

**APOYO TÉCNICO EN EL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE LA CASA DE LA  
CULTURA EN EL MUNICIPIO DE GUAITARILLA EN EL DEPARTAMENTO DE  
NARIÑO, CONTRATADO POR EL CONSORCIO S&S 2014.**

**RUTH NABEL OTERO ROJAS**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
SAN JUAN DE PASTO  
2017**

**APOYO TÉCNICO EN EL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE LA CASA DE LA  
CULTURA EN EL MUNICIPIO DE GUAITARILLA EN EL DEPARTAMENTO DE  
NARIÑO, CONTRATADO POR EL CONSORCIO S&S 2014.**

**RUTH NABEL OTERO ROJAS**

**Trabajo de grado, presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniera Civil**

**Director:  
Ing. LUIS FERNANDO ARTURO  
Residente de Obra  
Consortio S&S 2014**

**Codirector:  
Ing. FERNANDO JAVIER DELGADO ARTURO  
Ing. ESP. ESTRUCTURAS  
Docente Departamento de Ingeniería Civil**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
SAN JUAN DE PASTO  
2017**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado, son responsabilidad exclusiva del autor”

Artículo 1 del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

“La Universidad de Nariño no se hace responsable de las opiniones o resultados obtenidos en el presente trabajo y para su publicación priman las normas sobre el derecho de autor”.

Artículo 13, Acuerdo No. 005 de 2010, emanado del Honorable Consejo Académico.

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

San Juan de Pasto, marzo de 2017.

## **AGRADECIMIENTOS**

Por la oportunidad de llegar donde lo he hecho, doy gracias a Dios por guiarme y apoyarme en todo momento.

A mis padres, Nancy Rojas y Jaro Otero, quienes desde el inicio de mi preparación han sido mi soporte incondicional en todos y cada uno de los aspectos de mi vida. A mis hijas y a mi sobrino, Sara Helena, María Isabella y Samuel, por ser mi inspiración para seguir adelante con motivación y empeño.

A mis hermanas, Edna y María, por su apoyo constante.

A mi mejor amiga, compañera y colega Sofía Solarte por su incondicionalidad.

A mi compañero de vida, Eligio Pantoja, por su interés y apoyo para que pueda cumplir mis sueños.

A mi asesor de trabajo de grado, el Ingeniero Fernando Delgado, por estar presto a colaborarme, por ser mi maestro de profesión y ser mi orientador para la realización de este trabajo y su culminación con éxito.

Al ingeniero Sergio Bastidas, quien confió en mí para ser parte de su empresa y al ingeniero Luis Arturo, por ser mi instructor en obra, de quien aprendí mucho.

De igual manera, agradezco a la Universidad de Nariño y al Departamento de Ingeniería Civil por brindarme la oportunidad de estudiar y llegar a ser una profesional, a todos los profesionales que dedicaron su tiempo y conocimiento en beneficio de mi formación académica, personal y profesional.

Por último, agradezco a todas y cada una de las personas que han sido parte de este caminar y han estado en este gran proyecto de mi vida, no me alcanzarían las páginas para nombrarlas, por ello les dedico estos renglones y les envío miles de bendiciones y éxitos en sus vidas.

## **RESUMEN**

El presente informe describe de forma detallada las actividades realizadas durante la ejecución de la pasantía del proyecto titulado: “Apoyo Técnico en el Proyecto Construcción de la Casa de la Cultura en el Municipio de Guaitarilla en el Departamento de Nariño, Contratado por el Consorcio S&S 2014”.

Las actividades desarrolladas incluyen el seguimiento continuo en campo del proyecto de construcción del edificio de la Casa de la cultura; acompañamiento al ingeniero residente de obra en la realización de actas y pre-actas teniendo en cuenta la cuantificación previa de cantidades de obra, la supervisión permanente de los procesos constructivos para el normal avance de obra, así como el control de la calidad del concreto hidráulico de los elementos estructurales mediante la toma de cilindros y su análisis en ensayos de laboratorio, y verificación del personal en aspectos como su seguridad industrial.

## **ABSTRACT**

This report describes in detail the activities carried out during the execution of the internship project entitled "Technical Support in the Construction Project of the House of Culture in the Municipality of Guaitarilla in the Department of Nariño, contracted by the Consortium S & S 2014".

The activities include continuous monitoring in the field of building construction project of the House of Culture ; Accompanying the resident engineer conducting work in minutes and pre - minutes taking into account the prior quantification of amounts of work, the permanent supervision of the construction processes for normal work progress and quality control el hydraulic structural elements by taking cylinders and their analysis in laboratory testing, and verification of personnel in industrial safety aspects as concrete.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	17
1. DESARROLLO DEL PROYECTO .....	19
1.1 DESCRIPCIÓN .....	19
1.2 APOYO TÉCNICO EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO .....	23
1.3 ACTIVIDADES EN LA OBRA. ....	23
1.3.1 Cerramiento H=2.10 m .....	23
1.3.2 Explanación y nivelación del terreno. ....	24
1.3.3 Localización y replanteo. ....	26
1.3.4 Campamento. . ....	27
1.3.5 Instalación provisional de redes eléctricas y acueducto. ....	28
1.3.6 Excavación de cimientos. ....	28
1.3.7 Mejoramiento en suelo. ....	30
1.3.8 Retiro de escombros. . ....	30
1.3.9 Construcción de cimientos. . ....	31
1.3.10 Solado. ....	32
1.3.11 Zapatas de concreto. ....	33
1.3.12 Vigas de cimentación. ....	35
1.3.13 Pedestales de concreto. ....	36
1.3.14 Estructura en concreto y acero. ....	37
1.3.16 Columnas. . ....	38
1.3.17 Vigas aéreas.....	40
1.3.18 Pantalla en concreto para muro de ascensor .....	43
1.3.19 Losa maciza espesor 0,10 m. ....	43
1.3.20 Losa en metaldeck cal 22 espesor 10 cm.....	44
1.3.21 Escalera.....	46

1.3.22	Columnetas. ....	48
1.3.23	Viguetas. ....	49
1.3.24	Muros en concreto ciclópeo .....	49
1.3.25	Bases y pisos.....	50
1.3.26	Mampostería. ....	51
1.3.27	Acabados. ....	52
1.3.28	Cubiertas. ....	58
1.3.29	Cielo raso en lámina superboard .....	58
1.3.30	Redes hidrosanitarias y aguas lluvias .....	59
1.3.31	Instalaciones eléctricas. ....	62
1.4	CASA DE LA CULTURA A SIETE MESES DE CONSTRUCCIÓN. ....	63
1.5	REGISTRÓ DIARIO DE NOTAS DE BITÁCORA O LIBRO DE OBRA. ....	63
1.6	ACTAS Y PRE-ACTAS REALIZADAS POR EL PASANTE EN APOYO AL INGENIERO RESIDENTE DE OBRA .....	64
1.7	CONTROL DE MATERIALES Y DE LA CALIDAD DE OBRA. ....	64
1.7.1	Ensayo de compactación (próctor modificado). ....	64
1.7.2	Densidad en campo por el método del cono y arena. ....	64
1.7.3	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto .....	65
1.8	SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA OBRA. ....	66
1.8.1	Personal .....	67
2.	CONCLUSIONES .....	69
3.	RECOMENDACIONES .....	70
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	71

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Ubicación de Guaitarilla en el país y en el departamento de Nariño .....	19
Figura 2. Localización proyecto casa de la cultura, Guaitarilla (N) .....	19
Figura 3. Proyección sede casa de la cultura municipio de Guaitarilla .....	20
Figura 4. Plano general casa de la cultura.....	22
Figura 5. Diagrama de escaleras en concreto casa de la cultura .....	47

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

	<b>Pág.</b>
Fotografía 1. Antigua sede casa de la cultura municipio de Guaitarilla .....	20
Fotografía 2. Cerramiento.....	24
Fotografía 3. Explanación de terreno con retroexcavadora .....	24
Fotografía 4. Remoción de cimientos de la antigua estructura .....	25
Fotografía 5. Compactación con saltarín y con vibro compactador .....	25
Fotografía 6. Tubo PVC sanitario encontrado (el cual estaba en funcionamiento del edificio colindante) .....	26
Fotografía 7. Localización y replanteo por medio de comisión topográfica.....	26
Fotografía 8. Trazado de ejes mediante cinta, plomada y manguera de nivel...27	
Fotografía 9. Campamento de obra. Vista exterior e interior (oficina).....	27
Fotografía 10. Baño provisional para personal de obra .....	28
Fotografía 11. Demarcación de zapatas y excavación de zapatas aisladas.....	28
Fotografía 12. Excavaciones de vigas de cimentación (unidad sanitaria y bloque 1).....	29
Fotografía 13. Excavaciones para cimientos de bloque 3 con presencia de nivel freático.....	29
Fotografía 14. Cárcamo encontrado durante las excavaciones.....	30
Fotografía 15. Vaciado de material y compactación manual para mejoramiento con suelo cemento. ....	30
Fotografía 16. Retiro de material a mano y con ayuda de equipos.....	31
Fotografía 17. Demolición y cargue con retroexcavadora y desalojo de material con volqueta.....	31
Fotografía 18. Medición de triturado para mezcla de concreto .....	32
Fotografía 19. Mezcla de concreto elaborada en obra .....	32
Fotografía 20. Fundición de solado para zapatas y vigas de cimentación.....	33
Fotografía 21. Parrillas de zapatas .....	34

Fotografía 22.	Vibrado de concreto en zapata.....	34
Fotografía 23.	Zapatas terminadas.....	34
Fotografía 24.	Armado de acero de refuerzo vigas de cimentación.....	35
Fotografía 25.	Formaleta de vigas de cimentación.....	35
Fotografía 26.	Vigas de cimentación bloque 3.....	36
Fotografía 27.	Vibrado de concreto en fundición de pedestal.....	36
Fotografía 28.	Pedestal terminado.....	37
Fotografía 29.	Curado del concreto en zapata de bloque 2.....	37
Fotografía 30.	Acero almacenado y figurado.....	38
Fotografía 31.	Armado de acero de refuerzo (castillo de columna).....	39
Fotografía 32.	Formaleta de columnas.....	39
Fotografía 33.	Fundición y vibración de columnas bloque 1.....	39
Fotografía 34.	Columnas terminadas en concreto de los bloques 1, 2 y unidad sanitaria.....	40
Fotografía 35.	Viga aérea y viga de borde bloque 1.....	40
Fotografía 36.	Encofrado de vigas aéreas.....	41
Fotografía 37.	Encofrado de vigas aéreas bloque 2 y bloque 3.....	41
Fotografía 38.	Vigas cintas y viga canal bloque 1.....	42
Fotografía 39.	Encofrado y fundición de vigas cintas en el bloque 2.....	42
Fotografía 40.	Acero incrustado en viga canal fundida.....	43
Fotografía 41.	Armado de acero en pantallas estructurales y cimentación del foso de ascensor.....	43
Fotografía 42.	Foso de ascensor ubicado en bloque 3.....	44
Fotografía 43.	Losa maciza bloque unidad sanitaria.....	44
Fotografía 44.	Soldadura de varillas de anclaje a perfiles IPE.....	45
Fotografía 45.	Estructura metálica (láminas de metaldeck sobre vigas y perfiles IPE).....	45
Fotografía 46.	Vista superior de losa en metaldeck previa a su fundición.....	45
Fotografía 47.	Vaciado y vibrado de concreto sobre plataforma.....	46
Fotografía 48.	Uso de pluma grúa para el transporte de mezcla en la fundición.....	46

Fotografía 49.	Armado de refuerzo de escaleras.....	47
Fotografía 50.	Encofrado y contra moldes .....	48
Fotografía 51.	Vaciado de concreto – escalera terminada.....	48
Fotografía 52.	Columnetas debidamente fundidas .....	49
Fotografía 53.	Fundición de viguetas en concreto .....	49
Fotografía 54.	Muros en concreto ciclópeo.....	50
Fotografía 55.	Compactación de material de sub-base en pisos de bloque 3 y unidad sanitaria .....	50
Fotografía 56.	Placa de piso en andén exterior a bloque 1.....	51
Fotografía 57.	Alistado de pisos exteriores.....	51
Fotografía 58.	Mampostería en bloque 1 y bloque 2 .....	52
Fotografía 59.	Pañete de muros casa de la cultura .....	52
Fotografía 60.	Muros estucados (salón de música bloque 2 y sala museo bloque 3).....	53
Fotografía 61.	Muestras de grafiado graniplast .....	54
Fotografía 62.	Fachada de bloque 2 con graniplast.....	54
Fotografía 63.	Enchape de pisos en unidad sanitaria .....	55
Fotografía 64.	Enchape de muros en unidad sanitaria .....	55
Fotografía 65.	Enchape de mesón para lavamanos unidad sanitaria .....	56
Fotografía 66.	Instalación de porcelanato en pisos bloques 2 y 3 .....	56
Fotografía 67.	Pisos exteriores .....	57
Fotografía 68.	Enchape exterior de muro en piedra unidad sanitaria y bloque 2.....	57
Fotografía 69.	Perfiles metálicos soldados a platinas incrustadas en vigas de concreto.....	58
Fotografía 70.	Perfiles y cubierta instalada bloque 1 .....	58
Fotografía 71.	Láminas de superbord - estructura debidamente instalada .....	59
Fotografía 72.	Instalación de superbord .....	59
Fotografía 73.	Instalación de tubería sanitaria y pluvial en bloque unidad sanitaria .....	60

Fotografía 74.	Instalación tubería PVC sanitaria exterior a bloque 3.....	60
Fotografía 75.	Tubería PVC sanitaria en unidad sanitaria .....	60
Fotografía 76.	Excavación para cajas de inspección para aguas lluvias .....	61
Fotografía 77.	Bajantes aguas lluvias (unidad sanitaria, bloque 2 y 3) .....	61
Fotografía 78.	Aparatos y accesorios sanitarios instalados .....	62
Fotografía 79.	Aparatos y accesorios sanitarios bloque 1 .....	62
Fotografía 80.	Tubería conduit para red eléctrica ubicada previa a la fundición de losa.....	63
Fotografía 81.	Casa de la cultura a siete meses de ejecución.....	63
Fotografía 82.	Toma de muestras – método del cono y arena .....	65
Fotografía 83.	Toma de muestras – cilindros de concreto .....	66
Fotografía 84.	Señalización SISO en la obra.....	67
Fotografía 85.	Capacitación al personal de obra .....	67
Fotografía 86.	Visita de representante ministerio de cultura.....	68

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Datos generales del proyecto de obra .....	21
Tabla 2. Áreas construidas Casa de la Cultura de Guaitarilla.....	23

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A. Resultados ensayo Compactación – Próctor Modificado .....	73
ANEXO B. Resultados ensayo de Densidades - Método del Cono de Arena .....	74
ANEXO C. Resultados ensayo de Resistencia a la Compresión de Cilindros .....	75

## INTRODUCCIÓN

Los diferentes proyectos que se han venido adelantando en el país por parte del Ministerio de Cultura para fomentar el interés y el auge en el campo cultural de la nación contemplan el fortalecimiento y desarrollo de espacios culturales en todas las regiones del país. Dentro de los planes de desarrollo de los municipios del departamento de Nariño se potencializa el llevar a cabo proyectos de infraestructura, el municipio de Guaitarilla mediante el proyecto: “Construcción de la Casa de la Cultura en el Municipio de Guaitarilla en el Departamento de Nariño” consigue ser partícipe en los planes de desarrollo propuestos por el Ministerio de Cultura del país. De esta manera, el Ministerio como avalador de la realización de dicho proyecto y conjuntamente con la Alcaldía Municipal de Guaitarilla, se hace posible la ejecución del proyecto.

Mediante el proceso de licitación pública LP-001 2014 y cumpliendo con todos los parámetros de contratación, el Consorcio S&S 2014 cuyo representante legal, el Ingeniero Sergio Bastidas se adjudica el proyecto de construcción, financiado por el Ministerio de Cultura y contratado por la Alcaldía Municipal del Municipio de Guaitarilla.

El contrato de obra civil contempló ocho meses de ejecución y un valor de \$ 1.575.004.939.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

Brindar apoyo técnico en el proyecto “Construcción de la casa de la cultura en el municipio de Guaitarilla en el departamento de Nariño”.

### **Objetivos específicos:**

- ✓ Acompañar en la verificación de la calidad de la mano de obra en los procesos constructivos.
- ✓ Facilitar instrucciones al personal de obra en la ejecución de actividades según diseños del proyecto.
- ✓ Apoyar en el control de la calidad de obra en el manejo de los equipos, materiales y procesos constructivos, mediante ensayos de laboratorio como toma de cilindros de concreto y toma de densidades.
- ✓ Colaborar al ingeniero residente con la realización de pre-actas y actas de obra.
- ✓ Apoyar al personal de seguridad industrial en el control del personal de obra.

# 1. DESARROLLO DEL PROYECTO

## 1.1 DESCRIPCIÓN

El edificio de la Casa de la Cultura del municipio de Guaitarilla se encuentra localizado en el casco urbano, en la antigua sede de la casa de la cultura, junto al edificio de la Alcaldía Municipal y es conjuntamente con el Centro Cultural, cuya construcción se realizó paralelamente, los epicentros más modernos en el municipio (Ver figura 1-2).



Figura 1. Ubicación de Guaitarilla en el país y en el departamento de Nariño<sup>1</sup>

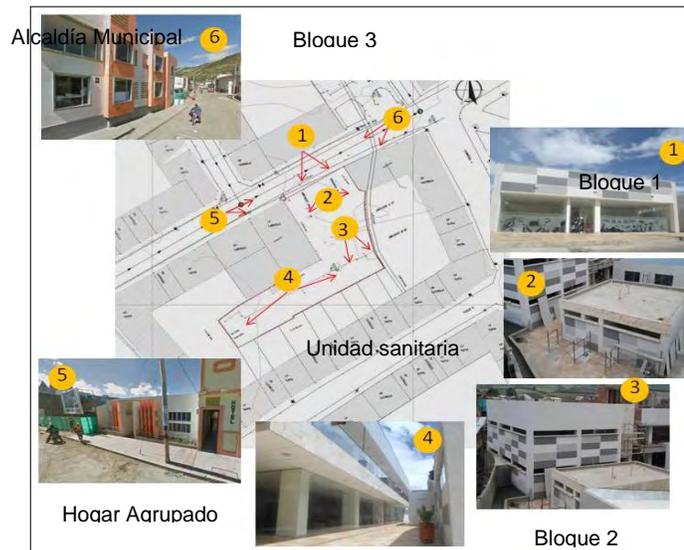


Figura 2. Localización proyecto casa de la cultura, Guaitarilla (N)

<sup>1</sup> Plan de ordenamiento territorial

Se procedió a demoler la sede existente y se construyó la nueva sede. Dicha obra se ejecutó en estructura de concreto reforzado - concreto de 3000 y 3500 psi (para el ascensor de discapacitados) y acero de 60000 psi, muros en mampostería, losas de entepiso en metaldeck y losas macizas, cubiertas en teja termo acústica y estructura metálica PHRC, acabados en diferentes materiales como estuco y enchapes en porcelanato y cerámica, revestimientos de muros en graniplast, piedra muñeca formato 40 x 20 cm estuco y pintura, cielo raso falso en lámina de superboard.



**Fotografía 1. Antigua sede casa de la cultura municipio de Guaitarilla**



**Figura 3. Proyección sede casa de la cultura municipio de Guaitarilla**

La fotografía 1, muestra la estructura de la antigua sede de la Casa de la Cultura, mientras que en la figura 3, se puede apreciar el estado final al que se pretende llegar mediante la ejecución de este proyecto (Ver tabla 1).

**Tabla 1. Datos generales del proyecto de obra**

<b>TIPO DE CONTRATO:</b>	CONTRATO DE OBRA CIVIL No. LP-001-2014
<b>CONTRATISTA DE OBRA CIVIL:</b>	CONSORCIO S&S 2014
<b>REPRESENTANTE LEGAL:</b>	ING. SERGIO BASTIDAS SOLARTE
<b>OBJETO DEL CONTRATO:</b>	CONTRATAR POR EL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS SIN FÓRMULA DE AJUSTE, LA CONSTRUCCIÓN DE LA CASA DE LA CULTURA EN EL MUNICIPIO DE GUAITARILLA EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO
<b>VALOR DEL CONTRATO:</b>	\$1.575.004.939
<b>CONTRATISTA INTERVENTORÍA</b>	ING. HUGO MORAN

El edificio para la Casa de la cultura del Municipio de Guaitarilla se desarrolló en cuatro bloques de concreto reforzado.

- ✓ **Primer bloque– bloque No.1:** (edificio de un piso) correspondiente al área administrativa, se encuentra la oficina de dirección de la casa de la cultura, la secretaría, la sala de espera, sala para profesores, dos baterías sanitarias y una cocineta. Se ubica en la fachada del proyecto.
- ✓ **Segundo bloque– unidad sanitaria:** este bloque cuenta con batería para hombres, mujeres, baño para discapacitados y cuarto de aseo. Su ubicación es posterior al primer bloque y este conserva el nivel y la simetría del anteriormente nombrado.
- ✓ **Tercer bloque– bloque No.2:** (edificio de dos pisos), se encuentra el salón de danzas y el salón de música, primer y segundo piso respectivamente, se ubica detrás de la unidad sanitaria.
- ✓ **Cuarto bloque– bloque No.3:** (edificio de tres pisos), en el primer piso se encuentra una sala de consulta virtual y la biblioteca, la cual se divide en tres: un área para consulta individual, una para lectura en grupo y una ludoteca. En el segundo piso, se ubica la sala de exposiciones, museo y sala de archivo histórico; en el tercer piso una bodega, un cuarto de máquinas destinada para el uso del ascensor y una amplia terraza. Este bloque se encuentra en el fondo del lote, a la derecha del Bloque No.2. Es el bloque con mayor área y se extiende en todo el ancho del lote en su parte trasera (Ver figura 4).

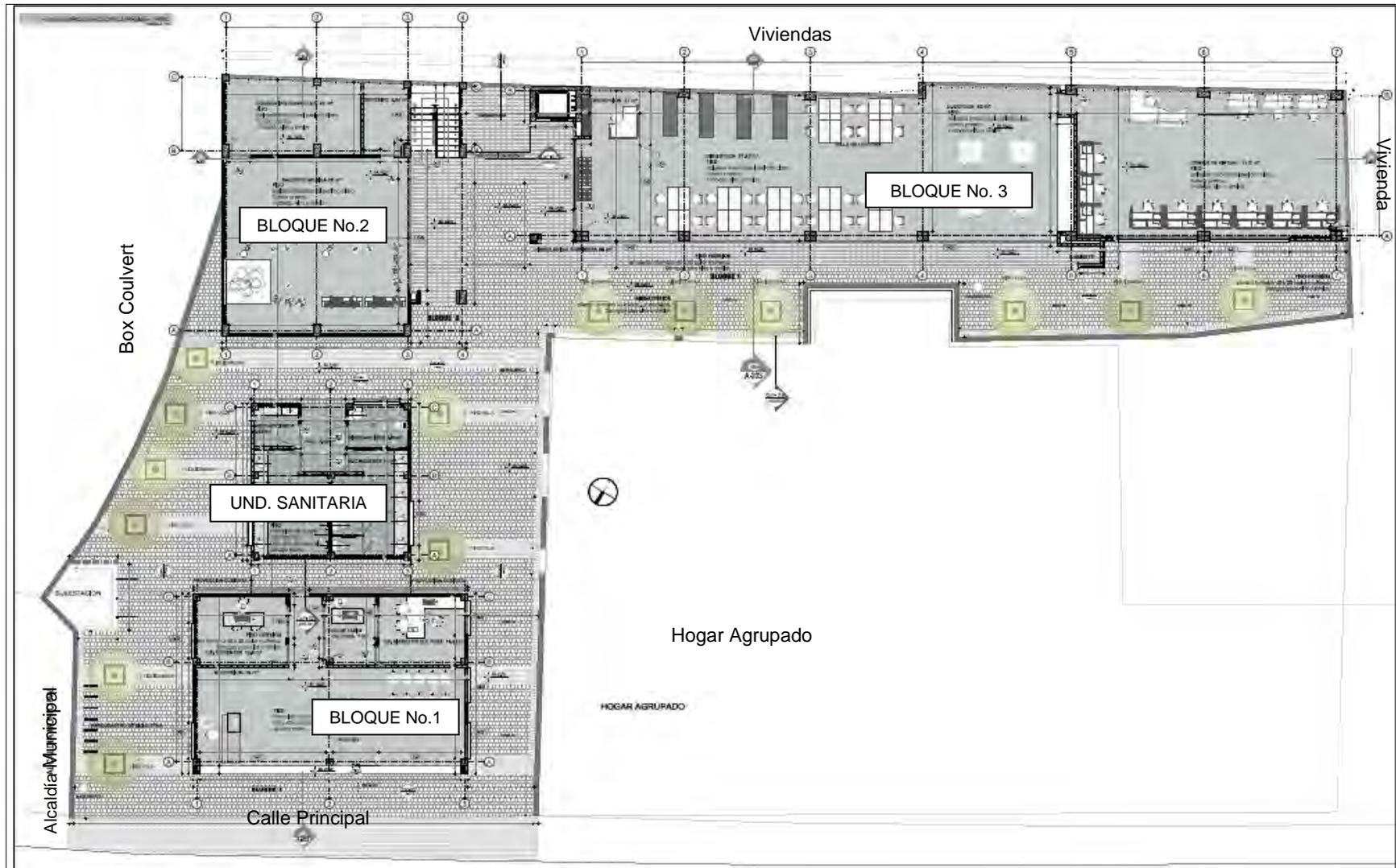


Figura 4. Plano general Casa de la Cultura

**Tabla 2. Áreas construidas Casa de la Cultura de Guaitarilla**

ZONAS*	ÁREAS CONSTRUIDAS (M <sup>2</sup> )
Bloque 1. Administración	99.35
Bloque - Unidad Sanitaria	44.76
Bloque 2. Piso 1 – Salón de música	96.30
Bloque 2. Piso 2 – Salón de danza	96.30
Bloque 3. Piso 1 – Biblioteca, ludoteca y sala de internet.	312.94
Bloque 3. Piso 2 – Sala de Exposiciones - Museo	312.94
Bloque 3. Piso 3 – Bodega y Cuarto de máquinas	18.99
ÁREA TOTAL CONSTRUIDA (Edificación)	1813.47
*Dimensiones obtenidas en obra	

## 1.2 APOYO TÉCNICO EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Durante la ejecución de la obra, la pasante desarrolló las siguientes actividades en cuanto al apoyo técnico realizado:

- ✓ Estudio de diseños y memorias de cálculo del proyecto, visita y reconocimiento del sitio.
- ✓ Registro de bitácora de obra.
- ✓ Cubicación de las cantidades de obra según presupuesto.
- ✓ Elaboración de pre-actas y actas de avance de obra conjuntamente con el ingeniero residente.
- ✓ Control de asistencia y uso de elementos de seguridad industrial del personal de obra.
- ✓ Verificación de la calidad de los materiales de obra.
- ✓ Explicación y supervisión de instrucciones al personal de obra no calificado con asesoría del Ingeniero Residente.
- ✓ Registro fotográfico.

## 1.3 ACTIVIDADES EN LA OBRA.

**1.3.1 Cerramiento H=2.10 m.** El cerramiento se realizó con tela de polipropileno, aislando la obra del exterior, garantizando la conservación y preservación del medio ambiente. Se reemplazó mensualmente, se procuró tenerlo en buen estado según recomendaciones de interventoría (Ver fotografía 2).



**Fotografía 2. Cerramiento**

**1.3.2 Explanación y nivelación del terreno.** Se extrajo material del sitio incluidos restos de cimentaciones de la antigua estructura con ayuda de maquinaria, se rellenó ciertas áreas con material de préstamo o recebo, posteriormente se compactó con vibro compactador, de esta manera se logró obtener un terreno adecuado para facilitar las actividades posteriores. Al material de préstamo utilizado se le realizó el ensayo de densidad in situ mediante el método del cono de arena (ver anexo A), este material se utilizó posteriormente como sub-base para los pisos en concreto de los bloques y los patios (Ver fotografía 3-5).



**Fotografía 3. Explanación de terreno con retroexcavadora**



**Fotografía 4. Remoción de cimientos de la antigua estructura**



**Fotografía 5. Compactación con saltarín y con vibro compactador**

**Observaciones:** el relleno y la compactación del mismo en esta etapa inicial se hicieron acorde al mal estado en el que se encontró el terreno. Posteriormente, se retiró el material de relleno para iniciar las tareas de excavación de cimentaciones, lo cual facilitó los trabajos de localización y replanteo de ejes sobre el terreno.

**Eventualidades presentes:** durante la explanación del terreno en la parte posterior del lote se partió un tubo PVC sanitario de 4", proveniente de la instalación sanitaria del edificio colindante denominado "Hogar Agrupado", lo que indicó que el recorrido de la red de alcantarillado atraviesa el lote de la casa de cultura hasta su conexión con el box coulvert adyacente (indicado en el plano - figura 4) (Ver fotografía 6).



**Fotografía 6. Tubo PVC sanitario encontrado (el cual estaba en funcionamiento del edificio colindante)**

**1.3.3 Localización y replanteo.** Se requirió de una comisión de topografía para realizar la localización y replanteo de los diferentes ejes, mediante el uso de estación total, cinta métrica, estacas, hilos y plomada (Ver fotografía 7).



**Fotografía 7. Localización y replanteo por medio de comisión topográfica**

**Eventualidades presentes:** el levantamiento topográfico inicial no correspondía con las dimensiones reales del lote, esto provocó un atraso en la obra ya que no se podía demarcar los ejes principales, dado que los ejes para los bloques 2 y 3 quedaban desalineados y se traslapaban con las estructuras existentes de los linderos del lote del proyecto. Luego de una primera revisión y remarcación en el terreno la comisión topográfica ajustó ciertas coordenadas, pero seguía presentando irregularidades.

Finalmente, por disposición de interventoría se decidió hacer la localización y replanteo con las coordenadas topográficas, pero tomando como referencia un punto existente el andén de la antigua sede y demás puntos existentes (lotes

colindantes). Al solucionar este inconveniente tuvo que hacerse un ajuste en las dimensiones de los bloques 2 y 3 con su respectivo rediseño en el bloque 3 (Ver fotografía 8).



**Fotografía 8. Trazado de ejes mediante cinta, plomada y manguera de nivel**

**1.3.4 Campamento.** Se construyó un campamento de madera con piso en concreto pobre y cubierta en láminas de zinc. En el cual se ubicó el almacén de herramienta menor, cuarto para el vigilante y una oficina provisional donde se encontraban los planos de obra y demás elementos necesarios, escalímetro, decámetro, metro y los cascos de los ingenieros (Ver fotografía 9).



**Fotografía 9. Campamento de obra. Vista exterior e interior (oficina)**

**1.3.5 Instalación provisional de redes eléctricas y acueducto.** Se instalaron redes eléctricas con la empresa CEDENAR y de acueducto con la empresa EMPOGUAITARILLA de manera temporal para la ejecución de la obra.

Se instaló un timbre en la entrada, se iluminó la oficina del campamento y se adaptó un sanitario para uso del personal de obra (Ver fotografía 10).



**Fotografía 10. Baño provisional para personal de obra**

Se conectó un sistema de agua potable mediante tubería PVC de ½” al tanque de almacenamiento del edificio de la alcaldía y también se abasteció desde el edificio “Hogar Agrupado”.

**1.3.6 Excavación de cimientos.** Se realizó excavación a mano para la construcción de zapatas aisladas y combinadas dispuestas según diseños estructurales. Se inició por el Bloque 1 y la unidad sanitaria del mismo, seguido de los Bloques 2 y 3. Se verificó que todos los puntos localizados cumplieran con las dimensiones y profundidades de desplante (Ver fotografía 11).



**Fotografía 11. Demarcación de zapatas y excavación de zapatas aisladas**

Las zapatas aisladas se diseñaron y construyeron en todos los bloques de acuerdo con los planos estructurales, el caso de zapatas combinadas únicamente se diseñó y construyó en el eje B7 del Bloque 3, tras el rediseño hecho dadas las modificaciones iniciales en la localización y replanteo, debido a la proximidad de los pilares B7 y B8.

Se continuó con las excavaciones correspondientes a las vigas de cimentación, se verificó constantemente las dimensiones en campo según el diseño, brindando las debidas indicaciones al maestro de obra (Ver fotografía 12).



**Fotografía 12. Excavaciones de vigas de cimentación (unidad sanitaria y bloque 1)**

**Eventualidades presentes:** durante las excavaciones correspondientes al Bloque 3, la presencia de nivel freático fue significativo, por tanto, fue necesario hacer mejoramiento con suelo - cemento (Ver fotografía 13).



**Fotografía 13. Excavaciones para cimientos de bloque 3 con presencia de nivel freático**

Durante el proceso de excavación fue común encontrar cárcamos o fragmentos de los mismos, al parecer de una construcción antigua.



**Fotografía 14. Cárcamo encontrado durante las excavaciones**

**1.3.7 Mejoramiento en suelo.** Se decidió conjuntamente con la interventoría mejorar el suelo de excavación en las cimentaciones del bloque 2 y 3, dado que presentó humedades considerables por el fluctuante nivel freático del suelo, para ello, se retiró el agua y se adicionó una capa de 10 cm de recebo-cemento y se compactó con la ayuda de un pisón de mano; posteriormente se continuó normalmente el proceso constructivo de zapatas (Ver fotografía 15).



**Fotografía 15. Vaciado de material y compactación manual para mejoramiento con suelo cemento.**

**1.3.8 Retiro de escombros.** Se desalojó material común y material proveniente de demolición en los sitios dispuestos por la administración municipal para dicho fin, teniendo en cuenta que estos no deben interferir con el paso peatonal ni obstruir la entrada de materiales (Ver fotografía 16-17).



**Fotografía 16. Retiro de material a mano y con ayuda de equipos**



**Fotografía 17. Demolición y cargue con retroexcavadora y desalojo de material con volqueta**

**Observaciones:** al desalojar el material común, se realizó la cubicación respectiva en el momento de la salida de las volquetas de la obra, por parte del almacenista y con supervisión de la pasante para verificar información y realizar de manera oportuna los pagos correspondientes. También se encargó de verificar que los sitios de depósito fueran adecuados y tuvieran los debidos permisos de sus propietarios, esto se presentó debido a la falta de una escombrera certificada por la alcaldía municipal.

**1.3.9 Construcción de cimientos.** Las cimentaciones según diseños exigieron concretos con resistencias de 3000 psi con uso de impermeabilizante.

El control por parte de la pasante fue permanente en la dosificación de la mezcla, se procuró que el operador de la mezcladora fuera el mismo, que la cantidad de triturado, arena, impermeabilizante y agua por bulto de cemento fueran exactos, se verificó que se realice el adecuado curado del concreto y que las formaletas se retiraran a las 24 horas de fundida la cimentación.

Se tomaron cilindros por cada cimentación construida en los diferentes bloques, tres especímenes por elemento a los cuales se les midió la resistencia a los 7, 14 y 28 días (Ver anexo B) (Ver fotografía 18).



**Fotografía 18. Medición de triturado para mezcla de concreto**

**Nota:** la relación para la dosificación de la mezcla fue 1:2:2 ½ y 1:2:3, 1 unidad de cemento por dos de arena y dos y media o tres de triturado medidas en recipientes plásticos, en obra se aproximan las medidas en un bulto de cemento de 50 Kg, 8 baldes de arena y 12 baldes de triturado teniendo en cuenta la humedad de los agregados (Ver fotografía 19).



**Fotografía 19. Mezcla de concreto elaborada en obra**

**1.3.10 Solado.** Se fundió solado de espesor 5 cm para zapatas y vigas de cimentación, con una resistencia de 2500 psi, con el fin de proteger el piso de cimentación y el refuerzo de cualquier tipo de contaminación o alteración de las condiciones naturales del terreno. Se verificó que todos los cimientos tengan el concreto de limpieza antes de su fundición.

**Eventualidades presentes:** en las zapatas del Bloque 3 fue necesario realizar mejoramiento de suelo-cemento en una dosificación de 1:10, debido a la fluctuación del nivel freático (Ver fotografía 20).



**Fotografía 20. Fundición de solado para zapatas y vigas de cimentación**

**1.3.11 Zapatas de concreto.** Según el diseño estructural las zapatas fueron construidas con espesores de 40 cm, en su mayoría zapatas aisladas en sus dos variaciones: concéntricas y excéntricas; únicamente en el bloque 3 fue necesario construir zapatas combinadas (Eje B7).

Se verificó las dimensiones diseñadas previo a la fundición, chequeando que las parrillas cumplan con el diámetro de varilla, el espaciamiento entre ellas y la longitud del gancho (se utilizó varilla No.5 en todas las zapatas) especificado en los planos estructurales y además de la correcta ubicación de los soportes y espaciadores para el refuerzo.

Posteriormente, se verificó que el concreto sea vaciado progresivamente y que este sea vibrado adecuadamente. La mezcla se controló permanentemente, verificando el contenido de agua y su dosificación de cemento y agregados.

Se calculó la cantidad aproximada de concreto a utilizarse en la fundición, para controlar el material a emplearse: bultos de cemento (permitiendo que se saque de bodega solo los necesarios), la arena y el triturado para que no haya exceso en el uso de estos materiales y se incurra en pérdidas o costos adicionales.

**Eventualidades presentes:** durante la construcción de dichos cimientos, hubo variaciones en el diseño estructural del Bloque 3, dado que la interventoría solicitó rediseño debido al cambio de las losas de entrepiso en metaldeck, por lo que las cimentaciones presentaron cambios y fue necesario de construir zapatas combinadas, céntricas y excéntricas, reduciendo las dimensiones iniciales de la mayoría de estas (Ver fotografía 21-23).



**Fotografía 21. Parrillas de zapatas**



**Fotografía 22. Vibrado de concreto en zapata**



**Fotografía 23. Zapatas terminadas**

**1.3.12 Vigas de cimentación.** Fue fundamental chequear que las dimensiones en campo estuvieran de acuerdo con los planos estructurales, verificando la localización con respecto a los ejes, la alineación de los tableros y el nivel requerido, también que las canastas de acero de refuerzo fueran colocadas sobre piedras o trozos de madera (panelas) para que quedaran embebidas en el concreto. Para la fundición de vigas de cimentación se utilizó formaleta de madera (tablas de formaleta y listonería) y se verificó los espacios para el recubrimiento del acero (según la norma NSR-10 previo al vaciado del concreto teniendo en cuenta que la formaleta no tenga agujeros para evitar fugas.

Finalmente, se construyó vigas de cimentación de distintas dimensiones (**40x40cm, 30x30cm, 40x50cm**) en los diferentes bloques (Ver fotografía 24-25).



**Fotografía 24. Armado de acero de refuerzo vigas de cimentación**



**Fotografía 25. Formaleta de vigas de cimentación**

Se utilizó impermeabilizante integral para concretos plastocrete DM en las vigas de cimentación de los bloques 2 y 3 por la presencia de humedad en esta área, la cantidad de impermeabilizante utilizado se hizo de acuerdo con las especificaciones del producto: por cada bulto de cemento en la mezcla se adicionó  $230 \text{ cm}^3$  del aditivo en la mezcladora.

El desencofrado de las vigas se hizo a los dos o tres días de la fundición, dependiendo de la humedad relativa de la zona; el curado se inició a las 24 horas posteriores, durante siete días consecutivos (Ver fotografía 26).



**Fotografía 26. Vigas de cimentación bloque 3**

**1.3.13 Pedestales de concreto.** Se verificó que estos se construyan según las dimensiones y espesores señalados en los diseños, cabe resaltar que se construyeron pedestales para la totalidad de las columnas teniendo en cuenta que las dimensiones de cada pedestal dependen de la columna en mención (Ver fotografía 27-28).



**Fotografía 27. Vibrado de concreto en fundición de pedestal**



**Fotografía 28. Pedestal terminado**

**1.3.14 Estructura en concreto y acero.** La pasante según indicaciones del ingeniero residente de obra se encargó de verificar continuamente las dimensiones de los elementos en concreto, los recubrimientos, la dosificación de la mezcla y su respectiva toma de cilindros por cada estructura ejecutada, la adecuada vibración del concreto y el debido curado de los elementos construidos, los aditivos utilizados, fecha de vaciado o fundición de elementos estructurales, niveles, plomo y lineamientos. Cabe señalar que toda la formaleta utilizada fue en madera y los soportes o puntales en guadua.

Se utilizó concreto hecho en obra, por lo que fue importante tener en buenas condiciones la maquinaria empleada, y en muchas ocasiones tuvo lugar hacer reparaciones mecánicas a las mezcladoras y vibradores de concreto.

Otro factor a supervisar fueron los materiales, previamente se cuantificó las cantidades requeridas para cada actividad a ejecutar, posteriormente se midió el elemento estructural construido (Ver fotografía 29).



**Fotografía 29. Curado del concreto en zapata de bloque 2**

**1.3.15 Aceros de refuerzo 60000 psi (420 Mpa).** Todo el hierro utilizado se almacenó de tal forma que las varillas queden cubiertas, se ubicaron de acuerdo al diámetro, se cortaron y figuraron en obra (Ver fotografía 30).



**Fotografía 30. Acero almacenado y figurado**

**1.3.16 Columnas.** Una vez construida la formaleta de fundición para las columnas es necesario chequear la verticalidad mediante el uso de una plomada, se procedió suspendiendo bloques de ladrillo con alambre asegurado a una varenga de madera en dos de los lados para poder chequear la verticalidad, verificando que la distancia desde el tablero de la columna al alambre suspendido sea la misma tanto arriba como por abajo de la columna.

Se construyeron columnas en concreto reforzado con resistencia de 3000 psi según los diseños estructurales correspondientes, las columnas construidas cuentan con las siguientes secciones:

- **Sección 30X30 cm:** el bloque 1 y el bloque de su respectiva unidad sanitaria se diseñaron y construyeron con nueve columnas de dicha dimensión, con luces no mayores a 3.5 m y en el bloque 2 se construyeron cuatro columnas de este tipo.
- **Sección 30X60 cm:** en el bloque 2 se construyeron siete columnas de este tipo.
- **Sección 50X40 cm:** en el bloque 3 se construyeron un total de 16 columnas de este tipo.

A continuación, se muestran fotografías de las columnas con diferentes secciones construidas en la Casa de la Cultura, donde se puede apreciar la formaleta y los puntales empleados (Ver fotografía 31-32).



**Fotografía 31. Armado de acero de refuerzo (castillo de columna)**



**Fotografía 32. Formaleta de columnas**

En la imagen se puede apreciar columnas previas al vaciado de concreto, las cuales se encuentran debidamente encofradas, aplomadas, apuntaladas y verificada la verticalidad de estas (Ver fotografía 33).



**Fotografía 33. Fundición y vibración de columnas bloque 1**

En la fotografía anterior se puede observar un oficial vibrando el concreto durante la fundición de la columna y un obrero utilizando el martillo con mango de madera "chipote" para dar golpes en la parte baja de estas con el fin de ayudar a que el concreto se distribuya adecuadamente (Ver fotografía 34).



**Fotografía 34. Columnas terminadas en concreto de los bloques 1, 2 y unidad sanitaria**

**1.3.17 Vigas aéreas.** Para la formaleta fue necesario el uso de guadua como soporte cada metro en pares y en algunas vigas cada 90 cm y se encofró de tal manera que los tableros de madera quedarán debidamente asegurados y con las dimensiones de los elementos según el diseño estructural. Para el vaciado del concreto se requirió el uso de andamios garantizando la seguridad del personal de obra (Ver fotografía 35).



**Fotografía 35. Viga aérea y viga de borde bloque 1**

A continuación, se nombra las secciones de las vigas aéreas construidas en los diferentes bloques de la Casa de la Cultura:

- **Bloque 1 y unidad sanitaria: 30X30 cm**
- **Bloque 3: 40X50 cm**, tanto en el primer como en el segundo y tercer nivel y **30X50 cm** en algunos de los ejes del edificio de los tres niveles.
- **Bloque 2: 30X60 cm**



**Fotografía 36. Encofrado de vigas aéreas**



**Fotografía 37. Encofrado de vigas aéreas bloque 2 y bloque 3**

En la anterior fotografía se observa que en la formaleta se ha cortado el área para la colocación de la viga metálica (perfil IPE).

**Observaciones:** uno de los mayores problemas que se presentó en la ejecución de obra fue la escasez de guadua, como solución se reutilizó la guadua de los primeros bloques en los bloques de mayor área que fueron construidos posteriormente.

Se construyeron vigas de borde en los bloques 1 y 3, las cuales se encofraron y fundieron conjuntamente con las vigas aéreas de secciones mayores. Las vigas

cintas o viguetas (de dimensiones menores 15x15 cm o 20x25 cm) se formaletearon una vez fundidas las vigas aéreas, para su posterior llenado y vibrado de concreto.

En el bloque 1 y 2, se construyeron vigas canal, tal como se observa en las siguientes fotografías, en estas vigas se adicionó impermeabilizante integral para morteros Sika 1, dado el uso de estas (Ver fotografía 38-39).



**Fotografía 38. Vigas cintas y viga canal bloque 1**



**Fotografía 39. Encofrado y fundición de vigas cintas en el bloque 2**

**Eventualidades presentes:** se perforó una viga canal del bloque 1 para incrustar acero, el cual se soldó a las platinas que sostienen los perfiles C de la cubierta, dado que no se hizo previo a la fundición de concreto, posteriormente se utilizó el producto sikadur 32 primer para la adición de concreto fresco a endurecido (Ver fotografía 40).



**Fotografía 40. Acero incrustado en viga canal fundida**

**1.3.18 Pantalla en concreto para muro de ascensor.** El ascensor tiene 3 paradas para discapacitados con capacidad de 5 personas, instalado en el bloque 3.

La construcción del ascensor para discapacitados hizo necesario para la cimentación y para el funcionamiento del sistema del ascensor un foso debidamente construido en concreto reforzado cuya mezcla alcanzó una resistencia de 3500 psi con impermeabilizante integral para concretos para prevenir cualquier humedad presente en esta zona.

El ascensor para discapacitados se ubicó entre los ejes 1 y 2 del bloque 3, permitiendo el acceso y movilización de una persona en silla de ruedas en el bloque 3 y mediante el puente que comunica a los bloques 2 y 3 tener acceso inmediato a ellos (Ver fotografía 41-42).



**Fotografía 41. Armado de acero en pantallas estructurales y cimentación del foso de ascensor**



**Fotografía 42. Foso de ascensor ubicado en bloque 3**

**1.3.19 Losa maciza (espesor 0,10 m).** Se construyó losa maciza en el bloque de la Unidad Sanitaria; su diseño fue replanteado puesto que inicialmente se contempló construir una losa aligerada, finalmente se hizo en losa maciza por el uso al que estaba destinada.

Se hizo la losa maciza de 10 cm de espesor y con refuerzo en varilla de 1/2" con espaciamiento cada 20 cm, utilizando impermeabilizante integral para concretos sika 1 (por cada bulto de cemento se adicionó en el agua de amasado  $0.23 \text{ cm}^3$  de dicho aditivo) (Ver fotografía 43).



**Fotografía 43. Losa maciza bloque unidad sanitaria**

**1.3.20 Losa en metaldeck cal 22 espesor 10 cm.** El proceso constructivo de losas en metaldeck se aplicó en los bloques 2 y 3. Pevio a la colocación fue necesario cortar y seccionar las láminas conforme a la disposición de vigas IPE y al diseño estructural. De acuerdo con el detalle del diseño estructural se soldó 4 varillas No.6 a los extremos de las vigas IPE para incrustarlas a las vigas de concreto, tal como se aprecia en la siguiente imagen (Ver fotografía 44-45).



**Fotografía 44. Soldadura de varillas de anclaje a perfiles IPE**



**Fotografía 45. Estructura metálica (láminas de metaldeck sobre vigas y perfiles IPE)**

Antes del proceso de fundición se verificó que toda la plataforma esté completa y adecuadamente sujeta de acuerdo con los planos, teniendo el soporte necesario en todos sus bordes. Se verificó además la instalación de la tubería para la red eléctrica conforme a planos (Ver fotografía 46).



**Fotografía 46. Vista superior de losa en metaldeck previa a su fundición**

El vaciado de concreto en los niveles N+2,7 m y N+4,2 m de los bloques 2 y 3, se hizo mediante el uso de bugis y pluma grúa para el traslado de la mezcla de concreto, los tabloncillos sobre la plataforma son la base para el acarreo de la mezcla sobre la estructura para que esta no sufra daños (Ver fotografía 47).



**Fotografía 47. Vaciado y vibrado de concreto sobre plataforma**

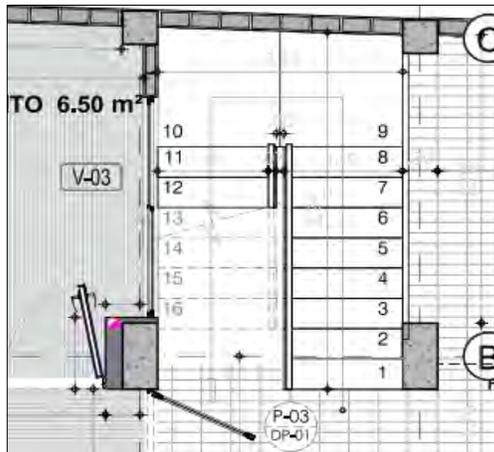
Para la fundición de estas losas se requirió a todo el personal de la obra, compuesto por el maestro, oficiales y obreros, en total se formó una cuadrilla de 34 trabajadores y se utilizó dos mezcladoras, dos plumas grúas, dos vibradores de concreto y herramienta menor (Ver fotografía 48).



**Fotografía 48. Uso de pluma grúa para el transporte de mezcla en la fundición**

El curado del concreto en losa metaldeck se inició a la tercera hora después del vaciado del concreto durante siete días.

**1.3.21 Escalera.** Se construyó una escalera exterior diseñada en forma de U fundida en concreto armado que permite la comunicación entre los niveles N+00 y N+2.70 de los bloques 2 y 3.



**Figura 5. Diagrama de escaleras en concreto casa de la cultura<sup>2</sup>**

Para su construcción se trazó el perfil de la escalera en la pared paralela de acuerdo con los planos, se dibujó los peldaños y la losa inclinada cuyo espesor es de 10 cm, posteriormente se armó la formaleta para la base de la escalera, se armó el acero de refuerzo anclando las varillas a las vigas de cimentación en el nivel N + 00 m y a la viga aérea en el nivel N + 2.70 m. Finalmente, se colocó los contra moldes de los peldaños y se verificó que sus dimensiones fueran uniformes.

Se realizó el vaciado del concreto iniciando desde la parte baja hasta terminar en el nivel más alto (Ver fotografía 49-50).



**Fotografía 49. Armado de refuerzo de escaleras**

<sup>2</sup> Plano arquitectónico Casa de la cultura Guaitarilla (N)



**Fotografía 50. Encofrado y contra moldes**

Se verificó el vibrado, curado y desencofrado a los siete días de fundido el concreto (Ver fotografía 51).



**Fotografía 51. Vaciado de concreto – escalera terminada**

**1.3.22 Columnetas.** El diseño de muros incluyó en todos los casos la construcción de columnetas, cuyo acero de refuerzo es con varillas de 3/8" y estribos de 1/2" distribuidos cada 10 cm. Estas columnetas fueron fundidas entre los muros con luces libres de 4 metros o más y en los extremos de las puertas (Ver fotografía 52).



**Fotografía 52. Columnetas debidamente fundidas**

**1.3.23 Viguetas.** Las viguetas se construyeron en todos los muros distribuidos a un tercio de la altura del muro. Se reforzaron con varilla de  $\frac{1}{2}$  longitudinalmente y estribos con varilla de  $\frac{1}{4}$  transversalmente. Su sección fue de 7,5 x 15 cm (Ver fotografía 53).



**Fotografía 53. Fundición de viguetas en concreto**

**1.3.24 Muros en concreto ciclópeo.** Se construyó muros en concreto ciclópeo de 1.50 metros de altura en promedio y 45 cm de espesor, como soporte y revestimiento al ancho total las construcciones colindantes. Se fundió 42 m<sup>3</sup> de concreto ciclópeo, en proporción 60% de concreto simple de 3000 psi y 40% de agregado ciclópeo del volumen total del concreto.

Se verificó que el agregado fuera de forma angular y cúbica y que el tamaño máximo admisible para este agregado fuera acorde al tamaño del muro.

Inicialmente, se formaleteó el muro para su posterior fundición, 24 horas después se desencofró chequeando que no haya defectos y se curó para evitar levantamientos y roturas del concreto (Ver fotografía 54).



**Fotografía 54. Muros en concreto ciclópeo**

**1.3.25 Bases y pisos.** La pasante supervisó que los niveles, las pendientes, la humedad y la compactación de la sub-base fueran idóneas para la fundición y alistado de pisos de acuerdo con los espesores señalados según las especificaciones técnicas; teniendo en cuenta el adecuado uso de los materiales y herramientas.

- **SUB-BASE COMPACTADA.**

Se extendió material granular seleccionado para la conformación de pisos interiores y exteriores de la casa de la cultura en un espesor de 10cm, se compactó con saltarín y manualmente en algunas áreas (Ver fotografía 55).



**Fotografía 55. Compactación de material de sub-base en pisos de bloque 3 y unidad sanitaria**

- **LOSA DE CONTRAPISO.**

Se realizó la losa de contra piso en un espesor de 10 cm, se fundió un área total de 512.29 m<sup>2</sup> en concreto pobre, previa instalación de malla electro soldada y plástico C-6 para impermeabilización de piso (Ver fotografía 56).



**Fotografía 56. Placa de piso en andén exterior a bloque 1**

- **ALISTADO DE PISOS.**

El alistado de pisos se realizó con mortero de espesor promedio 4 cm, en una proporción de 1:4 (una unidad de cemento por cuatro unidades de arena fina, previamente cernida) (Ver fotografía 57).



**Fotografía 57. Alistado de pisos exteriores**

**1.3.26 Mampostería.** Los muros se construyeron con ladrillo de 10x20x25 cm previamente limpio y saturado de agua, con dilatación a cada columna o columneta de 2 cm con icopor. El mortero de pega fue hecho con relación de 1:4, con el cual se rellenó las juntas horizontales y verticales en un espesor de aproximadamente 1.5 cm.

La pasante tuvo como responsabilidad controlar que los muros conserven la alineación, nivelación y aplomo correspondientes (Ver fotografía 58).



**Fotografía 58. Mampostería en bloque 1 y bloque 2**

**1.3.27 Acabados.** Los acabados están constituidos por aquellos elementos constructivos que se realizan para proporcionar la terminación del edificio y para que pueda ser puesta al servicio de quienes lo van a habitar, proporcionándoles satisfacción en cuanto a la comodidad y apariencia visual, así como protección a las mismas partes constitutivas de la edificación.

La pasante se encargó de medir y recibir las obras adelantadas por las diferentes cuadrillas distribuidas en los cuatro bloques, el personal de obra para dichas actividades se incrementó, por lo que se reportó planillas quincenales de cada cuadrilla para el pago respectivo de la nómina.

- **PAÑETES.**

Los pañetes incluyen filos y dilataciones que se miden en metro lineal y los pañetes de muros por metro cuadrado. Verificando previamente la verticalidad en los muros y los niveles en el pañete de pisos y losas (Ver fotografía 59).



**Fotografía 59. Pañete de muros casa de la cultura**

- **ESTUCO**

El producto utilizado para muros fue el estuco plástico ESTUKA ACRÍLICO de SIKA para interiores. Se estucó todos los muros internos y columnas de los cuatro bloques. El procedimiento de estucado consiste en aplicar tres capas de estuco con llana metálica; la primera capa debe ser muy fina, luego que seque se aplica una segunda capa de consistencia media con el fin de ir dando el acabado fino a la pared y finalmente se aplica una capa la cual debe secar muy bien para luego lijar (Ver fotografía 60).



**Fotografía 60. Muros estucados (salón de música bloque 2 y sala museo bloque 3)**

**Eventualidades presentes:** en algunos casos fue necesario utilizar malla para estuco porque se presentaron fisuras, principalmente en aquellas juntas entre columnas y muros, por lo que fue necesario aplicar malla y estucar nuevamente.

- **GRANIPLAST MURO.**

El graniplast es una masa espesa con características acrílicas, soluble en agua, que tiene variedad de colores y se encuentra lista para su aplicación.

El proceso constructivo inició con la verificación previa que la superficie esté nivelada y libre de polvo, luego se aplicó base acrílica y se dejó secar un día, se aplicó con llana metálica una capa delgada de graniplast de arriba hacia abajo con movimientos semicirculares, y con la misma llana se repasa lo aplicado para así recobrar el exceso de material y dejar la capa del espesor deseado.

Cuando la viscosidad del material disminuyó, se realizó el proceso de grafiado con un plato de madera de arriba hacia abajo en sentido vertical hasta lograr la técnica deseada en la textura. También se puede hacer este frote o grafiado en forma redondeada, o en contraste de trazados horizontales y verticales esto dependerá del acabado que se quiera lograr (Ver fotografía 61).



**Fotografía 61. Muestras de grafiado graniplast**

El producto sobrante se devuelve a la cubeta de trabajo, para mezclarlo luego y reutilizarlo. Finalmente se deja templar el material y se asienta con una llana acrílica o metálica, limpiándola permanentemente.

Fue importante proteger los muros ante la presencia de lluvias por durante tres días, para evitar que este se escurra. Se aplicó Graniplast en todas las fachadas de los bloques de la casa de la cultura (Ver fotografía 62).



**Fotografía 62. Fachada de bloque 2 con graniplast**

Como se puede observar en las imágenes, el graniplast en las diferentes fachadas se hizo con diseño en tres tonalidades (escala de grises).

- **ENCHAPE CERÁMICA - BATERÍAS SANITARIAS.**

La instalación de cerámica es un proceso simple, siempre y cuando el piso no presente baches ni desniveles lo que permite regar una capa uniforme de cemento de pega sobre la superficie y luego colocar la cerámica con facilidad.

Para la colocación de cerámica se inicia por los lugares más visibles, conservando una secuencia con las líneas de las juntas y no producir separaciones abruptas o desalineaciones. Se inicia por una esquina llevando una guía que se forma con figuras rectangulares con un codal metálico, se demarca con hilos de nylon teniendo en cuenta el nivel de agua y de mano, en algunos casos se debe cortar la cerámica y se la asienta manualmente aplicando una capa de cemento de pega tanto en el piso como en la cerámica, finalmente, se golpea ligeramente con un martillo de caucho para lograr que el cemento ingrese a toda el área bajo la cerámica, para la continuación de la instalación se coloca guías o separadores en las juntas. Posteriormente se aplica cemento blanco para cubrir las juntas (Ver fotografía 63).



**Fotografía 63. Enchape de pisos en unidad sanitaria**

Se instaló un área total de 124.94 m<sup>2</sup> de cerámica en los muros de la unidad sanitaria y 44.25 m<sup>2</sup> de piso tal como se aprecia en la siguiente figura.

Se verificó que la cerámica esté bien asentada golpeándola levemente, cuando se emitió un sonido hueco o algunas veces las cerámicas se movieron, inmediatamente se corrigió (Ver fotografía 64).



**Fotografía 64. Enchape de muros en unidad sanitaria**

La instalación de cerámica en los mesones tiene un proceso similar al de pisos o de muros, pero se debe pulir mucho más los cortes (Ver fotografía 65).



**Fotografía 65. Enchape de mesón para lavamanos unidad sanitaria**

- **PORCELANATO**

Se instaló porcelanato de 60x60 cm en los pisos interiores de los bloques 1, 2 y 3 con guardaescoba de 8 cm de alto. Se instaló un total de 783,46 m<sup>2</sup> de porcelanato y 436,4 metros lineales de guarda escoba (Ver fotografía 66).

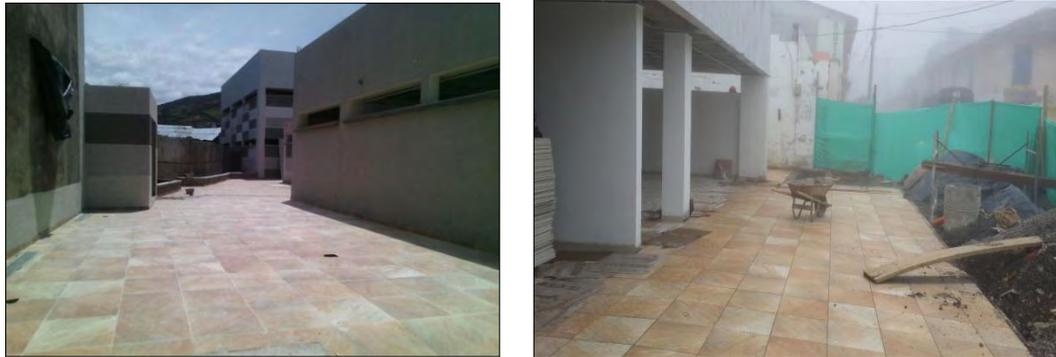


**Fotografía 66. Instalación de porcelanato en pisos bloques 2 y 3**

Se verificó que la superficie cumpla las siguientes condiciones: aplomo, nivel, escuadra donde se requiera, plana y bien afinada. Posteriormente se sigue con el mismo proceso de instalación de cerámica, únicamente se debe tener en cuenta en dejar juntas de dilatación de al menos 3 mm para garantizar que no se presenten fisuras.

- **CERÁMICA DE 45X45 cm TRAFICO COMERCIAL ALTO.**

Se enchapó con cerámica antideslizante de 45X45 cm tráfico comercial alto todos los exteriores, andenes y pisos, con dilatación de 4 - 5 mm (Ver fotografía 67).



**Fotografía 67. Pisos exteriores**

- **ENCHAPE DE MUROS EXTERIORES EN PIEDRA.**

Se instaló piedra de 20x10 cm en color crema muñeca, con traslapo por cada hilada para evitar desmoronamiento.

Para la instalación de piedra en muros, se enrieló y puso soportes durante la pega y el tiempo de secado, posteriormente se aplicó el material adhesivo sobre la piedra y se instaló en el muro. Una vez transcurrido un periodo tiempo de secado se pulió con lija diamantada para uso en seco (Ver fotografía 68).



**Fotografía 68. Enchape exterior de muro en piedra unidad sanitaria y bloque 2**

**1.3.28 Cubiertas.** Para la cubierta de los bloques 1 y 2 se utilizó teja ajover trapezoidal termo acústica, la estructura metálica se armó con perfiles PHRC de 30.5x80x3 mm soldados a platinas y tubo estructural de 100x100x6.3 mm. Las cubiertas se apoyaron sobre perfiles tipo cajón C, los cuales se unieron mediante soldadura a unas plaquetas o láminas de acero incrustadas a las vigas de concreto (Ver fotografía 69-70).



**Fotografía 69. Perfiles metálicos soldados a platinas incrustadas en vigas de concreto**



**Fotografía 70. Perfiles y cubierta instalada bloque 1**

**1.3.29 Cielo raso en lámina superboard.** Los cielos rasos se realizaron en superboard, estas las láminas se cortaron y estucaron en obra, por lo que se tuvo control absoluto en lo concerniente a los implementos de seguridad industrial del personal encargado de esta actividad

**Descripción:** cielos rasos constituidos por una estructura de acero galvanizado rolando en frío, de ángulos calibre 26 de 1x1", perfiles vigueta 39 mm y perfiles omega calibre 26, de 8 mm o 6 mm, nivel de acabado a convenir (Ver fotografía 71).



**Fotografía 71. Láminas de superboard - estructura debidamente instalada**

**Instalación de las placas:** sobre los omegas se fijan las placas de cemento Superboard 6 mm, con tornillos estándar N° 6 x 1" separados máximos a 300 mm, la forma adecuada de instalar las placas es perpendicular a los omegas en líneas trabadas y con su borde longitudinal paralelo a las ventanas. Deje las placas separadas 3mm entre sí, en todo su perímetro<sup>3</sup> (Ver fotografía 72).



**Fotografía 72. Instalación de superboard**

**1.3.30 Redes hidrosanitarias y aguas lluvias.** La pasante calculó la cantidad de tubería necesaria para las distintas redes y los puntos. Conjuntamente con los ingenieros residentes de interventoría y del contratista se realizó el plano record de la red hidrosanitaria y pluvial con las modificaciones al diseño inicial dadas las condiciones ventajosas de la existencia del box coulvert adyacente a la casa de la cultura.

---

<sup>3</sup> SKINCO Colombit. Superboard Manual técnico [en línea] Disponible en: <<https://drive.google.com/file/d/0Bz6PxUyqI7HZaFdsRVIDTjRDejg/view>>



**Fotografía 73. Instalación de tubería sanitaria y pluvial en bloque unidad sanitaria**

- **REDES SANITARIAS.**

El diseño de esta red se modificó puesto que el inicial tenía la conducción de las aguas negras hacia la red principal del alcantarillado municipal; luego del hallazgo al costado de la edificación de un box coulvert encargado de recolectar aguas lluvias y aguas negras, se decidió con autorización de interventoría conducir la red pluvial hacia dicha estructura y la sanitaria a la tubería de alcantarillado que va paralela al box coulvert, puesto que ello mejoro las condiciones de la instalación de dicha tubería (Ver fotografía 74-75).



**Fotografía 74. Instalación tubería PVC sanitaria exterior a bloque 3**



**Fotografía 75. Tubería PVC sanitaria en unidad sanitaria**

- **RED DE AGUAS LLUVIAS**

Se instaló los bajantes, la tubería y sus respectivas cajas de inspección de acuerdo a las dimensiones y pendientes contempladas en el diseño (Ver fotografía 76-77).



**Fotografía 76. Excavación para cajas de inspección para aguas lluvias**



**Fotografía 77. Bajantes aguas lluvias (unidad sanitaria, bloque 2 y 3 respectivamente)**

- **REDES HIDRÁULICAS, APARATOS Y ACCESORIOS SANITARIOS.**

Las redes hidráulicas se instalaron en el bloque de la unidad sanitaria, además de todos los puntos para lavamanos y grifos, se instaló tubería para el tanque de almacenamiento ubicado sobre la losa de este bloque, cuya capacidad es de 1000 ml.

De acuerdo con la distribución arquitectónica en la unidad sanitaria, se destinó en el baño de caballeros dos sanitarios y dos orinales, uno para adultos y uno para niños, además de cuatro lavamanos; por otro lado en el baño para damas se instaló cuatro sanitarios y cuatro lavamanos, en lo correspondiente al baño de discapacitados se instaló un sanitario y un lavamanos especial para discapacitados. Se construyó además un área de aseo, donde se hizo un tanque para lavado de traperos y un mesón (Ver fotografía 78).



**Fotografía 78. Aparatos y accesorios sanitarios instalados**

**Eventualidades presentes:** interventoría sugirió rediseñar la distribución arquitectónica del bloque 1 para incorporar dos unidades sanitarias para damas y caballeros y una cocineta indispensable para el uso futuro del personal administrativo. Finalmente, se rediseñó el plano arquitectónico de este bloque y se construyó las unidades sanitarias en la parte posterior del bloque, teniendo facilidad de conexión con las redes hidráulica y sanitaria del bloque contiguo (unidad sanitaria) (Ver fotografía 79).

Por lo anterior, se rediseñó también la red hidráulica y sanitaria.



**Fotografía 79. Aparatos y accesorios sanitarios bloque 1**

**1.3.31 Instalaciones eléctricas.** El diseño e instalación eléctrica estuvo a cargo del Ingeniero electricista Luis Carlos Cáceres. Dentro del presupuesto se incluyó:

- Centro de transformación en poste y baja tensión.
- Acometidas.
- Tableros.
- Iluminación y tomas.
- Tomas normales, regulado, voz y datos.



**Fotografía 80. Tubería conduit para red eléctrica ubicada previa a la fundición de losa**

#### **1.4 CASA DE LA CULTURA A SIETE MESES DE CONSTRUCCIÓN.**

Todos los ítems descritos anteriormente se realizaron durante los siete meses de permanencia de la pasante en obra, el estado de la obra en ese momento se puede observar en la fotografía 81, a la izquierda se tiene vista de los bloques correspondientes a la unidad sanitaria, bloques 2 y 3; a la izquierda se aprecia la construcción del bloque 1.



**Fotografía 81. Casa de la cultura a siete meses de ejecución**

#### **1.5 REGISTRO DIARIO DE NOTAS DE BITÁCORA O LIBRO DE OBRA.**

La Bitácora de Obra del proyecto de construcción de la Casa de la Cultura, fue llevada por la pasante, quien redactó y transcribió diariamente los avances y contratiempos presentados, los cuales fueron revisados por el ingeniero residente de obra y por el ingeniero residente de interventoría, se firmó al finalizar cada jornada de trabajo por ambas partes.

## **1.6 ACTAS Y PRE-ACTAS REALIZADAS POR EL PASANTE EN APOYO AL INGENIERO RESIDENTE DE OBRA**

La pasante colaboró en la realización de las pre-actas, anexando las fotografías y cubriendo las cantidades correspondientes. Todos los ítems y cantidades incluidas en cada una de las actas fueron medidos por la pasante y autorizados por el Ingeniero Residente del Contratista y de Interventoría, teniendo en cuenta las cantidades de los planos de diseño.

## **1.7 CONTROL DE MATERIALES Y DE LA CALIDAD DE OBRA.**

Los ensayos de laboratorio de la Casa de la Cultura se realizaron por el GRUPO CONSULTORES Y CONSTRUCTORES SAS.

**1.7.1 Ensayo de compactación (próctor modificado).** Ensayo realizado según procedimiento descrito en la Norma INVE – 142 *Relaciones de humedad – masa unitaria seca en los suelos (ensayo modificado de compactación)*.

Este ensayo se realizó para el material extraído de la mina “El Indo” del Municipio de Ancuya, destinado para uso en los rellenos de los diferentes bloques del proyecto. Se evaluó dicho material para obtener la densidad y humedad óptima de compactación (Ver anexo A).

**1.7.2 Densidad en campo por el método del cono y arena.** Ensayo realizado según procedimiento descrito en la Norma Técnica Colombiana NTC 1667, *Método de ensayo para determinar la densidad y el peso unitario en el terreno. Método del cono de arena*.

Este ensayo se realizó para el material extraído de la mina “El Indo” del Municipio de Ancuya, destinado para uso en los rellenos de los diferentes bloques del proyecto. Se verificó que la densidad y la humedad alcanzaran las obtenidas en laboratorio (Ver anexo B) (Ver fotografía 82).



**Fotografía 82. Toma de muestras – método del cono y arena**

**1.7.3 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto.** Ensayo realizado según procedimiento descrito en la Norma Técnica Colombiana NTC 550”, *Concretos. Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra.*

Durante el proceso de construcción de los elementos estructurales como vigas, columnas, losas, etc. se realizaron pruebas de laboratorio para verificar la resistencia a la compresión del concreto utilizado que debe alcanzar los 3000 psi en proporción 1:2: 2½ y 1:2:3. Se tomó tres especímenes cilíndricos de concreto por cada jornada de fundición de los elementos estructurales de los diferentes bloques, para ser ensayados a los 7, 14 y 28 días.

En todos los casos los resultados muestran alcanzar la resistencia requerida (Ver anexo C) (Ver fotografía 83).



**Fotografía 83. Toma de muestras – cilindros de concreto**

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados fueron entregados a interventoría para su verificación y realización de informe para el contratante.

### **1.8 SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA OBRA.**

El contratista está comprometido legal y éticamente a velar por la seguridad social integral y la protección física de cada uno de sus trabajadores, por tanto debe suministrar dotación básica de elementos de protección compuesta por: casco, chaleco reflectivo y botas, según las diferentes actividades en que esté involucrado el trabajador se le suministró elementos de protección como guantes, máscaras, arnés, y tapaoídos; todos estos elementos deberán estar avalados por la Norma ICONTEC garantizando la calidad de los mismos.

Tanto el personal no calificado como personal administrativo y/o visitante que ingresó a la obra debió usar los elementos de protección personal descritos anteriormente, de acuerdo a las actividades a desarrollar o al área de la obra que accedió.

Para evitar situaciones de robo se dispuso almacenes y bodegas con llave para los diferentes materiales y equipos necesarios, el responsable de las llaves y la seguridad dependieron del almacenista en compañía del celador diurno y nocturno.

Se elaboró e implementó un plan de emergencias y evacuación, que describió la ruta de evacuación en caso de emergencia con la respectiva señalización dentro de la obra (Ver fotografía 84).



**Fotografía 84. Señalización SISO en la obra**

La pasante y el auxiliar de seguridad industrial realizaron la señalización adecuada en las diferentes zonas de trabajo como se muestra en la anterior fotografía, verificando constantemente el uso adecuado de los implementos de seguridad por parte del personal (Ver fotografía 85).



**Fotografía 85. Capacitación al personal de obra**

**1.8.1 Personal.** Otra tarea de la pasante fue el control del personal mediante el registro diario de asistencia del personal de obra en una planilla establecida por parte del contratista y autorizada por la interventoría, donde se reporta al SGI el ingreso y retiro del personal, las incapacidades e inconvenientes de la obra.

La obra estuvo dirigida por el Director de Obra, supervisada por el residente de obra apoyado en la pasante y ejecutada por un técnico constructor que a la vez cumple el papel de maestro general. El personal de mano obra no calificada se organizó por cuadrillas de trabajo especializadas en actividades específicas, que fue contratada y retirada de acuerdo a la demanda de tareas, al final de la obra se subcontrató varios equipos de trabajo especializados.

El Ministerio de Cultura, patrocinador del proyecto realizó visitas en diferentes etapas de la obra que fueron determinantes para avalar el buen avance de la obra

y en dichas visitas se enfatizó tanto a la interventoría como al contratista sobre los aspectos relacionados al control de calidad y los tiempos programados.

La siguiente fotografía muestra una de las visitas que realizó el representante del Ministerio de Cultura desde la ciudad de Bogotá, Arquitecto Jairo Enríquez, Interventor Ingeniero Hugo Morán, Representante Legal del Consorcio Contratista ingeniero Sergio Bastidas, Director de obra Arquitecto Johnny Legarda, Ingenieros Residente de obra e interventoría, Luis Arturo e Iván Darío Jurado, respectivamente (Ver fotografía 86).



**Fotografía 86. Visita de representante Ministerio de Cultura**

## 2. CONCLUSIONES

Los diferentes procesos constructivos se ejecutaron con cuadrillas especializadas de acuerdo con la actividad a realizarse y además se verificaron continuamente por el ingeniero residente de obra y el auxiliar de ingeniería, por lo cual se obtuvo resultados de calidad en la estructura de concreto reforzado y en sus acabados.

Siendo la mano de obra fundamental en lo que respecta al rendimiento, reconocer su trabajo es clave para el buen avance del proyecto. Los pagos oportunos de la nómina, los pagos obligatorios de seguridad social, dotarlos de elementos de protección personal, capacitarlos en temas de seguridad industrial en el trabajo son herramientas que permiten tener un personal motivado y consciente de la importancia de su trabajo para el desarrollo de la obra.

El ensayo de densidades mediante el método del cono de arena muestra haber alcanzado la humedad y densidad óptima requerida de acuerdo al ensayo próctor modificado realizado en laboratorio, gracias a la energía aplicada para la compactación con el uso de equipos apropiados y a la verificación constante por parte de los ingenieros, se alcanzó en el caso más bajo un grado de compactación del 96.08%, mientras que los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión de especímenes de concreto, muestran que el 100% alcanzó la resistencia especificada a los 28 días, lo cual demuestra la calidad de los materiales empleados y el adecuado proceso de dosificación de la mezcla de concreto, por lo que el suministro de materiales continuó con los mismos proveedores y el control de la mezcla se verificó constantemente.

Las cantidades presentes en las actas suscritas durante el tiempo de la pasantía se encontraron acorde a las cantidades contempladas en el presupuesto del proyecto, fue necesario la elaboración de actas de modificación debido a ítems no previstos y cantidades de menor ejecución encontradas durante la ejecución de las actividades, esto no afectó el presupuesto en sí, debido a que se compensaron las cantidades no previstas con las de menor ejecución.

La implementación del sistema de seguridad industrial de los trabajadores en la obra garantiza minimizar los riesgos de accidente en obra. Durante la ejecución del proyecto no se presentó accidentes y el personal de obra fue continuamente capacitado, evitando los riesgos por acciones negligentes de los mismos.

### **3. RECOMENDACIONES**

Considerar la pasantía institucional como requisito para optar al título de ingeniero civil, oportunidad clave para formar y adquirir destrezas en el campo laboral, el desarrollo y puesta en práctica de los conocimientos adquiridos en una obra de construcción brinda una experiencia enriquecedora base para el desempeño del futuro profesional.

Incluir en el programa de estudios de ingeniería civil una electiva enfocada a la residencia de obras civiles connotando funciones y destrezas que debe tener un ingeniero al momento de asumir este cargo en la obra.

Implementar una asignatura referente a la contratación de obras públicas, obligatoria en el pensum académico dada la importancia que tiene para ingeniero civil vincularse con contratos estatales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica -AIS-comité AIS-100, *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)*, Grama, 2010.

Eduardo Medina Sánchez, *Construcción de estructuras de hormigón armado: edificación*, segunda edición, Delta publicaciones, 2008, pp.1-27, 255-264.

Julio César Sánchez Henao, "Tesis doctoral", Gestión Organizativa En El Proceso Edificatorio: Regulación De La Interventoría de Proyectos En Colombia, Universidad Politécnica De Madrid, 2007, pp. 199-201.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), "Norma Técnica Colombiana NTC 550", *Concretos. Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra*, 21 de junio del 2000.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), "Norma Técnica Colombiana NTC 1667", *Método de ensayo para determinar la densidad y el peso unitario en el terreno. Método del cono de arena*, 27 de noviembre del 2002.

Instituto nacional de vías INVIAS, "Norma INVE- 123- 07", *Análisis granulométrico de suelos por tamizado*, 2004.

Universidad de Nariño, Consejo Académico, Acuerdo No. 005, "Por el cual se deroga el Acuerdo No. 043 del 30 de abril de 2002 y se adopta la nueva reglamentación del trabajo de grado...", 26 de enero de 2010.

W. Duryea, *Project Planning and Gantt Charts*, University of Minnesota, 2008, documento en línea disponible en: [http://www.me.umn.edu/courses/me2011/handouts/proj\\_planning.pdf](http://www.me.umn.edu/courses/me2011/handouts/proj_planning.pdf)

Plan de Ordenamiento Territorial. *Municipio de Guaitarilla, Departamento de Nariño – Colombia*.

# **ANEXOS**

## **ANEXO A. Resultados ensayo Compactación – Próctor Modificado**

[ARCHIVO PDF]

## **ANEXO B. Resultados ensayo de Densidades - Método del Cono de Arena**

[ARCHIVO PDF]

## **ANEXO C. Resultados ensayo de Resistencia a la Compresión de Cilindros**

[ARCHIVO PDF]