

AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AMPLIACIÓN
DEL CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO - POPAYÁN



PRESENTADO POR:

YULI MAGALI URBANO BOLAÑOS

100411010316

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN
POPAYÁN - CAUCA

2016

AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AMPLIACIÓN
DEL CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO - POPAYÁN



PRESENTADO POR:

YULI MAGALI URBANO BOLAÑOS

100411010316

DIRECTOR: Ing. Aldemar José González Fernández

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN

POPAYÁN - CAUCA

2016

NOTA DE ACEPTACIÓN

El Director y los Jurados han evaluado este documento, escuchando la sustentación del mismo por su autor y lo encuentran satisfactorio, por lo cual autorizan al egresado para que desarrolle las gestiones administrativas para optar al título de Ingeniero Civil.

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Director

Popayán, Septiembre 2016.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios que con su amor y bondad nos regala cada día una oportunidad más para alcanzar nuestros sueños.

A mi familia quienes creyeron en mis capacidades al emprender la carrera y siempre estuvieron pendientes de mi proceso de educación.

Especialmente quiero agradecer a mi madre Margarita a quien debo lo que soy y lo que he alcanzado hasta hoy. Quien ha estado junto a mí en cada meta que me he propuesto brindándome su apoyo y luchando incansablemente para ayudarme a lograrlas.

Gracias infinitas a mi hermana Leidy quien me acompañó y apoyó incondicionalmente durante estos cinco años y que con su sabiduría me guio siempre por el camino correcto y me dio aliento para seguir cuando las noches no alcanzaban para dormir.

Gracias a las personas que se convirtieron en mi segunda familia durante esta etapa, a mi gran amiga y colega Carolina Muñoz por todo lo compartido tanto personal como profesionalmente y por su apoyo incondicional.

Gracias a la Universidad del Cauca y a mis profesores por sus enseñanzas y aportes a mi formación profesional, y a mis compañeros por todo lo aprendido.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. OBJETIVOS	11
1.1. OBJETIVO GENERAL	11
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
2. INFORMACIÓN GENERAL	12
2.1. EMPRESA RECEPTORA	12
2.2. UBICACIÓN DE LA PASANTÍA.....	13
2.3. DIRECTOR POR PARTE DE LA EMPRESA RECEPTORA	16
2.4. DIRECTOR DE LA PASANTÍA POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA	16
3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR PARTE DEL PASANTE	17
3.1. PLANEACIÓN Y SEGUIMIENTO DE ACTIVIDADES SEGÚN PROGRAMACIÓN DE OBRA	17
3.1.1. CIMENTACIÓN	18
3.1.2. MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA	18
3.1.3. CAPA DE DORADURA DEL PAVIMENTO DE PARQUEADERO.....	19
3.2. PROCESOS CONSTRUCTIVOS	22
3.2.1. ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN	22
3.2.2. CIMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	28

3.2.3.	ESTRUCTURA MIXTA	39
3.2.4.	CAPA DE RODADURA PAVIMENTO PARQUEADERO	44
3.3.	CONTROL DE OBRA DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO	57
3.3.1.	LONGITUD DE TRASLAPOS	57
3.3.2.	RECUBRIMIENTOS.....	60
3.3.3.	LIMPIEZA	64
3.3.4.	ASENTAMIENTO.....	64
3.3.5.	CURADO DEL CONCRETO	65
3.3.6.	COLOCACIÓN DEL CONCRETO	66
3.3.7.	RESISTENCIA DEL CONCRETO.....	66
3.3.8.	CONTROL DE CALIDAD AL MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA 70	
3.4.	CANTIDADES DE OBRA PARA FINES DE PAGO DE ACTAS.....	71
4.	CONCLUSIONES	75
5.	BIBLIOGRAFÍA	78

TABLA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Ubicación de la empresa receptora. Fuente: Google Maps.	12
Figura 2. Ubicación del sitio de ejecución de la obra y de la pasantía. Fuente: Google Earth.	13
Figura 3. Modelo de la fachada zona sur de la ampliación del Centro Comercial. Fuente: Departamento de diseño Arinsa.....	14
Figura 4. Fachada en construcción zona sur de la ampliación del Centro Comercial. Fuente: Fotografía propia.....	14
Figura 5. Cubierta plazoleta central en planos arquitectónicos. Fuente: Departamento de diseño arquitectónico Arinsa.	15
Figura 6. Montaje de estructura de cubierta plazoleta central. Fuente: Fotografía propia.....	15
Figura 7. Planta de la estructura de cimentación. Fuente: Departamento de diseño Metálicas e Ingeniería S.A.	22
Figura 8. Cordón de pantallas pre-excavadas y barretes. Fuente: Departamento de diseño Metálicas e Ingeniería S.A.	23
Figura 9. Detalle de refuerzo de viga corona e instalación de anclajes metálicos. Fuente: Metálicas e Ingeniería S.A.....	24
Figura 10. Grieta entre la Carrera 15 y el cordón de pantallas y barretes. Fuente: Fotografía propia.	25
Figura 11. Amarre refuerzo viga corona. Fuente: Fotografía propia.	25
Figura 12. Fundición viga corona con camión grúa. Fuente: Fotografía propia.	26
Figura 13. Fundición viga corona descarga directa. Fuente: Fotografía propia.	26
Figura 14. Encofrado viga cinturón. Fuente: Fotografía propia.	27
Figura 15. Apuntalamiento de pantallas y barretes antes de fundir viga cinturón. Fuente: Fotografía propia.....	27
Figura 16. Excavación de pilote con piloteadora. Fuente: Fotografía propia.....	29
Figura 17. Instalación del castillo de refuerzo. Fuente: Fotografía propia.	30
Figura 18. Asegurado del castillo de refuerzo. Fuente: Fotografía propia.	30
Figura 19. Prueba de asentamiento Slump. Fuente: Fotografía propia.	31
Figura 20. Toma de muestras de concreto para medir resistencia a la compresión. Fuente: Fotografía propia.....	32

Figura 21. Ubicación de la tolva y tubería la tubería tremie. Fuente: Fotografía propia.....	33
Figura 22. Fundición de pilote in situ con tubería y concreto tremie. Fuente: Fotografía propia.	34
Figura 23. Formaleta para anillos pilote manual. Fuente: Fotografía propia.	35
Figura 24.Castillo de refuerzo pilote excavado a manualmente. Fuente: Fotografía propia.....	36
Figura 25. Fundición pilote manual. Fuente: Fotografía propia	36
Figura 26. Demolición de pilotes. Fuente: Fotografía propia.	38
Figura 27. Armado de acero de refuerzo dado y viga de cimentación. Fuente: Fotografía propia.	38
Figura 28. Fundición de zapata cabezal con ayuda de un tubo. Fuente: Fotografía propia.....	39
Figura 29. Chequeo de plomos en columna metálica. Fuente: Fotografía propia..	40
Figura 30. Izaje de vigas y viguetas. Fuente: Fotografía propia.....	41
Figura 31. Instalación de conectores de cortante. Fuente: Fotografía propia.	41
Figura 32. Instalación de steel deck. Fuente: Fotografía propia.....	42
Figura 33. Instalación de steel deck y conectores de cortante. Fuente: Fotografía propia.....	42
Figura 34. Componentes estructurales del pavimento. Fuente: Fotografía propia.	45
Figura 35. Ensayo de densidad y humedad Método cono de arena. Fuente: Fotografía propia.	45
Figura 36. Ensayo de densidad y humedad con Densímetro Nuclear. Fuente: Fotografía propia.	46
Figura 37. Material para base granular, Fuente: Fotografía propia.....	47
Figura 38. Seriado y nivelación de la base con motoniveladora. Fuente: Fotografía propia.....	47
Figura 39. Formaleteado de losa para pavimento. Fuente: Fotografía propia.....	48
Figura 40. Instalación de malla electro soldada, refuerzo para pavimento. Fuente: Fotografía propia.	48
Figura 41. Pasadores de dilatación. Fuente: Fotografía propia.....	49
Figura 42. Humedecimiento de la base granular. Fuente: Fotografía propia.	49
Figura 43. Descargue del camión mixer. Fuente: Fotografía propia.	50
Figura 44. Ensayo de asentamiento Slump. Fuente: Fotografía propia.....	50
Figura 45. Muestras para resistencia del concreto. Fuente: Fotografía propia.	51
Figura 46. Fundición de pavimento con bomba. Fuente: Fotografía propia.	51
Figura 47. Nivelación fundición de pavimento. Fuente: Fotografía propia.....	52
Figura 48. Aplicación del endurecedor Sika-Floor. Fuente: Fotografía propia.	53
Figura 49. Acabado con helicóptero. Fuente: Fotografía propia.	53

Figura 50. Curado de la losa de pavimento. Fuente: Fotografía propia.....	54
Figura 51. Corte juntas de dilatación. Fuente: Fotografía propia.	54
Figura 52. Chequeo profundidad de corte. Fuente: Fotografía propia.	55
Figura 53. Sellante Vulkem 45. Fuente: Fotografía propia.	56
Figura 54. Aplicación del sellante de poliuretano. Fuente: Fotografía propia.	56
Figura 55. Soldadura de barras que no cumplen con el traslapo mínimo requerido. Fuente: Fotografía propia.....	59
Figura 56. Cordón de soldadura en acero de refuerzo de vigas de cimentación que no cumplió con el traslapo mínimo requerido. Fuente: Fotografía propia.	59
Figura 57. Recubrimientos de viga de cimentación. Fuente: Fotografía propia.	62
Figura 58. Recubrimientos de pantalla para rampa eléctrica. Fuente: Fotografía propia.....	62
Figura 59. Fundición de losa de entrepiso con separadores en bloques de concreto. Fuente: Fotografía propia.....	63
Figura 60. Elemento estructural que no cumple con el recubrimiento mínimo y con acero expuesto. Fuente: Fotografía propia.	63
Figura 61. Prueba de resistencia del concreto con el esclerómetro. Fuente: Fotografía propia.	68
Figura 62. Extracción de núcleo en barrete. Fuente: Fotografía propia.....	69
Figura 63. Núcleo de 10 cm para prueba de resistencia del concreto en una viga de cimentación. Fuente: Fotografía propia.....	69

INTRODUCCIÓN

Como requisito parcial para optar al título de ingeniero Civil, se ha desarrollado como trabajo de grado la práctica profesional como auxiliar de ingeniería en la empresa Metálicas e Ingeniería S.A. (MEISA). El presente informe contiene una descripción de las actividades realizadas como pasante en el proyecto que a continuación se describe.

La empresa Metálicas e Ingeniería S.A. (MEISA) interviene en la obra: *Ampliación Centro Comercial Campanario-Popayán*, llevando a cabo el diseño estructural, obra civil y estructura metálica del proyecto.

El tipo de construcción que se lleva a cabo en este proyecto está compuesta por acero y concreto denominada también estructura mixta, es decir que posee secciones resistentes en las cuales el acero estructural y el hormigón trabajan solidariamente.

Durante la pasantía realizada en la obra de la ampliación del Centro Comercial, haciendo parte de la empresa Metálica e Ingeniería S.A. (MEISA), se llevó a cabo actividades relacionadas con la ejecución del diseño estructural de la edificación, lo cual comprende actividades de obra civil como: la cimentación, el sistema estructural de la edificación, y la estructura de pavimento de la zona de parqueadero ubicada en el sótano del centro comercial. En cuanto a la estructura metálica, la empresa es la encargada de realizar el diseño, fabricación y montaje de la misma, actividad en la que se trabajó directamente llevando a cabo el manejo general de la estructura en obra, control de calidad y cantidades de obra.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Participar de manera efectiva y constante en la construcción de la ampliación del Centro Comercial Campanario, desempeñando el cargo de Ingeniera Auxiliar.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Planear las actividades según la programación de obra planteada con el objeto de cumplir con los tiempos propuestos.
- Realizar el seguimiento de obra según la programación estipulada.
- Efectuar el control de obra de los procesos constructivos de acuerdo con las Especificaciones Técnicas de Construcción del proyecto y según criterios manejados por el diseñador del proyecto.
- Revisar las cantidades de obra como control de consumo de material y para la elaboración de actas de pagos de obra.

2. INFORMACIÓN GENERAL

2.1. EMPRESA RECEPTORA

Metálicas e Ingeniería S.A. es una empresa, orientada a fabricar estructuras metálicas para todo lo que implica la construcción de cualquier clase de obras civiles, especialmente puentes, bodegas, edificios, casas y apartamentos, así como de la transformación de todo tipo de elementos metálicos en estructuras y artículos en carpintería metálica, buscando siempre una excelente calidad y la satisfacción del cliente, de una manera eficiente y rentable. La empresa tiene como sede principal la ciudad de Jamundí, Valle del Cauca (Vía Panamericana N° 6 Sur – 195) y una sucursal en la ciudad de Popayán (Parque industrial Bodega E 13), como se puede observar en la Figura 1.



Figura 1. Ubicación de la empresa receptora. Fuente: Google Maps.

2.2. UBICACIÓN DE LA PASANTÍA

La ampliación de **Campanario Centro Comercial** está proyectada sobre los parqueaderos de la parte occidental y el lote vecino con un área de 7.540 mts proyectada a tres plantas que incluye un sótano de 400 parqueaderos de vehículos y 450 parqueaderos de motos en cubierta, 50 locales comerciales para nuevas marcas entorno a una plazoleta de eventos.

El proceso de la ampliación inició en el mes de junio 2015 y se proyecta su finalización en octubre de 2016.

La obra está ubicada continua al actual Centro Comercial Campanario, exactamente en la Carrera 9 # 24AN-21 en la ciudad de Popayán Cauca.



Figura 2. Ubicación del sitio de ejecución de la obra y de la pasantía. Fuente: Google Earth.



Figura 3. Modelo de la fachada zona sur de la ampliación del Centro Comercial.
Fuente: Departamento de diseño Arinsa.



Figura 4. Fachada en construcción zona sur de la ampliación del Centro Comercial. Fuente: Fotografía propia.

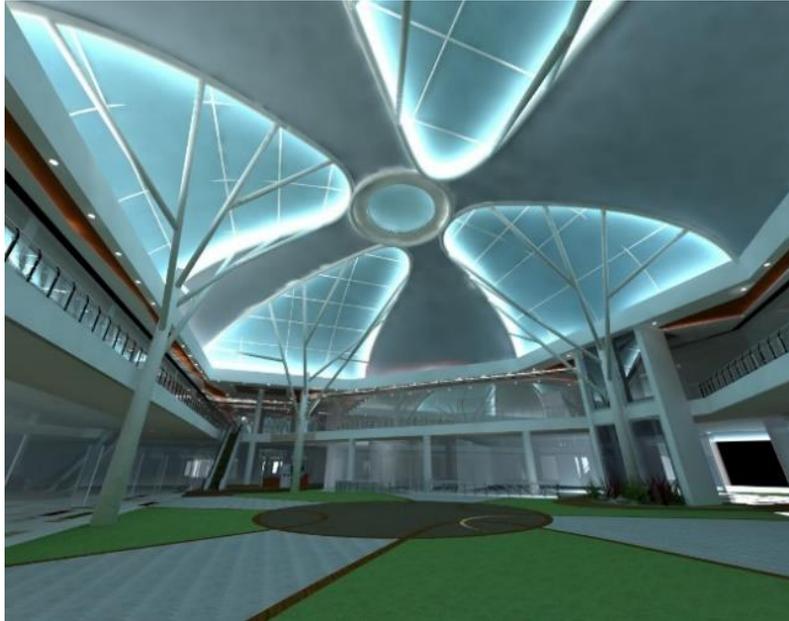


Figura 5. Cubierta plazoleta central en planos arquitectónicos. Fuente: Departamento de diseño arquitectónico Arinsa.



Figura 6. Montaje de estructura de cubierta plazoleta central. Fuente: Fotografía propia.

2.3. DIRECTOR POR PARTE DE LA EMPRESA RECEPTORA

Ingeniero: Omar Harold Méndez Alegría. Director de Obra por parte de Metálicas e Ingeniería S.A.

2.4. DIRECTOR DE LA PASANTÍA POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA

Ingeniero: Aldemar José González Fernández. Profesor del Departamento de Vías y Transporte y Decano de la Facultad de Ingeniería Civil.

3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR PARTE DEL PASANTE

Durante las prácticas laborales en la modalidad de pasantía, desarrolladas en la **AMPLIACIÓN DEL CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO POPAYÁN**, se realizó trabajo de obra en las áreas de planeación, control y construcción de lo que comprende la estructura de la edificación y algunos acabados de la misma.

En el presente informe se quieren dar a conocer los temas en los que se trabajó directamente, así como también la labor que en cada uno de ellos se llevó a cabo desempeñando el cargo de auxiliar de ingeniería. Las siguientes son las áreas en las cuales se tuvo la oportunidad de trabajar: Estructura de contención lo cual comprende las pantallas y los barretes que contienen el terreno, cimentación de la estructura en donde se trabajó con caissons, vigas y dados de cimentación, estructura mixta para lo cual se construyeron columnas de concreto reforzado que encamisán las columnas metálicas, losa de entre piso, entre otros y por último el pavimento de la zona parqueadero para lo cual solamente se trabajó en la capa de rodadura con concreto de $f'c = 3800$ psi.

3.1. PLANEACIÓN Y SEGUIMIENTO DE ACTIVIDADES SEGÚN PROGRAMACIÓN DE OBRA.

Para lograr alcanzar los objetivos determinados en el proyecto se hizo necesario planificar y organizar las actividades de acuerdo a los recursos humanos, materiales y financieros con que se contó de manera que se garantizara un equilibrio entre costo, calidad y tiempo.

En la obra “Ampliación del Centro Comercial Campanario” la planeación en un modo general se realizó por medio de comités de obra semanales en donde participaron los directores de obra por parte de cada contratista y el gerente general del proyecto y en donde se asignaban a cada contratista los objetivos y compromisos que se requerían para dicha semana. La empresa Metálicas e Ingeniería S.A. (MEISA) como contratista principal del proyecto llevó el ritmo de trabajo en casi toda la duración de la obra ya que muchas de las actividades de otros contratistas dependían de lo que MEISA entregara, por ello se le dio bastante importancia a cumplir con la programación y tiempos estipulados.

Para el cumplimiento de estos tiempos se realizaron comités internos con los ingenieros residentes y auxiliares en cabeza del ingeniero director. En dichas

reuniones se designaron las actividades de las que cada ingeniero se debía encargar.

Durante el desarrollo de la pasantía desempeñando el cargo de auxiliar de ingeniería se trabajó principalmente las actividades de cimentación, montaje de estructura metálica y fundición de la capa de rodadura del pavimento de parqueadero. Para la planeación de cada actividad se debió trabajar de acuerdo a la programación que se puede observar en el la Tabla 2. El ingeniero auxiliar tiene acceso a toda la información de diseño, herramientas con las cuales se logra materializar la construcción y cumplimiento de los objetivos.

3.1.1. CIMENTACIÓN

La primera herramienta que tiene el ingeniero auxiliar para empezar a trabajar en la construcción de cualquiera de los elementos estructurales es el plano de diseño estructural el cual es estudiado e interpretado por el ingeniero auxiliar. En primera instancia el ingeniero auxiliar cuantificó la cantidad de acero según el despiece que indica el plano y realizó el pedido al proveedor. En segundo lugar se evaluó el plano verificando las especificaciones técnicas para poder realizar el control y tenerlas en cuenta durante su construcción.

El tiempo promedio que se requiere para la realización de un pilote son dos días, una vez fundido se debe tener en cuenta la demolición de la capa superior de concreto de cada pilote antes de iniciar la instalación de la formaleta. Es importante tener varios frentes realizando demolición de pilotes para poder lograr el plazo ya que es una actividad que lleva tiempo, aproximadamente se demuelen 2 pilotes por día. La cimentación de la estructura abre camino para poder iniciar el montaje de la estructura metálica. Para esta serie de actividades el ingeniero auxiliar realizó una proyección aproximada de cada una de ellas verificando con el fin de verificar el cumplimiento del cronograma general.

3.1.2. MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA

La planeación de esta actividad es muy importante para el avance de la obra en general ya que del cumplimiento de este depende que se puedan iniciar con otras actividades como la fundición de la losa de entre piso y a su vez que otros

contratistas inicien también con sus actividades de mampostería, enchapes y acabados en general. Para esta actividad se reciben planos de montaje con los cuales el ingeniero auxiliar da las indicaciones adicionales al personal correspondiente. La estructura metálica (columnas, vigas, viguetas, anclajes, etc.) llega directamente de planta debidamente estampadas con los nombres que se muestran en los planos, la ingeniera auxiliar en su trabajo de pasantía organizó y chequeó la llegada del material necesario para iniciar el trabajo a tiempo: pernos, tuercas, arandelas, soldadura y la totalidad de los elementos que se requieren izar. En caso de encontrar el material incompleto o elementos con medidas incorrectas se solicitó a la planta su corrección o su fabricación de acuerdo a los planos. La planeación en este punto implica estar muy al tanto de que el material necesario llegue a tiempo para que el montaje no quede parado en ningún momento. Esta es una actividad que avanza muy rápido siempre y cuando estén todas las herramientas y materiales a tiempo.

3.1.3. CAPA DE DORADURA DEL PAVIMENTO DE PARQUEADERO

El cumplimiento de los tiempos pactados para la entrega de esta zona se hizo imposible de cumplir ya que se dependía de un contratista diferente, VICTORIA ARIZA EXCAVACIONES Y OBRAS CIVILES S.A.S. Quien era el encargado de entregar sub-rasante y base debidamente nivelados, cumpliendo densidades y humedades de manera que quedara lista para fundir la capa de rodadura. La principal circunstancia que causó el incumplimiento de esta actividad fueron las lluvias que se presentaron por varias semanas seguidas en la ciudad, lo cual inundó la zona de parqueadero (sótano) e hizo imposible realizar labores allí sin antes sacar toda el agua por medio de moto bombas.

Las indicaciones técnicas solicitan que para áreas irregulares se requiere refuerzo de malla electrosoldada en la capa de rodadura, entonces dependiendo de la geometría del área a fundir se debía realizar pedido de malla y de otros productos necesarios para llevar a cabo la actividad: endurecedor para el acabado de la superficie (Sika-Floor), gasolina para los helicópteros, grasa para los pasadores y la formaleta, Icopor para las dilataciones contra la estructura existente, sellante para las dilataciones (Vulkem) entre otros; todos estos aspectos debían ser tenidos en cuenta para que al momento de la fundición estuviera todo listo y no hubiesen retrasos. Este tipo de concreto requiere ser descargado en el menor tiempo posible debido a su rápido endurecimiento y al bajo asentamiento que presenta. Para esta actividad la ingeniera auxiliar participó en la programación del concreto que se realizó con mínimo dos días de anticipación o en la programación semanal del concreto. Por lo general las áreas a fundir en un mismo día fueron bastante extensas

por lo que se requería disponibilidad de todos los camiones mezcladores suministrados por la planta de concreto.

PROGRAMACIÓN DE CONCRETO SEMANA DEL 27 DE JUNIO AL 2 DE JULIO						
FECHA	CANTIDAD M3	REFERENCIA	ELEMENTO	TIPO DE DESCARGA	HORA	OBSERVACIÓN
LUNES 27	5	4000	VIGA CORONA	DIRECTA	9:30 a. m.	PARQUEADERO VIA PAPAL
LUNES 27	7	3000	VIGAS CINTURON	DIRECTA	11:00 a. m.	BUGGIE
LUNES 27	2.25	5000	DADO	DIRECTA	4:00 p. m.	VIA PAPAL
MARTES 28	2	4000	VIGA MURO RAMPA DE MOTOS	DIRECTA	8:00 a. m.	INGRESO POR EL BARRIO
MARTES 28	POR CONFIRMAR	4000	COLUMNAS	BOMBA	POR CONFIRMAR	VIA PAPAL
MARTES 28						
MIERCOLES 29	30	MR38	PAVIMENTO	BOMBA	9:00 a. m.	VIA JUMBO
MIERCOLES 29	7	3000	VIGA CINTURON	DIRECTA	3:00 p. m.	PARQUEADERO VIA PAPAL
MIERCOLES 29	2	4000	MURO RAMPA DE MOTOS	DIRECTA	4:00 p. m.	INGRESO POR EL BARRIO
JUEVES 30	30	3000	LOSA PISO 1 - RAMPA	BOMBA	9:30 a. m.	VIA PAPAL
JUEVES 30	8.5	4000	ZARPA MURO RAMPA DE MOTOS	DIRECTA	4:00 p. m.	INGRESO POR EL BARRIO
VIERNES 1	58	3000	LOSA PISO 1 - STUDIO F	BOMBA	9:00 a. m.	PARQUEADERO VIA PAPAL
SABADO 2	40	3000	LOSA PISO 2	BOMBA	10:00 a. m.	VIA PAPAL
SABADO 2	2	4000	MURO RAMPA DE MOTOS	DIRECTA	3:00 p. m.	INGRESO POR EL BARRIO

Tabla 1. Programación semanal del concreto. Fuente: Propia.

PROGRAMACIÓN GENERAL DE OBRA					
PROGRAMA Ejecución CAMPANARIO	PISO SÓTANO	ENTREPISO 1	ENTREPISO 2	ENTREPISO 3	CUBIERTAS
SEMANA 3-9 ENE					
SEMANA 10-16 ENE					
SEMANA 17-23 ENE					
SEMANA 24-30 ENE					
SEMANA 31-6 FEB					
SEMANA 7-13 FEB					
SEMANA 14-20 FEB					

Tabla 2. Programación general de avance de obra. Fuente: Director de obra Metálicas e Ingeniería S.A.

3.2. PROCESOS CONSTRUCTIVOS

3.2.1. ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN

La contención para la excavación de lo que constituirá el sótano se realizó por medio de pantallas pre-excavadas de entre 6 y 6,5 metros de profundidad, soportadas por barretes de 11,5 metros de profundidad y espaciados cada 8 metros. Las pantallas se ubicaron en el perímetro del lote formando un cajón empotrado en el estrato, se fundieron desde la superficie natural del terreno y están confinadas por vigas corona y vigas cinturón las cuales la refuerzan para lograr un trabajo compacto.

Durante la construcción de estos elementos el ingeniero auxiliar verificó las profundidades y espesores a las que se realizaron las excavaciones con el fin de cumplir con las especificaciones estipuladas en los planos así como también para fines de cubicación y programación de concreto.

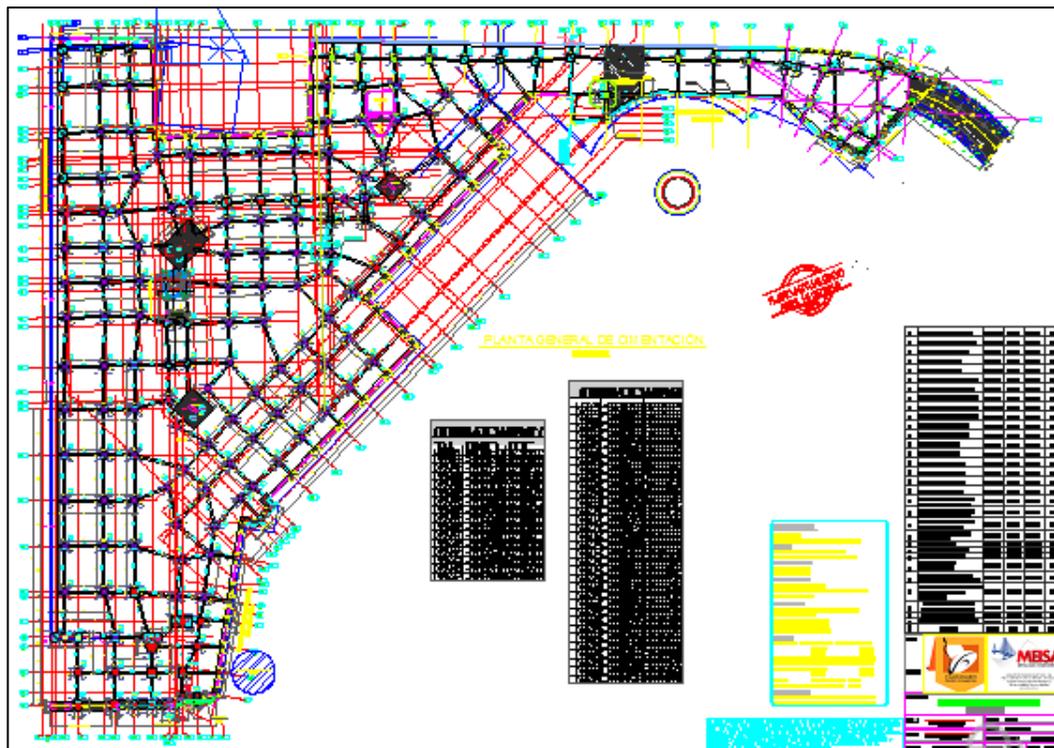


Figura 7. Planta de la estructura de cimentación. Fuente: Departamento de diseño Metálicas e Ingeniería S.A.

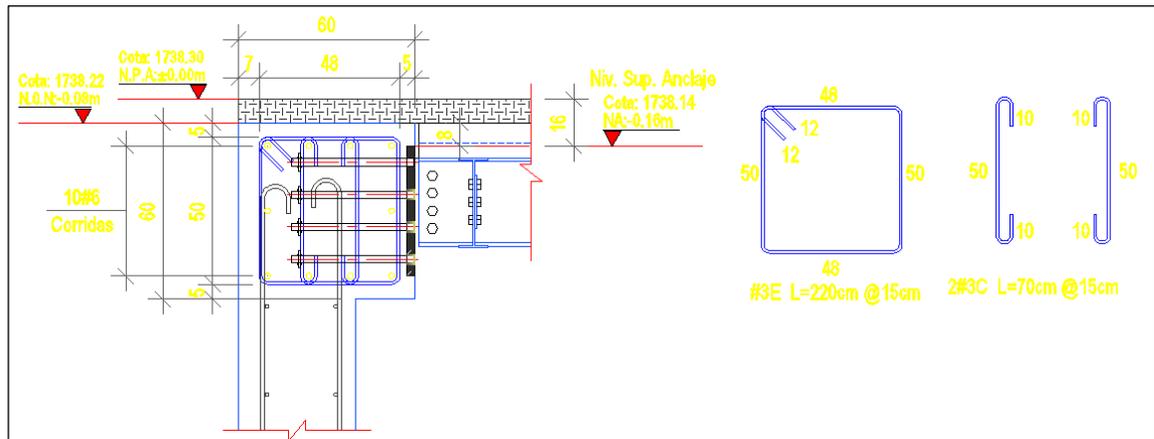


Figura 9. Detalle de refuerzo de viga corona e instalación de anclajes metálicos.
Fuente: Metálicas e Ingeniería S.A.

Lo ideal es fundirla cuando aún no inicia la excavación del terreno para evitar el trabajo en alturas que genera mayores complicaciones, pero si no se consigue hacerlo antes de la excavación del terreno se puede trabajar con una tarima de plataformas y andamios certificados que permitan la comodidad para trabajar y sobre todo seguridad del personal.

La fundición de la viga cinturón se realiza cuando se haya efectuado la excavación ya que esta va anclada a las pantallas y barretes por medio de perforaciones con varillas corrugadas de 20 centímetros que se adhieren a ella con Epóxico (AnchorFix-4/Sika). Una vez fundida la viga cinturón y viga corona es cuando el suelo está confinado y es seguro trabajar en la excavación. El cordón de pantallas y barretes no debe permanecer mucho tiempo sin la presencia de las vigas corona y cinturón ya que al no tener un soporte que las asegure, los esfuerzos producidos por el suelo pueden causar el volcamiento del sistema de contención y el derrumbamiento del suelo.

En este proyecto se presentó que las pantallas y barretes cedieron debido al empuje del suelo cuando se produjeron fuertes lluvias formándose sobre la superficie una grieta entre la calle y el cordón de pantallas y barretes como se puede observar en la Figura 10. La pasante fue la encargada de realizar el seguimiento de dicha falla y tomar las medidas correctivas, para los cual se apoyó el conjunto de pantallas y barretes con gatos metálicos como se muestra en la Figura 15 y se rellenó la grieta con lechada de cemento.



Figura 10. Grieta entre la Carrera 15 y el cordón de pantallas y barretes. Fuente: Fotografía propia.



Figura 11. Amarre refuerzo viga corona. Fuente: Fotografía propia.



Figura 12. Fundición viga corona con camión grúa. Fuente: Fotografía propia.



Figura 13. Fundición viga corona descarga directa. Fuente: Fotografía propia.



Figura 14. Encofrado viga cinturón. Fuente: Fotografía propia.



Figura 15. Apuntalamiento de pantallas y barretes antes de fundir viga cinturón. Fuente: Fotografía propia.

3.2.2. CIMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA

3.2.2.1. CAISSONS

Una vez el terreno se encuentra descapotado y teniendo previamente los estudios de suelos y el perfil estratigráfico de la zona se realiza la excavación de pilotes. En el presente proyecto se inició con una piloteadora R12-SOILMEC la cual llevó a cabo la excavación de cerca de 200 pilotes en aproximadamente 3 meses. A inicios del mes de noviembre de 2015 se hace entrega de la maquinaria de excavación profunda y se procede a realizar la excavación de los pilotes restantes manualmente. Se excavó manualmente aproximadamente 20 pilotes. Su construcción se lleva a cabo al mismo tiempo que se funden las pantallas pre-excavadas y los barretes en todo el perímetro del terreno a construir.

3.2.2.1.1. Pilote excavado con piloteadora:

- La excavación se realiza cuando el ingeniero auxiliar verifica y garantiza que el terreno esté libre de obstáculos y se pueda maniobrar con seguridad y factibilidad la maquinaria. El uso de un equipo de este tipo es de gran ayuda para la realización del trabajo ya que optimiza tiempo y recursos. Con ayuda de la piloteadora se llega a fundir en promedio 2 pilotes por día. La excavación según estudio de suelos e indicaciones técnicas por parte de la ingeniera de suelos Ing. Gloria Inés Rosales y el ingeniero estructural Ing. Roberto Ayerbe se debía realizar hasta llegar a los 8 metros de profundidad, sin embargo en el transcurso de las excavaciones se notó que en la mayoría de los casos el estrato resistente se encontraba a menor profundidad entre 5 y 6 metros. (Ver Figura 16).
- Una vez se tiene lista la excavación la pasante verificó el estado de las paredes de la perforación, esto con el fin de definir si se debe usar bentonita lo cual se hace cuando se encuentra un suelo fino saturado o en estado líquido para evitar posibles derrumbes internos. De forma inmediata se procede con ayuda de la broca de la piloteadora a colocar y asegurar el castillo de refuerzo (ver Figura 17). El castillo varía dependiendo de su diámetro (140 y 160 cm barra #8; 100 y 120 cm barra #7 ambas con espiral de #4 paso 7,5 cm) (Ver Tabla 3), información que se encuentra en el plano de la planta estructural de cimentación (Figura 7)

y que fue chequeada por la ingeniera auxiliar en su trabajo de pasantía. Finalmente se amarra y se sujeta muy bien para evitar que el concreto por fuerzas de empuje lo desplace hacia arriba.

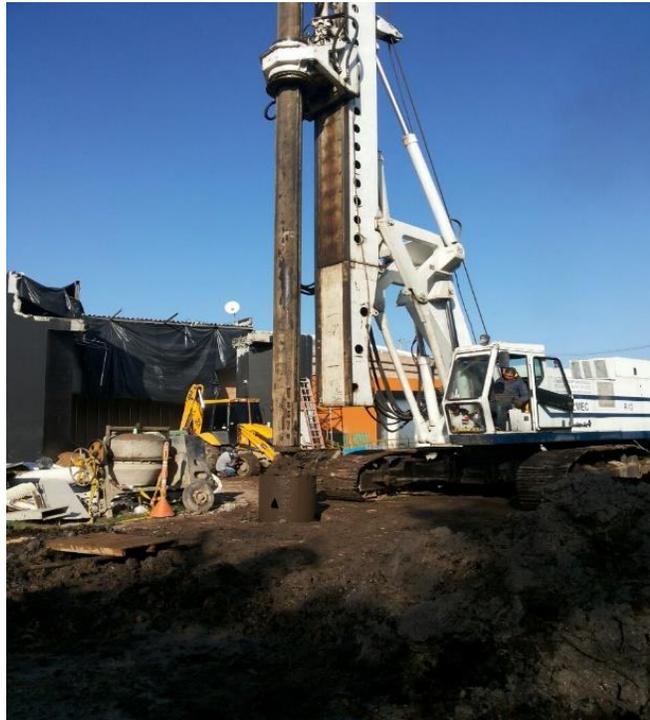


Figura 16. Excavación de pilote con piloteadora. Fuente: Fotografía propia

DIÁMETRO DEL PILOTE (cm)	# BARRA	ESPIRAL (cm)
100	7	7,5
120		
140	8	
160		

Tabla 3. Tipo de refuerzo según diámetro del pilote. Fuente: Diseño estructural Metálicas e Ingeniería S.A.



Figura 17. Instalación del castillo de refuerzo. Fuente: Fotografía propia.



Figura 18. Asegurado del castillo de refuerzo. Fuente: Fotografía propia.

- Una vez el castillo esté en sitio se procede a iniciar la fundición, lo cual se realiza con concreto premezclado suministrado por la planta de concreto CONCREINSA S.A. y el cual es cubicado y programado por la pasante. El concreto utilizado para los pilotes es concreto tipo Tremie de un $f'c=3000$ psi y de asentamiento variable entre 8" y 9". En sitio y antes de iniciar el vaciado del concreto la pasante realiza el control para que se tome la prueba de asentamiento SLUMP correctamente de acuerdo a la norma INV E-404 – 13 (Figura 19), así como también la toma de las muestras de concreto para la prueba de resistencia a la compresión de acuerdo a la norma INV E-401 - 13 (Figura 20).



Figura 19. Prueba de asentamiento Slump. Fuente: Fotografía propia.



Figura 20. Toma de muestras de concreto para medir resistencia a la compresión.
Fuente: Fotografía propia.

- Debido a la presencia de nivel freático en la excavación del pilote y para evitar segregación del concreto al ser vaciado desde la superficie, la fundición se realizó con ayuda de tubería tipo tremie para lo cual hubo controlar que la boca de la tubería estuviese siempre embebida en el concreto por lo menos 1,5 metros. Fue necesario evitar los movimientos horizontales de la tubería dentro de la masa

de concreto ya que esto genera separación del cemento y el agregado formando lechadas de cemento, lo cual afecta la resistencia del elemento estructural.



Figura 21. Ubicación de la tolva y tubería la tubería tremie. Fuente: Fotografía propia.



Figura 22. Fundición de pilote in situ con tubería y concreto tremie. Fuente: Fotografía propia.

3.2.2.1.2. Pilote excavación manual:

- Se inicia planteando y ubicando con coordenadas topográficas el centro del pilote a excavar.
- Se adecúa la zona de trabajo demarcando y señalizando de manera que se garantice la seguridad del personal durante la actividad realizada.
- Debido a que la excavación es lenta se trabajó con tramos de excavación de un metro, por cada tramo se fundió un anillo en concreto de $f'c=3000$ psi de manera que evitara derrumbamientos en las paredes internas. Una vez fundido el anillo se desencofra y se continúa con la excavación del siguiente tramo repitiendo el mismo proceso de fundición hasta llegar al estrato resistente.
- Cuando se tiene la excavación en la profundidad deseada se instala y se asegura el castillo de refuerzo teniendo en cuenta que se deje el recubrimiento en todos los lados; y se procede a realizar la fundición con concreto tremie de

$f'c=3000$ psi, asentamiento de entre 8" y 9". En algunos casos cuando no se encontró nivel freático y cuando la profundidad a la que se encontró el estrato resistente no fue mayor a 4 metros, la fundición se realizó con concreto fluido normal y sin necesidad de tubería tremie, como se puede observar en la Figura 25.



Figura 23. Formaleta para anillos pilote manual. Fuente: Fotografía propia.



Figura 24. Castillo de refuerzo pilote excavado a manualmente. Fuente: Fotografía propia.



Figura 25. Fundición pilote manual. Fuente: Fotografía propia

3.2.2.2. DADOS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN

Una vez superada la etapa de cimentación profunda se procede a iniciar la cimentación directa o superficial la cual recibe directamente las cargas transmitidas por la superestructura y se encarga de distribuirlas. Las columnas se apoyan sobre un sistema de zapatas cabezales que amarran convenientemente los pilotes y estas a su vez se amarran a una serie de vigas de amarre en ambas direcciones.

1. En primer lugar se procede a descabezar los pilotes ya que se funden hasta un nivel superior al requerido para que el concreto contaminado por el suelo de la excavación sea retirado después por medio de demolición con taladro.
2. Una vez descabezado el pilote hasta el nivel requerido se procede a adecuar el terreno, se retira el lodo y se funde el solado. Tanto el nivel de demolición del pilote como el de fundición del solado fueron verificados por el control de obra realizado por parte de la pasante para garantizar que al fundir la viga y el dado de cimentación estos llegaran al nivel especificado en los planos. Cuando el solado está fraguado se inicia el armado del acero de refuerzo según planos de diseño.
3. Para el amarre del acero de las vigas y los dados de cimentación la pasante realiza chequeos continuos de traslapos, recubrimientos, niveles y dimensiones de los estribos.
4. Se instala y asegura la formaleta según dimensiones establecidas en los planos de diseño y chequeando que siempre se respete los alineamientos, también se debe asegurar muy bien la formaleta para evitar que el empuje del concreto pueda desplazarla.
5. El proceso de fundición varía dependiendo del sitio en que se va a fundir, en ocasiones es posible fundir directamente con el camión mezclador, mientras que en otros casos es necesario apoyarse con otras herramientas como perlines, tubos, transportado con mini cargador, con bache y grúa y en casos más extremos y alejados con bomba impulsadora de concreto. El ingeniero auxiliar verifica cual es la opción que mejor se adapta y se toma la decisión pertinente.



Figura 26. Demolición de pilotes. Fuente: Fotografía propia.



Figura 27. Armado de acero de refuerzo dado y viga de cimentación. Fuente: Fotografía propia.



Figura 28. Fundición de zapata cabezal con ayuda de un tubo. Fuente: Fotografía propia.

3.2.3. ESTRUCTURA MIXTA

La edificación consta de una estructura mixta compuesta por estructura metálica y de concreto reforzado que en conjunto impiden el desplazamiento longitudinal entre el hormigón y el acero y el despegue de un componente del otro. Este sistema de construcción es muy utilizado actualmente debido a su eficiencia, acortando los tiempos de construcción y optimizando recursos.

3.1.3.1. ESTRUCTURA METÁLICA

El proyecto cuenta con más de 2000 toneladas de estructura metálica conformadas por anclajes, columnas, vigas y viguetas que hacen parte del esqueleto estructural del centro comercial, y alrededor de 1000 toneladas en acero que compone los elementos de concreto reforzado que complementan la estructura mixta como tal.

- Se inicia izando las columnas, con sus respectivo chequeo de niveles para lo cual se usa tornillos de nivelación, y posteriormente la pasante chequea el plomo de cada columna en presencia de la ingeniera interventora y el contratista encargado del montaje.

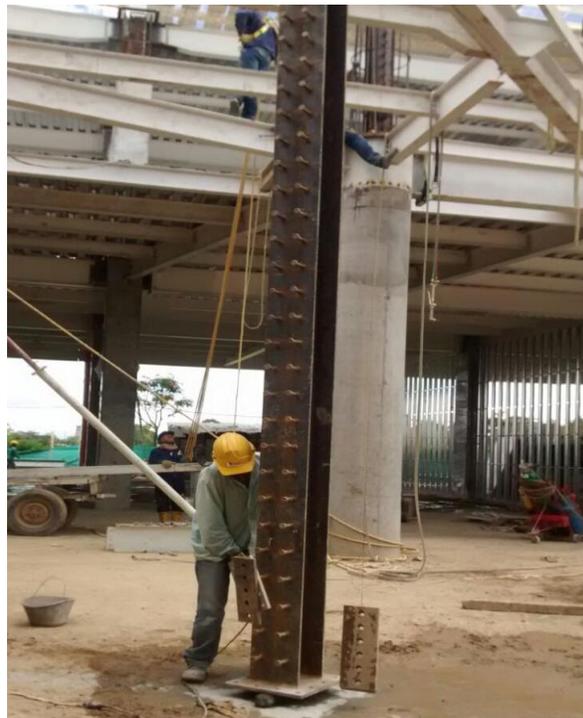


Figura 29. Chequeo de plomos en columna metálica. Fuente: Fotografía propia.

- Una vez está la columna en su lugar, se procede a ubicar las vigas portantes que amarran una columna a otra, y a su vez las viguetas que conectan a las vigas portantes. Ver Figura 30.



Figura 30. Izaje de vigas y viguetas. Fuente: Fotografía propia.

- Se instalan elementos menores indicados en los planos y se deja listo para instalar la lámina colaborante, los conectores a cortante (studs), y el borde de losa.



Figura 31. Instalación de conectores de cortante. Fuente: Fotografía propia.

- La instalación de Steel Deck es realizado también por el personal de montaje y consta de la instalación de láminas de acero que tienen una serie de canales lo cual hace que la losa sea aligerada y crea una interacción entre el concreto y la estructura de acero haciendo que estos trabajen en conjunto.



Figura 32. Instalación de steel deck. Fuente: Fotografía propia.

- Para todo este proceso se debe tener un proceso de seguridad muy alto, el personal de montaje de la estructura metálica debe ser calificado en alturas y debe seguir rigurosamente el protocolo de seguridad establecido por la empresa contratante y por la dirección de la obra. Cabe destacar que cada contratista que se encuentre realizando actividades en obra debe contar con una persona calificada en seguridad, salud en el trabajo y ambiente que coordine las actividades y sea responsable de que se lleven a cabo de manera adecuada y segura.

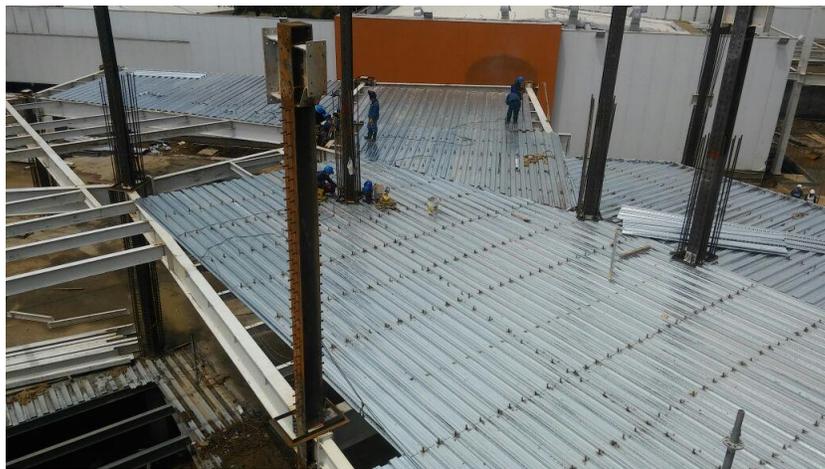


Figura 33. Instalación de steel deck y conectores de cortante. Fuente: Fotografía propia.

3.1.3.2. CONCRETO REFORZADO

La edificación cuenta con varios elementos construidos en concreto reforzado iniciando desde la cimentación, en este capítulo se habla principalmente de aquellos que conforman la estructura mixta tales como son las columnas y las losas de entre piso.

3.1.3.2.1. COLUMNAS

Las columnas son elementos de concreto reforzado que encamisán a las columnas metálicas y complementan la resistencia de la edificación. Estas columnas varían su dimensión, pero en su gran mayoría son de 80x80 centímetros. El proceso constructivo de estos elementos estructurales es el siguiente:

- Amarre y armado del acero de refuerzo según planos de diseño.
- Instalación de la formaleta metálica.
- Soldadura de los estribos que quedan entre las vigas metálicas.
- Instalación de los complementos de formaleta en lámina de madera super T.
- Fundición del elemento, concreto de 4000 psi fluido.
- Desencofrado de la columna de 8 a 10 horas después.
- Curado de la columna, para esto se aplica antisol a la columna y se envuelve con una película plástica para que el curado sea más rápido y no sea necesario agregar agua.

3.1.3.2.2. LOSA DE ENTREPISO

El proyecto cuenta con tres plantas en las cuales lleva tres losas de entrepiso de un área aproximada de 30000 m² en total.

Cuando el montaje de la estructura metálica está terminado su totalidad se procede a realizar la fundición de la losa de entrepiso llevando a cabo el siguiente proceso constructivo:

1. Se inició haciendo un check list por parte del pasante del estado de la estructura entregada por parte del contratista encargado del montaje antes de realizar la fundición, dentro de lo cual se tiene en cuenta revisar:
 - Uniones entre elementos (pernadas y soldadas)
 - Pasadores de cortante
 - Apuntalamiento de la estructura
 - Alineamiento de bordes de losa
 - Fundición de sika-grout en la base de las columnas.
2. Una vez se cumple con el check list se realizó el cálculo del volumen de concreto que se requería.
3. Se instaló la malla de refuerzo (malla electro soldada de 7mm x 5mm paso 15 y 25 cms respectivamente) y los separadores. En algunos casos fue necesario instalar refuerzo negativo adicional, esto depende de la carga a la que vaya ser sometida la losa en el futuro, para esto se usa varilla #4 y #6 dependiendo de la exigencia de la losa.
4. Como paso a seguir se coordinó el posicionamiento de la bomba y la organización de la tubería hasta llegar al sitio deseado y se fundió la losa con concreto de 3000 psi.

3.2.4. CAPA DE RODADURA PAVIMENTO PARQUEADERO

Los componentes estructurales del pavimento que se realizó para el parqueadero fue sub-rasante (20 cm), base (15 cm) y una capa de concreto como base de rodadura (15 cm) que como se verá a continuación en algunos casos fue necesario acompañarla con acero de refuerzo. Para la sub-rasante se trabajó con una densidad mínima del 90% y humedad máxima de 10%, mientras que para la base granular mínimo 95% y 10% como humedad máxima. Los ensayos de densidad y humedad fueron tomados con dos métodos; in situ con el método del cono de arena, y empleando el densímetro nuclear, dependiendo de la exigencia del suelo a ensayar.

En este caso se presentaron densidades que no cumplían con las exigidas por lo que se debió levantar la base y volver a compactar hasta que se cumpliera con lo exigido.

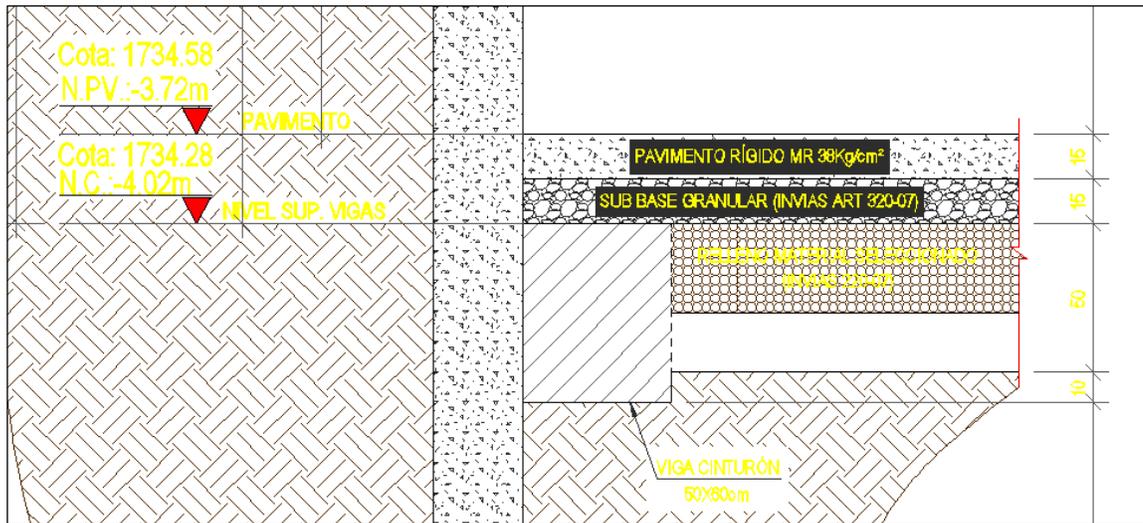


Figura 34. Componentes estructurales del pavimento. Fuente: Fotografía propia.



Figura 35. Ensayo de densidad y humedad Método cono de arena. Fuente: Fotografía propia.



Figura 36. Ensayo de densidad y humedad con Densímetro Nuclear. Fuente: Fotografía propia.

La empresa encargada de realizar el mejoramiento y constituir las dos primeras capas que conforman la estructura del pavimento (sub-rasante y base) fue VICTORIA ARIZA EXCAVACIONES Y OBRAS CIVILES SAS., quienes hacían entrega para que Metálicas e Ingeniería S.A. (MEISA) constituyera la capa de rodadura, en donde se tiene el siguiente proceso constructivo:



Figura 37. Material para base granular, Fuente: Fotografía propia.



Figura 38. Seriado y nivelación de la base con motoniveladora. Fuente: Fotografía propia.

1. Preparación de la zona a fundir lo cual conlleva realizar el encofrado de la zona, instalar malla electro-soldada como refuerzo adicional en los casos que se requieren, dilatar con poliestireno expandido (Icopor) los bordes donde se limite con elementos existentes como pantallas o barretes y humedecer la base.



Figura 39. Formateado de losa para pavimento. Fuente: Fotografía propia.



Figura 40. Instalación de malla electro soldada, refuerzo para pavimento. Fuente: Fotografía propia.

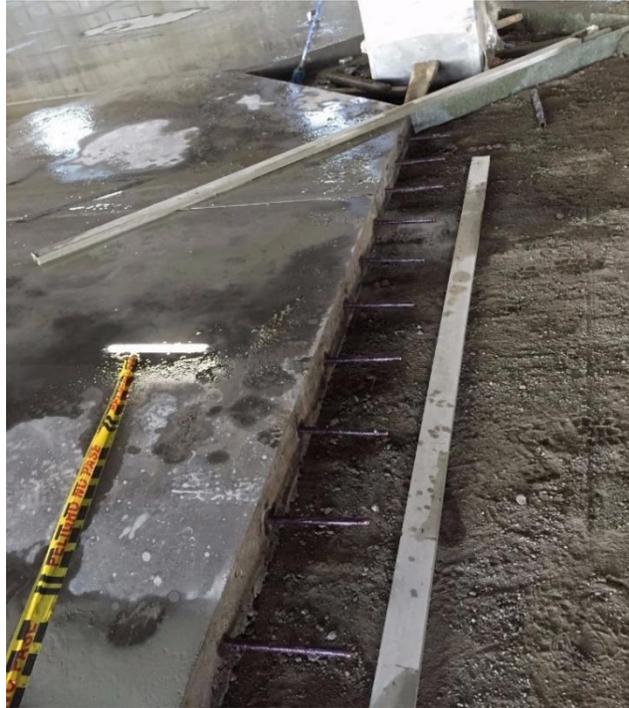


Figura 41. Pasadores de dilatación. Fuente: Fotografía propia.

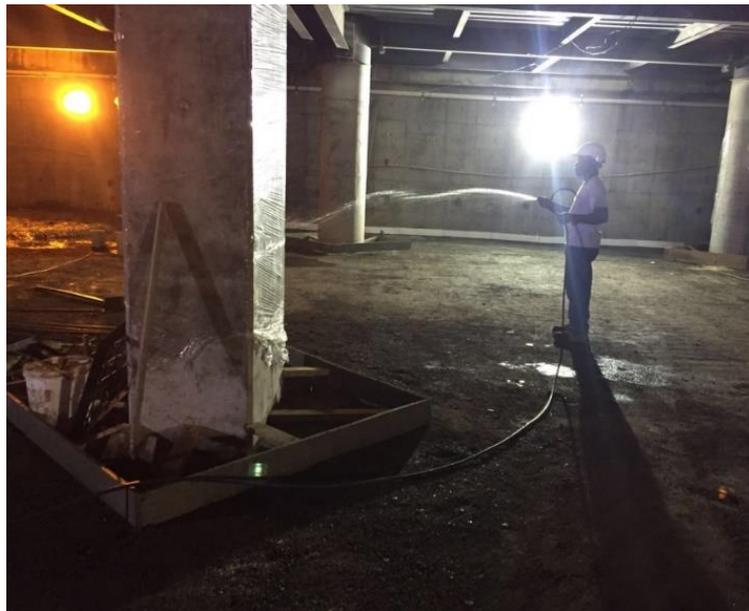


Figura 42. Humedecimiento de la base granular. Fuente: Fotografía propia.

2. La fundición se debe realizar iniciando por tomar el ensayo de asentamiento Slump para verificar si el concreto tiene la manejabilidad requerida o si por el contrario es necesario tratarlo con aditivos. Una vez esté en el punto que se requiere se toman las muestras para los ensayos de resistencia, en este caso briquetas; y entonces se inicia la fundición que en la mayoría de los casos se realizó empleando bomba.



Figura 43. Descarga del camión mixer. Fuente: Fotografía propia.



Figura 44. Ensayo de asentamiento Slump. Fuente: Fotografía propia.



Figura 45. Muestras para resistencia del concreto. Fuente: Fotografía propia.



Figura 46. Fundición de pavimento con bomba. Fuente: Fotografía propia.

3. El nivel de la losa se debe tomar con nivel de precisión para garantizar uniformidad.



Figura 47. Nivelación fundición de pavimento. Fuente: Fotografía propia.

4. Se realiza vibrado con regla vibratoria que ayuda a darle un acabado parcial y enrasar uniformemente la zona.
5. Para el tipo de acabado que se le dio al pavimento fue necesario aplicar un endurecedor, en este caso se usó sika-floor el cual se aplica cuando el concreto empieza a perder humedad pero aún no ha iniciado su fraguado. Este aditivo ayuda a que el concreto endurezca más rápido y a su vez le da el aspecto brillante que adquiere el pavimento luego de pasarle la maquina allanadora o helicóptero.



Figura 48. Aplicación del endurecedor Sika-Floor. Fuente: Fotografía propia.

6. El acabado con helicóptero debe iniciar cuando el endurecedor haya actuado sobre el concreto y la superficie este endurecida de tal manera que soporte tanto el peso del operador como el de la maquina allanadora. El proceso de acabado tarda aproximadamente una hora por cada 100 m² de pavimento.

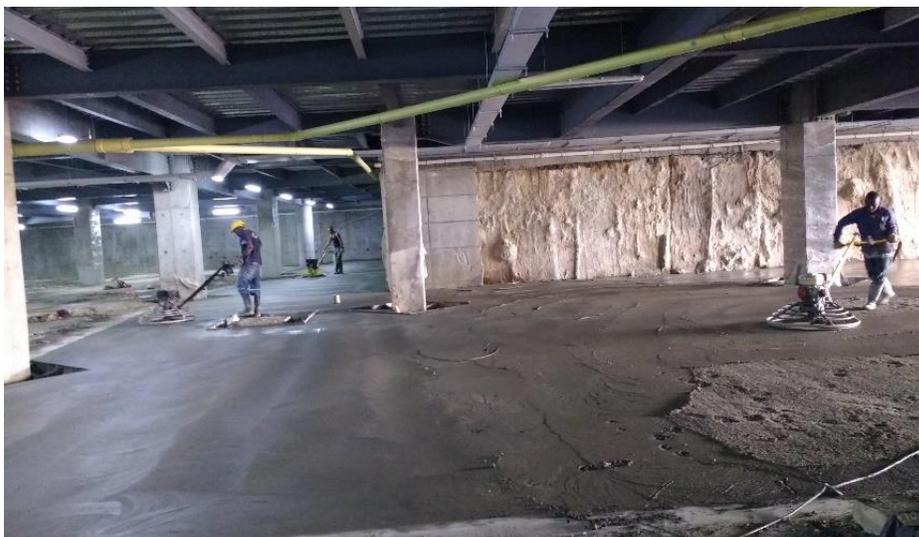


Figura 49. Acabado con helicóptero. Fuente: Fotografía propia.

7. Una vez el acabado esté listo se procede a realizar el curado de la losa de concreto rígido, en el caso del presente proyecto se realizó curado con agua ya que no había exposición directa al sol ni presencia de vientos que pudieran afectar la losa.



Figura 50. Curado de la losa de pavimento. Fuente: Fotografía propia.

8. Los cortes de dilatación de la losa se deben hacer máximo 24 horas después de la fundición, y este se realizó por módulos de manera que cumplieran una relación largo/ancho menor o igual a 1,3 ($\frac{L}{H} \leq 1,3$); además la profundidad del corte de máximo 5 centímetros.



Figura 51. Corte juntas de dilatación. Fuente: Fotografía propia.



Figura 52. Chequeo profundidad de corte. Fuente: Fotografía propia.

9. Las juntas de dilatación que se generaron con los cortes deben ser selladas en este caso se usó un polímero de Toxement llamado vulkem-45, este producto tiene la ventaja que se puede aplicar sin tener que esperar necesariamente a que la resistencia a los 28 días se desarrolle completamente, lo que es ventajoso para cumplir con plazos exigidos en obra.



Figura 53. Sellante Vulkem 45. Fuente: Fotografía propia.



Figura 54. Aplicación del sellante de poliuretano. Fuente: Fotografía propia.

3.3. CONTROL DE OBRA DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO

3.3.1. LONGITUD DE TRASLAPOS

Es de suma importancia durante el proceso constructivo, la longitud de los traslapes se debe controlar diariamente en el armado del refuerzo de las estructuras por diferentes razones, el acero debe trabajar longitudinalmente, continua y uniformemente y esto solo se garantiza si se cumple la longitud de traslapo; esta longitud va ligada a la llamada longitud de desarrollo Tabla 4.

La longitud de desarrollo es la longitud necesaria de empotramiento para desarrollar toda la resistencia a flexión de la barra controlada por adherencia. La norma sismo resistente colombiana proporciona los elementos necesarios para calcularla.

C.12.2.2 — Para barras corrugadas o alambres corrugados, ℓ_d debe ser:

Espaciamiento y recubrimiento	Barras No. 6 (3/4") ó 20M (20 mm) o menores y alambres corrugados	Barras No. 7 (7/8") ó 22M (22 mm) y mayores
Espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo empalmados o desarrolladas no menor que d_b , recubrimiento libre no menor que d_b , y estribos a lo largo de ℓ_d no menos que el mínimo del Título C del Reglamento NSR-10 o espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo desarrolladas o empalmadas no menor a $2d_b$ y recubrimiento libre no menor a d_b	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2.1\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.7\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Otros casos	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.4\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e \lambda}{1.1\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$

Tabla 4. Longitud de desarrollo. Fuente: NSR-10.

En la Norma Sismo Resistente Colombiana del 2010 (NSR-10) se recomienda que el traslapo del refuerzo, cuando este se necesite, debe estar ubicado lejos de la zona de máximo esfuerzo de tracción del elemento. En el mismo reglamento, se plasma que la longitud mínima de empalme por traslapo en tracción debe ser la requerida por empalmes en traslapos clase A o B, pero no menor que **300 mm**, donde:

Empalme por traslapo clase A = 1*Ld

Empalme por traslapo clase B = 1,3*Ld

Ld: longitud de desarrollo.

Así mismo cuando se empalman barras de diferente diámetro en elementos sometidos a tracción, la longitud de traslapo debe ser la mayor longitud de desarrollo entre las barras de diámetro menor y la de diámetro mayor, presentes en el empalme.

TABLA CR12.15.2 — EMPALMES POR TRASLAPO EN TRACCIÓN

$\frac{A_s \text{ proporcionado}}{A_s \text{ requerido}}$	Porcentaje máximo de A_s empalmado en la longitud requerida para dicho empalme	
	50	100
Igual o mayor que 2	Clase A	Clase B
Menor que 2	Clase B	Clase B

* Relación entre el área de refuerzo proporcionado y la requerida por cálculo en la zona de empalme

Tabla 5. Empalmes por traslapo en tracción. Fuente: NSR-10 - Título C

La pasante realizó este control en conjunto con la interventoría a todos los elementos de concreto reforzado chequeando que se cumpliera con la distancia mínima de traslapo, en caso de presentarse traslapos que no cumplieran con la longitud mínima requerida el diseñador estructural Ing. Wilmar Portilla autorizó realizar cordones de soldadura en la longitud traslapada a la que había quedado el acero. En este caso la pasante verificó que esta soldadura se elaborara adecuadamente cumpliendo continuidad, uniformidad y limpieza de la soldadura. El cordón de soldadura varía su longitud de acuerdo al calibre de la barra de acero,

para una barra # 6 se manejó longitudes de soldadura de 12 cm, mientras que para una # 7 la longitud fue de 14 cm.



Figura 55. Soldadura de barras que no cumplen con el traslapeo mínimo requerido.
Fuente: Fotografía propia.



Figura 56. Cordón de soldadura en acero de refuerzo de vigas de cimentación que no cumplió con el traslapeo mínimo requerido. Fuente: Fotografía propia.

En el proyecto se realizó el doblamiento del acero in-situ para lo cual la pasante hizo los controles correspondiente de acuerdo a la Tabla 7, donde se relaciona el

diámetro de la barra, el ángulo al que va a quedar el gancho, la longitud de desarrollo y la longitud de traslape, esto con el fin de coordinar que el refuerzo quedara bien doblado y armado.

Detalle de doblamiento y traslapes de Barras - $f'c=28\text{MPa}$

Barra No.	db (mm)	D (mm)	Gancho 180°			Gancho 90°		Long. de desarrollo Ld (mm)	Long. de traslape Lt (mm)
			L (mm)	C (mm)	M (mm)	L (mm)	C (mm)		
No. 2	6.4	38.4	96	51	51	112	102	244	318
No. 3	9.5	57.0	142	76	76	166	152	362	471
No. 4	12.7	76.2	190	102	102	222	203	483	628
No. 5	15.9	95.4	238	127	127	278	254	605	787
No. 6	19.1	114.6	286	153	153	334	306	727	945
No. 7	22.2	133.2	333	178	178	388	355	1052	1368
No. 8	25.4	152.4	381	203	203	444	406	1203	1564

Tabla 6. Detalle de doblamiento y traslape de barras. Fuente: Departamento de diseño Metálicas e Ingeniería S.A.

3.3.2. RECUBRIMIENTOS

Se entenderá por recubrimiento a la distancia libre comprendida entre el punto más saliente de cualquier armadura, principal o no y la superficie externa de hormigón más próxima, excluyendo repellos y todo otro material de terminación. El concreto de recubrimiento debe ser compacto y de espesor suficiente para proteger al acero de refuerzo contra la corrosión en forma duradera.

El recubrimiento es uno de los temas importantes en el cual se deben tener cuidados durante el proceso constructivo; debido a que no es posible cumplir a cabalidad y precisión todas las especificaciones técnicas plasmadas en los planos al milímetro. Y este concepto va completamente ligado al de la distancia “d”, utilizada para el análisis y diseño de la resistencia de los elementos estructurales. Por esta razón, la norma Colombiana NSR-10 da las herramientas y recomendaciones necesarias para controlar esta inseguridad e incertidumbre en la construcción, y garantizar el buen funcionamiento de los elementos estructurales.

Por una parte se especifican los recubrimientos mínimos del acero de refuerzo dependiendo del tipo de exposición del concreto, teniendo en cuenta agentes nocivos

como el contacto con el suelo, la intemperie, el contacto permanente con el agua (dulce o salada), etc.

En el proyecto de la ampliación del C.C. Campanario se garantizó, para las pantallas, barretes pre-excavados y los pilotes, un recubrimiento de 7,5 cm debido a que estos elementos estarán en contacto directo con el suelo, es decir, no se utiliza ningún tipo de concreto como solado de limpieza. Para las vigas de amarre o de cimentación se utilizó un recubrimiento de 4 cm. Estos elementos en cambio, si se apoyan sobre solados de limpieza con un concreto pobre de 18 MPa.

En el caso del muro de contención se utilizó un recubrimiento de 7,5 cm para la cara que se pone en contacto directo con el suelo de relleno para la vía del acceso principal al C.C. y un recubrimiento de 3 cm para el lado opuesto.

Para las columnas se utilizó un recubrimiento de 4 cm para lo cual se debe chequear y alinear muy bien las piezas de formaleta para que esto se cumpla.

C.7.5.2.1 — La tolerancia para d y para el recubrimiento de concreto en elementos sometidos a flexión, muros y elementos sometidos a compresión debe ser la siguiente:

	Tolerancia en d	Tolerancia en el recubrimiento especificado del concreto
$d \leq 200$ mm	± 10 mm	-10 mm
$d > 200$ mm	± 13 mm	-13 mm

Tabla 5. Tolerancia para "d" y recubrimiento. Fuente: NSR-10

En obra se usaron diferentes métodos para garantizar los recubrimiento mínimos de los elementos estructurales, lo cual depende del tipo de estructura a construir tal como se puede observar en la Figura 58 la cual indica los cuartones de madera que se usaron para separar la formaleta del acero en una viga de, mientras que en la pantalla que se muestra en la Figura 59 se usaron tensores metálicos. En otros elementos como las losas de entepiso debido a que el elemento se queda fundido en el concreto se usaron pequeños bloques de concreto de $f'_c=3000$ psi como se puede observar en la Figura 60, estos bloques se elaboraron con mínimo 14 días de anterioridad, debido a que durante la fundición son sometidos a cargas a

compresión deben ser utilizados cuando ya hayan alcanzado por lo menos el mínimo nivel de resistencia.



Figura 57. Recubrimientos de viga de cimentación. Fuente: Fotografía propia.



Figura 58. Recubrimientos de pantalla para rampa eléctrica. Fuente: Fotografía propia.



Figura 59. Fundición de losa de entrepiso con separadores en bloques de concreto. Fuente: Fotografía propia.

Por cuestiones de trabajo en obra se presentó desplazamiento de formaleta en algunos elementos estructurales lo cual generó que quedara acero expuesto como se muestra en la figura 61. Este problema se solucionó mediante una reparación con un mortero de reparación especial para elementos estructurales (Sika-top).



Figura 60. Elemento estructural que no cumple con el recubrimiento mínimo y con acero expuesto. Fuente: Fotografía propia.

3.3.3. LIMPIEZA

Resulta natural el hecho de que en las construcciones haya escombros y basura resultado de los mismos procesos y actividades que se desarrollan. Por esta razón es importante controlar los movimientos tanto de tierras como de dichos escombros y basura, por diferentes razones: una de las cuales es la seguridad de los trabajadores dado que se pueden presentar accidentes en cuanto no haya espacio para la buena movilidad de la maquinaria. Para garantizar la limpieza de las barras de acero de refuerzo, dado que estas no deben tener liquido derramado como aceites o agentes químicos que comprometan la adherencia con el concreto, por lo tanto el conjunto concreto-acero no trabajaría de manera óptima. También para garantizar la adecuada colocación del concreto al momento de la fundición; esto quiere decir que, en la zona del vaciado no haya riesgo de que caigan elementos extraños como escombros o basura.

En obra se implementó el orden y aseo de cada zona una vez terminada la actividad, se exigió a los contratistas y obreros dejar el lugar organizado para evitar accidentes y a su vez destacar la organización de la obra.

3.3.4. ASENTAMIENTO

Determinado mediante la prueba del **cono o Slump**, de la **NTC 396**.

El proceso plasmado en la norma, mide la fluidez con la que el concreto va a ser colocado al momento del vaciado.

Para la estructura de contención (pantallas y barretes pre-excavados) se trabajó con un asentamiento de 8 ± 1 pulgadas, para la cimentación se trabajó con un asentamiento más bajo de 6 ± 1 y para columnas se trabajó con un concreto fluido del mismo estado del concreto tremie 8 ± 1 , esto para garantizar que no queden hormigueros debido a que estos elementos son muy profundos y el vibrado se hace complejo. Para el concreto utilizado en la capa de rodadura del pavimento de parqueadero se trabajó con la manejabilidad más baja de 4 ± 1 , esto por motivo de que este concreto debe fraguar rápidamente por lo tanto no puede ser tan fluido.

Esta prueba se realizó en sitio por parte del personal de obra quien fue capacitado en la realización de la prueba mediante el cono Slump y la realización de cilindros para pruebas de resistencias. La prueba se realizó siendo supervisada por la ingeniera auxiliar a cada mixer que llegaba a obra antes de iniciar la fundición. Cuando el asentamiento no era el que se requería se procedía a realizar ajustes por medio de aditivos tales como el sika-fluid que es un fluidificante o como retardante se utilizó Paratard 525 los cuales podían ser adicionados solamente hasta una hora después de

ser despachado de la planta y eran suministrados por la planta de concreto CONCREINSA.

3.3.5. CURADO DEL CONCRETO

Para garantizar que el concreto alcance la adecuada resistencia, se debe tener en cuenta que éste debe tener el curado necesario. Esto consiste en mantener la humedad pertinente en la masa de concreto ya fundido y el cual ha alcanzado su fraguado inicial, y el manteniendo también, de una temperatura adecuada.

La NSR-10 habla de que se debe curar el concreto a temperaturas mayores a 10° C. De igual manera menciona que el curado se debe hacer durante al menos, los primeros siete días a partir de la colocación del concreto. Este proceso se realiza para garantizar que las reacciones químicas del cemento al mezclarse con el agua, se lleven a cabo de manera satisfactoria, esto es: la denominada hidratación del concreto, la cual influye en la resistencia, la durabilidad y la densidad del mismo.

Por consiguiente, los objetivos del curado del concreto son:

- Prevenir la pérdida de humedad del concreto. Para que se generen las reacciones químicas adecuadas.
- Mantener una temperatura favorable en la masa de concreto durante un periodo de tiempo definido.

Existen varios métodos para el curado del concreto; entre los cuales se encuentran:

Los métodos para mantener la presencia del agua de mezclado en el concreto, tales como inmersión de la masa de concreto en el agua, al rociado y a las cubiertas húmedas como arena o costales empapados con agua.

Los métodos que evitan la pérdida de agua sellando la superficie, lo cual se puede lograr cubriendo al concreto con hojas de papel impermeable o plástico, o aplicando a la cara productos químicos que formen membranas sellando la superficie.

Los métodos que aceleran la ganancia de resistencia, lo cual se puede lograr colocando calor y humedad al concreto; esto se puede hacer con vapor de agua a presión.

En el proyecto el curado de los elementos como vigas de cimentación, muro de contención y columnas se realizó con productos químicos de *Sika* como el Antisol que protege el concreto de grietas producidas por el sol y el ambiente el cual se debía aplicar inmediatamente después de desencofrado el concreto. Para la losa de entepiso se roció agua y se cubrió toda la superficie con costales para que la humedad no se perdiera. Ambos procesos durante un tiempo de siete días. La losa de pavimento solo fue curada por medio de agua rociada por dos a tres días debido a que se encuentra en un ambiente húmedo y protegido de viento y sol.

A los elementos como pilotes, pantallas y barretes pre-excavados no se les realizó curado, dado que estos al estar encofrados en el suelo casi no tienen pérdida de humedad.

La escogencia de uno u otro método de curado dependieron de la disponibilidad de materiales, necesidad de las estructuras y recomendaciones del profesional que diseña.

3.3.6. COLOCACIÓN DEL CONCRETO

La **NSR-10 (Título C. Capítulo C.5.10)** habla de que la colocación del concreto debe hacerse lo más cerca posible a la ubicación final, para evitar su segregación debido al movimiento excesivo, o a una altura de caída muy grande o su manipulación.

La colocación del concreto debe realizarse a una velocidad tal que el concreto conserve el estado plástico, esto es su fluidez para que pueda desplazarse fácilmente entre la armadura de refuerzo.

En el proyecto se contó con varios equipos para realizar la colocación del concreto tales como:

1. Bomba de concreto estacionaria
2. Grúa y bache metálico
3. Canales en perlinería
4. Buggy
5. Descarga directa

3.3.7. RESISTENCIA DEL CONCRETO

El concreto es un material heterogéneo porque sus componentes tienen características que no son constantes, pero no solo son los materiales los causantes de las variaciones en la calidad del hormigón, también influye la forma de mezclarlo, su transporte y colocación en formaletas, la compactación a que se someta y el curado que se le proporcione.

En el presente proyecto se trabajó con concreto premezclado el cual fue transportado en camiones mezcladores hasta la obra. El proveedor del concreto brinda las garantías necesarias para utilizar con tranquilidad el concreto, pero en obra se toman muestras de concreto en forma de cilindro para evaluar la resistencia en el momento del vaciado. Estas muestras se toman por cada 40 m³ de fundición

y se toman tres testigos para tener una muestra representativa y son sometidos a inmersión hasta que el laboratorio recoge las muestras.

El laboratorio encargado de realizar la prueba de resistencia a los cilindros es CITEC LTDA., el cual realiza pruebas a los 7, 28 y 56 días resultados que se envían tanto al director de obra de MEISA como a la interventoría en un formato como el que se muestra a continuación donde se consigna la referencia de la muestra, la fecha de la toma de muestra como la de rotura de la muestra, la edad a la que se mide la resistencia, el perímetro del cilindro, la carga resistida en libras, kilonewtons, Megapascales y psi y el detalle del elemento para el cual fue utilizado el concreto.



Diagonal 26 N° 26-58 Telfax: (092)8200219
Email: vias95@hotmail.com
Popayán - Cauca

REGISTRO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO										Código:	CT-RCC-0201
NORMAS REFERENCIA: INV. E-401, E-402, E-403, E-404, E-410, E-412										Versión:	1
FECHA INFORME: 23-feb-16 O B R A : AMPLIACIÓN CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO SECTOR: ZONA URBANA MUNICIPIO DE POPAYÁN INTERVENTOR: AVENIDA CAPITAL CONSTRUCTOR: METALICAS E INGENIERÍA S.A - MEISA S O L I C I T O : METALICAS E INGENIERÍA S.A - MEISA FECHA ENTRADA: 19-feb-16										Páginas:	1 de 1
										Fecha Formato:	12-ene-2010
RESISTENCIA DE DISEÑO: 3000 PSI										ODS: 030C	
ESTRUCTURA:											
Ref.	fecha	fecha	Edad	Perímetro	Carga	Resistencia				DETALLE OBRA	
N°	toma	rotura	días	cm	Lb	KN	kg/cm ²	MPa	PSI		
A	331	15-feb	22-feb	7	47.9	103302	405.9	227	22.2	3219	MURO ASCENSOR PISO 1 19-E'
A	331	15-feb	22-feb	7	47.7	100426	394.6	222	21.8	3156	
B	331	15-feb	14-mar	28							
B	331	15-feb	14-mar	28							
C	331	15-feb	11-abr	56							
C	331	15-feb	11-abr	56							
A	332	16-feb	23-feb	7	48.1	85385	335.5	186	18.2	2639	LOSA PISO 1 BF-BC-BD
A	332	16-feb	23-feb	7	48.0	87243	342.8	191	18.7	2707	
B	332	16-feb	15-mar	28							
B	332	16-feb	15-mar	28							
C	332	16-feb	12-abr	56							
C	332	16-feb	12-abr	56							
A	333	16-feb	23-feb	7	48.0	96354	378.6	211	20.6	2990	COLUMNA PISO 2 20-C
A	333	16-feb	23-feb	7	47.7	95947	377.0	212	20.8	3015	
B	333	16-feb	15-mar	28							
B	333	16-feb	15-mar	28							
C	333	16-feb	12-abr	56							
C	333	16-feb	12-abr	56							

OBSERVACIONES: MUESTRAS TRADAS AL LABORATORIO POR EL INTERESADO.
MUESTRAS A 56 DIAS ALMACENADAS COMO TESTIGOS

Proveedor: CONCREINSA
CERTIFICADO DE CALIBRACION N°: F-1624 EXPEDIDO POR: FINZIAR Ltda
FECHA DE EXPEDICIÓN: 14-ago-14 VIGENCIA: 14-ago-15

LOS RESULTADOS CONTENIDOS EN ESTE DOCUMENTO APLICAN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA INGRESADA Y PROCESADA EN LABORATORIO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN DEL INGENIERO DE CALIDAD DE CITEC Ltda.

Elaboró: *J. Andrade* Revisó: *H. Daza* Aprobó: *H. Daza*
Geot. Jinneth Andrade Ordoñez Ing. Hugo Daza Delgado

Hubo varios casos en los cuales los resultados de laboratorio evidenciaron que no se cumplió con la resistencia que debía tener el concreto. En estos casos hubo necesidad de realizar pruebas adicionales con esclerómetro y en algunos casos interventoría pidió extraer núcleos del elemento ya construido. En todos los casos el resultado de la resistencia fue favorable cumpliendo con la exigencia solicitada para dicho elemento.



Figura 61. Prueba de resistencia del concreto con el esclerómetro. Fuente: Fotografía propia.



Figura 62. Extracción de núcleo en barrete. Fuente: Fotografía propia.



Figura 63. Núcleo de 10 cm para prueba de resistencia del concreto en una viga de cimentación. Fuente: Fotografía propia.

3.3.8. CONTROL DE CALIDAD AL MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA

El control de calidad en esta etapa es sumamente importante, ya que es el esqueleto estructural de la edificación. Para esta actividad el pasante realizó los siguientes controles:

- Verificar los plomos, alineamientos y niveles.
- Verificar el ajuste de pernos: para este punto se emplea un mecanismo que consta de ajustar manualmente el conjunto perno/tuerca hasta donde la capacidad del montador le sea posible, y con la llave mecánica correspondiente a cada tuerca, ajustar hasta 1/3 de vuelta de la tuerca.
Para verificar que este proceso se cumpla el montador que realice esta actividad debe marcar el conjunto perno/tuerca antes y después de darle el ajuste de 1/3 de vuelta; con ello genera tranquilidad e interventoría y el ingeniero encargado del control puede chequear visualmente que se está haciendo el proceso.
- Inspeccionar que no haya luz en conexiones a cortante: Se verificó que cada unión de end plates estuviese acoplada y que su separación no excediera los 6 mm, en los casos en los que se encontró luces mayores a 6 mm se instaló una platina de espesor igual al distanciamiento existente con el ánimo de garantizar que el perno quedara embebido en su totalidad.
- Cuando se realizó trabajos de soldadura en sitio se verificar visualmente el estado del cordón de soldadura el cual debe ser uniforme continuo y limpio y posteriormente realizar un ensayo de tintas para verificar que el trabajo esté correctamente realizado.
- Revisar que todos los conectores de cortante necesarios se hubieran instalado según indicaciones de planos, estos solamente van sobre las vigas que tengan conexión a cortante.
- Realizar una prueba de golpe a los studs previamente instalados: se les proporciona de dos a tres golpes fuertes con una maceta en dos direcciones diferentes, si el stud resiste a estos golpes y no sufre ningún tipo de movimiento se acepta el stud, de lo contrario se debe retirar e instalar otro nuevamente.

3.4. CANTIDADES DE OBRA PARA FINES DE PAGO DE ACTAS.

Cada ingeniero dependiendo de las actividades asignadas se encargó de realizar el cálculo de las cantidades de obra, información que se suministró al ingeniero director de obra para oficializar el pago de actas.

En el caso puntual del trabajo que se realizó como auxiliar de ingeniería se calcularon cantidades de obra para fines de control interno y pago de actas de los contratistas encargados del montaje de estructura metálica (FABRICACIÓN Y MONTAJES TORRES S.A.S.) así como también para los encargados de la construcción de columnas (CONSTRUCCIONES BATALLA S.A.S.).

Para el cálculo de cantidades de obra de estructura metálica se contó con el apoyo de bases de datos de propiedad de la empresa Metálicas e Ingeniería S.A. de donde se obtuvo información de calidad, peso, dimensiones y precio de los materiales, tal como se puede observar en la Tabla 9.

		BASE DE DATOS					
DESCRIPCION	CALIDAD	KG/ML	ÁREA	lado	b	r1	PRECIO
		KG/M2					KILO / UND
Ang 3/4"x1/8"	A-36	0.880	76.20	19.050	3.1750	3.200	\$ 2,000.00
Ang 1"x1/8"	A-36	1.190	101.60	25.400	3.1750	3.200	\$ 2,000.00
Ang 1"x3/16"	A-36	1.730	101.60	25.400	4.7625	3.200	\$ 2,000.00
Ang 1"x1/4"	A-36	2.220	101.60	25.400	4.7625	3.200	\$ 2,000.00
Ang 1-1/4"x1/8"	A-36	1.500	127.00	31.750	3.1750	4.700	\$ 2,000.00
Ang 1-1/4"x3/16"	A-36	2.200	127.00	31.750	3.1750	4.700	\$ 2,000.00
Ang 1-1/4"x1/4"	A-36	2.860	127.00	31.750	3.1750	4.700	\$ 2,000.00
Ang 1-1/2"x1/8"	A-50	1.830	152.40	38.100	3.1750	4.700	\$ 2,000.00
Ang 1-1/2"x3/16"	A-50	2.680	152.40	38.100	4.7625	4.700	\$ 2,000.00
Ang 1-1/2"x1/4"	A-50	3.480	152.40	38.100	6.3500	4.700	\$ 2,000.00
Ang 2"x1/8"	A-50	2.460	203.20	50.800	3.1750	6.300	\$ 2,150.00
Ang 2"x3/16"	A-50	3.630	203.20	50.800	4.7625	6.300	\$ 2,150.00
Ang 2"x1/4"	A-50	4.750	203.20	50.800	6.3500	6.300	\$ 2,150.00
Ang 2"x5/16"	A-50	5.830	203.20	50.800	6.3500	6.300	\$ 2,150.00
Ang 2-1/2"x3/16"	A-50	4.610	254.00	63.500	4.7625	6.300	\$ 2,150.00
Ang 2-1/2"x1/4"	A-50	6.100	254.00	63.500	6.3500	6.300	\$ 2,150.00
Ang 2-1/2"x5/16"	A-50	7.440	254.00	63.500	7.9375	6.300	\$ 2,150.00
Ang 2-1/2"x3/8"	A-50	8.780	254.00	63.500	9.5250	6.300	\$ 2,150.00
Ang 3"x3/16"	A-50	5.520	304.80	76.200	4.7625	7.900	\$ 2,150.00
Ang 3"x1/4"	A-50	7.290	304.80	76.200	6.3500	7.900	\$ 2,150.00

Tabla 6. Base de datos de materiales de estructura metálica. Fuente: Metálicas e Ingeniería S.A.

El pasante para realizar el trabajo de control manejó un formato interno en el cual se estipulan las cantidades de estructura metálica y en donde se relaciona la referencia del elemento, la cantidad que llega a obra y los pesos en kilogramos de los elementos a montar como se muestra en la Tabla 10. Estas cantidades son calculadas en kilogramos ya que el pago se realiza por kilogramo montado.

MEISA		CLIENTE	0											
		OBRA :	ESTRUCTURA METALICA - AMPLIACION CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO											
		FECHA:	09-feb-16	REV-0	POR:	YULIURBANO	CODIGO:	00						
ESTRUCTURA METALICA C CANTIDAD POR PROYECTO 1														
VIGA DE CUBIERTA VC-1				CANTIDAD	6		PLANO:	PLF-CU-V-01		CODIGO OBRA :	00			
ELEMENTO	DESCRIPCION	CALIDAD	Kg/m	DIMENSION			CANTIDADES UNITARIAS			CANTIDAD TOTAL CONJUNTOS				
				ANCHO (mm)	LONG. (mm)	AREA (m2)	CANT (und)	PESO (kg)	PINTURA (m2)	CANT (und)	PESO (kg)	PINTURA (m2)		
POS-1	HN350x175x7x11	A 572 GR 50	50.00	6225			1.0	311.25	8.63	6	1867.50	51.77		
POS-2	HN350x175x7x11	A 572 GR 50	50.00	3675			1.0	163.75	5.09	6	1102.50	30.56		
POS-3	HN350x175x7x11	A 572 GR 50	50.00	7000			1.0	350.00	3.70	6	2100.00	58.21		
POS-4	HN200x100x5,5x8	A 572 GR 50	21.70	2010			2.0	87.23	3.17	12	523.40	19.03		
POS-5	HN200x100x5,5x8	A 572 GR 50	21.70	795			2.0	34.50	1.25	12	207.02	7.53		
POS-6	PHR C 160x60x2,0mm	GRADO 50	4.77	295			6.0	8.44	1.11	36	50.66	6.67		
POS-EPT	Lum 25mm A572 GR 50	A572 GR 50	196.35	230	530	0.12	2.0	47.87	0.49	12	287.22	2.93		
POS-8	Lum 3mm A572 GR 50	A572 GR 50	70.69	100	210	0.02	6.0	8.31	0.25	36	53.44	1.51		
POS-RG9	Lum 12mm A572 GR 50	A572 GR 50	94.25	82	324	0.03	8.0	20.03	0.43	48	120.19	2.55		
POS-RG10	Lum 3mm A572 GR 50	A572 GR 50	70.69	45	180	0.01	8.0	4.58	0.13	48	27.48	0.78		
CANTIDAD DE POSICIONES:										216				
TOTAL										1056.57 KGS	30.26 M2	TOTAL	6339.42 KGS	181.53 M2
PESO + 3% POR SOLDADURA SEGÚN LA NORMA 8.9.4 DEL NTC 5832										6529.60 KGS				

Tabla 7. Formato de control de cantidades de estructura metálica. Fuente: Metálicas e Ingeniería S.A.

Para efectos de pago el formato oficial que se maneja es el que se muestra en la Tabla 11.

		OBJETO: MANO DE OBRA IZAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA, PROYECTO AMPLIACIÓN CAMPANARIO, POPAYÁN				ACTA 12				
VALOR CONTRATO INICIAL:						0				
VALOR CONTRATO ADICIONAL:										
AMPLIACIÓN C.C. CAMPANARIO		CONTRATISTA:		FABRICACIÓN Y MONTAJES TORRES		FECHA:		5 de Mayo de 2016		
CONTRATANTE:		METÁLICAS E INGENIERÍA S.A.								
CONDICIONES ORIGINALES						MODIF. Y/O SALDOS		OBRA EJECUTADA		
						ACTA 6		ACUMULADO		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LA OBRA	UND.	CANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL	CANT.	CANT.	VALOR	CANT.	VALOR
01	Izaje de estructura metálica	Kg						99,587		881,513
02	Instalación lámina colaborante, stud y borde de losa	m2						1,005		13,073
COSTO TOTAL								\$ -		\$ -
VALOR A PAGAR								\$ -		
FABRICACIÓN Y MONTAJES TORRES										
								METÁLICAS E INGENIERÍA S.A. ING. OMAR H. MÉNDEZ A. DIRECTOR DE OBRA		

Tabla 8. Formato de pago de acta de estructura metálica. Fuente: Metálicas e Ingeniería S.A.

Para el control de cantidades de obra en la construcción de columnas se realizó un formato en obra en el que se registró los aspectos más relevantes de esta actividad como son las dimensiones de columnas, las fechas del amarre del refuerzo de la

columna, del encofrado y de la fundición, así como también el contratista responsable de cada actividad. Ver Tabla 12.

CONTROL COLUMNAS																				
SÓTANO										PISO 1										
COLUMNA	ANCHO	LARGO / DIAMETRO	AMARRE DE ACERO	RESPONSABLE	FECHA DE AMARRE	OBSERVACION	FUNDICIÓN CONCRETO	RESPONSABLE	VOLUMEN	FECHA FUNDICIÓN	ALTURA	AMARRE DE ACERO	RESPONSABLE	FECHA DE AMARRE	OBSERVACION	FUNDICIÓN CONCRETO	RESPONSABLE	VOLUMEN	FECHA FUNDICIÓN	
1	CIRCULAR	0.8									5.8									
2	CIRCULAR	0.8									5.8									
3	CIRCULAR	0.8									5.8									
4	CIRCULAR	0.8									5.8									
5	0.6	0.9									5.8									
6	0.6	0.9									5.8									
7	CIRCULAR	0.8									5.8									
8	0.6	0.9									5.8									
9	0.6	0.9									5.8									
10	0.6	0.9									5.8									
11	0.6	0.9									5.8									
12	0.6	0.9									5.8	OK	FEC			OK	FEC		3.132	#####
13	0.6	0.9									5.8	OK	FEC			OK	FEC		3.132	#####
14	0.6	0.9	OK	BATALLA	#####		OK	BATALLA	2.052	22/04/2016	5.8	OK	FEC			OK	FEC		3.132	#####
15	0.6	0.9	OK	BATALLA	#####		OK	BATALLA	2.052	28/06/2016	5.8	OK	BATALLA	#####		OK	BATALLA		3.132	#####
16	CIRCULAR	0.8									5.8									
17	0.6	0.9									5.8									3.132
18	0.6	0.9									5.8									3.132
19	0.6	0.9									5.8									3.132
20	0.6	0.9									5.8									3.132
21	0.6	0.9									5.8									3.132
22	0.9	0.9									5.8									3.132
23	0.6	0.9									5.8	OK	FEC			OK	FEC		3.132	#####
24	0.6	0.9									5.8	OK	FEC			OK	FEC		3.132	#####
25	0.6	0.9	OK	FEC			OK	FEC	2.052	23/02/2016	5.8	OK	FEC			OK	FEC		3.132	#####
26	0.6	0.9	OK	BATALLA	#####		OK	BATALLA	2.052	22/04/2016	5.8	OK	BATALLA	#####		OK	BATALLA		3.132	#####

Tabla 9. Formato de control de cantidades de construcción de columnas de concreto reforzado. Fuente: Propia.

Esta información posteriormente se unifica para formalizar el acta de cobro al contratante ARINSA de todas las actividades realizadas en un formato como lo indica la Tabla 13.

ACTA PARCIAL DE OBRA N°10															
		TIPO DE CONTRATO :	OBRA	VALOR CONTRATO :	\$ 22,852,416,391	CONTRATO N° :									
		OBJETO :	Construcción de las estructuras y coberturas para la Ampliación del Centro Comercial Campanario de la Ciudad de Popayán.												
		CONTRATISTA :	METÁLICAS E INGENIERÍA S.A	PERIODO A PAGAR :	15 DE JUNIO AL 31 DE JULIO DE 2016										
		CONTRATANTE :	ARINSA ARQUITECTOS E INGENIEROS S.A												
<p>En Popayán, Cauca al catorce (14) día del mes de julio de dos mil dieciséis (2016) se reunieron HUGO EDUARDO MUÑOZ MUÑOZ director del Proyecto de AMPLIACIÓN Y DEL CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO y el Ingeniero OMAR MENDEZ Director de obra y representante del contratista para dejar constancia por medio de la presente acta del recibo parcial de las siguientes cantidades según las condiciones que se detallan a continuación:</p>															
ÍTEM	DESCRIPCIÓN (Corresponde a los ítems o productos contratados)	UNIDAD	CONTRATO (cantidades actualizadas según acta de mayores y menores)			CANTIDADES			VALORES			SALDOS			
			CANTIDAD CONTRATO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	ACUMULADO ANTERIOR	PRESENTE MES	ACUMULADO TOTAL	ACUMULADO ANTERIOR	PRESENTE MES	ACUMULADO TOTAL	CANTIDAD	VALOR		
1	CIMENTACIÓN				6,185,838,332					6,055,289,174	261,333,185	6,316,622,360		-	130,785,428
1.20	Encorcación manual vigas de cimentación, dadas y zarpa para muro de contención.	M3	863	37,000	31,934,700	1,214.41	57.34	1,272.36	44,933,287	2,143,842	47,077,230	-	409	-	15,142,530
1.21	Concreto normal para pavimento (sustrato) 20' +/- 1" a 28 días, grado de 1" MR 38 kg/cm2	M3	1,412	626,713	884,856,085	1,043.86	189.45	1,233.31	654,200,846	118,730,778	772,931,623	179		111,924,362	
1.22	Acero de refuerzo para pavimento	KG	38,123	3,626	138,234,361	15,887.28	7,789.27	23,686.56	57,607,231	28,280,160	85,887,451	14,437		52,346,310	
2	ESTRUCTURA METÁLICA EDIFICIO				8,094,155,267				#####	560,738,872	10,041,703,865		-	1,947,548,538	
2.01	Estructura sportcada en Almas Lijas, Vigas Armadas o en Perfilado H, L, En acero Astm A 572 Gr 50, Pisos base en lamina Acme A-36, Tornillos A-308, Lenguetas SSPC 390, Pintas Anticorrosivas 3 mil Para un área de losas fundidas aprox de 22,434 m2 y una cantidad de 61 kg/m2	KG	1,372,165	5,343	7,333,707,311	1,643,418.48	82,316.71	1,732,395.19	8,822,738,446	443,042,411	9,266,580,857	360,231		1,926,873,346	
2.02	Límites colaborant Steel deck Cal 22 x 2" para losas	KG	163,153	4,460	734,447,356	147,570.75	26,223.42	173,794.17	658,165,547	116,356,461	775,122,008	-	4,636	-	20,674,652
3	ESTRUCTURA CONCRETO EDIFICIO				3,536,360,866				2,860,326,319	470,575,824	3,331,506,144		-	267,454,122	
3.04	Concreto para losa en steel deck espesor 12 cms Fc 21 Mpa	M3	2,250	555,840	1,250,362,080	1,977.41	443.52	2,426.33	1,093,121,973	243,863,623	1,348,865,623	-	177	-	86,623,523
3.05	Malla Electroaleada para losa en steel deck.	KG	60,737	3,626	220,230,312	33,750.43	14,650.93	108,431	333,833,265	53,233,059	393,172,323	-	47,695	-	172,341,411
3.06	Colemasas ocasionadas en Concreto Fc 28 Mpa.	HD	888	712,415	632,624,520	852.41	158.50	1,010.31	607,272,814	112,915,820	720,188,634	-	123	-	87,564,114
3.07	Acero de refuerzo para ocasionado de Colemasas. Fy 420 Mpa. Suministro, Figurado, Amarrado y Colocación.	KG	106,558	3,164	337,143,512	189,438.41	12,622.37	202,120.78	593,572,980	33,937,173	639,510,152	-	35,563	-	302,360,640
4	ESTRUCTURA METÁLICA DE COBIERTA				1,187,047,771				819,555,434	1,101,156,487	1,920,691,981		-	733,644,212	

Tabla 10. Acta general de cobro. Fuente: Metálicas e Ingeniería S.A.

4. CONCLUSIONES

- El centro comercial Campanario se convirtió desde su inauguración inicial en un punto de encuentro ciudadano en la ciudad de Popayán abriendo las puertas a nuevas oportunidades de negocio, de comercio y entretenimiento; con la ampliación del centro comercial se quiere sostener el compromiso que se tiene con la comunidad de aportar nuevas oportunidades de crecimiento económico, social y cultural a la ciudad de Popayán.
- Si bien es cierto que interventoría es quien se encarga de realizar la supervisión y de avalar y aprobar los procesos constructivos y varias de las actividades generales de la obra, es muy importante que la parte de consultoría trabaje de la mano de este control, siguiendo con todas las especificaciones técnicas para llevar a cabo satisfactoriamente las actividades sin retrocesos. Se debe trabajar brindando la mayor tranquilidad y confianza a la interventoría.
- Aprender a manejar personal y coordinar actividades, es una de las tareas más importantes dentro del proyecto. Esto para garantizar un óptimo desarrollo y cumplimiento de los compromisos y plazos pactados, sin perjudicar el avance de la obra y optimizando los recursos de la misma.
- El ingeniero auxiliar debe tener el criterio, el conocimiento y el carácter suficiente para tomar decisiones bajo presión en obra, y para aprobar o rechazar un proceso constructivo que se considere que no se está desarrollando de manera correcta o que pueda tener como resultado un producto de mala calidad lo cual puede poner en riesgo tanto recursos económicos como humanos.
- En el desarrollo de la práctica se pudo ver malas prácticas en los procesos constructivos, por ejemplo en el amarre del acero, cumplimiento de los traslapos, la manejabilidad del concreto, montaje de estructura metálica, entre otros. Durante la experiencia los contratistas adquieren métodos constructivos que si bien puede que funcionen en algunos casos, no siempre es así y es ahí donde se debe controlar el cumplimiento de especificaciones estipuladas en los planos y que estén avaladas por los ingenieros estructurales.
- Uno de los campos que es de vital importancia dentro de cualquier proyecto de construcción civil pero que lamentablemente no se toma en cuenta como debería, es el de seguridad y salud en el trabajo. Este campo debe ser rigurosamente planificado por parte de las empresas que hacen parte del proyecto, teniendo en cuenta todas las normativas y coordinando las actividades

de la mano con la seguridad y cuidando primordialmente al material humano que desempeña el trabajo.

- La práctica como ingeniera civil auxiliar en una obra de tan grande envergadura como esta amplió grandemente el conocimiento adquirido teóricamente durante los cinco años de carrera académica, abriéndome la mente a otras opciones de aprendizaje y poniendo a prueba todo lo aprendido por medio de clases magistrales. Es por esto que la pasantía como opción de grado fue una decisión muy acertada para complementar mi formación profesional.
- Como resultado del trabajo realizado en la construcción de la ampliación del Centro Comercial Campanario se logró adquirir habilidades en puntos muy importantes para la experiencia que se requiere como ingeniero civil:
 - ✓ Manejar personal de obra, delegar funciones y verificar ejecución de estas.
 - ✓ Planear y ejecutar actividades según plazos acordados en los comités generales de obra.
 - ✓ Interpretar planos de diseño estructural y llevar a cabo la construcción de los elementos estructurales allí planteados.
 - ✓ Administrar y llevar control de materiales y materias primas con el fin de optimizar tiempo y recursos económicos.
 - ✓ Conocer el manejo de equipos utilizados en la ingeniería civil los cuales ayudan a realizar actividades con mayores rendimientos. (Piloteadora, almeja, excavadora, retroexcavadora, minicargador, Grúa, camión grúa, torre grúa, derrick, montacargas, bomba impulsadora de concreto, camión mezclador (Mixer), motoniveladora, Densímetro nuclear, entre otros.
 - ✓ Tomar decisiones relacionadas con los requerimientos de obra que en muchos casos no son acordes a los planteamientos de los planos por variaciones que se presentan desde la teoría a la práctica, esto sin afectar las exigencias de resistencia de la estructura ni los planos arquitectónicos.

- ✓ Atender y manejar las necesidades del diseño arquitectónico sin afectar las resistencias estructurales de la edificación.
- ✓ Ejecutar las actividades de la mano con la seguridad y salud en el trabajo, teniendo en cuenta que el personal use los elementos de protección personal, demarcando zonas de peligro, verificando que se realicen las actividades correctamente, etc. El recurso más importante de una empresa es el material humano.

5. BIBLIOGRAFÍA

- REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10, TÍTULO C – CONCRETO ESTRUCTURAL. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010.
- NORMAS DE ENSAYO DE MATERIALES PARA CARRETERAS. INVÍAS, 2013.
- Informe de resistencia del concreto. Ampliación CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO. CITEC LTDA. Ing. Hugo Daza.
- CONCRETO PARA PILOTAJE TREMIE. CEMEX. {En línea}. {14 septiembre de 2016} disponible en:
(<http://www.cemexcolombia.com/SolucionesConstructor/files/PilotajeTremie.pdf>).
- PORTILLA, Wilmar. Ingeniero estructural. Popayán, 2016. Diseño estructural Ampliación Centro Comercial Campanario. Metálicas en Ingeniería S.A.