

AUXILIAR DE INGENIERÍA EN MANEJO DE SUMINISTROS. Y EJECUCIÓN DE  
PROYECTO BOX CULVERT, DE LA EMPRESA LEYAR INGENIERÍA S.A.S



DIEGO ALEXANDER RODRIGUEZ BURBANO

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
POPAYÁN – CAUCA  
2023

AUXILIAR DE INGENIERÍA EN MANEJO DE SUMINISTROS. Y EJECUCIÓN DE PROYECTO BOX CULVERT, DE LA EMPRESA LEYAR INGENIERÍA S.A.S



DIEGO ALEXANDER RODRIGUEZ BURBANO  
Correo: diegorodr@unicauca.edu.co  
Código: 1004415010730

TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PASANTIA  
PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:  
ING. ANDRES FELIPE CORAL

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
POPAYÁN - CAUCA  
2023

## PAGINA DE ACEPTACIÓN

El director y los Jurados han evaluado este documento titulado: "*Auxiliar de ingeniería en manejo de suministros. y ejecución de proyecto Box Culvert, de la empresa Leyar Ingeniería S.A.S*", escuchando su sustentación por parte del autor y lo encuentran satisfactorio, por lo cual autorizan al estudiante Diego Alexander Rodriguez Burbano, para que desarrolle las gestiones administrativas para optar al título de Ingeniero Civil.



---

Firma del presidente del jurado



---

Firma del jurado



---

Firma del director

Andrés Corral

Popayán, 04 de septiembre de 2023

## AGRADECIMIENTOS

Para empezar, quiero agradecer a mis padres, de quienes recibí el apoyo incondicional para lograr mis objetivos personales y académicos. Sus palabras de aliento fueron las que impulsaron en gran medida el querer ingresar en una institución pública de alta calidad.

Agradezco a mi tutor, el Esp. Andrés Felipe Coral por tener la paciencia que supuso el ser de guía en mi proceso de titulación, sin su orientación y correcciones precisas no me hubiese sido posible llegar a estas instancias, también por ser una fuente de inspiración para mi próximo objetivo de convertirme en especialista en estructuras, su capacidad para transmitir conceptos complejos de manera accesible sirvió para despertar mi interés en este campo de estudio.

Quiero expresar mi gratitud a mis maestros, quienes con su conocimiento y experiencia forjaron una visión clara de las distintas áreas de estudio, quiero también hacer una mención especial a dos maestros, el Dr. Carlos Aníbal Calero Valenzuela por inculcar en mí el valor de la disciplina y la constancia en circunstancias adversas donde el flaquear en mi proceso educativo llegó a pasar por mi pensar, su exigencia y motivación fueron de gran ayuda para ser resiliente y continuar en éste lindo camino de la ingeniería, también al Esp. Jader Marcel Arrechea Castillo pues gracias a su pedagogía logró recordarme que aprender, aparte de ser un proceso fructífero y necesario, también puede ser agradable e incluso divertido y emocionante, su pasión por la docencia ha forjado en mí una perspectiva distinta al proceso de aprendizaje.

También quiero agradecer a mis compañeros que fueron de gran apoyo en mi formación educativa, los trabajos realizados en conjunto, el tiempo de estudio fuera del aula, su explicación complementaria en determinados conceptos y su presencia en momentos adversos hizo que algunos de ellos hoy sean amigos a los cuales guardo gran estima.

Por último, quiero agradecer a mi alma mater la Universidad del Cauca por darme la oportunidad de cursar mis estudios, además de proveer los conocimientos, instalaciones y herramientas necesarias para hacer de mi capacitación un procedimiento completo y satisfactorio. Ha sido un honor el pertenecer a esta institución.

## TABLA DE CONTENIDO

### Contenido

1	INTRODUCCIÓN.....	6
2	OBJETIVOS.....	7
2.1	OBJETIVO GENERAL .....	7
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
3	INFORMACIÓN GENERAL .....	8
3.1	TÍTULO DE LA PASANTÍA: .....	8
3.2	NOMBRE DEL PASANTE: .....	8
3.3	ENTIDAD RECEPTORA:.....	8
3.4	SEDE PRINCIPAL DE TRABAJO .....	10
3.5	TUTOR POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA.....	10
3.6	TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA.....	10
3.7	DURACIÓN .....	10
3.8	METODOLOGÍA.....	10
4	DESARROLLO DE LA PRÁCTICA .....	12
4.1	SUMINISTROS A VEREDAS ALTO REMANSO Y CONCEPCIÓN.....	12
4.2	EJECUCIÓN OBRA BOX CULVERT .....	15
4.2.1	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	15
4.2.2	ESPECIFICACIONES GENERALES DEL PROYECTO.....	16
4.2.3	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO .....	18
4.2.4	REVISIÓN DE PLANOS.....	21
4.2.5	INSTALACIONES PROVISIONALES .....	34
4.2.6	PROCESOS CONSTRUCTIVOS .....	37
4.2.7	CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO.....	67
5	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	82
6	CONCLUSIONES.....	84
7	ANEXOS .....	85
	BIBLIOGRAFÍA .....	86

**Pág.**

## **1 INTRODUCCIÓN**

Desde el inicio de las sociedades, las necesidades del hombre se fueron distribuyendo a distintas disciplinas; por ello, las áreas de conocimiento se encargaron de perfeccionar técnicas y tecnologías para satisfacer dichas necesidades. En el caso de la Ingeniería Civil su aporte al desarrollo de la sociedad se ve ligado al planteamiento, estudio, diseño y ejecución de obras Civiles en pro de resolver problemáticas, como el cubrimiento de algunos de los menesteres comunes del ser humano, desde viviendas para el resguardo de las personas, pasando por vías terrestres que comunican la gran mayoría de veredas, pueblos, municipios y ciudades, hasta las imponentes estructuras de contención en embalses usados para la producción de energía eléctrica de uso cotidiano. La labor del ingeniero; es entonces, aplicar sus habilidades y conocimientos obtenidos en su formación, logrando así garantizar la seguridad, calidad, viabilidad, economía y óptima evolución de los diferentes proyectos de Ingeniería en todas y cada una de sus etapas.

En consecuencia, la empresa receptora LEYAR INGENIERIA S.A.S, se compromete a brindar al pasante el asesoramiento pertinente, para la profundización de conocimientos requeridos de las actividades desarrolladas durante la práctica en el marco de la Ingeniería Civil, así también le dará la oportunidad al pasante de involucrarse en algunos proyectos de ingeniería desarrollados por la empresa, tales como, estructuración de proyectos de ingeniería, manejo de suministros, ejecución de obras civiles, entre otros, lo que le será útil al pasante para su crecimiento profesional y personal.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

- Participar como auxiliar de ingeniería en los proyectos de construcción, desarrollados por la empresa “LEYAR INGENIERÍA SAS”, realizando visitas técnicas, supervisión, diagnósticos y apoyo en la estructuración y ejecución de proyectos civiles.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Adquirir experiencias y destrezas, en prácticas reales dentro de una empresa de ingeniería, aprovechando la aplicación de los conocimientos académicos adquiridos en cursos previos.
- Control del cumplimiento de especificaciones de las normas respectivas en la ejecución de proyectos de ingeniería realizados por la empresa.
- Realizar labores de oficina como de cotización, compra y entrega de suministros en diferentes proyectos civiles.
- Proponer soluciones o posibles alternativas, a inconvenientes que se presenten en la empresa tanto en el trabajo de oficina como en campo.
- Supervisión y ejecución de un Box Culvert, ubicado en la entrada del barrio Londres en Puerto Asís Putumayo.
- Apoyar en el control de suministro y calidad de los materiales utilizados en obra y brindar apoyo en actividades administrativas.
- Organizar y entregar un informe final que contenga el registro de todas las actividades realizadas, resultados y conclusiones que se obtuvieron en la pasantía.

### 3 INFORMACIÓN GENERAL

#### 3.1 TÍTULO DE LA PASANTÍA:

Auxiliar de ingeniería.

#### 3.2 NOMBRE DEL PASANTE:

Diego Alexander Rodriguez Burbano

#### 3.3 ENTIDAD RECEPTORA:

LEYAR INGENIERÍA SAS

**Ilustración 1 Logo de la empresa receptora**



**NIT:** 9007566625

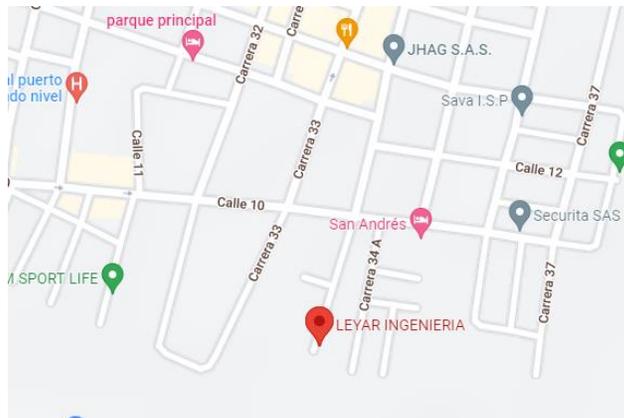
**Dirección:** CR 36 A CL 9 54 BRR LOS CHIPAROS

**Teléfono:** (57) 3215331174

**Correo electrónico:** leyar.ingenieria@gmail.com

**Representante Legal:** Carlos Mario Coral Vargas

## Ilustración 2 Localización de la empresa



Fuente: Adaptación tomada de Google maps [Imagen] 2022

## Ilustración 3 Vista frontal de la empresa



*Nota:* Elaboración propia [Fotografía] 2022

### Misión

LEYAR tiene como misión diseñar proyectos y construir obras con excelente calidad, económicas, y estéticas, que impacten positivamente el medio ambiente.

Nuestros diseños y construcciones se ajustan a las normas y códigos de construcción vigentes.

## Visión

LEYAR tiene como visión ser una de las empresas de ingeniería civil más reconocidas en la región y el país, ser responsable de grandes y complejos proyectos de construcción, con altos niveles de satisfacción al cliente.

### 3.4 SEDE PRINCIPAL DE TRABAJO

La práctica profesional se desarrollará en las instalaciones de la empresa Leyar para el caso de los menesteres realizados en los proyectos de suministro y demás labores de oficina, para el caso de la ejecución del Box Culvert, el pasante cuenta con una oficina provisional en el almacén de herramienta del proyecto.

### 3.5 TUTOR POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA

Esp. Andrés Felipe Coral Vargas

### 3.6 TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA

Ing. Carlos Mario Coral Vargas

### 3.7 DURACIÓN

El desarrollo de la práctica se realizará en un aproximado de 3 meses, con una intensidad horaria de 48 horas semanales. Cumpliendo así con el cronograma presentado en el ante proyecto.

### 3.8 METODOLOGÍA

El pasante va a desarrollar actividades de oficina y de campo con la empresa “LEYAR INGENIERIA SAS”, y los proyectos realizados por esta constructora, se ejecutan en asocio con otras empresas conformando consorcios.

Para el desarrollo del trabajo de grado en modalidad de pasantía, la pasante se encuentra con una disponibilidad de tiempo total, pues ya culminó con la totalidad de las asignaturas dentro del pensum académico del programa de Ingeniería Civil perteneciente a la universidad del cauca, el pasante acordó junto con la empresa receptora una intensidad horaria de 48 horas semanales,

logrando 192 horas mensuales, para posteriormente completar las 576 horas exigidas por la Universidad de la Cauca, durante tres meses aproximadamente.

El pasante recibirá la capacitación pertinente para contextualización de los proyectos pertenecientes a la empresa, también estará bajo la orientación del ingeniero Carlos Mario Coral Vargas para el desarrollo de las actividades programadas, en los cuáles éste se verá involucrado tanto en trabajo de campo, como en trabajo de oficina. En el trabajo de oficina se dará uso de diferentes herramientas como Excel, Word, Project y AutoCAD para la ejecución de informes, actas, informes, control de suministros, entre otros.

Finalmente se entregarán informes del avance de la pasantía, donde el director de grado, el ingeniero Andrés Felipe Coral, podrá revisar y corregir periódicamente todas las entregas, para en último lugar, realizar un informe final definitivo que contenga todo el proceso vivido por el pasante, así como sus conclusiones.

## 4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

En esta sección se encuentra el historial de actividades realizadas por el pasante, además de ello se encuentran las dificultades que se presentaron durante el tiempo de ejecución de la práctica como auxiliar, desde el 21 de diciembre del año 2022 hasta su culminación el día 22 de marzo del año 2023.

### 4.1 SUMINISTROS A VEREDAS ALTO REMANSO Y CONCEPCIÓN

Como actividad inicial, el pasante recibió los documentos pertinentes a las cotizaciones de dos proyectos ubicados en las veredas Alto Remanso y Concepción, luego de su lectura, y organización se procedió a realizar hojas de cálculo de Excel donde se haría el compendio de los materiales a suministrar en cada uno de los proyectos, el trabajo del pasante consistió en realizar cotizaciones de los distintos materiales y herramientas a nivel Local y Nacional en los casos en los que fuese necesario o preferible; para ello. Estas hojas permitían realizar un análisis rápido para comparar precios unitarios y la disponibilidad de los distintos proveedores, también tenía información de los pesos unitarios y totales, información importante a la hora de hacer pedidos a nivel nacional, debido a que los transportes se cotizaban en función del tonelaje y la distancia; la hoja de cálculo también permitía agrupar rápidamente por medio de filtros y buscadores programados, por productos de un mismo proveedor, entrega, descripción o estado, de ésta forma los pedidos se harían en las fechas necesarias en función de los tiempos de entrega de cada proveedor designado, esto fue necesario debido a que el suministro se acordó realizar en dos entregas que viajarían en bote por el río Putumayo.

#### Ilustración 4 Recorte de herramienta informática para organización de datos

<span style="font-weight: normal; font-size: 1.2em;">FILTRAR</span>									
Descripción	Und	Cant	Peso Unitario (Kg)	Peso total (Kg)	Estado	PROVEEDOR	ARJ	ALEJANDRO	Homcenter
Adaptador hembra de 3/4" Presión Pavco Wavin	UND	20	0,03	0,5	ENTREGADO	HOME CENTER		\$ 800,00	\$ 1.050,0
Adaptador hembra de 1/2" Presión vPavco Wavin	UND	40	0,03	1,0	ENTREGADO	HOME CENTER			\$ 500,0
Adaptador macho de 3/4" Presión Pavco Wavin	UND	20	0,03	0,5	ENTREGADO	HOME CENTER		\$ 1.000,00	\$ 1.050,0
Adaptador macho de 1/2" Presión Pavco Wavin	UND	40	0,03	1,0	ENTREGADO	HOME CENTER			\$ 440,0
Alambre De Cobre #12 Azul x 100m	UND	5	3,70	18,5	ENTREGADO	HOME CENTER		\$ 220.000,00	\$ 205.900,0
Alambre De Cobre #12 Negro x 100m	UND	4	3,70	14,8	ENTREGADO	ALEJANDRO	\$ 239.000,00	\$ 220.000,00	\$ 205.900,0
Alambre De Cobre #12 Rojo x 100m	UND	5	3,70	18,5	ENTREGADO	ALEJANDRO	\$ 239.000,00	\$ 220.000,00	\$ 205.900,0
Alambre de Púa Calibre 12.5 x 350mt 36kg Iowa	UND	1	36,00	36,0	ENTREGADO	HOME CENTER		\$ 320.000,00	\$ 289.900,0

Nota: fuente propia

Luego de tener la información pertinente a cada una de las entregas, se realizaron listados impresos de los más de 150 materiales agrupados por proveedor; así se pudo realizar con facilidad el seguimiento y control de pedidos, cantidades y referencia de los productos recibidos, esto debido a que en la información recibida por el pasante se estipulaba que algunos productos debían obedecer a ciertas marcas comerciales reconocidas en el país. Este chequeo se realizó en los días correspondientes a la llegada de los productos de cada proveedor en el momento de descarga al espacio designado por la empresa; luego, llegado el día de realizar cada una de las entregas del suministro, éstos listados sirvieron para supervisar el abordaje del cargamento a los botes, donde se repartieron los materiales en función del lugar al cual éstos viajaban; además de ello, los materiales que ingresaban al bote se marcaban haciendo uso de cintas de enmascarar con marcadores , minimizando posibles confusiones en el momento de la entrega a la entidad receptora.

#### **Ilustración 5 Barco Emanuel, capacidad de 50 Toneladas**



**Nota: Fuente, elaboración propia (Fotografía) 2023**

### **Ilustración 6 Material en PVC destinado a Concepción**



**Nota: elaboración propia (Fotografía) 2023**

### **Ilustración 7 Perfiles metálicos sección 10x20 con longitud de 6m**



La responsabilidad por parte de la empresa y del pasante para efectos del suministro, terminaba con la entrega de los materiales en el lugar de abordaje a la embarcación, de tal forma que todos los elementos se entreguen cuantificados en presencia de un representante de la entidad receptora, la entrega de la totalidad de cada una de las entregas tuvo una duración de 3 días desde el momento en el que empezaba el abordaje del material hasta culminar cada entrega, entre el material entregado se encuentran 2920 bloques de farol, 300 bultos de cemento de uso general, tanques en PVC de mil litros, perfiles metálicos, entre otros ítems que en peso total sumaban en las dos entregas 55 toneladas aproximadamente, la primera de 30 y la segunda de 25 toneladas que se realizó 30 días después de la primera entrega. Finalmente, el pasante redactó la remisión del

material entregado a la entidad transportadora, de tal forma que cuente con los permisos para movilizar los materiales, como también las respectivas facturas legales.

## 4.2 EJECUCIÓN OBRA BOX CULVERT

### 4.2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se realizará en el municipio de Puerto Asís-Putumayo, en el barrio Londres, carrera 28 con calle 46, en la entrada principal.

#### Ilustración 8 Ubicación del proyecto



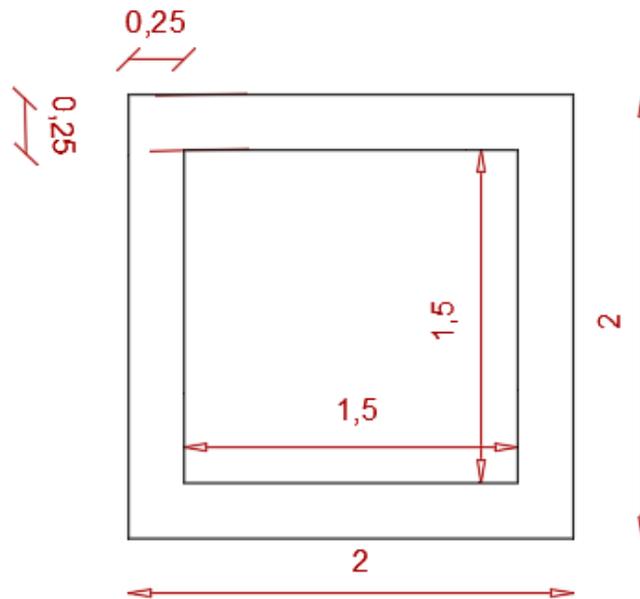
Tomado de Maps en la Web, por Google Maps, 2023

<https://www.google.com/maps/@0.5150573,-76.4942819,17z?hl=es>

#### 4.2.2 ESPECIFICACIONES GENERALES DEL PROYECTO.

Consiste en la elaboración de un Box Culvert con un cuerpo de 11,7 metros medidos desde los bordes exteriores de los guarda ruedas, con sección cuadrada de 2 metros de alto por 2 metros de ancho, en el encole y descole consta de aletas de 2 metros de longitud con forma trapezoidal orientadas a 45 grados medidos desde el eje de los muros; el espesor en las placas superior e inferior es igual a 25 centímetros, éste espesor se conserva en los muros del cuerpo del Box y en las aletas, dando como resultado una sección hidráulica neta de 1.5 metros de alto por 1.5 metros de ancho (2.25 metros cuadrados). Tal como se observa en las figuras.

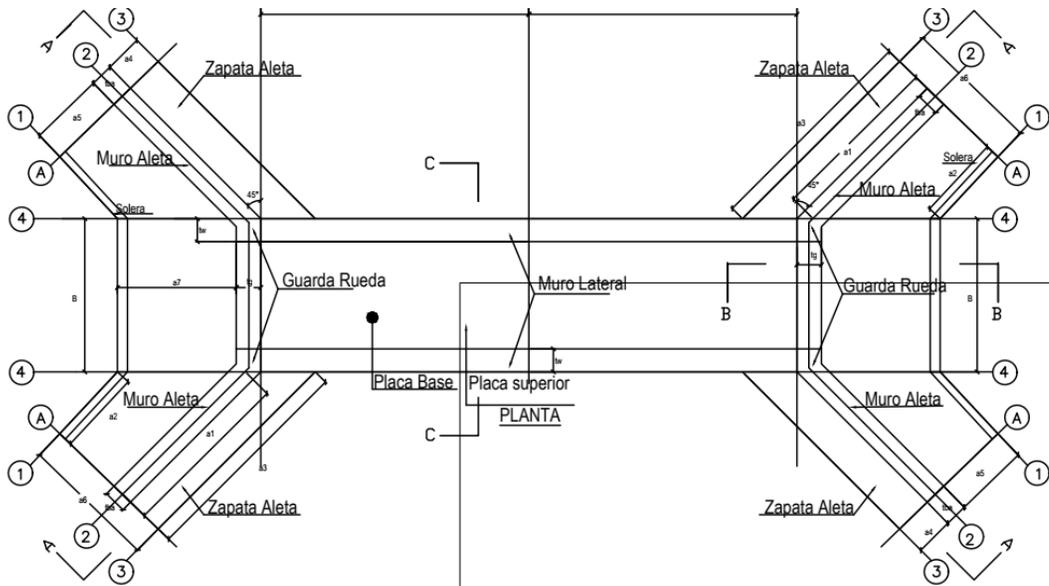
**Ilustración 9 Sección del cuerpo de Box Culvert**



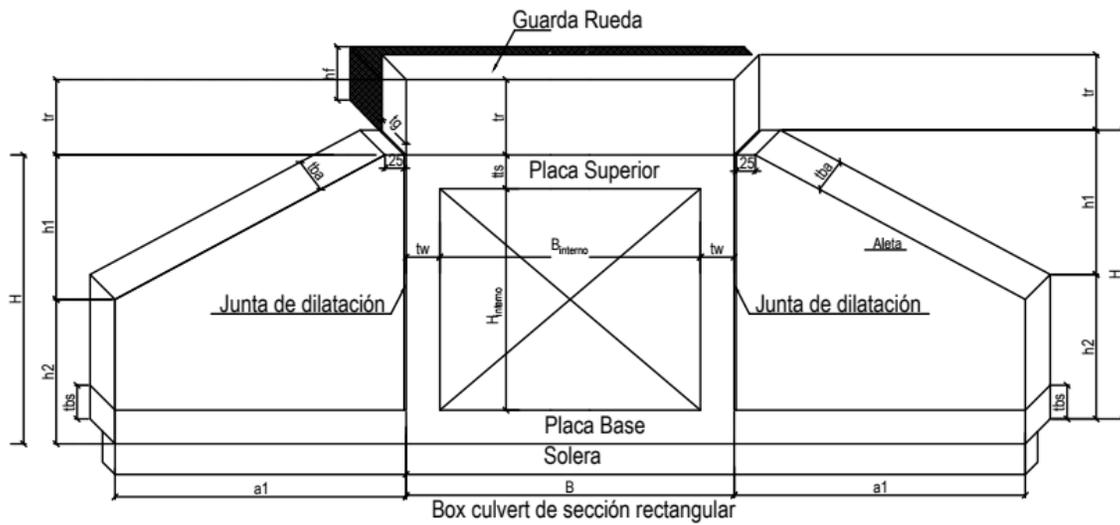
**Nota: elaboración propia, unidades en metros (2023)**

En la cartilla del INVIAS se encuentran las diferentes secciones del proyecto, ubicando una nomenclatura que define distancias, y elementos de refuerzo, éstas mismas se encontraban referenciadas en tablas que contenían los valores numéricos en sus respectivas unidades de medida, esta información fue de mucha utilidad para organizar de manera eficiente el figurado y armado de acero del proyecto. La duración de la construcción del Box se estipula en 2 meses, tiempo en el cual el auxiliar estuvo en la obra hasta la culminación de esta.

**Ilustración 10 Vista en planta Box Culvert**



**Ilustración 11 Corte A-A. Aletas de Box Culvert**



**Nota: Tomado de la cartilla “OBRAS DE ARTE PARA VÍAS DE LA RED TERCIARIA Y FÉRREA” del Instituto Nacional de Vías INVIAS (Ilustraciones 3 y 4)**

### 4.2.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO

El diseño estructural del Box Culvert obedece a los principios del Método de los factores de carga y resistencia LRFD, respetando las especificaciones del Código colombiano de diseño de puentes CCP-14 y las especificaciones generales de construcción para carreteras del INVIAS versión 2013.

Los recubrimientos de acero de refuerzo externo son de 7,5 cm, para el caso de los refuerzos internos es de 5 cm, el peso específico del concreto usado para efectos de cálculo estructural corresponde a  $24 \text{ KN}/\text{m}^3$ . La resistencia mínima a compresión del concreto simple usado en las diferentes secciones del Box es de 21MPa, a excepción de la placa de solado inicial, la cual tiene una resistencia mínima de 14MPa. El acero de refuerzo a implementarse debe ser grado 60, es decir que su esfuerzo de fluencia FY sea igual a 420 MPa. El material de relleno utilizado será balastro o crudo de río. Los parámetros geotécnicos usados para efectos del cálculo estructural corresponden a un peso específico del relleno de  $19 \text{ KN}/\text{m}^3$ , con coeficiente activo de presión de tierra de 0.40 y una capacidad portante del suelo de  $13\text{Ton}/\text{m}^2$  (127,5 KPa).

Luego de recibir los detalles generales del proyecto, el pasante hizo una visita al punto de ubicación de la obra y se hizo una presentación con la comunidad del barrio Londres, de tal forma que la junta de acción comunal reciba notificación de la obra a ejecutar, quienes coordinaron con la comunidad para la previa socialización del proyecto en compañía con el Ing. Carlos Mario Coral como representante legal de la empresa, también asistió el Ing. Carlos Andrés Tabares director general del proyecto y el administrador de la empresa Luis Mogollón.

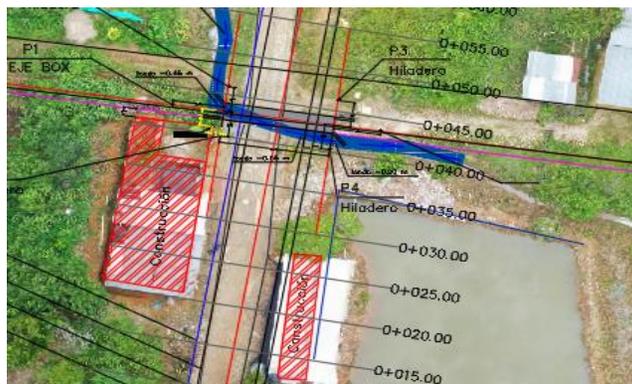
La segunda actividad consistió en la recepción de los materiales suministrados por la unidad de víctimas, esto se realizó en presencia de un vocero de la alcaldía, un representante de la unidad de víctimas y la Junta de acción comunal, esto con el fin de hacer veeduría de la recepción del material, donde se dejó en constancia los materiales recibidos por la entidad ejecutora del proyecto.

Para efectos prácticos se acordó con los proveedores del cemento y del material pétreo contratados por la unidad de víctimas, que se realice entregas parciales según se vaya solicitando

en función del desarrollo de la obra, esto debido a la ausencia de un espacio amplio para depositar todo el material pétreo, lo cual hacía imposible el almacenamiento de la totalidad del material sin que obstruyera la movilidad del barrio, por parte del cemento, se realizó de ésta forma mientras se adaptaba la bodega con pequeñas estructuras de madera que soporten los bultos para el correcto almacenamiento del material cementante, evitando que éstos estén en contacto con cualquier tipo de humedad.

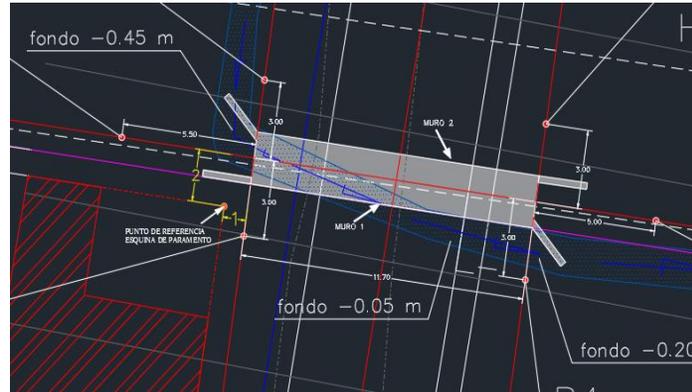
Luego de la inspección del lugar de trabajo, la siguiente actividad realizada fue la toma de topografía del lugar, mientras en paralelo se realizaba el pedido de herramienta menor y contratación de personal para la obra. Durante la toma de topografía se notó un problema con la geometría del Box, puesto que su ubicación se realizaba sobre el cruce de dos vías, invadiendo el paramento de una vivienda aledaña y de la calle 46 proyectada, además, debido a las escorrentías de las aguas en momentos de altas precipitaciones, en el punto de encole se recibían aguas en dos direcciones ortogonales de tal forma que hacían que el diseño inicial de las aletas a  $45^\circ$  medidos desde el eje longitudinal del box sea ineficiente para las necesidades del lugar, para resolver los problemas geométricos del proyecto, el auxiliar solicitó una visita de la secretaría de planeación de Puerto Asís para notificarles del problema y sugerir una nueva orientación de las aletas, de tal forma que las aletas, luego de la reunión, la secretaría de planeación decidió optar por un rediseño que no modificaba las cuantías del proyecto, de tal forma que dos aletas, una en el encole y otra en el descole se encuentren orientadas a cero grados respecto al eje longitudinal del cuerpo del box.

### **Ilustración 12 Localización y replanteo de Box Culvert**



Nota: adaptación de fotografía con dron del lugar con los ejes del proyecto y de la vía proyectada

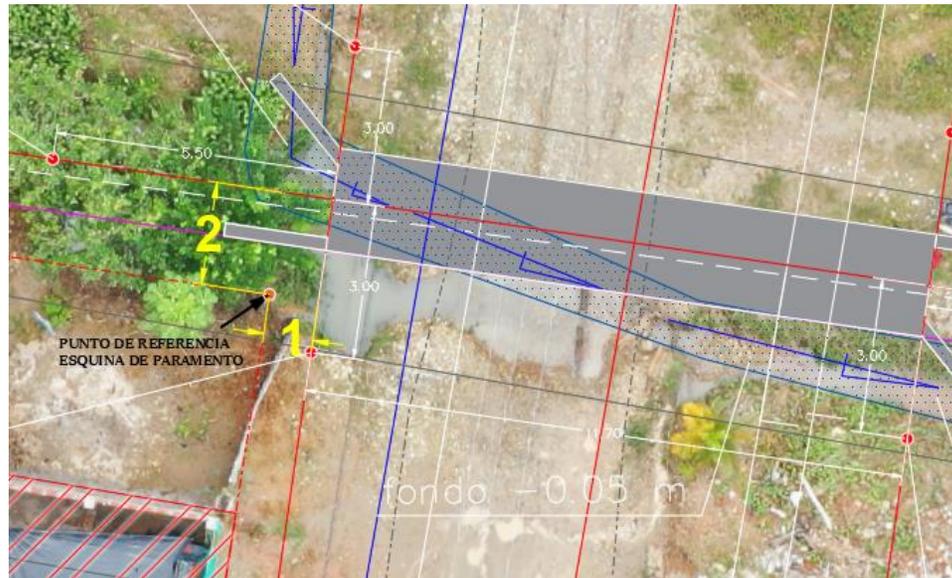
### Ilustración 13 Vista en planta del box en plano topográfico



Nota: fuente propia, captura de plano topográfico realizado en Topo 3

Finalmente se acordó que el cauce del agua fluya en forma de una “s” esto debido a que el Box se realizaba con la finalidad de elevar los niveles de la vía, pues se encuentra en una zona pantanosa, donde el agua no circula debido a la topografía de las zonas aledañas. Las disposiciones geométricas de la ubicación del proyecto en el terreno quedaron en un acta de modificaciones que fue firmada por la secretaría de planeación, esto con el fin de dejar en constancia las decisiones tomadas en la reunión. Se decidió que el eje central del cuerpo del Box se ubicaría respecto a la esquina del paramento de una construcción de tal forma que se midan 2 metros en dirección de la carrera 28 y a un metro en dirección de la calle 46, esto se observa mejor en la siguiente ilustración.

## Ilustración 14 ubicación respecto al paramento de una vivienda aledaña



Nota: Fuente: elaboración propia, adaptación de fotografía tomada por dron. 2023

### 4.2.4 REVISIÓN DE PLANOS

Los planos recibidos para el proyecto correspondían a una cartilla de diseños tipo en fusión de la capacidad, estas cartillas venían en formato PDF, lo que dificultó un poco su estudio en algunos detalles.

La sección transversal en el cuerpo del Box constaba de tres tipos de elementos de refuerzo, los cuales estaban amarrados a aceros de retracción por temperatura de forma longitudinal a través del mismo, los aceros principales se denominan “A”, tienen ganchos de 20 cm en los extremos a 180°, estos rodean los aceros de retracción por temperatura en las caras externas de muros y placas, su longitud total es 225 cm incluidos los ganchos, en el caso del refuerzo para flexión negativa se denomina “B” corresponden a varillas corrugadas en forma de escuadra que se traslapan en el centro de las caras con una distancia de 75 centímetros, su longitud total corresponde a 260 cm, los elementos denominados “C” que se ubica en las esquinas, correspondientes a las zonas de máximo esfuerzo por cortante cuentan con una longitud total de 80 cm. Los diámetros de los aceros “A” y “B” son de media pulgada para el caso de los aceros “C” su diámetro es de No. 3 (3/8 in). Cada

sección de refuerzo necesita de 4 elementos de los tres tipos, los cuales se amarraban a los aceros longitudinales respectivamente, estas secciones se encontraban a lo largo del cuerpo principal a una distancia de 15 cm medidos centro a centro. La geometría de los elementos y su armado se puede observar de forma clara en las ilustraciones 12 y 13, las descripciones geométricas se resumen en la tabla 1 a continuación.

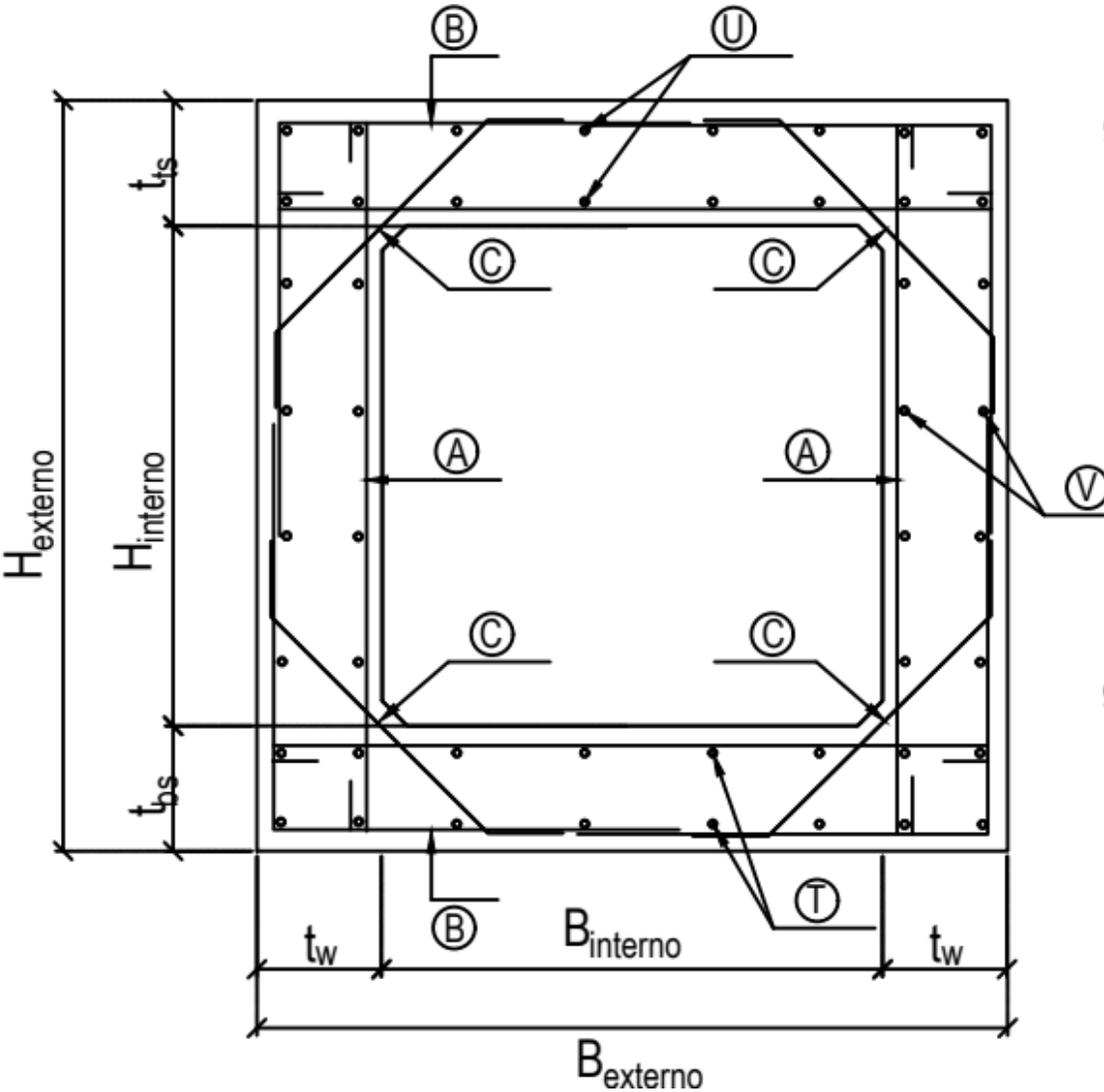
**Tabla 1 Dimensiones de barras transversales en el cuerpo del box**

BARRAS TRANSVERSALES							
<b>VARILLA</b>	<b>D (in)</b>	<b>S (m)</b>	<b>L R (m)</b>	<b>G (m)</b>	<b>L T (m)</b>	<b># Elementos</b>	
A	1/2	0,15	1,85	180°	0,2	2,25	308
B	1/2	0,15	1,3	0°	0,75	2,60	308
C	3/8	0,15	0,5	45°	0,15	0,80	308

*Nota:* la nomenclatura D, S, LR, LT corresponden al diámetro, separación, longitud recta y longitud total del elemento. En las columnas “G” se encuentra a la orientación del gancho y su longitud medida en metros. Fuente: elaboración propia en Excel. 2023.

El número de elementos corresponde a 77 secciones las cuales irían a lo largo del “cajón” como cada sección requería de 4 elementos, se obtiene un total de 308 elementos de cada tipo.

Ilustración 15 Sección transversal cuerpo de Box Culvert



Nota: las ilustraciones 15 y 16 son adaptaciones tomadas de “OBRAS DE ARTE PARA VÍAS DE LA RED TERCIARIA Y FÉRREA” del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

**Ilustración 16 Armado de sección cuerpo cuerpo central de Box Culvert**



Durante el estudio de los planos, el auxiliar notó una incongruencia en las dimensiones de una de las piezas de acero de refuerzo, en la sección donde se encontraban las dimensiones de las piezas “A”, “B”, y “C”, se encontraban dos longitudes de las piezas “B” con un valor incorrecto; también, al hacer un análisis a la sección teniendo en cuenta los espaciados y recubrimientos, el auxiliar notó que los valores reales correspondían a la mitad del valor consignado en la cartilla, pues de ésta forma la sección se armaba de manera satisfactoria, éste valor es el que se encuentra en la Tabla 1

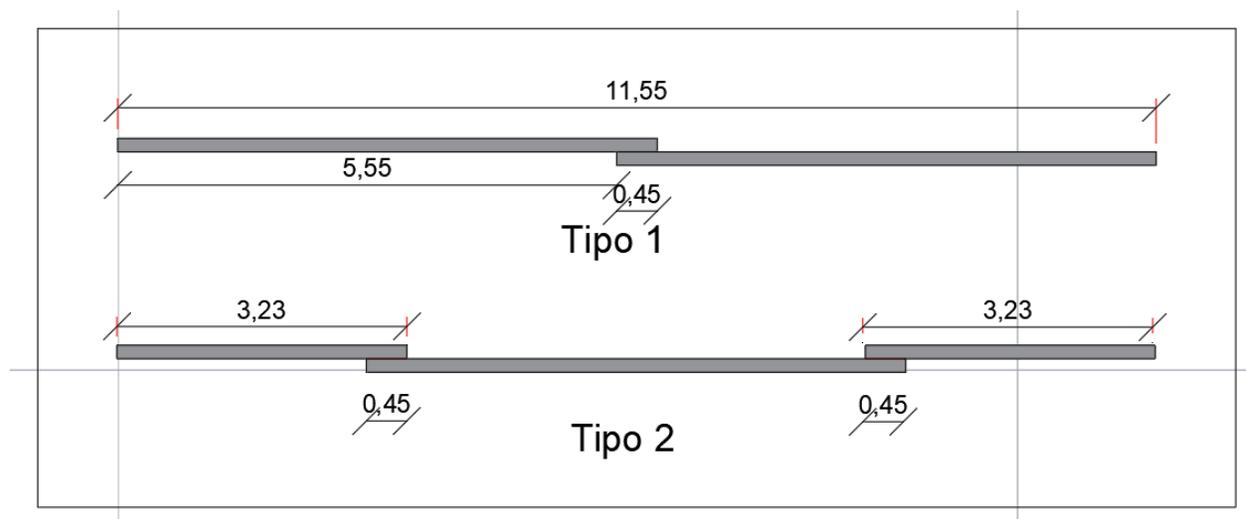
**Ilustración 17 características de los elementos “A”, “B” y “C”**

BOX CULVERT DE SECCIÓN CUADRADA																
DIMENSIONES INTERNAS DEL BOX CULVERT		BOX CULVERT CON RELLENO DE ALTURA $1 < h_r < 5m$ , CUADRO DE DESPIECE BOX CULVERT														
		Varilla A					Varilla B					Varilla C				
		Ø	s	$l_1$	$g_1$	LT	Ø	Separ	$l_2$	$g_2$	LT	Ø	Separ	$l_3$	$g_3$	l
$h_r = 1m$	1.00 x 1.00 m	1/2"	0.20	1.35	0.20	1.75	1/2"	0.20	2.10	0.75	4.20	3/8"	0.20	0.50	0.15	0
$h_r = 2m$	1.00 x 1.00 m	1/2"	0.25	1.35	0.20	1.75	1/2"	0.25	2.10	0.75	4.20	3/8"	0.25	0.50	0.15	0
$h_r = 3m$	1.00 x 1.00 m	1/2"	0.25	1.35	0.20	1.75	1/2"	0.25	2.10	0.75	4.20	3/8"	0.25	0.50	0.15	0
$h_r = 4m$	1.00 x 1.00 m	1/2"	0.20	1.35	0.20	1.75	1/2"	0.20	2.10	0.75	4.20	3/8"	0.20	0.50	0.15	0
$h_r = 5m$	1.00 x 1.00 m	1/2"	0.20	1.35	0.20	1.75	1/2"	0.20	2.10	0.75	4.20	3/8"	0.20	0.50	0.15	0
$h_r = 1m$	1.50 x 1.50 m	1/2"	0.15	1.85	0.20	2.25	1/2"	0.15	2.60	0.75	5.20	3/8"	0.15	0.50	0.15	0
$h_r = 2m$	1.50 x 1.50 m	1/2"	0.15	1.85	0.20	2.25	1/2"	0.15	2.60	0.75	5.20	3/8"	0.15	0.50	0.15	0
$h_r = 3m$	1.50 x 1.50 m	1/2"	0.15	1.85	0.20	2.25	1/2"	0.15	2.60	0.75	5.20	3/8"	0.15	0.50	0.15	0

Nota: Adaptación tomada de “OBRAS DE ARTE PARA VÍAS DE LA RED TERCIARIA Y FÉRREA” del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

En la dirección longitudinal del cuerpo del Box se encontraban tres tipos de varillas, “V” para los muros “T” para la placa inferior y “U” para la placa superior, las 3 consistían en varillas de N°3 o 3/8 de pulgadas, en la cartilla no aparecían valores de traslapo, además, estas varillas cumplían función de mitigar la retracción por temperatura. La norma de CCP14 no especifica una distancia de traslapo para las barras de distribución de esfuerzos y retracción de temperatura, así que para el caso de estas barras optó por realizar empalmes de 45 centímetros, esto se hizo por facilidad constructiva pues el acero de refuerzo tenía una longitud de 6 metros, mientras que la distancia total de los aceros “V”, “T” y “U” era de 11.55 metros a lo largo del elemento; sin embargo, al hacerlo de ésta forma, todos los aceros quedarían unidos en el tercio central del cuerpo del box, para evitar esto se decidió intercalar las zonas de traslape, de tal forma que la mitad de los aceros queden traslapados en el tercio central, y la otra mitad se ubiquen en el primer y tercer tercio del elemento, quedando dos tipos de traslapo que se intercalados para las barras de distribución, el tipo 1 con un traslape en la mitad y el tipo 2 con dos traslapes en los tercios laterales del elemento, . Tal como se observa en la Ilustración 18

**Ilustración 18 Detalle de traslapos para acero de distribución**



Nota: Elaboración propia. 2023. Los aceros comienzan a 7.5 centímetros medidos desde el inicio del cuerpo del box (cara externa de guarda ruedas)

En la siguiente tabla se deposita la información respectiva a las barras “T”, “V” y “U” las cuales están clasificadas en función al tipo de traslape que se ejecutó constructivamente, en la tabla las columnas D, S, Lu, y LT, se refieren a los valores del Diámetro, Separación, longitud útil del elemento y longitud total del elemento, los valores consignados en la tabla son medidos en metros a excepción del diámetro que su unidad de medida son las pulgadas.

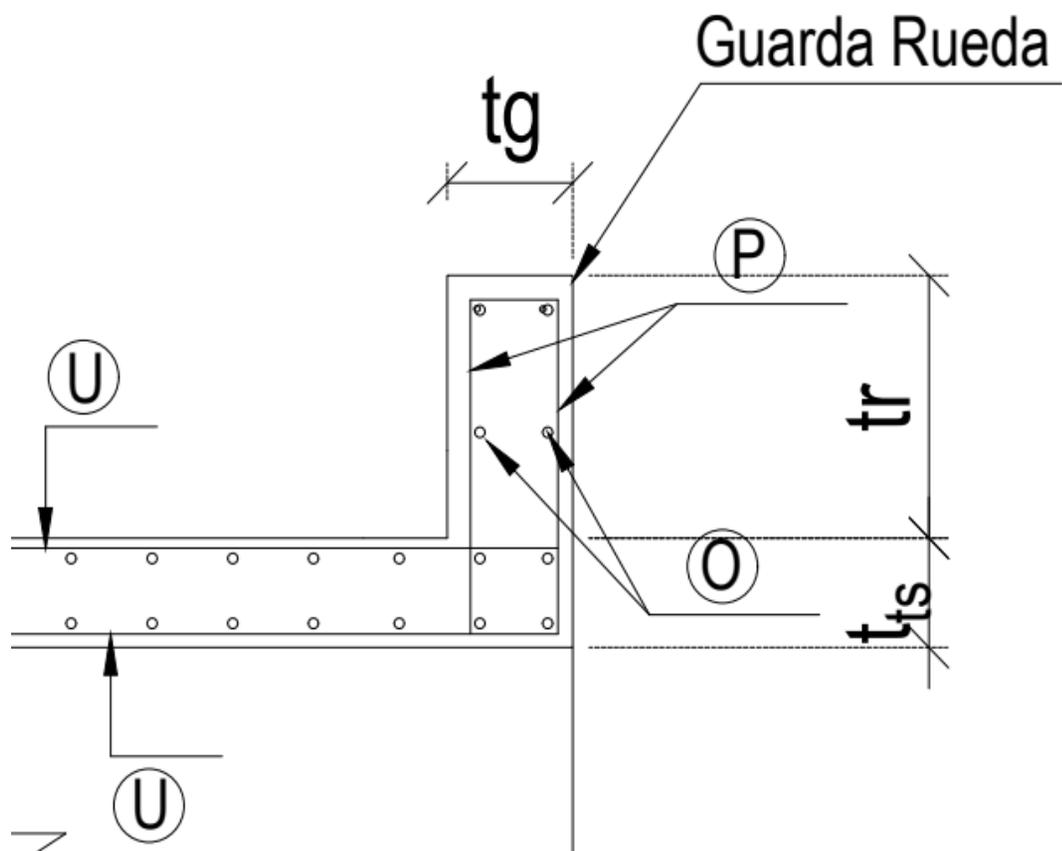
**Tabla 2 Dimensiones de barras longitudinales al cuerpo del Box**

BARRAS LONGITUDINALES						
VARILLA	D	S	L U	Empalme	LT	# Varillas
T1	3/8	0,2	5,55	0,45	6,00	14
T2.1	3/8	0,2	5,1	0,45	6,00	7
T2.2	3/8	0,2	2,8	0,45	3,23	14
V1	3/8	0,4	5,55	0,45	6,00	48
V2.1	3/8	0,4	5,1	0,45	6,00	20
V2.2	3/8	0,4	2,8	0,45	3,2	40
U1	3/8	0,2	5,55	0,45	6,00	14
U2.1	3/8	0,2	5,1	0,45	6,00	7
U2.2	3/8	0,2	2,8	0,45	3,23	14

Nota: elaboración propia. 2023

Para el caso del guarda rueda, consta de un refuerzo principal de media pulgada denominado “P” el cual tiene un gancho a 90 grados de 20 centímetros de longitud, éstos van amarrados a las barras “A” de la sección transversal del Box y a su vez se amarran a los aceros de distribución denominados “O” que pertenecen al guarda rueda y también cuentan con ganchos de similares características a los aceros principales. Esta información se puede ver de manera detallada en la Ilustración 19 y tabla 3 consignadas a continuación.

**Ilustración 19 Detalle de armado del guarda ruedas**



Nota: Adaptación tomada de “OBRAS DE ARTE PARA VÍAS DE LA RED TERCIARIA Y FÉRREA” del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

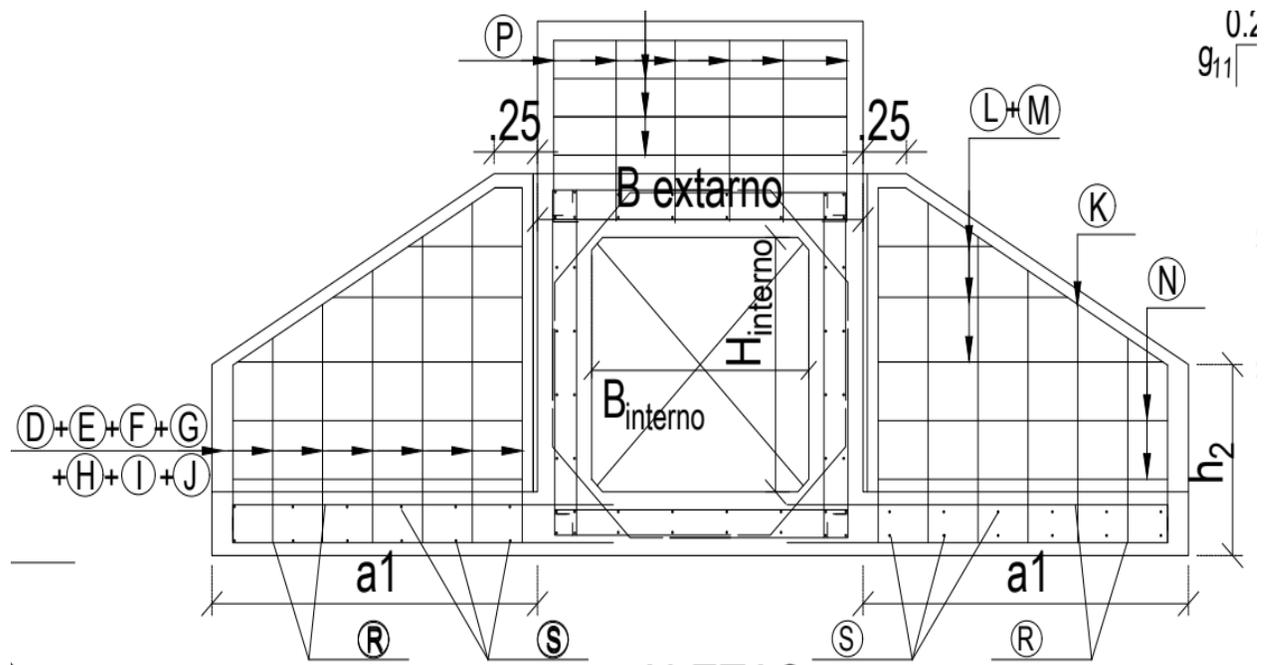
**Tabla 3 Dimensiones de barras de refuerzo en el guarda ruedas**

<b>VARILLA</b>	<b>D</b>	<b>S</b>	<b>L U</b>	<b>Gancho</b>		<b>L T</b>	<b>Unidades</b>	<b># Varillas</b>
O	1/2	0,20	1,85	90	0,2	2,25	4	8
P	1/2	0,20	0,45	90	0,2	0,85	20	40

Nota: elaboración propia. 2023

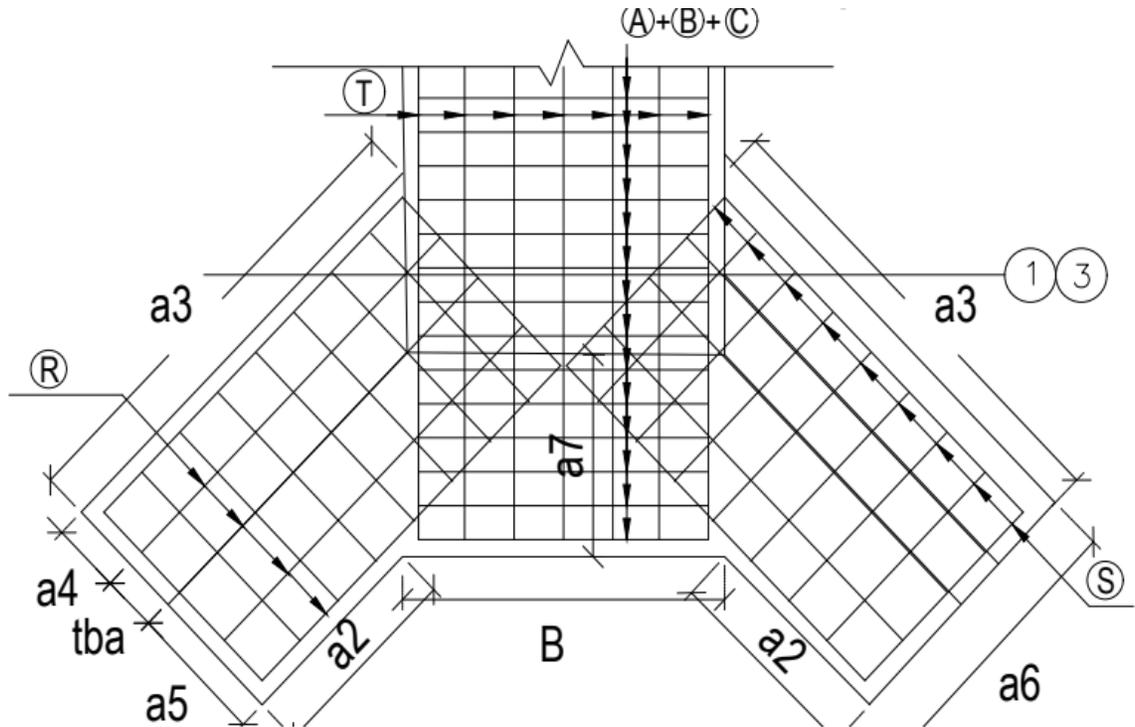
El estudio del armado de las aletas fue quizá la parte más engorrosa en cuanto a lectura de planos, como también su corte y figurado, esto debido a la geometría trapezoidal de las aletas lo que exigía múltiples elementos de diferentes longitudes tanto en sus aceros principales como en los aceros de distribución pertenecientes a los muros de estas. En los planos tipo, el acero principal de las aletas se representa con la nomenclatura “D”, “E”, “F”, “G”, “H”, “I”, “J” y los aceros de distribución se representan con la nomenclatura “K”, “L”, “M”, “N” todos correspondían a un mismo diámetro de media pulgada separados cada 20 centímetros con ganchos de 20 centímetros a 90 grados. Para el caso de las zapatas en las aletas, se tiene una cuadrícula conformada por los aceros “R” y “S” los cuales cuentan con la misma característica en sus ganchos, el detalle de la ubicación se puede observar en la ilustración 17 y 18

**Ilustración 20 Sección de las aletas en los extremos del Box**



Nota: Adaptación tomada de la cartilla “OBRAS DE ARTE PARA VÍAS DE LA RED TERCIARIA Y FÉRREA” del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

**Ilustración 21 Detalle del refuerzo en la placa base de las aletas**

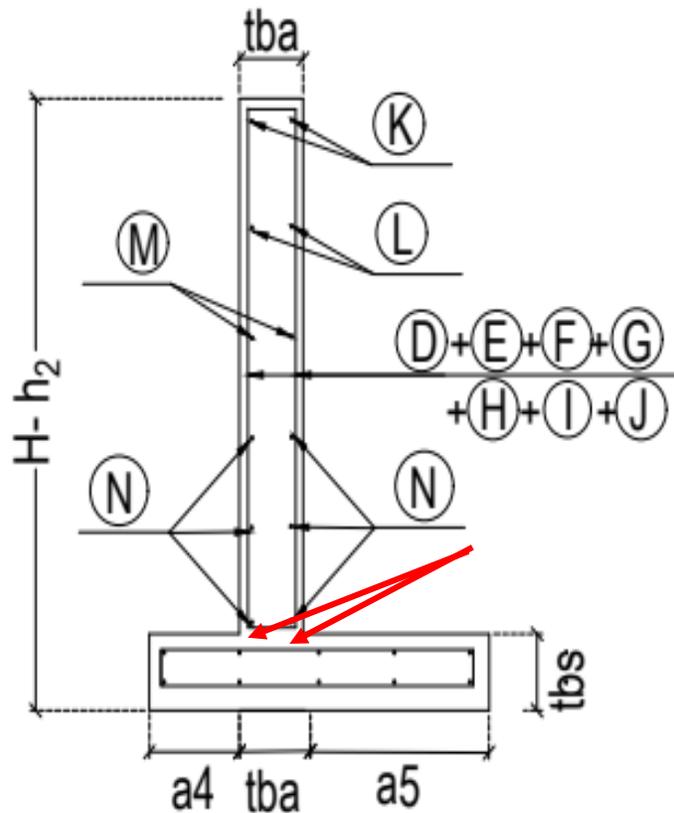


Nota: Adaptación tomadas de la cartilla “OBRAS DE ARTE PARA VÍAS DE LA RED TERCIARIA Y FÉRREA” del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

En el caso de los muros de las aletas, el auxiliar notó un problema en el acero del refuerzo, en los aceros principales y de distribución, había una incongruencia con las medidas de longitud, la separación y la cantidad de elementos; pues, al realizar el armado como lo muestra en la figura no se cumplía con la geometría de las aletas de manera satisfactoria por varias razones, primero, al ubicar los aceros principales con la separación mencionada de 20 centímetros, no se podía recubrir toda la longitud de las aletas, pues solo se llegaba a una distancia de 1.45 metros, cuando el objetivo eran 2 metros, para el caso de las barras de distribución sucedía que con la configuración de las barras “L” y “M” no se lograba distribuir de manera uniforme la totalidad del área de las aletas. Además, el perfil de las aletas mostraba que en el caso de los aceros principales no tenían continuidad con los aceros de la placa base, como se observa en la ilustración 22, esto es una

incongruencia desde el punto de vista del diseño, pues el modelo estructural del muro en la aleta es semejante al de una viga en voladizo, donde en su base se encuentran los momentos máximos, lo que hace de esta zona un punto crítico, por lo que el acero de refuerzo es indispensable allí.

**Ilustración 22 Detalle del refuerzo de aletas visto en perfil**



x|

Nota: Adaptación tomada de “OBRAS DE ARTE PARA VÍAS DE LA RED TERCIARIA Y FÉRREA” del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

para solucionar esto el auxiliar sugirió una nueva configuración donde se modificaban las longitudes de los aceros de tal forma que el refuerzo tenga una distribución uniforme y completa, conservando los detalles de los ganchos. Para ello se realizó una nueva nomenclatura en la cual los

aceros principales se nombran con la expresión “Di” donde “i” es un subíndice que empieza en 1 y termina en 10, los cuales referencian los aceros de menor al de mayor tamaño, para el caso de los aceros de distribución, se tomó “Ni” pero para este caso comienza en 1 y termina en 5 y siendo N5 el de menor tamaño y N1 el de mayor, los aceros principales “D” se prolongaron hasta amarrarse a los aceros “R” de la placa base, de ésta manera se evitaba la presencia de la zona frágil anteriormente mencionada. El detalle de las nuevas dimensiones se encuentra consignada en la Tabla 4 y se puede observar con claridad el detalle del armado de los aceros en la ilustración 23.

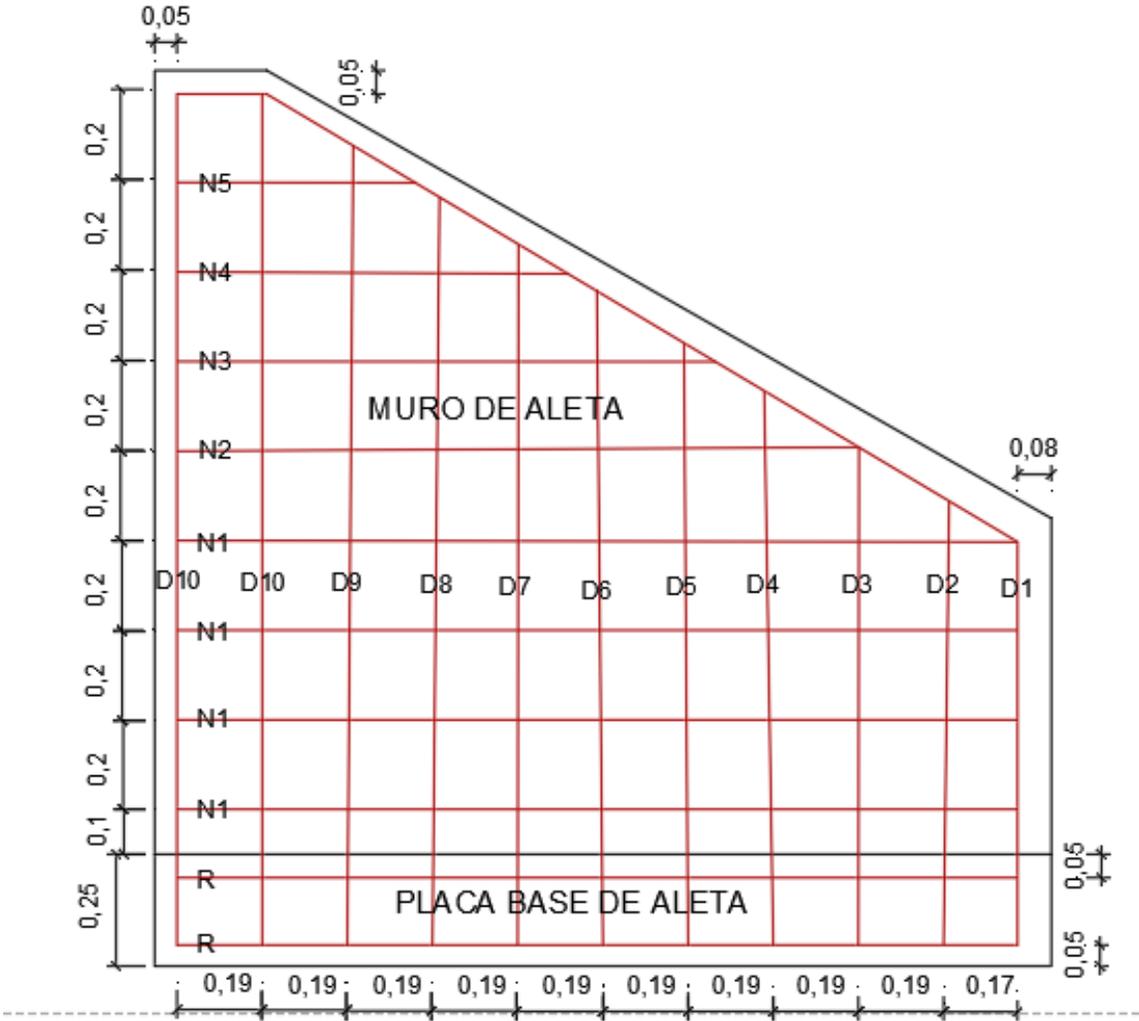
**Tabla 4 Dimensiones de acero de refuerzo en los muros de las aletas**

BARRAS VERTICALES							
VARILLA	D	S	LR	Gancho		LT	# Varillas
D1	1/2	0,165	0,90	90	0,2	1,3	8
D2	1/2	0,19	1,00	90	0,2	1,4	8
D3	1/2	0,19	1,10	90	0,2	1,5	8
D4	1/2	0,19	1,20	90	0,2	1,6	8
D5	1/2	0,19	1,34	90	0,2	1,74	8
D6	1/2	0,19	1,45	90	0,2	1,85	8
D7	1/2	0,19	1,57	90	0,2	1,97	8
D8	1/2	0,19	1,68	90	0,2	2,08	8
D9	1/2	0,19	1,79	90	0,2	2,19	8
D10	1/2	0,19	1,90	90	0,2	2,3	16
BARRAS HORIZONTALES							
N1	1/2	0,2	1,88	90	0,2	2,28	32
N2	1/2	0,2	1,53	90	0,2	1,93	8
N3	1/2	0,2	1,18	90	0,2	1,58	8
N4	1/2	0,2	0,84	90	0,2	1,24	8
N5	1/2	0,2	0,49	90	0,2	0,89	8

**Tabla 5 Dimensiones de aceros en la placa base de las aletas**

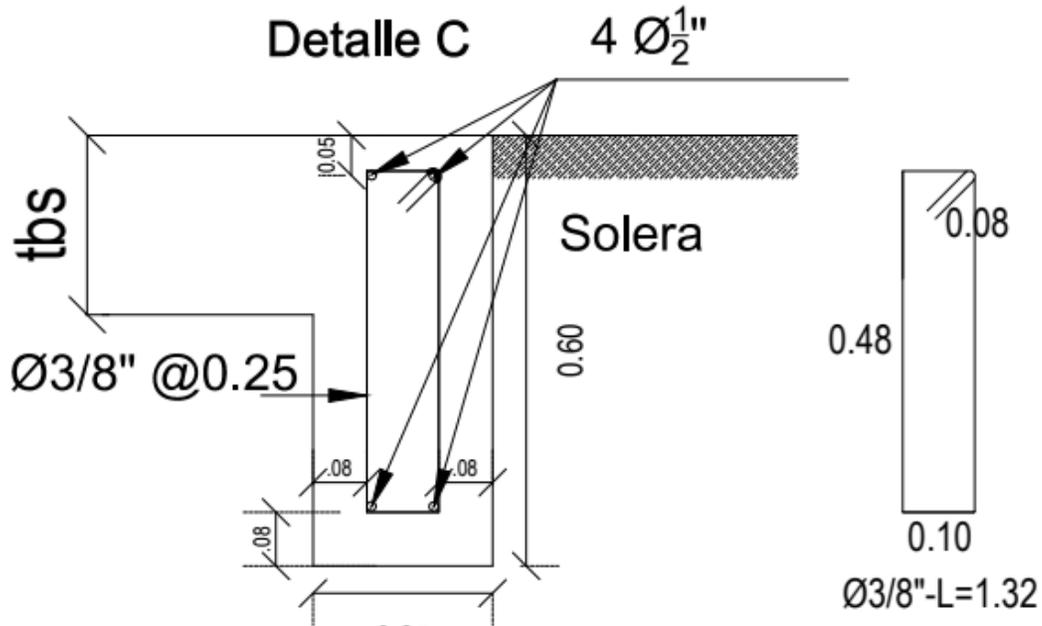
VARILLA	D	L U	Gancho		L T	Unidades	Elementos	# Varillas
R	1/2	2,15	90	0,2	2,55	12	4	48
S	1/2	1	90	0,2	1,4	22	4	88

Ilustración 23 Detalle de armado de acero luego de los cambios realizados por el auxiliar



Nota: Adaptación tomada de plano de aletas realizado por el auxiliar en AutoCAD. 2023

**Ilustración 24 Distribución de refuerzo dentellón**



Nota: Adaptación tomada de “OBRAS DE ARTE PARA VIAS DE LA RED TERCIARIA Y FÉRREA” del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

**Tabla 6 Dimensiones de refuerzo para dentellón**

<b>VARILLA</b>	<b>D</b>	<b>S</b>	<b>LR</b>	<b>Gancho</b>		<b>LT</b>	<b>Unidades</b>	<b>Elementos</b>	<b># Varillas</b>
FEJE	3/8	0,23	1,16	135	0,08	1,32	9	2	18
Z	1/2	0,1	1,85	N/A	N/A	1,85	4	2	8

En las demás piezas de las secciones no se encontraron irregularidades, el pasante consignó toda la información de las piezas en una hoja de cálculo en Excel, esto luego de haber comprobado

las dimensiones por medio de gráficos del despiece de las secciones con las dimensiones requeridas por los elementos que conformaban la obra.

#### 4.2.5 INSTALACIONES PROVISIONALES

Es normal que durante la ejecución de obras de construcción sea menester elaborar pequeñas instalaciones provisionales que serán utilizadas a lo largo del de realización del proyecto, también es común que, al finalizar, se suelen desmantelar. En este caso se rentó una casa ubicada en la zona de ejecución del Box Culvert, así se solucionaba la necesidad de instalaciones sanitarias, eléctricas y de almacenamiento provisionales.

##### Cuarto de Herramienta y *mesa para flejado*

En la ciudad de puerto Asís las temperaturas pueden llegar a 33 grados centígrados, por ello se decidió usar una carpa e instalar una mesa de flejado alado de la bodega.

## Ilustración 25 Bodega. Cuarto de herramienta



*Nota:* Fuente propia [Fotografía], 2023

**Ilustración 26 Mesa provisional de flejado**



*Nota:* Fuente propia [Fotografía], 2023

**Ilustración 27 Instalación de equipo de primeros auxilios**



*Nota:* Fuente propia [Fotografía], 2023

Como se mencionó anteriormente, se utilizó una casa a manera de bodega, la bodega contaba con divisiones internas de madera, esto fue útil, pues se habló con el propietario de la vivienda para que se permitiera colocar clavos en dos de las paredes de una habitación, esto con la finalidad de ubicar los instrumentos que no pesaban demasiado, gracias a ello se llevó un control de la herramienta constante y eficiente, pues al finalizar la jornada de trabajo se observaba las paredes, donde se ubicaban letreros con la cantidad y el tipo de herramienta en cada posición, de ésta manera si el número de elementos no coincidía con los carteles, se sabría la cantidad faltante. Luego de hablar con el propietario, éste aceptó con el compromiso de que al finalizar se le entregara la pared reparada y nuevamente pintada.

Para la mesa de flejado y corte de madera se utilizaron tablonces de 3 metros de longitud, 30 centímetros de largo y 5 centímetros de espesor, los tablonces formaban un rectángulo que se soportaba en listones de 4x8 centímetros ubicados en las esquinas y en el centro de los vanos, en la mesa se instalaron dos flejadoras para el figurado de acero con puntillas de 3 pulgadas y tornillos.

En toda obra es necesaria la ubicación de un botiquín de primeros auxilios, esto resulta prudente debido al constante riesgo al que se somete el personal en el momento de ejecución de una obra, en el botiquín se tenían vendas, gasas, esparadrapo, curas, una camilla, entre otros artículos de vital asistencia en caso de accidentes.

#### 4.2.6 PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Los procesos constructivos descritos a continuación en la ejecución del proyecto se realizaron utilizando los conocimientos prácticos y teóricos del auxiliar, además de que se contó con el asesoramiento de personas relacionadas con la construcción y con el acompañamiento del Esp. en construcción Carlos Mario Coral.

Los procesos constructivos cambian en función de las necesidades de cada obra, de los materiales implementados, incluso se involucran las condiciones climáticas y topográficas del lugar entre sus factores, para el caso de la obra en cuestión, uno de los factores de mayor impacto fueron las condiciones climáticas, pues Puerto Asís es un municipio ubicado en una planicie y que posee altos niveles pluviométricos, además de que no cuenta con un alcantarillado óptimo en muchas zonas, como en el caso del barrio Londres, además de ello, en el punto de ubicación del Box Culvert la topografía era desfavorable, ya que se ubicaba en una zona de depresión de la topografía local, lo que hacía que las escorrentías de las lluvias llegaran al punto del box en todas las direcciones, ocasionando una inundación considerable de la zona. Por esto el auxiliar decidió que no era oportuno empezar labores de excavación al inicio de la obra, sino que, por el contrario, se decidió realizar la totalidad del corte y figurado de acero antes de iniciar labores de excavación, el acero se organizó en conjuntos en función de la letra asignada para su identificación, y se usaron carteles nuevamente en las zonas de almacenamiento, esto resultó muy útil luego en los días de armado de la estructura, pues así se realizaba un armado de manera rápida y organizada, evitando confusiones a la hora de ubicar las diferentes piezas de refuerzo.

La norma CCP14 tiene algunos requerimientos de dimensionamiento para el acero de refuerzo, estos requerimientos fueron revisados por el pasante para verificar su cumplimiento, de este modo asegurándose que la información contenida en los planos sea coherente con la normatividad vigente, además de que se ejecute un correcto proceso constructivo.

- **Recubrimientos**

Para el caso del recubrimiento del acero, el proyecto especificaba longitudes de 7.5 centímetros en los lugares donde el concreto reposaba directamente contra el suelo, en las demás secciones, el recubrimiento especificado era de 5 centímetros. En la sección 5.12.3 del código colombiano de puentes CCP 14, se estipula que en ningún caso el recubrimiento de los aceros principales debe ser inferior a 2.5 centímetros, además proporciona una tabla de los valores mínimos de control según el tipo de sección.

**Tabla 7 Recubrimiento para las armaduras principales no protegidas**

<b>Situación</b>	<b>Recubrimiento (mm)</b>
Exposición directa al agua salada	100
Hormigonado contra el suelo	75
Ubicaciones costeras	75
Exposición a sales anticongelantes	60
Superficies de losa de los puentes con tránsito de neumáticos con clavos o cadenas	60
Otras situaciones exteriores	50
Otras situaciones interiores	
• Hasta Barras No. 11	40
• Barras No. 14 y No. 18	50
Fondo de losas vaciadas <i>in situ</i>	
• Hasta Barras No. 11	25
• Barras No. 14 y No. 18	50

*Nota:* Adaptación tomada de Código colombiano de puentes. 2014.

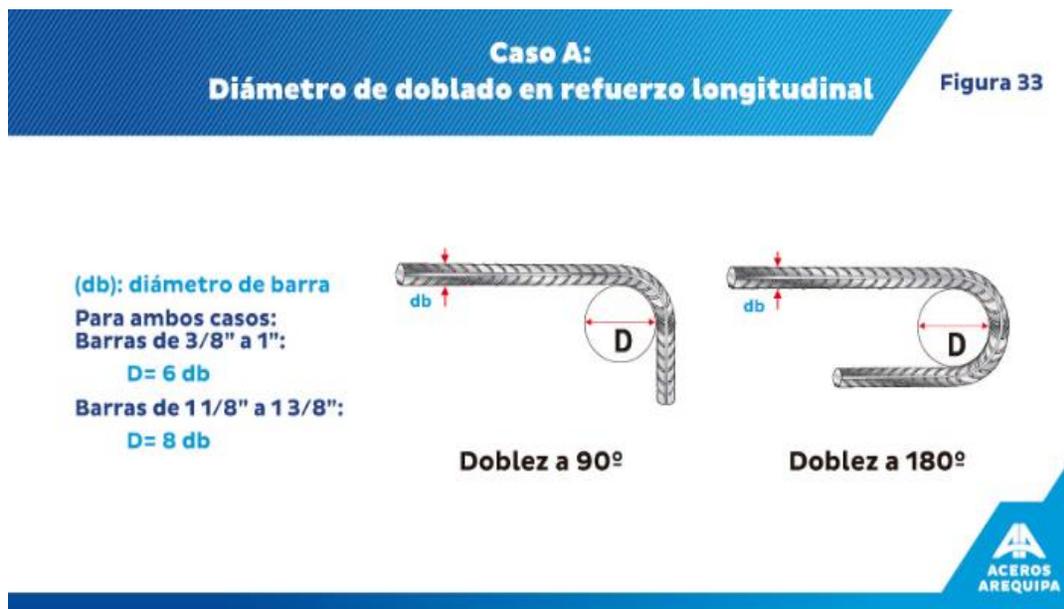
- **Diámetro de doblado y longitud de gancho**

En el proceso de armado de las secciones es importante que el doble o figurado del mismo se realice adecuadamente, pues al doblar las barras de acero se producen esfuerzos internos que generan microfisuras, para mitigar este daño es recomendable que al realizar los ganchos en las barras se cuente con un diámetro mínimo de doblado, este diámetro se puede garantizar realizando un distanciamiento L entre el tubo de doblado y la trampa de la barra, el diámetro de doblado varía en función del diámetro del refuerzo. Como se vio en la sección 4.2.4, en los planos; las longitudes de gancho que se usaron en el armado de aceros consistían en ganchos de 20 centímetros para todos los elementos, ésta distancia se verificó para los aceros de refuerzo.

La totalidad de aceros se doblaron con la distancia mínima correspondiente a la de una barra con diámetro nominal de media pulgada, esto debido a que se utilizaron dos flejadoras, las cuales se ubicaron de tal forma que quede referenciada en la mesa la distancia L mencionada para las barras de esta medida de diámetro, esto permitió que se agilizará el proceso del figurado de aceros, puesto que al tener calibrada la distancia, no había necesidad de tener que calibrar la distancia del tubo de doblado cada que se figuraba un nuevo elemento, bastaba con ubicarlo en la posición

correspondiente a la marca del ángulo de doblado necesario, supliendo así el diámetro mínimo de mayor valor de las barras.

### Ilustración 28 Ganchos y doblez usados durante la construcción



Nota: Adaptado de Doble del Fierro Corrugado [Imagen], de Construyendo Seguro, 2023. (<https://www.construyendoseguro.com/sigue-estos-consejos-para-el-mejor-doblado-de-acero/>).

Tabla 8 Diámetros mínimos de doblado para barras longitudinales

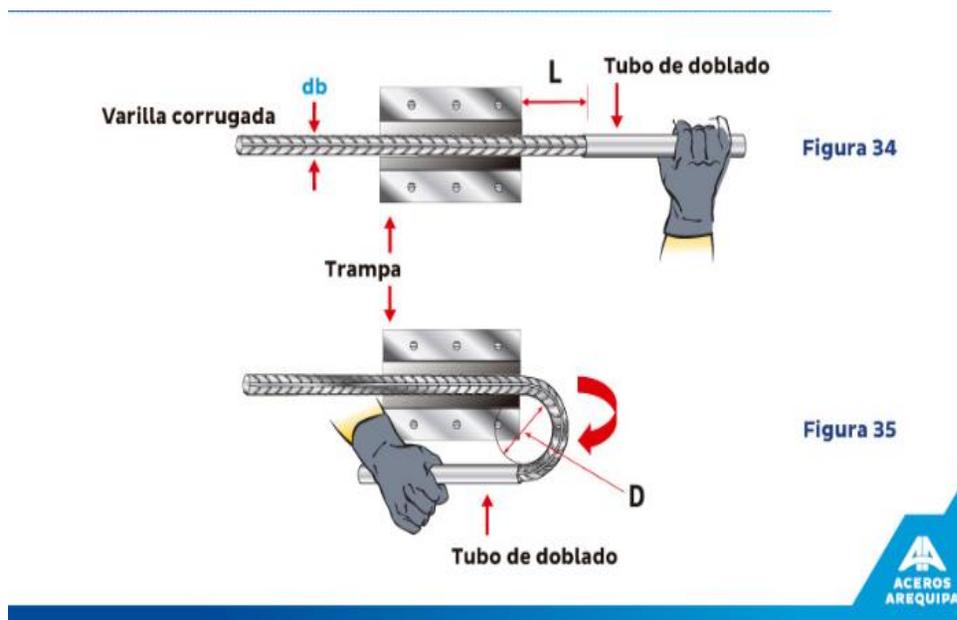
Tamaño y uso de la Barra	Diámetro mínimo
No. 3 a No. 5-Usos general	6.0d <sub>b</sub>
No. 3 a No. 5-Estribos y zunchos	4.0d <sub>b</sub>
No. 6 a No. 8-Usos general	6.0d <sub>b</sub>
No. 9, No. 10, y No. 11	8.0d <sub>b</sub>
No. 14 y No. 18	10.0d <sub>b</sub>

Nota: Adaptado de Código Colombiano de Puentes CCP 14 [Imagen], 2023.

El código colombiano de puentes en la sección 5.10.2.1 se describen los tipos de ganchos estándares a tracción que se pueden implementar, para el caso de aceros longitudinales terminados en ganchos elaborados con un ángulo de 180 grados, la distancia debe prolongarse luego del gancho una longitud mínima de 4 veces el diámetro de la barra; es decir, en caso de las barras de 1/2 in se prolonga hasta 5.1 centímetros; sin embargo, el valor no debe ser menor a 6.5 centímetros, por lo que para el caso de los aceros con diámetro de 1/2 in este es el valor de referencia. Para el caso de las varillas dobladas a 90 grados, el código sugiere que la distancia de prolongación mínima debe de ser de 12 veces el diámetro de la barra, lo que supone un valor de 15,2 centímetros para barras de 1/2 in. Teniendo en cuenta que todos los ganchos contaban con una longitud de 20 centímetros, los valores concuerdan de manera satisfactoria para la definición de ganchos estándares.

Sin embargo, estos valores son mínimos para clasificarse como un gancho estándar, es necesario realizar la verificación de longitud de gancho requerida para las barras terminadas en gancho estándar con orientación de 180° y 90°

#### Ilustración 29 Diámetros de doblado en barras longitudinales



Nota: Adaptado de Doble del Fierro Corrugado [Imagen], de Construyendo Seguro, 2023. (<https://www.construyendoseguro.com/sigue-estos-consejos-para-el-mejor-doblado-de-acero/>).

En la sección 5.11.2.4.1 del código colombiano de puentes CCP14 se describe la longitud de desarrollo de ganchos estándar a tracción para barras corrugadas ( $L_{db}$ ) debe satisfacer una longitud mayor o igual a 150 mm, también debe ser mayor o igual a 8 veces el diámetro de la barra (para 1/2 in corresponde a 102 mm ) y debe ser mayor o igual al producto entre su longitud básica de desarrollo ( $L_{hb}$ ) por los factores de modificación encontrados en la misma sección.

Longitud básica de desarrollo:

$$L_{hb} = \frac{100 db}{\sqrt{f_c}} = \frac{100 * 12.7}{\sqrt{21}} = 277 \text{ mm}$$

En la sección 5.11.2.4.2 del CCP14 se establecen factores de modificación en caso de uso de: resina epoxi, agregados livianos, estribos cerrados y acero de refuerzo con  $F_y$  mayor a 420 MPa. Ninguno de estos factores era aplicable para éste caso, sin embargo la norma también dicta que en caso de contar con un recubrimiento perpendicular al plano del gancho mayor a 64 mm para barras de igual o menor diámetro a No. 11, y en caso de ganchos de  $90^\circ$  el recubrimiento de la prolongación del gancho sea mínimo 50 mm se aplica un factor de modificación de 0.7, para la armadura, los recubrimientos perpendiculares de ganchos eran aproximadamente de 100 mm por lo que éste factor si era aplicable.

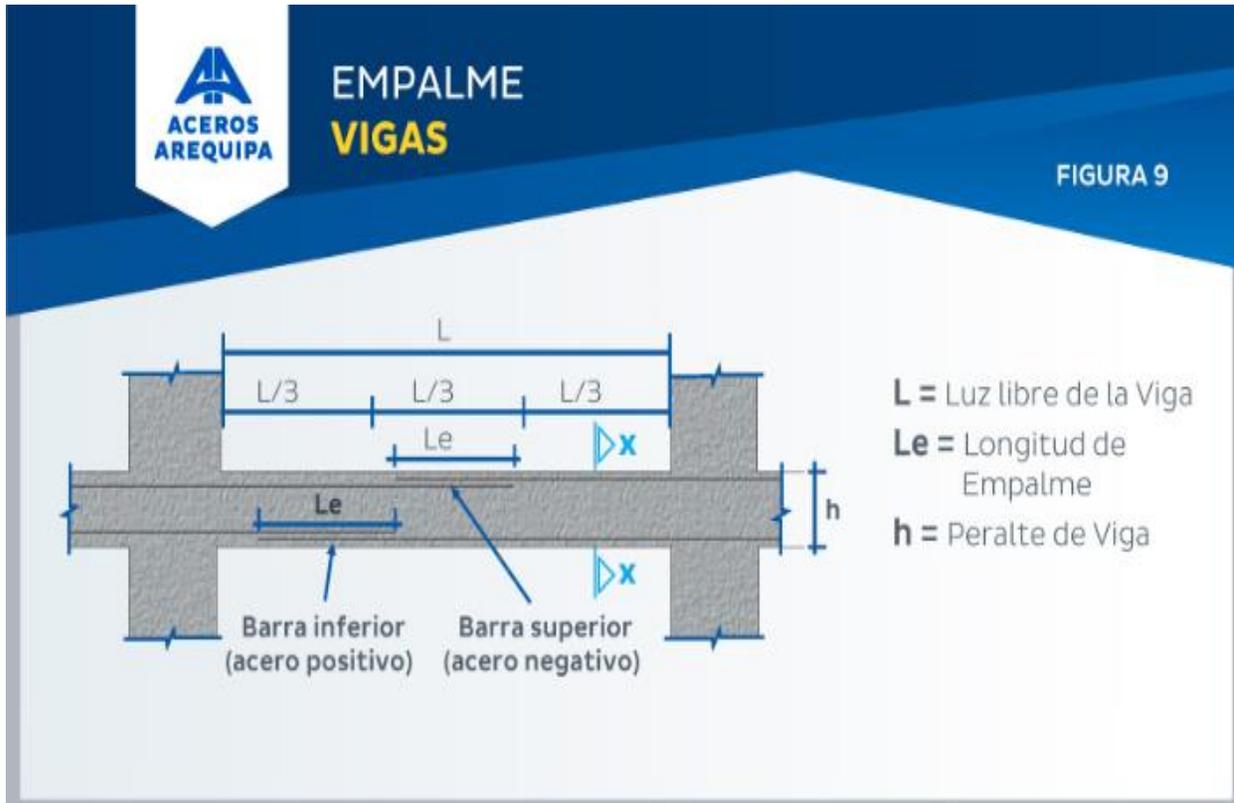
$$L_{db} = 0.7 * 277 = 194 \text{ mm}$$

- **Longitud y zonas de traslapo**

Las zonas de traslapo se deben realizar en zonas en las cuales no haya presencia de momentos máximos, las placas contaban con dos tipos de refuerzo a flexión, el refuerzo tipo “B” que cerca de las esquinas trabaja a tensión mientras que en el centro del vano trabaja a compresión, y el refuerzo tipo “A” que cerca de las esquinas trabaja a compresión y en el centro del vano trabaja a tensión. Luego las zonas de traslapo para los aceros tipo “B” deben encontrarse en el tercio central del elemento, debido a que aquí no son esencialmente requeridos debido al buen comportamiento a compresión que presenta el concreto, caso contrario ocurre en el refuerzo denominado “B” puesto que la tensión que asumirá éste refuerzo se encuentra en la parte central

del elemento, luego la zona ideal de traslapo para éstas barras se encuentra en los tercios extremos del elemento; sin embargo, los aceros tipo “A” son continuos, es decir, no llevan traslapos. Lo anteriormente descrito se puede evidenciar en la ilustración 30

### Ilustración 30 Zona de empalmes para refuerzo a flexión



*Nota:* Adaptado de Doble del Fierro Corrugado [Imagen], de Construyendo Seguro, 2023. (<https://www.construyendoseguro.com/sigue-estos-consejos-para-el-mejor-doblado-de-acero/>).

Cuando se trata de empalmes, en el caso de empalmes de barras que trabajan a tensión, se hace necesario el cálculo de la longitud de desarrollo del refuerzo como lo indica la CCP14 en la sección 5.11.2.1.1, sin embargo, como se mencionó anteriormente, el refuerzo que principalmente trabaja a tracción es continuo, por lo que este cálculo no es necesario. En el caso del refuerzo a compresión la norma dice que en ningún caso esta longitud debe ser inferior a 300 mm, además,

para las barras con un esfuerzo de fluencia menor o igual a 420 MPa se tiene que cumplir que la longitud de compresión debe ser mayor o igual a:

$$L_c = 0.073 * m * F_y * d_b = 0.073 * 1.0 * 420 * 12.7 = 389 \text{ mm}$$

Donde “**m**” corresponde a un factor de modificación adimensional que para el caso es igual a 1.0 debido a la ausencia de refuerzo por cortante en espiral y concretos con resistencia a compresión menor a 21 MPa, en cuyos casos el valor de m sería distinto. “**F<sub>y</sub>**” corresponde al esfuerzo de fluencia del acero, como se trataba de acero grado 60, su valor es igual a 420 MPa, y “**d<sub>b</sub>**” corresponde al diámetro de la barra. Resolviendo obtenemos un valor de 389 milímetros.

Teniendo en cuenta que los empalmes se realizaron con una longitud de 750 mm, la longitud de empalme es mayor a la necesaria, por lo que se cumple satisfactoriamente este requisito.

- **Espaciamiento de refuerzo**

Para concretos vaciados en sitio, la norma CCP14 en la sección 5.10.3.1.2 y 5.10.3.1 exige el cumplimiento de la distancia libre entre barras máxima y mínima permitida, para el caso de la distancia máxima, el código exige que en esta separación no debe ser mayor a 450 mm en caso de losas, ni tampoco debe superar 1.5 veces el espesor de la losa (375 mm). Para el caso de la distancia mínima se debe tomar el valor máximo de las siguientes consignas:

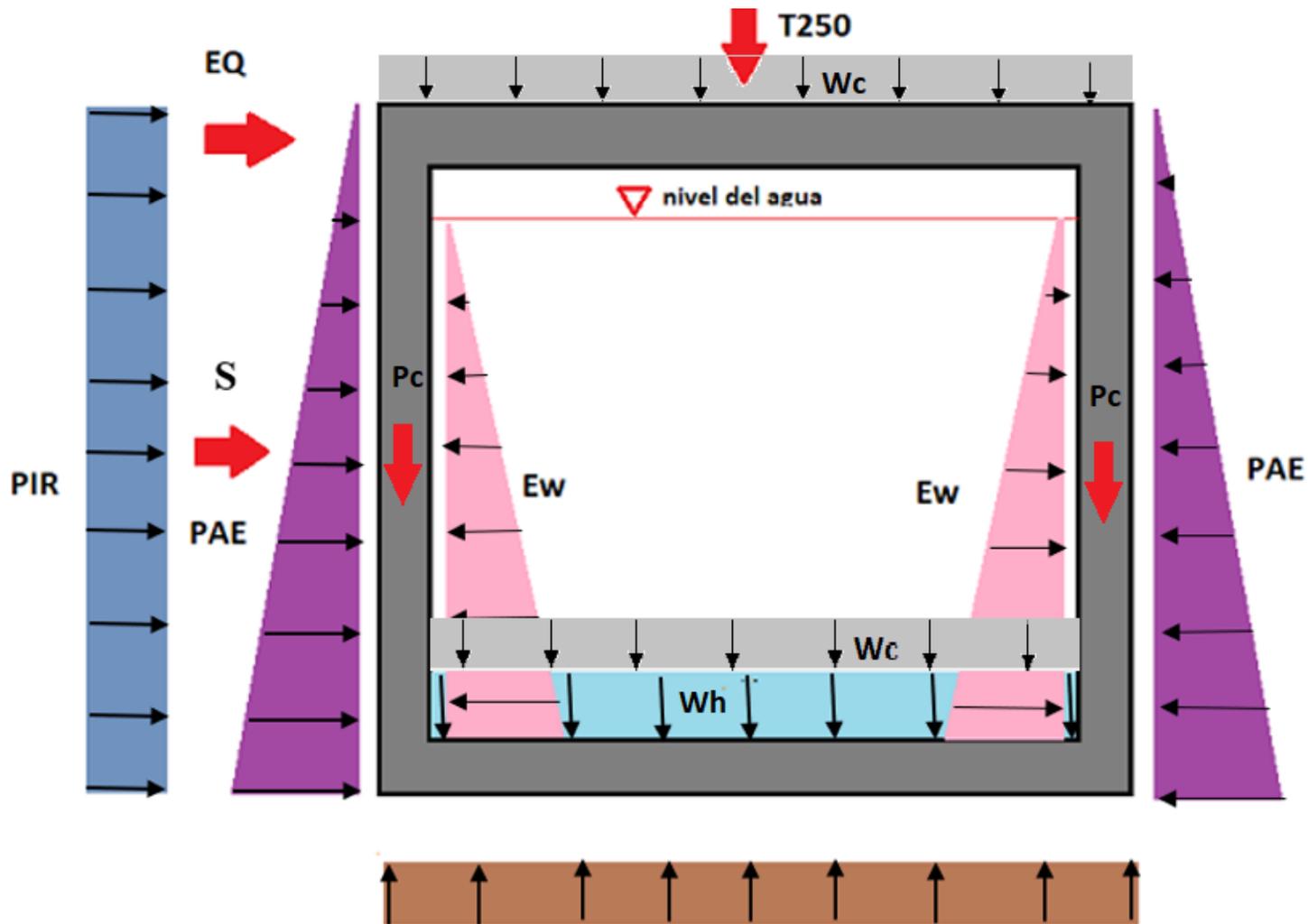
1.5 veces el diámetro nominal de las barras ( 19 mm)

1.5 veces el tamaño máximo del agregado ( 29 mm)

No debe ser menor a 38 mm

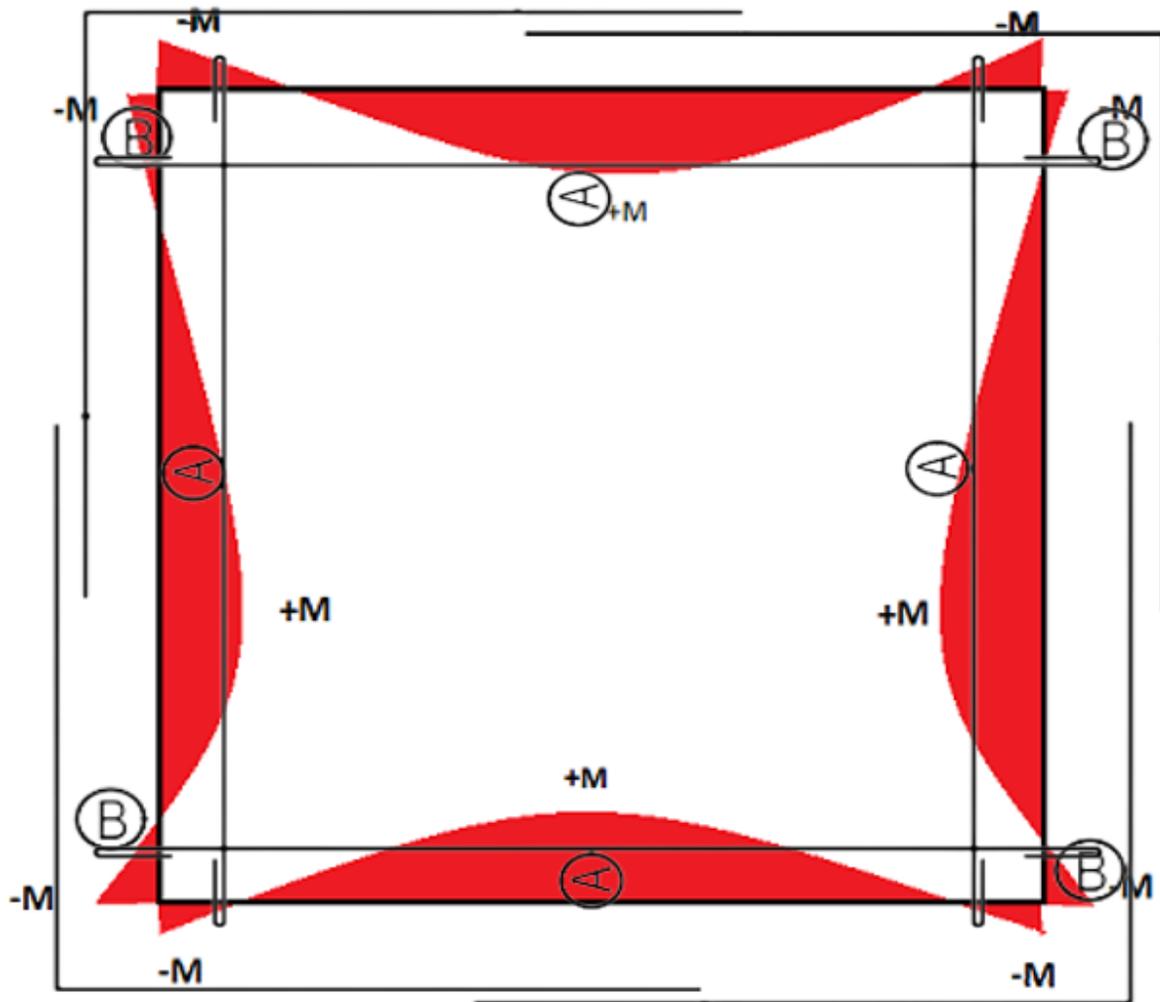
La separación entre barras se encontraba entre 80 a 100 mm, lo que mantenía al acero en una distancia entre barras satisfactorio.

Ilustración 31 Diagrama de fuerzas actuantes en el Box



Nota: Elaboración propia [Imagen], 2023. Diagrama de fuerzas externas actuantes en la sección

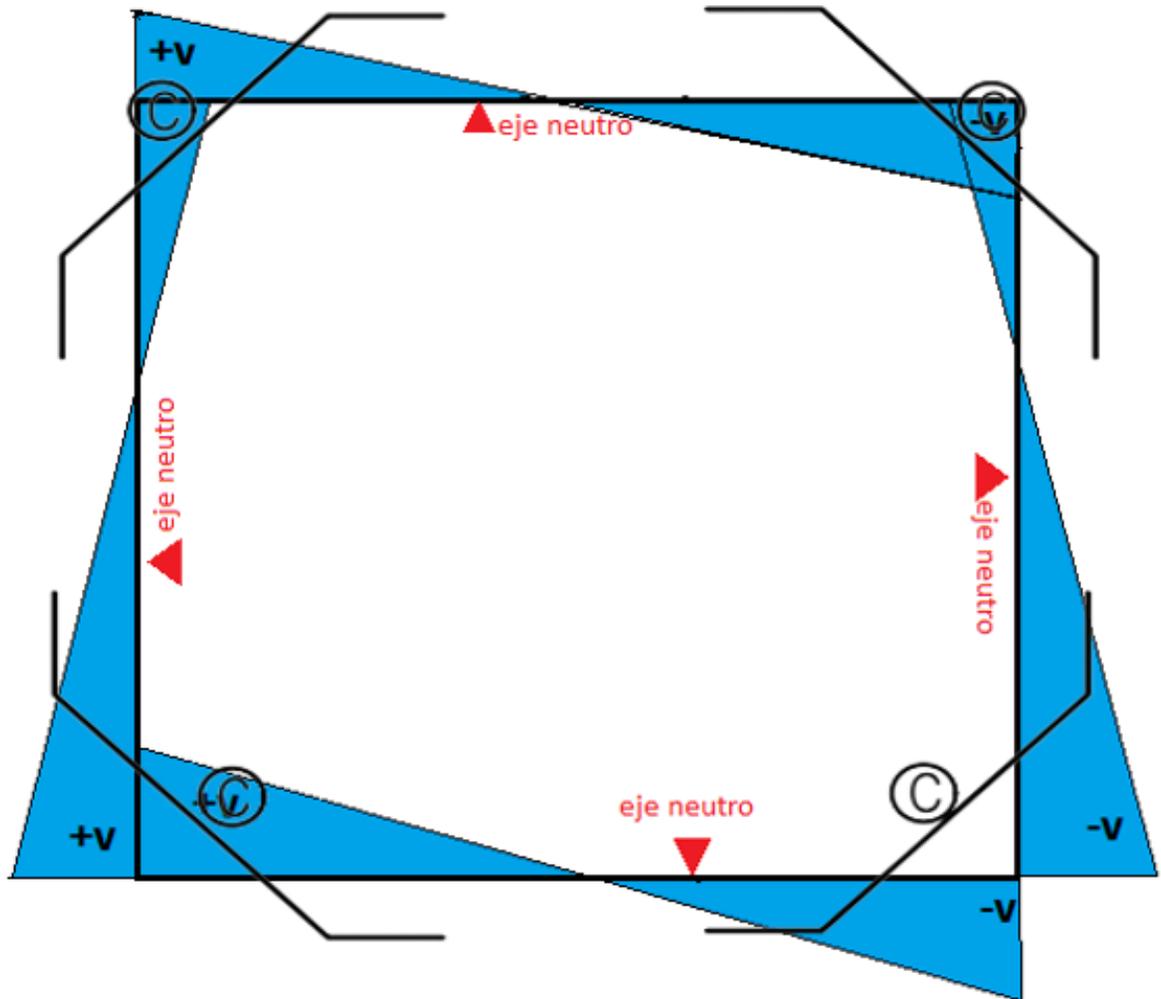
Ilustración 32 Diagrama de momentos típico de la sección



*Nota:* elaboración propia [Imagen]. 2023

Las zonas críticas para los empalmes del refuerzo longitudinal en la sección son aquellas en donde la presencia de momentos es máxima, los diagramas realizados corresponden al comportamiento interno de la sección esperado, sin embargo, a la hora del diseño, se acostumbra a realizar los diagramas de envolventes de momento, la cual presenta los efectos máximos conseguidos en función de la configuración de cargas.

Ilustración 33 Diagrama de Cortante de la sección



Nota: elaboración propia [Imagen]. 2023

En las esquinas de la sección es donde se encuentran los mayores efectos de cortante, éste cortante es absorbido por los aceros de refuerzo tipo C ubicados en las mismas, de tal forma que se eviten puntos frágiles.

### Ilustración 34 Corte y figurado de acero



*Nota: Fuente propia [Fotografía], 2023* Ilustración 35

### Ilustración 36 Almacenamiento aceros



*Nota: Fuente propia [Fotografía], 2023* Ilustración 37

Luego de culminar el corte, figurado y almacenamiento del acero de refuerzo, se procedió a fabricar los tableros que se usarían posteriormente durante el proceso de fundición, se realizaron los tableros internos y externos de la totalidad del cajón, para el caso de las aletas resultó más conveniente la renta de encofrados metálicos desde el punto de vista económico.

### Ilustración 38 Elaboración de tableros de madera



Nota: Fuente propia [Fotografía], 2023

Al tener la totalidad de los tableros y del acero figurado, se procedió a solicitar el cierre de carrera 28 entre la calle 46 y 47, de este modo se evitaría el tránsito de peatones o de vehículos de todo tipo en la zona de excavación, así se evitó accidentes y se logró una ejecución de actividades de manera cómoda. Posterior a la solicitud, la secretaría de planeación pidió a las autoridades de tránsito el cierre de la vía con “cinta peligro”. Adicional a ello, se realizó un cierre en lona verde con soportes de madera y la señalización en ambas direcciones de la calle 28, esto permitía a los ciudadanos observar desde la lejanía el lugar de trabajo. La lona se ubicó de tal manera que permitiera a los habitantes la zona encerrada acceder a sus viviendas de manera cómoda y sin tener que transitar por la zona de trabajo.

### **Ilustración 39 Instalación de lona verde en la carrera 28**



Nota: Fuente propia [Fotografía], 2023

#### Ilustración 40 Instalación de señalización en la obra



Nota: Fuente propia [Fotografía], 2023

Finalmente se pudo empezar las labores de la excavación, para ello se realizó un pequeño desvío de cauce, inicialmente se iba a realizar usando tubería PVC de 8 pulgadas, sin embargo, el caudal era de pequeña magnitud, y durante la presencia de precipitaciones el agua se estancaba en toda la zona, lo que hacía de la tubería a instalar algo innecesario.

### Ilustración 41 Desviación de cauce natural provisional



Nota: Fuente propia [Fotografía], 2023

También se consideró oportuno el hacer uso de cinta peligro para delimitar las zonas de trabajo y de tránsito del personal, para ello se hizo uso de tabloncillos de madera a modo de puentes en las zonas donde se tenía que transitar

## Ilustración 42 Señalización de caminos peatonales en área de trabajo



**Nota: Fuente propia [Composición fotográfica], 2023**

La excavación se realizó mediante la retro excavadora vista en la ilustración 32, sus dimensiones fueron de 3 metros de ancho en el cuerpo del Box de manera simétrica respecto al su eje, en la parte de las aletas se extendió la excavación por un metro más hacia el lado donde abrían cada una de las aletas en el encole y descole, esto para asegurar que se pueda realizar el armado, aplomado y aseguramiento de los tableros de manera cómoda y precisa. La profundidad de la excavación promedio fue 1.85 metros de profundidad, donde un metro de terreno fue sustituido por material granular quedando una profundidad final de 0.85 metros luego del proceso de mejorado de suelo.

Debido a que el barrio Londres no cuenta con un alcantarillado, es común la construcción de pozos sépticos, al excavar en la parte del encole se encontró que parte de una de las aletas se encontraba cerca de un pozo séptico, esto fue un problema debido a que el suelo cercano al pozo era bastante inestable, por ello fue necesario excavar a mayor profundidad hasta encontrar un estrato más firme, además de ello se hincaron postes de madera rolliza alrededor de la zona inestable para darle mayor estabilidad a las paredes de la excavación, luego de hincar los postes se procedió a compactar capas de terreno de 20 centímetros de altura hasta llegar a los niveles deseados en toda el área de trabajo. Durante el proceso de retirado del suelo inestable, el pozo séptico adyacente fue afectado, el auxiliar hizo un informe donde se describía la situación, luego se hizo un compromiso con el dueño de la vivienda para reubicar el pozo séptico de tal forma que no obstruyera con la construcción en proceso.

Una situación particular del proceso constructivo del Box Culvert en cuestión fue que en medio de la carrera 28 se encontraba una tubería de concreto totalmente colmatada, la tubería fue retirada y se ubicó en un solar aledaño por petición de la comunidad para ser reutilizados posteriormente, las piezas fueron retiradas con ayuda de sogas y de la retro excavadora, el material sobrante se retiró en volquetas con capacidad de 6 metros cúbicos.

#### **Ilustración 43 Inicio de excavaciones con presencia del nivel freático**



#### Ilustración 44 Mejoramiento de suelo con material granular



Nota: Fuente propia [Fotografías], 2023

Antes de culminar la compactación y nivelación del terreno se pidió los materiales pétreos (grava y arena) suficientes para la fundición del solado de 8 centímetros de espesor en el área de trabajo, además también se pidió al proveedor de cemento que trajera los primeros 50 bultos de cemento, se acordaron entregas parciales de ambos materiales, dado que los proveedores daban ésta facilidad a la hora de entregar los materiales, esto fue optimo, así se evitaba obstruir demasiado el sitio de trabajo con los materiales. Para el solado se utilizó una proporción de dosificación de 1 parte de cemento para 3 partes de arena y 4 partes de grava, y una relación agua cemento 0.56 aproximadamente, también se realizaron pequeños conos de concreto utilizando moldes de vasos desechables, su función era garantizar el recubrimiento inferior del refuerzo en la placa inferior.

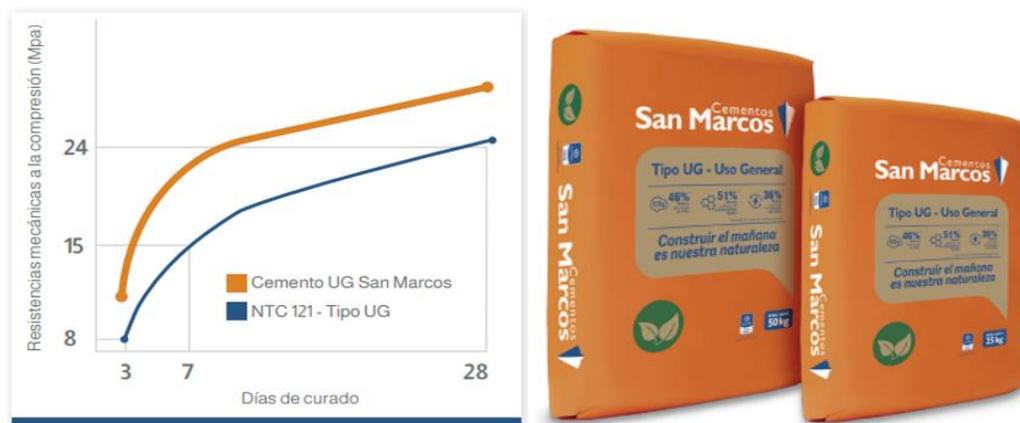
### Ilustración 45 Fundición de solado de 8 cm de espesor



Nota: Fuente propia [Fotografía], 2023

Los materiales implementados fueron: cemento San Marcos de uso general el cual cumple con las especificaciones de la norma técnica colombiana NTC 121: del año 2014, grava triturada con un tamaño máximo igual a  $\frac{3}{4}$  de pulgada, arena y agua de aljibe extraída con una bomba eléctrica, estos materiales se utilizaron también en la fundición del box, con una variación importante en las proporciones.

### Ilustración 46 Ficha técnica de desarrollo de resistencias cemento San Marcos tipo UG



Nota: tomado de la página oficial de Cementos San Marcos

<https://cementosanmarcos.com/productos-cementos-san-marcos/>

Al terminar el solado comenzó una temporada de lluvias que hacía que hayan días donde era imposible trabajar con normalidad, puesto que la excavación se llenaba de agua en cuestión de minutos, durante el procedimiento de armado de encofrados fue necesario el uso de una motobomba de 2" y una bomba sumergible, esto permitía rápidamente evacuar el agua cuando la intensidad de las lluvias no era alta y prolongada, esto ralentizó un poco el desempeño de en la ejecución del proyecto, pues el área de trabajo se inundaba por completo sin tener hacia donde evacuar el agua, lo que hacía que el usar la maquinaria para extraer el agua sea ineficaz. Este problema persistía también durante las mañanas en las que ocurrían precipitaciones la noche anterior, se decidió que dos obreros asistirían una hora antes con el objetivo de retirar el agua de tal manera que a la hora de iniciar labores se pueda trabajar con normalidad.

#### **Ilustración 47 Inundación de área de trabajo**



Nota: Fuente propia [Fotografía], 2023

El proceso de armado del acero se inició con la ubicación de los aceros principales, para ello, se utilizó estacas prolongando el eje de la construcción, de tal forma que se pudiera trazar una demarcación con nylon, la cual se usó de referencia y así trasladar el eje en el solado con la ayuda de plomadas de punto, luego del trazado del eje en el solado, se procedió a colocar clavos de acero en el solado con la finalidad de ubicar puntos clave en el área de trabajo, éstos puntos servían para ubicar los aceros iniciales de manera satisfactoria, los cuales a su vez se colocaban sobre los conos de mortero anteriormente realizados para asegurar los recubrimientos. Se comenzó ubicando los aceros tipo “B” que tenían forma de L, se hizo de esta manera para armar cuadrados y amarrarlos a las varillas “U”, “V”, “T” suficientes para crear un cubo lo suficientemente rígido que se quede estable en su posición a la hora de amarrar el acero. Esta actividad se repitió en distancias de dos metros de manera repetida hasta conseguir la totalidad del cuerpo del Box, luego de ello se procedió a amarrar los aceros restantes que amarrarían esta sección. Lo siguiente fue amarrar los refuerzos tipo “A” de la sección formando un nuevo cuadrado de manera interna, éste proceso fue más rápido debido a la estabilidad del rectángulo exterior, además se hizo el armado del refuerzo en distancias de 6 metros para ubicar las varillas “T”, “V”, “U” restantes de tal manera que queden dentro de los muros y las placas, durante el proceso de amarrado el auxiliar revisó las medidas de la separaciones de los aceros de refuerzo constantemente para reducir la presencia de errores en el proceso de amarrado.

previo al armado de acero de placa base en la zona de las aletas, se procedió a hacer dos cortes en el solado de manera rectangular con la finalidad realizar los dentellones, primero se delimitó nuevamente con puntillas y luego se hizo una demarcación, con la ayuda de pulidoras de 7” se marcó los rectángulos sobre la placa de solado, luego con la ayuda de un rotomartillo se retiró el concreto dentro del mismo, finalmente se realizó una excavación manual hasta una profundidad de 60 centímetros, durante el armado de la placa base de las aletas del Box, se ubicaron los flejes y las varias “Z” a las que éstos iban amarrados, luego se amarraron a las varillas “A” de tal forma que al fundirse la placa también se pudiese fundir los dentellones a la vez, finalmente se armaron parcialmente los muros de las aletas colocando solamente los aceros principales para quedar embebidos en la primera placa de fundición.

### Ilustración 48 Armado de aceros “B”, “V”, “T”, “U” iniciales



*Nota:* Fuente propia [Fotografía], 2023

### Ilustración 49 Evacuación de agua en zona de trabajo luego de precipitación



*Nota:* Fuente propia [Fotografía], 2023

### Ilustración 50 Armado de aceros ´principales internos al cajón



Nota: Fuente propia [Fotografía], 2023

Al finalizar el armado del cajón central por completo se comenzó a ubicar los tableros externos, previo a su ubicación se aplicó aceite en la superficie de los tableros que entraría en contacto con el concreto, esta práctica facilita el posterior desencofrado. también se colocaron los aceros de la placa base en la zona de las aletas, estos debían estar amarrados a las armaduras de los dentellones.

### Ilustración 51 Excavación para ubicación de dentellón



Nota: Fuente propia [Fotografía], 2023

### Ilustración 52 Elaboración de encofrados externos



*Nota:* Fuente propia [Fotografía], 2023

### Ilustración 53 Armado de aletas



*Nota:* Fuente propia [Fotografía], 2023

Finalizado el armado y colocado de tableros externos en el cajón central del Box Culvert, se procedió a delimitar con tablas la placa base en las aletas ubicadas en los extremos, para esta actividad se utilizaron tablas de 25 centímetros, las cuales alcanzaban la totalidad del espesor de la placa, se fijaron con estacas de 40 centímetros y clavos de 2 pulgadas, las cuales aportaban la firmeza necesaria para que el encofrado sea seguro. Finalmente se procedió a fundir la placa, para esta actividad se utilizó una mezcladora de concreto con capacidad para un bulto de cemento, la cual funcionaba con ACPM, esto fue vital para realizar la fundición completa de la placa base, pues hacía de la preparación del concreto una actividad más ágil. El concreto utilizado para esta actividad fue concreto de 3000 PSI y las relaciones utilizadas fueron, una parte de cemento por 2 partes de arena y 3,5 partes de grava con una relación agua cemento de 0,5. Es normal representar las dosificaciones de concreto en cantidades que representen un metro cúbico de concreto simple, esto resulta de gran utilidad en las obras, debido a que se puede rápidamente calcular la cantidad aproximada de materiales a utilizar al conocer las dimensiones del elemento a fundir.

#### **Ilustración 54 Fundición de Placa base**



*Nota:* Fuente propia [Fotografía], 2023

Luego de la fundición de las placas se procedió a colocar el encofrado de los muros internos, como también los encofrados de la placa superior de tal forma que lleve el soporte necesario para el vaciado de concreto en los muros.

#### **Ilustración 55 Encofrado interno**



*Nota:* Fuente propia [Fotografía], 2023

Para el caso del encofrado en las aletas, al finalizar una de las aletas el suministro de madera útil para realizar taleros se terminó, al tratarse de un área de poca magnitud, resultó más práctico en términos de tiempo y economía el alquilar encofrado metálico para las tres aletas restantes, el pasante se encargó de solicitar el área necesaria para un armado satisfactorio, las piezas utilizadas venían en presentaciones de 60, 120 y 180 centímetros de alto, todas las presentaciones tenían un ancho de 20 centímetros, las armaduras fueron lubricadas con aceite de la misma forma que se hizo con los tableros, se atornillaron los paneles en todos sus extremos y se fijaron al suelo para la posterior fundición.

### Ilustración 56 Armado de encofrado en Aletas



*Nota:* Fuente propia [Fotografía], 2023

Inicialmente se tenía planeado realizar la fundición de los muros y la placa superior por separado, sin embargo el pasante observó que se podía realizar ambas secciones en una sola etapa luego de culminado el encofrado, por ello sugirió que se realizara de esta manera. Para alcanzar éste objetivo, se tuvo que realizar el alquiler una mezcladora de concreto adicional, de tal forma que un equipo de trabajo se ubicara en cada muro y se realizara el vaciado de concreto en simultaneo, esto hizo que el rendimiento aumentara considerablemente con respecto al rendimiento esperado..

Luego de la fundición de un elemento en concreto, es necesario el asegurar una correcta hidratación del mismo para un correcto fraguado, debido al tipo de clima que se presenta en el municipio de Puerto Asis, se tuvo que asignar a un obrero la tarea de vaciar agua en los muros y la placa periódicamente en el transcurso del día, los días no laborables, estas horas contaban como horas extra para los encargados de realizar estas labores, también se consideró el uso de un plástico negro que cubriera la totalidad de la losa superior, así protegiendo la hidratación periódica que se

le suministraba al concreto, esta actividad no supuso ningún costo adicional, puesto que hacía parte del suministro recibido inicialmente para el proyecto

### **Ilustración 57 Fundición de muros y placa superior**



*Nota:* Fuente propia [Fotografía], 2023

### **Ilustración 58 Acabado de aletas**



*Nota:* Fuente propia [Fotografía], 2023

Finalmente se retiró el encofrado en su totalidad, durante este proceso se retiraron los clavos excedentes al desmantelamiento del encofrado, de esta manera al transportar los tableros y demás piezas de madera se eliminaba el riesgo a un accidente. Se utilizó material granular para compactar y nivelar la excavación realizada, en el proyecto, no se contemplaba el reacondicionar la vía para nivelarla con la cota del Box Culvert, este proceso era parte de un proyecto de nivelación de las diferentes calles y carreras en la zona que se estaba realizando en el barrio Londres. Por petición de la secretaria de infraestructura se dejaron los cierres de lona verde realizados previamente al cierre de la vía, como también la renovación de la cinta amarilla ubicada en el sector.

### **Ilustración 59 Desencofrado**



*Nota:* Fuente propia [Fotografía], 2023

### **Ilustración 60 material de relleno**



*Nota:* Fuente propia [Fotografía], 2023

## Ilustración 61 Nivelación de terreno Inicial



*Nota:* Fuente propia [Fotografía], 2023

Dentro de los procesos constructivos mencionados, los que involucran a la fabricación de concreto, se mencionan de manera general, al ser ésta quizá la actividad más importante en cuanto al proceso constructivo se decidió desarrollar con mayor detalle en un apartado a continuación.

### 4.2.7 CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO

#### 4.2.7.1 Concreto Estructural

La norma NSR (2010) define al concreto como: “Mezcla de cemento Pórtland o cualquier otro tipo de cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso, con o sin aditivos” también se define el concreto estructural como: “Todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo concreto simple y reforzado” (p.c28). El concreto estructural es conocido por su resistencia a la compresión, lo que significa que puede soportar grandes cargas verticales sin deformarse, una característica muy útil en la construcción de estructuras de diversos tipos, además de su alta resistencia a la compresión, el concreto tiene otras ventajas que hicieron del mismo uno de los materiales más usados en la ingeniería en los últimos años, una de ellas es su facilidad para adaptarse a múltiples geometrías lo que permite elementos arquitectónicos diversos. Por otro lado, el concreto es altamente resistente al fuego, lo que hace del mismo un material que se comporta bien en presencia de incendios, también es un material que su comportamiento tiende a mejorar

con el tiempo, su durabilidad es considerable siempre y cuando se garantice un debido proceso de diseño, fabricación, transporte y colocación de este.

#### 4.2.7.2 Componentes del concreto

El concreto consta de varios componentes con características y funciones diferentes las cuales se detallarán a continuación.

**Cemento:** cumple la función de material conglomerante, tiene la capacidad de adherirse a las partículas del agregado y unirlos luego de reaccionar con el agua y endurecerse, sus propiedades varían según su composición mineralógica.

**Tabla 9 Composición mineralógica y propiedades en el cemento**

Componente	Formula abreviada	Propiedades
Silicato tricálcico	$C_3S$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de la resistencia a corto plazo</li> <li>• Alto calor de hidratación</li> </ul>
Silicato dicálcico	$C_2S$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de la resistencia a largo plazo</li> <li>• Moderado y muy alto calor de hidratación</li> </ul>
Aluminato tricálcico	$C_3A$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilita la reacción sílice- cal</li> </ul>
Ferritoaluminato tetrálcico	$C_4FA$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Útil para la formación de Clinker (fase líquida)</li> <li>• Disminuye la temperatura temprana de calcinación</li> </ul>

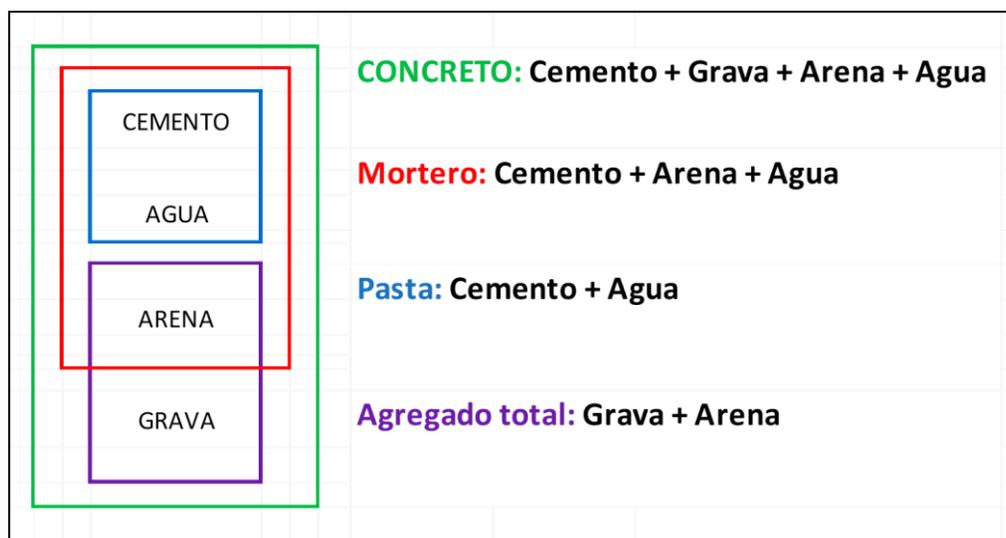
*Nota:* Adaptado de Elaboración de un cemento a nivel de laboratorio por activación alcalina de residuos cerámicos de la industria de la construcción, por Beltranena et al, 2018, Universidad de El Salvador.

<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/16620/>

Como se mencionó anteriormente en los procesos constructivos, dentro de los materiales utilizados, se tiene el cemento de marca San Marcos, el cuál cumple con las especificaciones para una clasificación del tipo UG que significa de uso general según la de la Norma Técnica Colombia 121, NTC 121 (2014, p.10), el cual se emplea en construcciones que no estén expuestas a ningún tipo de agente agresivo como los sulfatos.

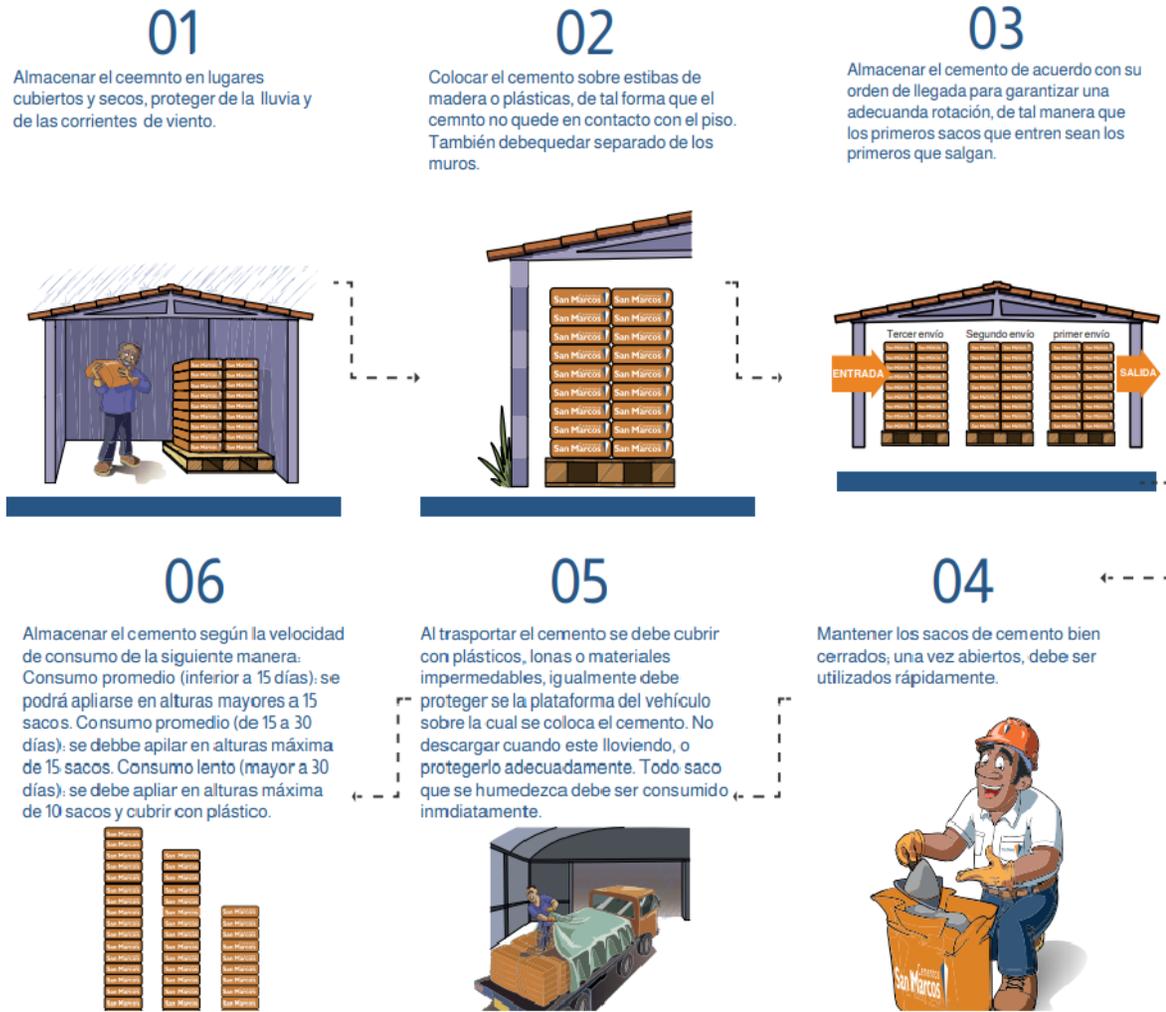
Para el almacenamiento del cemento, se siguieron los lineamientos recomendados por la Norma Sismo Resistente, NSR (2010) en las secciones C.3.7.1 y C.3.7.2, donde se especifica que los materiales se deben almacenar de tal forma que no se vean contaminados por agentes externos, también se siguieron las recomendaciones del fabricante para el apilamiento de los mismos, de tal forma que los sacos fueron colocados sobre entablados que estaban soportados en listones de madera de 12 centímetros de altura, de tal forma que la humedad no pueda afectar los sacos de cemento, se garantizó que los sacos de cemento no se encuentren en contacto con las paredes de la bodega con la misma finalidad, por otro lado, la bodega contaba con ventilación una ventilación adecuada en la parte superior cercana al techo, el almacenamiento en bodega no fue mayor a tres días, puesto que se pedían la cantidad suficiente para las etapas de fundición.

### Ilustración 62 Componentes del concreto



*Nota:* Fuente elaboración propia [Imagen], 2023.

## Ilustración 63 Recomendaciones para almacenamiento de cemento en sacos



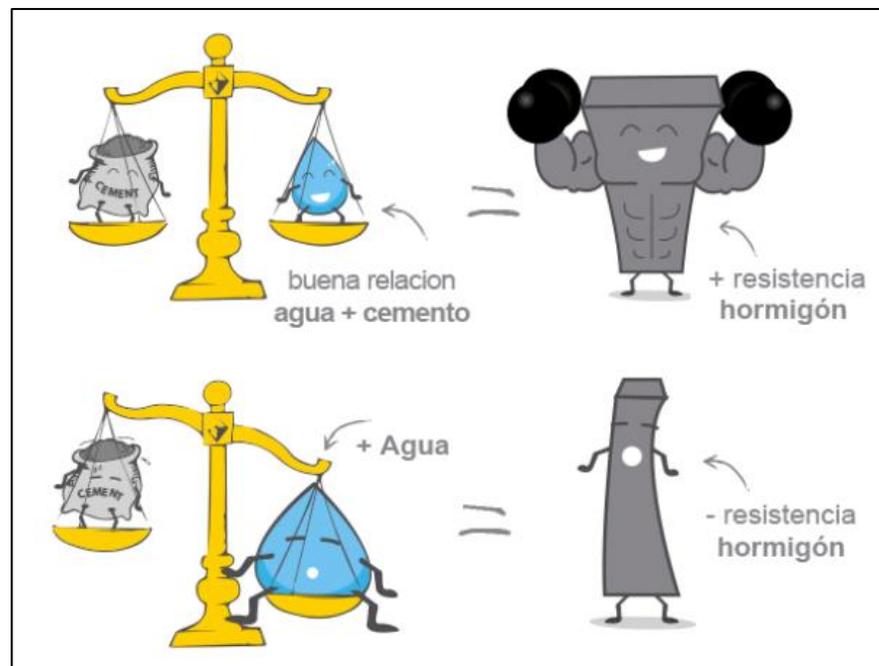
*Nota: Adaptación [Imagen] tomado de la página oficial de Cementos San Marcos, 2023 (<https://cementosanmarcos.com/productos-cementos-san-marcos/>)*

**Agua:** el agua cumple la función de hidratar el concreto hidráulico para que se genere la reacción química necesaria antes de su posterior endurecimiento, también ayuda en el proceso de fraguado de tal forma que el concreto alcance la resistencia deseada sin que se genere ningún tipo de agrietamiento a causa de la retracción por temperatura temprana, la relación agua cemento utilizada fue de 0,5 como se mencionó en secciones anteriores, esto debido a que garantizaba un

asentamiento de 7 centímetros aproximadamente, el cual le daba una manejabilidad óptima para el vaciado en los muros, la relación de agua/cemento es de gran importancia debido a que la cantidad de agua en la mezcla es inversamente proporcional a la resistencia final de desarrollo del concreto, esto luego de cumplirse una relación agua/cemento de 0,25 a 0,3, suficiente para la hidratación adecuada del cemento.

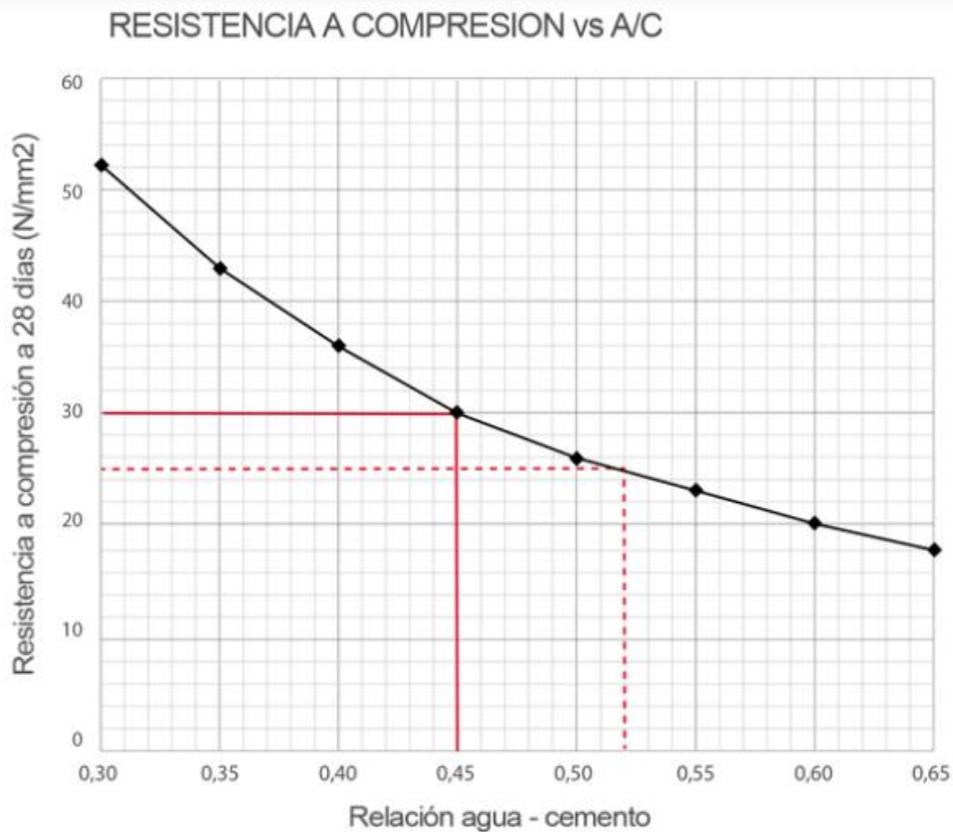
La relación de la cantidad del agua con la resistencia del concreto se debe a que cuanto mayor es la cantidad de agua adicionada a la mezcla, mayor es la distancia generada entre las partículas dentro de la misma, ésta distancia se traduce en vacíos en el concreto luego de evaporada el agua, es decir, a mayor cantidad de agua, se tiene como resultado un concreto con mayor presencia de poros, éstos vacíos reducen la resistencia del concreto, así como también se reduce la durabilidad del mismo considerablemente.

#### Ilustración 64 Relación Agua/Cemento en el concreto



*Nota:* Adaptado de Putzmeister [Imagen], de Perdida de resistencia y durabilidad, 2023, (<http://bestsupportunderground.com/relacion-agua-cemento/>).

Ilustración 65 Variación de la resistencia en función de la relación A/C



Nota. Adaptación tomada de Putzmeister [Imagen], de Grafica compresión, 2023, (<http://bestsupportunderground.com/relacion-agua-cemento/>).

**Agregados:** los agregados componen la mayor parte de la mezcla final de concreto, esto tiene una incidencia directa en los costos del concreto, puesto que reducen la cantidad de cemento empleado, además de ello, tienen un papel importante en el proceso de fraguado, pues ayudan a controlar los cambios volumétricos presentes en éste proceso debidos a la retracción por temperatura, en caso del agregado grueso, se utilizó grava triturada, la cual cuenta con partículas rugosas y angulares que facilitan la adherencia de la pasta lo que da como resultado un concreto de mayor calidad, se verificó que los agregados no tengan presencia de materia orgánica, sales o arcillas, debido a que la presencia de éste tipo de materias afecta a la calidad del concreto, para tener una idea de la calidad del agregado grueso, se tomaron partículas del mismo y se estrellaron

contra el piso, la finalidad de esto es verificar que las partículas no se rompan con facilidad, la arena utilizada presentaba un color gris de tonos claros, lo que no daba indicios de materia orgánica en el agregado, tenía presencia de partículas de mayor tamaño lo cual servía para que la gradación final de la mezcla sea mejor, debido a que se cubrían mayor rango de tamaños de partículas en el concreto.

#### **Ilustración 66 Agregado grueso y fino usados**



*Nota:* Fuente propia [Fotografía], 2023.

Algunos cuidados que se tuvieron con los agregados fue el cubrir con plástico la arena, esto para evitar exceso de humedad en la misma debido a la presencia de lluvias, como también el evitar que las partículas más finas sean retiradas, se verificó el tamaño máximo nominal del agregado grueso, con respecto a los planos, verificando que éste no sea mayor a un  $1/3$  de la altura de la losa, ni a  $1/5$  de la menor separación interna del encofrado, ni a  $3/4$  de la menor separación entre el refuerzo, el tamaño de  $3/4$  de pulgada seleccionado cumplía satisfactoriamente con los tres lineamientos de la NSR 10 en la sección C.3.3.2.

#### **4.2.7.3 Dosificación del concreto**

La dosificación para un concreto de 3000 PSI como se mencionó con anterioridad fue de 1 parte de cemento, por 2 partes de arena, por 3,5 partes de grava, estos valores son algo conservadores, pero usuales en la práctica, las proporciones usadas fueron revisadas previamente

por el Esp. Carlos Mario Coral, quien aprobó la dosificación que fue utilizada en los cálculos de material previos a la fundición de los elementos de concreto; sin embargo, las dosificaciones generalmente se dan con respecto al peso de los materiales, lo cual en obras pequeñas es poco práctico debido a la ausencia de equipo para pesar los materiales, por lo que se usó un método habitual, el cual consiste en realizar las proporciones por volumen.

### Ilustración 67 Dosificación de concreto

CANTIDADES (cmt · ar · gr)	RESISTENCIA			CEMENTO (cmt)	ARENA mt <sup>3</sup> (ar)	GRAVA mt <sup>3</sup> (gr)	AGUA Lts (promedio)
	kg/CM <sup>2</sup>	PSI	Mpa				
1 - 2 - 2	280	4000	27	420	0,67	0,67	190
1 - 2 - 2 - 2,5	240	3555	24	380	0,60	0,76	180
1 - 2 - 3	226	3224	22	350	0,55	0,84	170
1 - 2 - 3,5	210	3000	20	320	0,52	0,90	170
1 - 2 - 4	200	2850	19	300	0,48	0,95	158
1 - 2,5 - 4	189	2700	18	280	0,55	0,89	158
1 - 3 - 3	168	2400	16	300	0,72	0,72	158
1 - 3 - 4	159	2275	15	260	0,63	0,83	163
1 - 3 - 5	140	2000	14	230	0,55	0,92	148
1 - 3 - 6	119	1700	12	210	0,50	1,00	143
1 - 4 - 7	109	1560	11	175	0,55	0,98	133
1 - 4 - 8	99	1420	10	160	0,55	1,03	125

Tabla de dosificación de concreto - cantidades por mt<sup>3</sup>

*Nota: Adaptación tomada de construyendo seguro, cómo hacer una buena dosificación del concreto [Imagen], 2023, (<https://www.construyendoseguro.com/como-hacer-una-buena-dosificacion-del-concreto/>)*

En el medio ingenieril es común el uso de unidades del sistema internacional y de otros sistemas, lo cual hace que cuando encontramos tablas de dosificación, las unidades de medida se muestren en kilogramos, metros cúbicos, litros, etc. Sin embargo, cuando se trata de orientar a la cuadrilla de trabajo, difícilmente se logrará consolidar la medición de éstas cantidades en obras puestas de éste modo, es por esto que se recurren a unidades de medida más comunes para el medio de la construcción como lo son la cantidad de paladas, o de baldes de construcción utilizados en la obra, para el caso se utilizó ésta última opción, se tomó la muestra de un balde y se llenó hasta el bore, luego con un recipiente grabado se midió la cantidad de agua que le cabía a un balde, la cual

fue de aproximadamente 8 litros, con ésta referencia, se hizo la transformación de metros cúbicos a baldes, teniendo en cuenta que un metro cúbico corresponde a mil litros, esto sirvió para realizar la conversión del volumen de los agregados y el agua a cantidad de baldes, y el cemento se midió en sacos de 50 Kg, como la capacidad de la mezcladora de concreto mecánica eran de 1 saco, se sacaron las cantidades necesarias para un solo saco de cemento, así se facilitaba la medición de los agregados en el proceso de elaboración del concreto, los resultados obtenidos mostraron que para cada saco de cemento se requería 3 baldes de agua, 10 baldes de arena y 18 baldes de grava. El pasante consolidó esta información en una hoja de cálculo en Excel, esto fue útil en los días de fundición, ya que la hoja de cálculo permitía meter un volumen de fundición requerido de tal forma que, a través de reglas de tres, se pase a la totalidad de sacos de cemento necesarios para usar en cada elemento teniendo en cuenta un desperdicio del 5%.

Previo a cada fundición se realizaron pequeños chequeos de tal forma que se evitaran inconvenientes en el proceso de fabricación de los elementos, primero se contabilizaba el volumen de la totalidad de el o los elementos a fundir 3 días antes, luego se pedía a los respectivos proveedores que se movilizara en obra con los materiales suficientes de agregado y sacos de cemento para la respectiva fundición teniendo en cuenta el desperdicio, esto con la finalidad de que se logre traer a tiempo todos los materiales al sitio sin contra tiempos, también se verificaba el buen estado de la herramienta y equipo a utilizar, éste procedimiento se realizaba nuevamente al terminar la jornada del día anterior a la fundición, se adecuaba la ruta de tránsito de las carretillas en las que se transportaba los materiales para evitar desperdicios y segregación del concreto, finalmente se realizaba la revisión de encofrados para evitar posibles fugas y se humedecían con lubricante los encofrados de tal manera que esto permita un desencofrado óptimo, revisión de pronóstico del clima para el día de fundición, pues no se realizó fundiciones en medio de lluvias de alta o media intensidad.

#### 4.2.7.4 Mezcla de concreto

Dentro de la sección C.5.8.3 de la NSR (2010) se tiene que: “El mezclado debe hacerse en una mezcladora de un tipo aprobado” (p.c44), esto debido a que la mezcla manual genera lechadas de concreto poco uniformes, lo que tiene incidencia directa en la calidad y resistencia del concreto.

En el momento de mezclado del concreto, no existe un orden específico de vaciado de los materiales, así que para el caso se utilizaron las recomendaciones encontradas en Concreto Simple del Ingeniero Rivera (s.f., p.93)

Con la máquina funcionando, se colocó un balde de agua dentro de la mezcladora, acto seguido se vació la totalidad de número de baldes correspondientes a la grava, arena y el saco de cemento, en el orden mencionado, durante el vaciado de los agregados se adicionó el agua restante, de tal forma que todos los materiales dentro de la mezcladora correspondan al número de baldes para un saco de cemento de 50 Kg, el tiempo de mezclado depende de la capacidad de la mezcladora, en éste caso se realizó la mezcla de concreto con mezcladoras de 1 y 2 sacos de cemento, lo cual ubica a las mezcladoras por debajo de 0.8 metros cúbicos de capacidad, el cual requiere de un minuto de mezclado luego de adicionar la totalidad de los materiales, según lo estipulado por la norma ASTM; por otra parte, la norma NSR (2010) en la sección C.5.8.3 apartado b, propone una duración de 90 segundos (p. c44).

#### **Ilustración 68 Tiempos de mezclado para la ASTM**

<b>Capacidad de la mezcladora (m3)</b>	<b>Tiempo mínimo de la mezcladora (minutos)</b>
< 0.8	1
1.5	1 ¼
2.3	1 ½
3.1	1.75
3.8	2
4.6	2 ¼
7.6	2 ½

*Nota: Adaptación tomada de Concreto Simple, por A Rivera, s. f., Universidad del Cauca.*

## Ilustración 69 Elaboración de concreto de 3000 PSI



*Nota: Elaboración propia [Fotografía]*

### 4.2.7.5 Vaciado del concreto

Se recomienda que los recorridos desde el lugar de fabricación del concreto a al lugar de vaciado no sean demasiado largos, esto para evitar la segregación del mismo, fue por eso que las mezcladoras se ubicaron de cada lado de la excavación de tal manera que queden adyacentes al sitio donde se necesitara el vaciado, para el caso de la fundición de placa de solado y placa de fundición se utilizó una lámina de metal doblada de tal manera que se pudiese depositar el concreto directamente al lugar de interés, para el caso de muros y placas superiores se hizo uso de carretas y baldes de tal forma que se llenasen ambos muros en paralelo, un control que se realizó de manera constante era la revisión de presencia de grumos de algún tipo en caso de un incorrecto mezclado, no se encontró ninguno debido a la rapidez del transporte desde el punto de la mezcladora al punto de vaciado, esto hacía poco probable la presencia de grumos por endurecimiento.

### 4.2.7.6 Vibrado del concreto

A la hora de vaciar el concreto es común que se generen vacíos dentro de la mezcla, esto es perjudicial debido a que reduce la resistencia y adherencia al acero, con el fin de mitigar estos vacíos se utilizó un vibrador de concreto, esto con el fin de reducir mediante ondas mecánicas la

fricción de las partículas en la mezcla de tal forma que el aire atrapado entre ellas pueda salir a la superficie y ser retirada de la misma.

En la Norma de Construcción de Concretos emitida por EMP (2016) se define al vibrador como una herramienta mecánica, la cual opera en un rango de vibraciones de 7000 a 10000 rpm, también recomienda que el rango de tiempo de vibración no sea menor de 5 segundos ni mayor a 15 segundos, esto se debe a que un tiempo de vibración insuficiente no permite el retirar los vacíos de la mezcla de manera satisfactoria, por el contrario, si el tiempo es demasiado, la mezcla tiende a segregar los agregados hacia el fondo de los elementos, teniendo como resultado elementos no uniformes.

Para garantizar un correcto vibrado de las losas, se realizó de tal forma que ingresara en la totalidad de los puntos de vibrado se ubicaron de manera uniforme a distancias de 1.2 metros aproximadamente de tal forma que queden centrados en dirección transversal del Box, para el caso de los muros, se realizó el vaciado en 4 capas con altura aproximada a 40 centímetros, esto se hizo para garantizar que el vibrador pueda penetrar de manera vertical la totalidad de la capa de concreto y que pueda penetrar la capa anterior de 10 a 15 centímetros sin problemas. Adicional a esto se siguieron ciertas recomendaciones:

- El vibrador ingresa rápidamente a la zona de interés para vibrar, pero se retiraba lentamente, de tal forma que no se realizaran perforaciones en la mezcla
- No tocó el refuerzo ni la formaleta
- Se garantizaba que el vibrador llegue a las esquinas de los elementos
- El tiempo de vibración en las capas inferiores se aproximaba a los 15 segundos mientras que en las capas superiores a 10 segundos
- Por capa se golpeaba la formaleta con una maceta de goma

## Ilustración 70 Vibrado del concreto



*Nota: Fuente propia [Fotografía], 2023*

### 4.2.7.7 Fraguado y curado del concreto

Una vez hidratado el cemento, comienza el proceso de fraguado, es por ello que el tiempo de transporte y colocación no debe ser extenso, luego de colocado empieza el proceso de fraguado inicial, donde el cemento comienza a realizar uniones con las partículas del agregado debido a que el agua se evapora, a este proceso se le denomina fraguado inicial del concreto, proceso en el cual ocurre una pérdida de plasticidad de la mezcla mientras a su vez va ganando dureza y resistencia, al finalizar el fraguado inicial, las partículas solo tienden a hidratarse hasta 0.1 mm de profundidad, en éste proceso es donde la finura del cemento juega un papel importante, ya que es la que permite que el cemento se hidrate de manera satisfactoria obteniendo elementos homogéneos y de calidad.

Un factor diferencial es la temperatura y humedad relativa durante el proceso de fraguado y curado del concreto, la evidencia muestra que al tener temperaturas altas de la mezcla impacta significativamente en la resistencia temprana sin afectar la resistencia futura; sin embargo, llegado un punto de temperatura igual o mayor a 50°C, ésta regla se invierte, es importante aclarar que se está hablando de condiciones controladas, es decir, donde sus valores se mantienen, lo que hace

que el concreto desarrolle su resistencia apropiadamente, sin embargo, cuando se trata de obras normalmente esto no sucede, ya que las condiciones climáticas son altamente variables, de ahí la importancia del curado del concreto, pues se demostró que cuando se mantiene el concreto húmedo se obtiene un mayor rendimiento en cuanto a desarrollo de resistencia, a esta presencia de humedad es a la cual se le denomina curado.

La norma NSR (2010) recomienda un tiempo de curado de 3 días, sin embargo debido a la presencia de altas temperaturas en la ciudad de Puerto Asís, se decidió realizar ésta actividad hasta el día cuarto de tal forma que se aplicara agua a los elementos cada que éstos perdieran brillo en su superficie, normalmente de 3 a 5 veces por día según el comportamiento del tiempo atmosférico, además de ello, se aplicó anti sol en la superficie de la losa y muros minutos después de retirar el encofrado, esto con la finalidad de reducir la evaporación temprana del concreto y así permitiendo un desarrollo normal de la resistencia. Algo a adicionar, es que, debido a la presencia de lluvias, más de un tercio del muro estuvo sumergida en agua después del primer día de curado.

#### **Ilustración 71 Aplicación de Anti-sol**



*Nota: fuente propia [Fotografía], 2023.*

#### 4.2.7.8 Control de resistencia del concreto

Para el caso del control de calidad del concreto, se realizaron 6 muestras de concreto por cada fundición realizada, las muestras se realizaron como lo estipula la norma de ensayo de materiales INVE-401 e INVE-402 (2013), donde se estipula que los especímenes deben ser fabricados de tal forma que la mezcla de concreto seleccionada sea representativa y considere un 10% de desperdicio, además de ello se exige que los cilindros de 150 mm de diámetro (usados en éste caso) sean realizados en 3 capas con un espesor de un tercio de la altura total del cilindro, además de ello cada capa debe compactarse con una varilla lisa de 5/8 de pulgada de punta redonda, la cual será introducida 25 veces por capa, donde la varilla tocará el fondo del recipiente en su primera capa y pasará un aproximado de 1 pulgada a la capa anterior durante la compactación de las capas restantes, adicional a ello, los recipientes deben ser golpeados lateralmente con un mazo de caucho de 10 a 15 veces. Finalmente, luego de pasadas 24 horas desde su fabricación, los moldes fueron sumergidos en agua durante los siguientes días hasta el día en que se realizara el ensayo de laboratorio, al realizar los ensayos, el laboratorio arrojó resistencias superiores cercanas a los 3000 PSI, los resultados se encuentran en la sección de anexos, anexo 5.

#### **Ilustración 72 fabricación de muestras de concreto**



*Nota: fuente propia [fotografía], 2023.*

## 5 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
	Semana				Semana				Semana				Semana			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Capacitación del pasante	X															
Realización de suministro para vereda alto remanso		X	X	X												
Realización de suministro para vereda concepción		X	X	X												
Entrega de suministro para alto remanso y concepción en Puerto Vega				X												
Localización y replanteo de Box Culvert		x														
Revisión de planos estructurales y despiece de elementos.			x	x												
Ejecución de proyecto Box Culvert en el barrio Londres para mejoramiento de vía			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Realizar un registro fotográfico del avance en obra diario.				X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Presentar los informes correspondientes de avance de obra Box Culvert			X				X				X					
Entrega de informes parciales al director de grado			X				X				X					

Tabla 10. Cronograma de actividades

Fuente: Elaboración Propia

Pese a la presencia de lluvias a lo largo de la ejecución de la obra, el proyecto se completó de manera satisfactoria, esto fue posible debido a la planeación previa de las actividades constante, de tal forma que luego de iniciada la excavación, se tenga la totalidad de encofrados y aceros figurados correspondientes a la mayoría del refuerzo, esto que minimizó considerablemente el tiempo en el cual la excavación esté abierta e inundada en caso de que lloviera en la noche.

Durante la ejecución del proyecto fue vital el uso constante de una bomba sumergible y una o dos motobombas, esto para reducir el impacto de las escorrentías en la zona de trabajo, así también lo fue el tener actividades de reserva que se podían ejecutar en tiempos donde la lluvia no permitía trabajar en el sitio, en definitiva, o en las mañanas en las que se encontraba el área de trabajo totalmente inundadas.

## 6 CONCLUSIONES

En toda práctica utiliza conocimientos adquiridos en el proceso formativo dentro del aula, sin embargo, también es importante la constante lectura de fichas técnicas, manuales y normatividad vigente, así se le daban respuesta a inconvenientes o dudas en los procesos constructivos de manera eficiente y segura, pues en el medio de la construcción se deben tomar decisiones para dar solución a posibles inconvenientes.

Las herramientas informáticas fueron de gran ayuda en el transcurso de la obra, éstas ofrecían mayor agilidad para dar uso a la información consignada, entre los usos que se le dieron estaba el cálculo de cantidades de obra, manejo del inventario en bodega, control de rendimientos en obra, conversión de cantidades, etc.

Es importante realizar una correcta planificación para la realización de compra y alquiler de herramienta, prever los insumos y materiales necesarios en cada etapa de la ejecución así evitando retrasos en el cronograma.

EL uso de tecnologías actuales como lo son el pronóstico del clima, fueron de gran utilidad durante el proyecto, pues permitía anticipar qué días era buen momento de ejecutar alguna actividad secundaria que sea necesaria posteriormente y así evitar los tiempos en los que el equipo de trabajo se debía detener.

No siempre se hizo caso a las recomendaciones realizadas por el pasante, como por ejemplo el uso de distanciadores de concreto, lo cual hubiese reducido la cantidad de tiempo empleado en la ubicación del refuerzo, ya que se debía recurrir a otras opciones más engorrosas.

Es necesario el control de calidad de los procesos constructivos en cada etapa de la ejecución, así se puede realizar la supervisión de la obra con seguridad de que sean los recomendados por la normatividad vigente.

## **7 ANEXOS**

Anexo 1: Carta de aceptación de la entidad receptora

Anexo 2: Certificado de afiliación a ARL

Anexo 3 carta de exoneración de responsabilidades

Anexo 4 laboratorios de resistencia para concreto

## **BIBLIOGRAFÍA**

Jack C. Mc Cormac y Russell H. Brown (2017). Diseño de Concreto Reforzado. Alfaomega Grupo Editor, México.

Rivera, G. (s.f.). Concreto simple. Universidad del Cauca.

Putzmeiser (2023) La relación Agua/Cemento un frágil equilibrio  
<https://bestsupportunderground.com/relacion-agua-cemento/>

Norma Técnica Colombiana NTC 121. (2014). Especificaciones de desempeño para concreto hidráulico. <https://es.scribd.com/doc/258379120/NTC-121-Nueva>

Construyendo Seguro (2023). ¿Cómo hacer una buena dosificación del concreto?  
<https://www.construyendoseguro.com/como-hacer-una-buena-dosificacion-del-concreto/>

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). (2010). Título C.  
<https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/3titulo-c-nsr-100.pdf>

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). (2010). Título E.  
<https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/5titulo-e-nsr-100.pdf>.

Código colombiano de Diseño de Puentes (CCP14). (2014) Sección 2.  
[https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos?task=doc\\_download&gid=3709](https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos?task=doc_download&gid=3709)

´Código colombiano de Diseño de Puentes (CCP14). (2014) Sección 5.  
[https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos?task=doc\\_download&gid=3709](https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos?task=doc_download&gid=3709)

Código colombiano de Diseño de Puentes (CCP14). (2014) Sección 11.  
[https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos?task=doc\\_download&gid=3709](https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos?task=doc_download&gid=3709)

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1 Dimensiones de barras transversales en el cuerpo del box</i>	22
<i>Tabla 2 Dimensiones de barras longitudinales al cuerpo del Box</i>	26
<i>Tabla 3 Dimensiones de barras de refuerzo en el guarda ruedas</i>	27
<i>Tabla 4 Dimensiones de acero de refuerzo en los muros de las aletas</i>	31
<i>Tabla 5 Dimensiones de aceros en la placa base de las aletas</i>	31
<i>Tabla 6 Dimensiones de refuerzo para dentellón</i>	33
<i>Tabla 7 Recubrimiento para las armaduras principales no protegidas</i>	39
<i>Tabla 8 Diámetros mínimos de doblado para barras longitudinales</i>	40
<i>Tabla 9 Composición mineralógica y propiedades en el cemento</i>	68
<i>Tabla 10. Cronograma de actividades</i>	82

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Logo de la empresa receptora</i> -----	8
<i>Ilustración 2 Localización de la empresa</i> -----	9
<i>Ilustración 3 Vista frontal de la empresa</i> -----	9
<i>Ilustración 4 Recorte de herramienta informática para organización de datos</i> -----	12
<i>Ilustración 5 Barco Emanuel, capacidad de 70 Toneladas</i> -----	13
<i>Ilustración 6 Material en PVC destinado a Concepción</i> -----	14
<i>Ilustración 7 Perfiles metálicos sección 10x20 con longitud de 6m</i> -----	14
<i>Ilustración 8 Ubicación del proyecto</i> -----	15
<i>Ilustración 9 Sección del cuerpo de Box Culvert</i> -----	16
<i>Ilustración 10 Vista en planta Box Culvert</i> -----	17
<i>Ilustración 11 Corte A-A. Aletas de Box Culvert</i> -----	17
<i>Ilustración 12 Localización y replanteo de Box Culvert</i> -----	19
<i>Ilustración 13 Vista en planta del box en plano topográfico</i> -----	20
<i>Ilustración 14 ubicación respecto al paramento de una vivienda aledaña</i> -----	21
<i>Ilustración 15 Sección transversal cuerpo de Box Culvert</i> -----	23
<i>Ilustración 16 Armado de sección cuerpo central de Box Culvert</i> -----	24
<i>Ilustración 17 características de los elementos “A”, “B” y “C”</i> -----	24
<i>Ilustración 18 Detalle de traslapos para acero de distribución</i> -----	25
<i>Ilustración 19 Detalle de armado del guarda ruedas</i> -----	27
<i>Ilustración 20 Sección de las aletas en los extremos del Box</i> -----	28
<i>Ilustración 21 Detalle del refuerzo en la placa base de las aletas</i> -----	29

<i>Ilustración 22 Detalle del refuerzo de aletas visto en perfil</i> -----	30
<i>Ilustración 23 Detalle de armado de acero luego de los cambios realizados por el auxiliar</i> ----	32
<i>Ilustración 24 Distribución de refuerzo dentellón</i> -----	33
<i>Ilustración 25 Bodega. Cuarto de herramienta</i> -----	35
<i>Ilustración 26 Mesa provisional de flejado</i> -----	36
<i>Ilustración 27 Instalación de equipo de primeros auxilios</i> -----	36
<i>Ilustración 28 Ganchos y dobléz usados durante la construcción</i> -----	40
<i>Ilustración 29 Diámetros de doblado en barras longitudinales</i> -----	41
<i>Ilustración 30 Zona de empalmes para refuerzo a flexión</i> -----	43
<i>Ilustración 31 Diagrama de fuerzas actuantes en el Box</i> -----	45
<i>Ilustración 32 Diagrama de momentos de la sección</i> -----	46
<i>Ilustración 33 Diagrama de Cortante de la sección</i> -----	47
<i>Ilustración 34 Corte y figurado de acero</i> -----	48
<i>Nota: Fuente propia [Fotografía], 2023</i> Ilustración 35-----	48
<i>Ilustración 36 Almacenamiento aceros</i> -----	48
<i>Nota: Fuente propia [Fotografía], 2023</i> Ilustración 37-----	48
<i>Ilustración 38 Elaboración de tableros de madera</i> -----	49
<i>Ilustración 39 Instalación de lona verde en la carrera 28</i> -----	50
<i>Ilustración 40 Instalación de señalización en la obra</i> -----	51
<i>Ilustración 41 Desviación de cauce natural provisional</i> -----	52
<i>Ilustración 42 Señalización de caminos peatonales en área de trabajo</i> -----	53
<i>Ilustración 43 Inicio de excavaciones con presencia del nivel freático</i> -----	54

<i>Ilustración 44 Mejoramiento de suelo con material granular</i> -----	55
<i>Ilustración 45 Fundición de solado de 8 cm de espesor</i> -----	56
<i>Ilustración 46 Ficha técnica de desarrollo de resistencias cemento San Marcos tipo UG</i> -----	56
<i>Ilustración 47 Inundación de área de trabajo</i> -----	57
<i>Ilustración 48 Armado de aceros “B”, “V”, “T”, “U” iniciales</i> -----	59
<i>Ilustración 49 Evacuación de agua en zona de trabajo luego de precipitación</i> -----	59
<i>Ilustración 50 Armado de aceros principales internos al cajón</i> -----	60
<i>Ilustración 51 Excavación para ubicación de dentellón</i> -----	60
<i>Ilustración 52 Elaboración de encofrados externos</i> -----	61
<i>Ilustración 53 Armado de aletas</i> -----	61
<i>Ilustración 54 Fundición de Placa base</i> -----	62
<i>Ilustración 55 Encofrado interno</i> -----	63
<i>Ilustración 56 Armado de encofrado en Aletas</i> -----	64
<i>Ilustración 57 Fundición de muros y placa superior</i> -----	65
<i>Ilustración 58 Acabado de aletas</i> -----	65
<i>Ilustración 59 Desencofrado</i> -----	66
<i>Ilustración 60 material de relleno</i> -----	66
<i>Ilustración 61 Nivelación de terreno Inicial</i> -----	67
<i>Ilustración 62 Componentes del concreto</i> -----	69
<i>Ilustración 63 Recomendaciones para almacenamiento de cemento en sacos</i> -----	70
<i>Ilustración 64 Relación Agua/Cemento en el concreto</i> -----	71
<i>Ilustración 65 Variación de la resistencia en función de la relación A/C</i> -----	72

<i>Ilustración 66 Agregado grueso y fino usados-----</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 67 Dosificación de concreto -----</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 68 Tiempos de mezclado para la ASTM -----</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 69 Elaboración de concreto de 3000 PSI -----</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 70 Vibrado del concreto -----</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 71 Aplicación de Anti sol -----</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 72 fabricación de muestras de concreto-----</i>	<i>81</i>



Puerto Asís, 17 de noviembre de 2021

Señores  
FACULTAD INGENIERIA CIVIL  
**SANDRA MARIA FERNANDEZ CORAL**  
Secretaria General  
UNIVERSIDAD DEL CAUCA

**ASUNTO: ACEPTACIÓN PRACTICA PROFESIONAL**

Es grato dirigirnos a ustedes en la oportunidad de comunicarles que el señor **DIEGO ALEXANDER RODRIGUEZ BURBANO**, identificado con la cédula de ciudadanía No. **1.061.804.615**, alumno de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca ha sido aceptado por nuestra empresa para realizar la practica en INGENIERIA CIVIL, de acuerdo con los recursos y el asesoramiento requerido para el cumplimiento de las actividades que le sean asignadas.

Quedamos atentos.

Cordialmente,

---

**CARLOS MARIO CORAL VARGAS**  
Representante legal  
LEYAR INGENIERÍA S.A.S

**POSITIVA**  
**Compañía de Seguros S.A.**  
**N.I.T 860.011.153-6**

**CERTIFICA**

Verificada la base de datos de la compañía se encontró que el señor (a): DIEGO ALEXANDER RODRIGUEZ BURBANO identificado con Cédula Ciudadanía No. 1061804615, de la empresa LEYAR INGENIERIA S.A.S. está afiliado(a) a POSITIVA COMPAÑÍA DE SEGUROS desde el 05/11/2022 con riesgo 1 y se encuentra ACTIVO.

Para validar la información emitida en este certificado, visite nuestra página web: [www.positivaenlinea.gov.co](http://www.positivaenlinea.gov.co) y seleccione la opción 'VALIDAR CERTIFICADOS'. Ingrese el siguiente código (válido por un mes): 20220102191319.

Dada en Bogotá, a los 4 días del mes de noviembre de 2022

Cordialmente

**GERENCIA DE AFILIACIONES Y NOVEDADES**  
**POSITIVA COMPAÑÍA DE SEGUROS S.A.**

**COMPROBANTE DE RADICACIÓN DE LA AFILIACIÓN DEL DIA 04/11/2022**

VIGILADO SUPERINTENDENCIA FINANCIERA DE COLOMBIA

**DATOS DE LA EMPRESA**

Tipo documento:	NI	Número de documento:	900756662	Cédula Usuario:	CC 1144055860
Nombre:	LEYAR INGENIERIA S.A.S.				
Dirección:	CRA 36A 9 54 BRR LOS CHIPAROS				
Departamento:	PUTUMAYO	Municipio:	PUERTO ASIS		
Correo electrónico:	LEYAR.ENGENIERIA@GMAIL.COM				
Teléfono:	3215331174	Tarifa:	6.960		
Actividad Económica:	5452201 CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES PARA USO NO RESIDENCIAL				

**DATOS DEL USUARIO QUE REALIZA LA RADICACIÓN**

Cédula Usuario	Nombres y Apellidos del Usuario
CC 1144055860	CARLOS MARIO CORAL VARGAS

**DATOS AFILIADOS RADICADOS**

Radicado	Cobertura	Documento	Nombre Trabajador	Riesgo	Tarifa	Tipo
1 9	05/11/2022	CC 1061804615	RODRIGUEZ BURBANO DIEGO	1	0.52200	Dependiente

**OBSERVACIONES**

Si tiene alguna duda con respecto a la tarifa o actividad económica de sus afiliados por favor diríjase a la oficina de POSITIVA más cercana o comuníquese con nuestra línea gratuita de atención a nivel nacional 01-8000-111-170 y en Bogotá al 3307000.

Cordial saludo,

**Gerencia de Afiliaciones y Novedades**  
**Positiva Compañía de Seguros S.A.**

D0CAD24662A05AAD827F36602227A051

Certificado impreso el día 11/4/2022 1:55:16 PM por el portal de empresas Edesk





SECRETARÍA DE SALUD  
SUPERINTENDENCIA  
DE SALUD  
DE COLOMBIA

### **EN CASO DE ACCIDENTE DE TRABAJO**

Diríjase a la Institución Prestadora de Salud (IPS) asignada en la línea Positiva **01 8000 111 170**, en Bogotá **(601) 330 7000**.

[www.positiva.gov.co](http://www.positiva.gov.co)

LA ASEGURADORA  
DE TODOS LOS  
COLOMBIANOS

**DIEGO ALEXANDER**

**RODRIGUEZ BURBANO**

1061804615

**LEYAR INGENIERIA S.A.S.**

900756662

Este carné es personal e intransferible.

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
CARTA DE EXONERACIÓN DE RESPONSABILIDADES PARA ESTUDIANTES MAYORES DE  
EDAD QUE REALICEN PRACTICAS EN DESARROLLO DE LAS MODALIDADES DE TRABAJO  
DE GRADO Y/O LAS PRACTICAS REGLAMENTADAS POR CADA FACULTAD

Yo, Diego Alexander Rodriguez Burbano, identificado con cédula de ciudadanía número 1.061.804.615 de Mocoa con domicilio en el municipio de Mocoa con teléfono de contacto número 3112503441 y correo electrónico diegorodr@unicaua.edu.co

Expreso mi libre deseo de realizar LA PRACTICA en desarrollo de la modalidad de trabajo de grado, pasantía y manifiesto que conozco las condiciones de mi participación en los términos del Acuerdo Superior 027 de 2012 así como el Decreto 055 de 2015, la Resolución 666 de 24 de abril de 2020 y demás normas concordantes; comprendiendo además mis responsabilidades en la aplicación de los protocolos de bioseguridad listadas en la Resolución 666 de 2020 (Art. 3 Res 666 de 2020) y las resoluciones complementarias.

En caso de identificar riesgos en la Empresa, donde realice la PRACTICA, que no estén cubiertos con las normas genéricas establecidas en la mencionada resolución, informaré a la Empresa, con el fin de que sean identificados y mitigados; con la asesoría de la ARL respectiva, para que apoyen en la identificación de estos nuevos riesgos y en el ajuste a los protocolos de bioseguridad.

Manifiesto que mi estado de salud es adecuado para realizar la PRACTICA y que no cuento con lesiones previas que pudieran agravarse durante el desarrollo de mi PRACTICA en la Empresa LEYAR INGENIERIA S.A.S.

Reconozco que por el carácter mismo de la PRACTICA existen riesgos y peligros, que pueden generar lesiones y enfermedades, por lo cual declaro bajo la gravedad de juramento que estoy de acuerdo en asumirlos al desarrollar la PRACTICA.

Declaro igualmente que estoy inscrito(a) a una entidad prestadora de salud (EPS) con la cual se garantizará mi acceso a servicios y prestaciones en salud. También declaro que cuento con recursos económicos necesarios y suficientes para el costo de la PRACTICA para cubrir cualquier contingencia que ocurra durante el desarrollo de esta actividad, por lo cual la Universidad del Cauca no asumirá costo alguno por concepto de manutención, alojamiento, enfermedad, hospitalización y/o cualquier otra erogación que se cauce o se genere en vigencia de mi PRACTICA, los cuales se reitera, serán asumidos única y exclusivamente por mi parte.

Al mismo tiempo señalo que soy la única responsable de mi salud, seguridad e integridad física, por lo cual libero a la Universidad del Cauca, sus funcionarios, delegados o representantes de toda responsabilidad civil, penal, fiscal, contractual y extracontractual por cualquier accidente, deficiencia, alteración, lesión, e incluso la muerte que se genere durante mi periodo de PRACTICA y desde ya los exoneró de cualquier tipo de responsabilidad y por ende de los daños y perjuicios que se ocasionen; así mismo, renuncio a cualquier derecho y/o demanda, indemnización y/o cualquier acción legal en contra de la Universidad del Cauca

sus funcionarios, delegados o representantes como resultado de mi realización de la PRACTICA.

Manifiesto que los datos diligenciados en el presente documento son ciertos y cualquier omisión en los mismos, así como la responsabilidad derivada de ello es única y exclusivamente de quien lo suscribe.

El presente documento se suscribe para los efectos legales que haya lugar, en la ciudad de Mocoa, el día 24 del mes octubre de 2022.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Alexis', written over a horizontal line.

---

C.C. 1.061.804.615  
Firma y Cedula del Estudiante



**GEOSERVICIOS  
& CONSTRUCCIONES**  
S.A.S ZOMAC

**BASALTO INGENIERÍA SAS**  
**NIT: 900760937-0**

km 11+600 variante oriental Pasto - Nariño  
Barrio Jorge Eliecer Gaitan Calle 28 No 20-17 Puerto Asís - Putumayo  
320 331 3824

ID:

00001

REPORTE No:

00001

FECHA:

27/01/2023

**CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO ESTRUCTURAL**

**ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO  
INV E - 410 - ICONTEC 613

**PROYECTO:** MEJORAMIENTO DE VIA MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE BOX CULVERT, UBICADO EN LA VÍA PRINCIPAL DE LA ENTRADA AL BARRIO LONDRES (CARRERA 28 ENTRE CALLES 46 Y 47) EN EL MUNICIPIO DE PUERTO ASIS DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO.

**UBICACIÓN:**

PUERTO ASÍS/PUTUMAYO

**RESPONSABLE:** OCYM S.A.S

CÓDIGO MUESTRA	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD	LOCALIZACIÓN	DIÁMETRO [CM]	CARGA MÁXIMA [KN]	RESISTENCIA CONSEGUIDA		RES. DE DISEÑO [PSI]	%
							[KG/CM²]	[PSI]		
C003	23/12/2022	30/12/2022	7	FUNDICION DE PLACA BASE	15,24	239,40	134	1912	3000	63,73%
C004	23/12/2022	30/12/2022	7	FUNDICION DE PLACA BASE	15,24	230,40	129	1840	3000	61,33%
C005	23/12/2022	20/01/2023	28	FUNDICION DE PLACA BASE	15,24	380,40	213	3038	3000	101,26%
C006	23/12/2022	20/01/2023	28	FUNDICION DE PLACA BASE	15,24	381,10	213	3043	3000	101,45%
C007	30/12/2022	6/01/2023	7	FUNDICION DE BOX CULVERT	15,24	233,50	131	1865	3000	62,16%
C008	30/12/2022	6/01/2023	7	FUNDICION DE BOX CULVERT	15,24	230,40	129	1840	3000	61,33%
C009	30/12/2022	27/01/2023	28	FUNDICION DE BOX CULVERT	15,24	378,90	212	3026	3000	100,86%
C010	30/12/2022	27/01/2023	28	FUNDICION DE BOX CULVERT	15,24	379,50	212	3031	3000	101,02%

**OBSERVACIONES:** Las muestras fueron tomadas y transportadas por el cliente hasta las instalaciones del laboratorio.

Elaboro:

Danielo Fernando R.

Laboratorista

Reviso:

Ing. Osca Fabian Franco Pantoja  
Jefe de Laboratorio