, que vendría siendo el sistema de moldes temporales o permanentes que se utilizan para dar forma al hormigón u otros materiales similares (Ministerio de relaciones laborales, 2013).

### 7.1 Métodos de encofrado: ¿Cuál es el mejor?

Una de las mayores preocupaciones al momento de fundir una estructura es la seguridad de la obra falsa al momento de vaciar la mezcla, ya que como se mencionó anteriormente no existe un único método constructivo y en muy pocas ocasiones la interventoría exige un método estricto a utilizar; es más común la exigencia del tipo de material de la formaleta, ya sea por el tipo de acabados que se quieran obtener o políticas de la empresa, estas pueden ser madera o acero (10/20 laminado en frío), por lo que cada oficial de obra a través de su experiencia elige técnicas con las que se afianza y da seguridad a su trabajo.

Sin embargo, existen métodos muchos más seguros que otros, como el método “Corbata – Alineador”, un método utilizado para asegurar las formaletas comúnmente en paredes de box culverts, muros sin cargue, vigas, estribos entre otros; este método se compone de unos listones de acero( 0.2 m o más) con huecos en sus puntas, estos listones atraviesan de un lado al otro la formaleta mediante una ranura que estas poseen y se aseguran con unos pines en los huecos; después de atravesada contrarresta la presión del concreto y permite que no se abra o colisione la obra falsa. Además, es necesario complementar transversalmente con listones de longitudes considerables (2 m o más)

que retengan la formaleta y no se abran por la junta de uno con otro. Estos listones van recubiertos con una espuma llamada ductolon, la cual cumple la función de protegerlas del concreto y retirarlas muy posiblemente después de fraguar el concreto.

Este método no es aconsejable para placas, ya que requiere demasiada longitud de corbatas y las presiones del concreto en la base son bajas, siguiendo la fórmula de la presión:

$$P = \text{PESO ESPECÍFICO} * \text{ALTURA}$$

Este proceso reemplaza fácilmente al "Cercha-Torton", el cual consiste en colocar de lado a lado por las juntas de la formaleta 2 cerchas amarradas con un tortón (varias tiras de alambre galvanizado entrelazado).

Cabe aclarar que los dos anteriores métodos requieren parales o gatos para trancar y plomar la estructura. Aun así existen muchos métodos contractivos diferentes, que a través de la experiencia del ingeniero civil podrá lograr y encontrar el más eficiente, práctico y económico para aplicar y exigir en sus proyectos.



Figura 14. Izquierda método alineador-corbata, derecha método cercha torón.

## 7.2 Control del impacto de la naturaleza en las obras civiles

Uno de los aspectos que más influyen en el proceso de ejecución de un proyecto, es el manejo de planes de control del impacto en la obra por consecuencias naturales; en especial, cuando nos encontramos en épocas del año donde el invierno es intenso y se empozan las aguas de escorrentía convirtiéndose en problemas que podrían acarrear demoras en la programación. Por eso es muy importante manejar un sistema de evacuación de aguas, cuya finalidad es la de crear una red y conducir hacia el exterior las aguas sin causar molestias, humedades, ruidos ni malos olores. Las diferencias que se presentan en la clasificación de las aguas a evacuar son numerosas, pero se debe tener en cuenta su procedencia y la función de la materia en suspensión que transportan (Redondo, 2014). En este caso, la evacuación de aguas es de escorrentía y de empozamientos, a la cual se le construyeron canales o zanjas, haciendo muros o jarillones con costales de tierra o diversas estrategias que como residente de una obra el ingeniero tendrá que elaborar.

Una de las mayores preocupaciones de la ejecución de una obra en época de altas precipitaciones, es cómo elaborar un plan de acción de control para contrarrestar el impacto; ya que podemos encontrarnos con obras donde hidráulicamente no tengan un descole de aguas de escorrentía.



Figura 15. Inundación box coulvert Km 86+242.

Una de las soluciones podría ser la construcción de tambres que no permitan la entrada de escorrentía al box, otra sería la elaboración de una canalización alterna por el costado para darle salida, si es imposible realizar la canalización podríamos construir pozos de achique donde lleguen las aguas y naturalmente se infiltren. A esto se le suma terminar la estructura lo antes posible o por lo menos en las etapas vulnerables al impacto; como una placa inferior y las elevaciones que son las que principalmente sufren por alguna inundación, ya que para fundir debemos tener limpio el acero y la formaleta libre de lodos.



Figura 16. Inundación en la excavación del muro patero 79+800.

### **7.3 Experiencia de reconstrucción del box couvert 79+955**

Esta estructura con dimensiones similares a las ya ejecutadas, cuerpo de 2x2 (alto y ancho) pero con una longitud mayor de 19 m, al no tener un paso adicional fue necesario realizar la reconstrucción en 2 etapas, conservando así un carril a 1 paso y de esta manera continuar con el flujo normal; el uso de paleteros es indispensable como primera medida para organizar el flujo, el cual pasaría a ser un carril provisional de 3.5 m, interviniendo en obra 8 m como etapa I.

Una de las mayores preocupaciones de la ejecución fue elaborar un plan de acción, ya que esta estructura se encontraba en la cota más baja de los linderos, por lo que

hidráulicamente no tenía un descole de aguas. Toda la escorrentía llegaba a este punto por lo que iniciar actividades en épocas de lluvia fue un completo desafío.

La solución para poder ejecutarlo fue bloquear el paso del encole del box antiguo con un tambre que no permitiera la entrada de escorrentía y otro tambre a 5 ms del descole que impidiera la entrada de agua, pues particularmente en los linderos del predio del descole se encontraba una laguna pequeña, pero esta se desbordaba hacia la obra con las precipitaciones. Al no tener más opción que dejar la obra sin salida de aguas, nuestra única alternativa fue terminar el box culvert lo antes posible, o por lo menos la sección de la placa inferior y las elevaciones que son las que sufrirían en caso de alguna inundación.

Por esto una de las medidas que se tomó fue no demoler la placa inferior del box culvert existente para luego usarla como solado para la obra nueva, previamente se tuvo que solicitar el permiso a interventoría, ya que la estructura tendría que subir una altura de 0.20 m más que en los planos, aun así, esta nueva altura no alcanzaba los niveles de la rasante de la vía y no afectaban las cotas de base y sub base, por lo se fue una decisión viable. Esta solución nos ahorró mucho tiempo en ejecución, ya que solamente se tuvo que construir una placa de mejoramiento con concreto pobre de 0.18 m para igualar nuestro nivel de solado, con el de la placa del anterior box culvert.

De tal manera que, tomando las respectivas medidas el clima nos retrasó unos días, pues en dos ocasiones llovió y se llenó, afortunadamente esta escorrentía no arrasó lodos y no se dañó el proceso de encofrado. También fue indispensable hacer uso de una bomba sumergible que dragara la mayor parte de agua.

#### **7.4 Fases recomendables para la optimización del recurso tiempo en la construcción de algunas obras complementarias**

A continuación, se presentarán unas series de figuras, en donde se irán explicando cada una de las fases necesarias para realizar un box culvert de acero figurado (ver Figura 17) y no figurado (ver Figura 18), un muro patero de acero figurado (ver Figura 19), una alcantarilla no revestida (ver Figura 20) y un puente post-tensado hasta la etapa de la vigas (ver Figura 21).



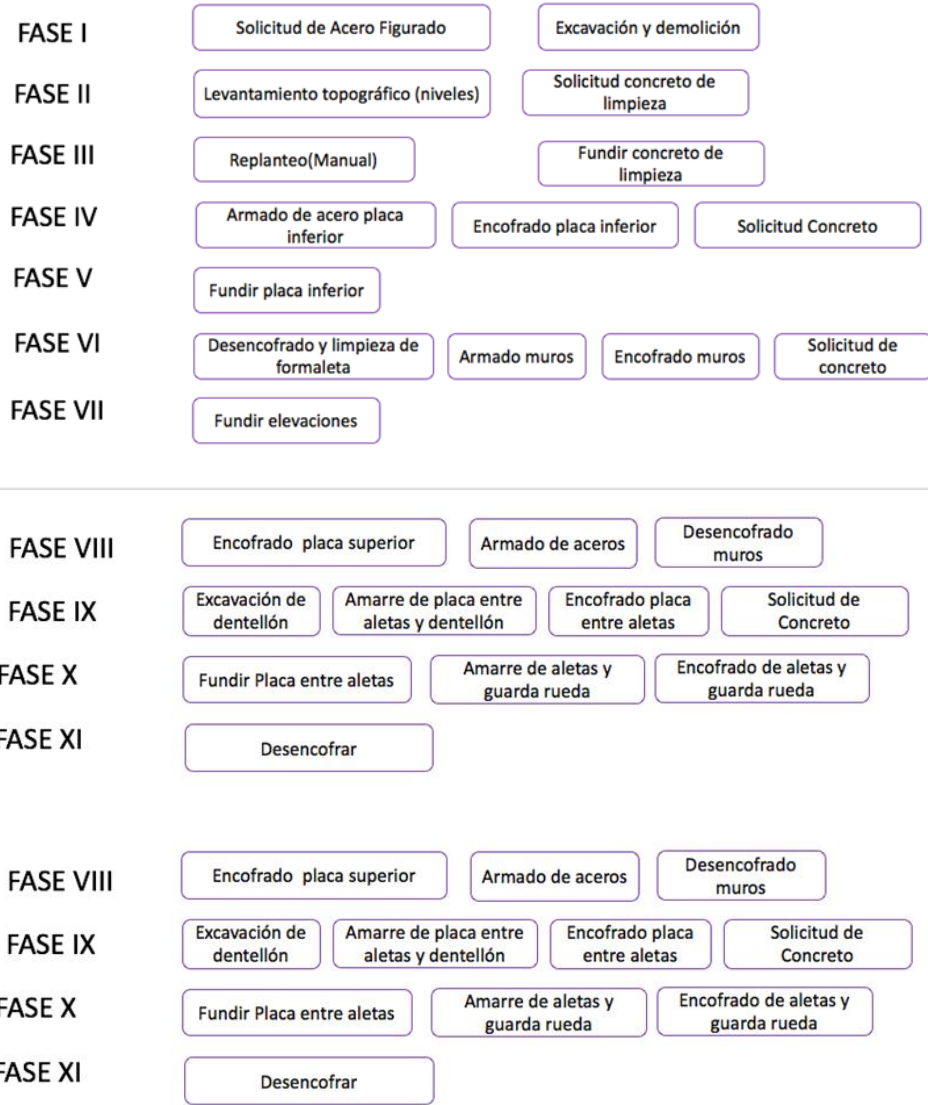


Figura 17. Box culvert – acero figurado.

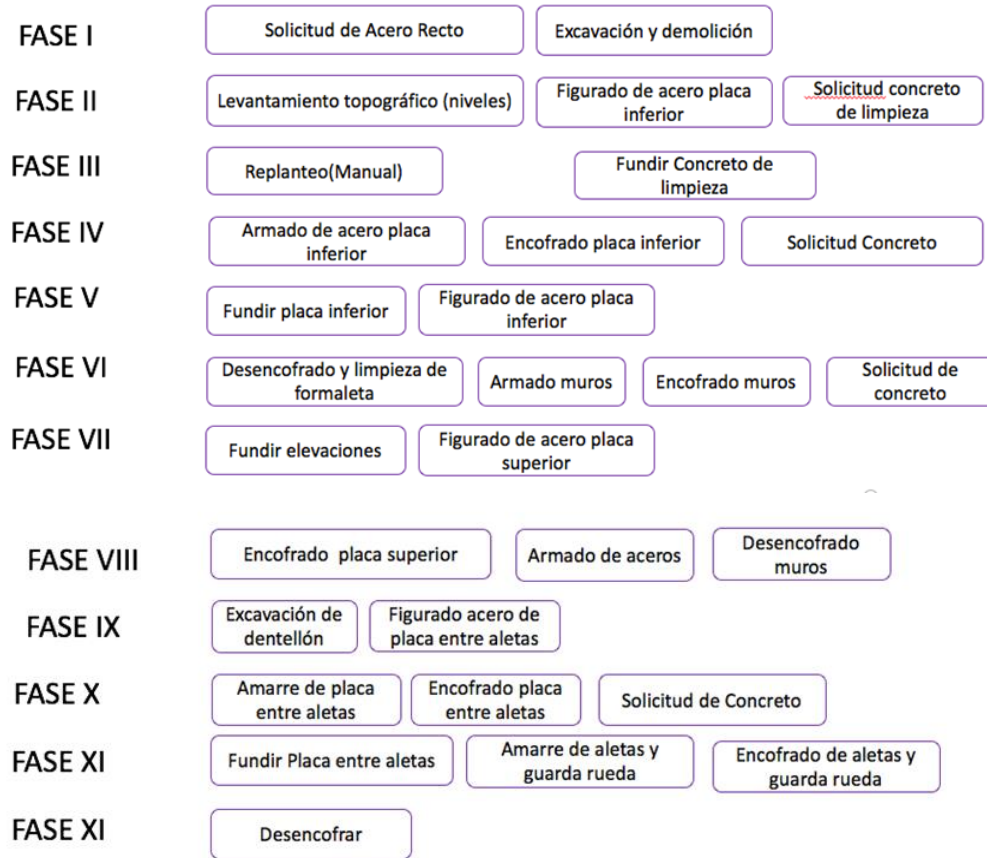


Figura 18. Box couvert acero no figurado, fase I a la XI.

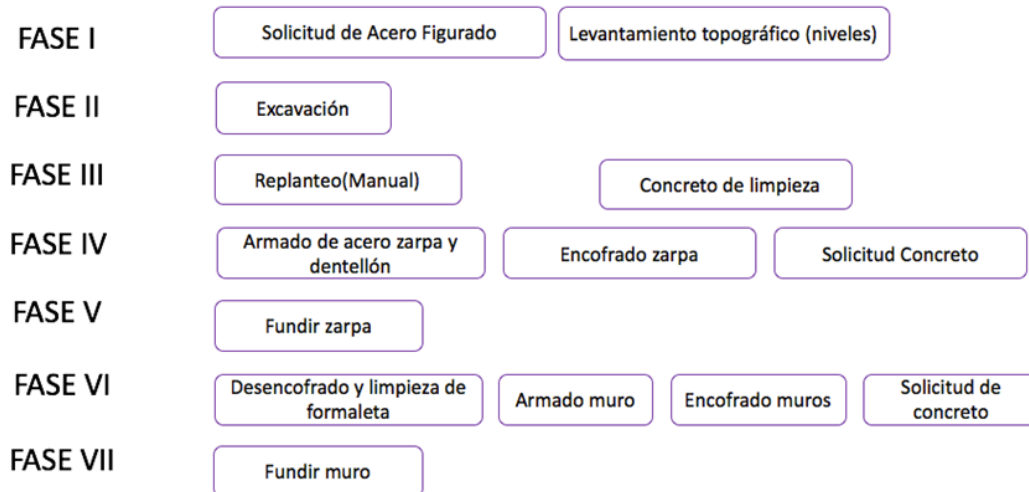


Figura 19. Muro patero acero figurado, fase I a la VII.

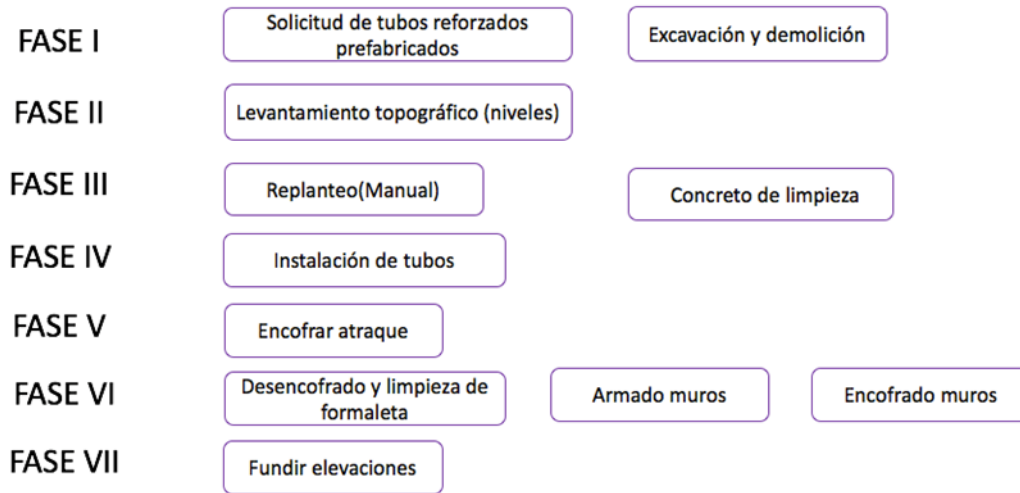


Figura 20. Alcantarilla no revestida, fase I a la VII.

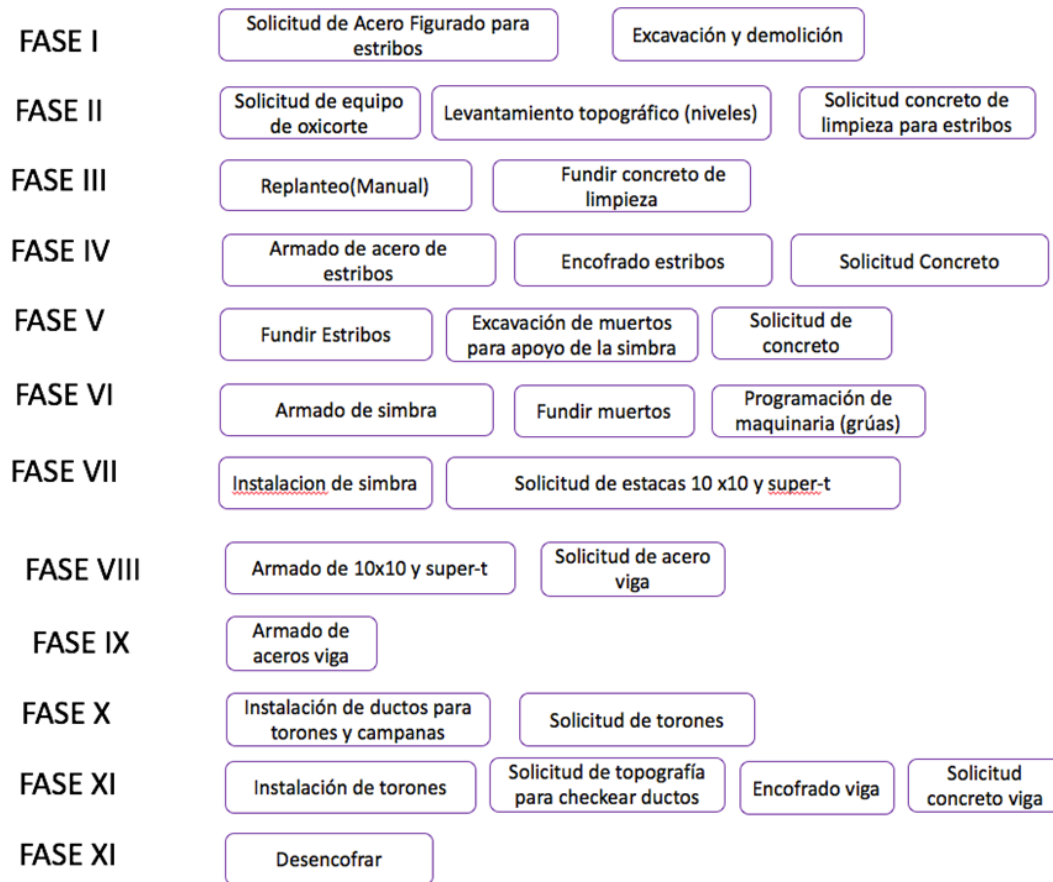


Figura 21. Puente Post-tensado (hasta la etapa de las vigas), fase I a la XI.

### 7.5 Rendimiento promedio en campo de m<sup>3</sup> de concreto para una cuadrilla de 1 oficial y 3 ayudantes

Según los tiempos de rendimiento tomados en campo para concretos fundidos en box culverts, se pudieron encontrar los siguientes valores:

Tabla 3. Rendimiento promedio de m<sup>3</sup>/día de concreto para box culvert 2 x 2 m.

Box culvert No.	Días de ejecución	Concreto (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (m <sup>3</sup> /día)
1	9	20.2	2.24
2	13	21.4	1.6

Ahora realizando un promedio de los dos rendimientos encontramos el rendimiento promedio de ejecución, donde se contemplan retrasos por mal estado del clima y precipitaciones en el boxculvert #2.

La temperatura promedio de la zona es de 32° Centígrados, el cual considero otro factor clave en la ejecución de los trabajos, ya que se evidencia de manera progresiva el desgaste de la mano de obra en altas temperaturas.

El rendimiento de m<sup>3</sup> de concreto por día, incluye actividades desde el replanteo, solado, armado de hierro y encofrado.

Existen otros tipos de factores que no fueron incluidos encontrados en obra como derrumbes, ausencia de personal, falta de disponibilidad de los recursos materiales.

$$(2.24 + 1.6) / 2 = 1.92 \text{ m}^3/\text{día de concreto para box culvert por cuadrilla de 1 oficial y 3 auxiliares.}$$

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este proceso se lograron identificar varios aspectos referentes a la metodología de la construcción, donde se llevó un seguimiento continuo a los tiempos y rendimientos de procesos como encofrado, fundición de concretos, amarre de aceros por frente de obra; los cuales son indispensables medir y tener un control real en obra.

Se logró tener un acercamiento profundo a la conceptualización de actividades de obras hidráulicas, de contención, box culverts y alcantarillas no revestidas, donde además se adquirieron las suficientes capacidades técnicas y administrativas.

Gracias al control exhaustivo de tiempos de ejecución y cuantificación del material, se logró obtener un aprendizaje complementario a la conceptualización de la teoría impartida en la universidad.

Se pudo encontrar un rendimiento promedio de  $1.92 \text{ m}^3/\text{día}$  con un frente de 1 oficial y 3 auxiliares, para la construcción de un box culvert. Cabe aclarar que este dato simplemente puede usarse como guía de referencia, puesto que está sujeto a diversos factores adicionales que no fueron contemplados en el cálculo.

Finalmente, se alcanzaron todos los objetivos propuestos al inicio del proyecto, con la mejor disposición y un buen rendimiento profesional y personal.

## 9. Referencias

- Análisis económico de ABG. (2014). *Sector construcción*. Sector 4.
- Asociación bancaria de Guatemala. (2013). *Sectro construcción*. Sector 4. Guatemala: ABG.
- Díaz, J. y. (2015). *La planeación y ejecución de las obras de construcción dentro de las buenas prácticas de la administración y programación*. Colombia: Bogotá: Creative commons.
- Gómez, H. (2013). *Metodología de diseño y cálculo estructural para muros de contención con contrafuertes en el trasdos, basados en un programa de cómputo*. Colombia: Bogotá: Programa de especialización en estructuras.
- Hernández, A. (2017). *Funciones del ingeniero inspector e ingeniero residente en una obra civil*. Colombia.
- Instituto nacional de vías. (2009). *Manual de drenaje para carreteras*. Colombia: Bogotá: Ministerio de transportes.
- Instituto universitario politécnico. (2011). *Glosario de términos, ingeniería civil*. Colombia.
- Lesur, L. (2007). Mnaual de residente de obra: una guía paso a paso. *Control de la obra, supervisión y seguridad*, 1-82.
- Ministerio de relaciones laborales. (2013). *Armado y desarmado de encofrados - protecciones*. Colombia.
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2008). *Glosario de términos de usos frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Perú.
- Redondo, M. (2014). Evacuación de aguas en edificios. *Adequa uralita*, 1-13.
- Universidad de castilla. (2011). *Muros de contección*. España: Ingeniería rural.
- Velandia, J. (2012). *Proyecto box culvert*. Colombia: Blog.