

**RESIDENCIA EN LA OBRA RESTAURACIÓN, ADECUACIÓN Y
CONSTRUCCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MÚSICA DE LA UNIVERSIDAD
DE NARIÑO DE LA CIUDAD DE PASTO SEDE CENTRO**

EDWIN ALBEIRO RAMOS CORAL

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2007**

**RESIDENCIA EN LA OBRA RESTAURACIÓN, ADECUACIÓN Y
CONSTRUCCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MÚSICA DE LA UNIVERSIDAD
DE NARIÑO DE LA CIUDAD DE PASTO SEDE CENTRO**

EDWIN ALBEIRO RAMOS CORAL

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL**

DIRECTOR

ARQ. GONZALO MOREANO CHÁVEZ

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2007**

“Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de su autor”

Artículo 1º, del acuerdo No. 324 del 11 de Octubre de 1.966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación

Ing. José A. Jiménez Córdoba
Jurado

Ing. Fernando Delgado Arturo
Jurado

San Juan de Pasto, Noviembre de 2007

Los actos de María me mostraron la verdadera dimensión que adquieren los logros cuando los actos que los originan están llenos de transparencia y honestidad; los ojos de Daniel y Jahan me enseñaron que la voluntad debe ir de la mano con la perseverancia para llegar hasta esos logros. Este trabajo lo dedico a ellos.

AGRADECIMIENTOS

A mi Padre, que en paz descanse, por dibujar en el niño que fui un mundo lleno de posibilidades y por inculcarme los principios de la responsabilidad y la auto confianza; a mi Madre, por los inmensos sacrificios, por velar por mí en todo momento, por su generosa ayuda y por toda la confianza depositada en mí, A Sandra, que siendo mi compañera, se convirtió en el mayor de los incentivos para culminar esta tarea que los dos hicimos y que hoy me ha tocado presentar a nombre de ambos. A los profesionales, amigos y compañeros que compartiendo conmigo enseñanzas, y demás experiencias de diversa índole, abierta y desinteresadamente me colaboraron durante todo este proceso de formación. Pero sobre todo a Dios, Gracias, por llenar de lucidez mis pensamientos en aquellos momentos más críticos, y por permitirme aferrarme con ahínco a mi propósito. Gracias de corazón.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	21
1. METODOLOGÍA	23
1.1 INVESTIGACIÓN PRELIMINAR.	23
1.2 PLANEACIÓN	23
1.3 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN	24
2. GENERALIDADES	25
2.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES	25
2.1.1 Almacén y oficinas.	25
2.1.2 Localización y replanteo.	25
2.1.3 Demolición de muros de ladrillo.	26
2.1.4 Desmonte de cubierta existente.	27
2.1.5 Demolición de placa.	28
3. EXCAVACIONES	29
3.1 EXCAVACIÓN A MANO DE MATERIAL COMÚN	29
3.2 CORTE DE ROCA EXISTENTE EN LAS BASES DE LAS CIMENTACIONES	29
3.3 RELLENO Y APISONADO DE ZANJAS	30
4. CONCRETO	32
4.1 COLOCACIÓN DEL CONCRETO	33
4.2 ENCOFRADOS	34
4.2.1 Aditivos	36

5.	CIMENTACIONES	38
5.1	RELLENO EN CONCRETO CICLÓPEO, $f'_c=2500$ PSI	38
5.2	ZAPATAS AISLADAS Y COMBINADAS EN CONCRETO REFORZADO $f'_c=3000$ psi	39
5.3	VIGAS DE CIMENTACIÓN	41
6.	ESTRUCTURAS EN HORMIGÓN ARMADO	43
6.1	COLUMNAS	43
6.2	VIGAS AÉREAS	44
6.3	PLACAS DE ENTREPISO	45
6.3.1	Placas de entrepiso aligeradas con casetón de icopor.	46
6.3.2	Placas de entrepiso aligeradas con láminas colaborantes metaldeck 2” calibre 22	47
6.4	MÉNSULAS EN CONCRETO REFORZADO DE 3000 PSI	48
6.5	VIGAS CANAL	49
6.6	MEJORAMIENTO SUB-BASE EN RECEBO COMPACTADO	50
6.7	PLACA DE CONTRAPISO	50
7.	ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO	52
7.1	COLUMNETAS CENTRALES DE SECCIÓN 0,12*0,20	52
7.2	COLUMNETAS LATERALES DE SECCIÓN 0,08*0,08	53
7.3	CINTAS DE AMARRE DE SECCIÓN 0,12*0,12	53
8.	INSTALACIONES	55
8.1	INSTALACIONES SANITARIAS Y DE AGUAS LLUVIAS	55
8.1.1	Salidas sanitarias y de aguas lluvias.	55

8.1.2	Cajas de inspección.	56
8.1.3	Suministro e instalación de tubería pvc aguas lluvias 3" y accesorios.	57
8.2	INSTALACIONES HIDRÁULICAS	58
8.2.1	Instalación de tuberías y accesorios.	58
8.2.2	Salidas hidráulicas de 1/2".	58
8.2.3	Suministro e instalación de llaves de paso de 1/2".	58
8.3	INSTALACIONES ELÉCTRICAS, VOZ Y DATOS	59
9.	CONSTRUCCIÓN EN MAMPOSTERÍA EN LADRILLO DE ARCILLA COCIDA Y EN TAPIA	62
9.1	MAMPOSTERÍA	62
9.1.1	Filos y dilataciones.	64
9.1.2	Pañetes interiores y exteriores.	64
10.	PATOLOGÍA DE TAPIAS	65
10.1	DAÑOS MÁS FRECUENTES EN TAPIAS	66
10.2	EFFECTOS VISIBLES	67
10.2.1	Grietas verticales.	67
10.3	REPARACIONES MÁS FRECUENTES REALIZADAS EN TAPIAS	68
10.3.1	Frente a los efectos de cedimiento.	69
10.4	VENTAJAS DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA	70
10.5	DESVENTAJAS DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA	71
11.	ESTRUCTURA INTERNA GENERAL DE LOS PATIOS	72
11.1	BASES PARA PILASTRAS EN PIEDRA	72
11.2	PILASTRAS Y VIGAS DE MADERA	73

11.3	CAPITELES	75
11.4	CORREDORES	76
12.	FACHADAS	77
12.1	BALCONES	78
12.2	CANECILLOS	79
13.	CONCLUSIONES	80
14.	RECOMENDACIONES	81
15.	FUENTES DE INFORMACIÓN	82
16.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Recintos utilizados como zona de bodegaje o almacén.	25
Figura 2. Levantamiento y localización de ejes.	26
Figura 3. Demolición de muros de ladrillo en edificación existente.	26
Figura 4. Estructura portante de cubierta.	27
Figura 5. Desmonte de cubierta en teja de barro y en marquesina.	28
Figura 6. Demolición de placa de piso en baldosa.	28
Figura 7. Excavación a mano para vigas y zapatas corridas del onceavo bloque.	29
Figura 8. Corte de rocas existentes en las bases de las tapias.	30
Figura 9. Relleno y compactación alrededor de zapatas y pedestales.	30
Figura 10. Compactación simultánea a ambos lados de una conducción sanitaria.	31
Figura 11. Preparación y transporte de concreto mezclado por procedimiento mecánico.	32
Figura 12. Elementos y modelos de ensayo realizado a una muestra de concreto.	33
Figura 13. Formaleta para losa de entrepiso del séptimo bloque.	35
Figura 14. Formaleta para columnas de los bloques sexto y onceavo.	36
Figura 15. Formaleta para columnas de los bloques séptimo y décimo.	36
Figura 16. Presentación comercial de un aditivo.	37
Figura 17. Primera capa de ciclópeo depositada sobre una excavación.	38
Figura 18. Modelos generales de refuerzo de zapatas aisladas.	39

Figura 19. Detalle de refuerzo y separadores de una zapata aislada.	40
Figura 20. Armado y fundición de zapatas combinadas.	40
Figura 21. Amarre y distribución de estribos.	41
Figura 22. Encofrado y fundición de vigas de cimentación.	42
Figura 23. Armado y encofrado de pedestales de columnas.	43
Figura 24. Armado, amarre y encofrado de columnas de sección prismática.	44
Figura 25. Trazado sobre formaleta y armado de viga aérea.	45
Figura 26. Estructura de entrepisos.	46
Figura 27. Etapas iniciales del proceso de aligeramiento con casetón de icopor.	46
Figura 28. Amarre de refuerzo por retracción de fraguado y fundición de placa.	47
Figura 29. Malla por retracción de fraguado y fundición de losa.	47
Figura 30. Encofrado y fundición de ménsulas.	48
Figura 31. Ménsula elaborada en concreto de 3000 psi.	49
Figura 32. Armado, encofrado y fundición de viga canal del séptimo bloque.	49
Figura 33. Sondeos previos a la fundición de una placa de contrapiso.	50
Figura 34. Instalación de malla electrosoldada, fundición de losa de contrapiso.	51
Figura 35. Columnetas centrales armadas y fundidas.	52
Figura 36. Columnetas laterales antes y después de fundidas.	53
Figura 37. Procesos de armado, encofrado y fundición de cintas de amarre.	54
Figura 38. Excavación e instalación de tubería de aguas lluvias.	55
Figura 39. Caja de inspección de aguas lluvias con su respectiva tapa.	56
Figura 40. Cajas principales, cajas secundarias y desagües de aguas lluvias.	57
Figura 41. Variedad de materiales utilizados en las instalaciones eléctricas.	59

Figura 42. Instalación de tubería conduit PVC de ½”.	60
Figura 43. Muros elaborados en sogas y alillo.	62
Figura 44. Ejecución del proceso de mampostería.	63
Figura 45. Muros dobles en papelillo con espuma en fibra de vidrio al interior.	63
Figura 46. Dilataciones elaboradas entre columna y muro. Pañetes exteriores.	64
Figura 47. Barro y compuestos arcillosos, principales componentes de las tapias.	65
Figura 48. Tapia endurecida, poco afectada por efectos de ascensión del agua.	66
Figura 49. Grietas verticales producidas debido a cambio de material.	67
Figura 50. Piezas cerámicas usadas como anclajes entre tapias antiguas y nuevas.	69
Figura 51. Reparaciones internas y externas de tapias.	71
Figura 52. Estructura interna de un patio clásico de la época republicana	72
Figura 53. Fundición de bases en piedra para pilastras.	73
Figura 54. Pilastras y vigas de madera existentes.	73
Figura 55. Elaboración de pilastras y vigas en madera del tipo chapul.	74
Figura 56. Sistema de soporte para entresijos y cubierta.	74
Figura 57. Capiteles elaborados en madera del tipo chanul.	75
Figura 58. Pasamanos, listones y duelas de piso y cielloorso.	76
Figura 59. Fachadas existentes antes de la restauración.	77
Figura 60. Detalles arquitectónicos propios de la época republicana.	77
Figura 61. Acabados y detalles de la fachada principal.	78
Figura 62. Proceso de adecuación de balcones y puertas de fachada.	79
Figura 63. Canes y canecillos de la fachada principal.	79

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Cantidades de Obra.

Anexo B. Presupuesto de Obra.

Anexo C. Cortes de Obra.

Anexo D. Planos levantamiento topográfico, planos record, arquitectónicos y
estructurales.

RESUMEN

FACULTAD: INGENIERÍA

PROGRAMA: INGENIERÍA CIVIL

TITULO: “RESIDENCIA EN LA OBRA RESTAURACIÓN, ADECUACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MÚSICA DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO DE LA CIUDAD DE PASTO SEDE CENTRO”

AUTOR: EDWIN ALBEIRO RAMOS CORAL

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO: este trabajo contiene esencialmente el seguimiento de todas las actividades realizadas durante la supervisión del proceso constructivo en la obra restauración, adecuación y construcción del departamento de Música de la Universidad de Nariño sede centro.

diariamente se realiza una supervisión técnica en donde es necesario hacer un control técnico a los materiales, para verificar el avance de los diversos procesos constructivos, teniendo en cuenta las normas de calidad, las técnicas de construcción, las especificaciones, ensayos y pruebas para lograr un óptimo desempeño en su ejecución, y poder tomar las medidas o correctivos necesarios.

las principales actividades que ayudaron al desarrollo de la supervisión de la obra son:

- Medir la cantidad de obra para elaborar las preactas de pago.
- Verificar la calidad de los materiales utilizados en la obra.
- Llevar un registro diario de los materiales requeridos en la obra.
- Sacar cantidades de obra para diligenciar el pedido de los materiales.

ABSTRACT

FACULTY: ENGINEERING

PROGRAMS: CIVIL ENGINEERING

TITLE: "RESIDENCE IN THE BUILDING OF RESTORATION, ADAPTATION AND CONSTRUCTION OF THE NARIÑO UNIVERSITY MUSIC DEPARTMENT IN THE PASTO MUNICIPALITY CENTER SEAT"

AUTHOR: EDWIN ALBEIRO RAMOS CORAL

DESCRIPTION OF THE WORK: this work essentially contains the pursuit of all the activities made during the supervision of the constructive process in the work popular sales the 22 square essentially of technical control in the materials quality according to the norms, specifications and planes established.

daily is realized a technical supervision in the work for checking the advance of the several constructive processes, considering the quality norms, the construction techniques, the specifications, trials and proofs for getting an optimum discharge in its execution, and be able to take the necessary measures or necessary correctives.

the main activities that helped to the supervision development in the work were:

- measure the amount of the work for elaborating the payment preacts.
- check the materials quality used in the work.
- take a daily registry of the materials required in the work.
- get the amounts from work for transacting the materials request.

GLOSARIO

ACABADOS: partes de una edificación que no hacen parte de la estructura o su cimentación.

ADITIVO: material diferente del cemento, de los agregados o del agua que se añade al concreto, antes o durante la mezcla, para modificar una o varias de sus propiedades, sin perjudicar su durabilidad ni su capacidad de resistir esfuerzos.

AGREGADO: conjunto de partículas inertes, naturales o artificiales, tales como arena, grava, triturado, etc., que al mezclarse con el material cementante y el agua produce el concreto.

ASENTAMIENTO: elemento de registro de actividades y control, es un libro foliado en el cual se consignarán todas las visitas, acciones, decisiones, órdenes y en general todos los incidentes relevantes del desarrollo del trabajo.

CILINDROS DE ENSAYO: son utilizados para realizar ensayos de compresión cilíndrica, su longitud es el doble del diámetro. Los procedimientos de ensayo están establecidos por norma.

CIMENTACIÓN: parte interior de la estructura que penetra en el suelo para transmitirle a éste las cargas estimadas de la construcción. Las cimentaciones se diseñan con el fin de proporcionar un apoyo satisfactorio y económico a la estructura.

COLUMNA: elemento arquitectónico generalmente cilíndrico o cuadrado que sirve como pieza de apoyo y es parte fundamental del sistema aporricado de un edificio.

CONTROL: es la etapa de un proceso en la que se toman mediciones sobre unas variables, índices e indicadores, para compararlos con parámetros, normas o estándares establecidos previamente, con el propósito de verificar el desarrollo del proceso y tomar los correctivos del caso.

CONCRETO: material de construcción hecho con cal o cemento hidráulico, arena y agua, más un agregado de piedra triturada, escoria y grava, en proporciones adecuadas.

CONCRETO CICLÓPEO: mezcla compuesta de cemento, agregado fino (arena), agregado grueso (triturado) y agua, combinado con piedras de tamaño entre 15 y 30 cm., utilizado para el mejoramiento de pisos en cimentación de estructuras que trabajan predominantemente a compresión.

CURADO DEL CONCRETO: es aquel proceso por medio del cual se garantiza en los elementos de concreto un contenido de agua suficiente, durante los primeros días de fraguado, para que estos adquieren la resistencia requerida.

DISEÑO: trazo, dibujo o delineación de las posibilidades de distribución en obra, con base en sus necesidades funcionales.

DOSIFICACIÓN: es la medida óptima, bien se haga por peso o por volumen, de cada uno de los componentes de una mezcla; son las propiedades físico-químicas de dichos componentes las cuales determinan una compactación y resistencia favorables para el concreto.

FLEJE: estructuralmente se considera como un amarre de hierro que sostiene la armadura principal de un elemento, además es el elemento que asume los esfuerzos cortantes, de torsión y que provee confinamiento al elemento.

FORMALETA: es el conjunto de elementos, generalmente de madera, diseñados para dar forma al hormigón de acuerdo a las dimensiones, formas y requerimientos exigidos; se conoce también como encofrado.

FILETE: es la terminación saliente de un muro.

INTERVENTORÍA: implica la intervención, intermediación, participación o intercesión en el proceso constructivo, con el fin de garantizar el aseguramiento en la calidad de la obra, tanto en los materiales como en los procesos.

MORTERO DE PEGA: es una mezcla de cemento, arena, agua y, en algunas ocasiones, aditivos con proporciones técnicamente controladas; con propiedades características de adherencia, cohesividad, fluidez y textura en estado fresco y condiciones de durabilidad y resistencia mecánica en un estado endurecido.

RECUBRIMIENTO: protección del acero de esfuerzo contra óxidos y sustancias que desmejoran la adherencia entre el concreto y el acero.

PEDESTAL: elemento vertical sometido a compresión, que tiene una longitud libre no mayor a tres veces su mínima dimensión transversal.

REFUERZO: compuesto por barras de acero o malla electro soldada que trabajan en conjunto con el concreto.

SOBRECIMIENTO: es una construcción adicional en altura del cimiento inicial para que trabaje con las mismas funciones de un cimiento.

SOLADO: concreto pobre o de limpieza, de baja resistencia, que permite aislar la estructura de concreto del piso rustico, mantiene limpio y uniformiza el sitio de trabajo.

TAPIA: La tapia pisada como sistema constructivo consiste en compactar tierra en estado semi-seco en encofrados llamados tapias. La compactación se realiza con una herramienta a manera de remo denominado pisón.

VIGA: elemento estructural horizontal largo y grueso, que soporta cargas transversales, sufriendo presiones que la obligan a trabajar por flexión, pueden ser de madera, metal o concreto armado, apoyada en sus dos extremos o solo en uno.

ZAPATA: elemento de las cimentaciones para el ensanchamiento inicial de las columnas que se apoya con firmeza al suelo, son los primeros apoyos de las estructuras en base a un sistema de pórticos.

INTRODUCCIÓN

Haciendo un recuento de la historia de la humanidad, se podría inferir que fueron nuestros antecesores los homo-sapiens, tratando de encontrar refugio contra las inclemencias del clima, en cuevas y cavernas existentes en las cercanías de su entorno, quienes originariamente trataron de edificar espacios en los cuales se pudiera habitar.

Fueron, probablemente, los sumerios en la antigua Mesopotamia, quienes inicialmente pensaron en construir recintos cerrados, con muros en bloques de arcilla o piedra, pegados con calizas y cubiertos con hojas de palmera. Algunos bastimentos conformados con estos elementos aún se conservan y son considerados como patrimonio de la humanidad.

Por su parte, los indígenas que habitaron América, fueron constructores por excelencia, que dejaron reliquias arquitectónicas principalmente en México, Guatemala y Perú, así pues, aún hoy son famosas las pirámides de los Aztecas y de los Mayas en Centroamérica, las fortalezas de Machu Pichu y Tihuanaco en el Perú, y en nuestra Colombia se pueden vislumbrar los vestigios dejados por los chibchas, los kogis y los arhuacos en San Agustín y La sierra Nevada de Santa Marta, respectivamente.

En lo que a Nariño concierne, no se encuentran huellas de culturas adelantadas en cuanto a este esquema refiere; sin embargo, señalan algunos historiadores, que en la zona Pacífica y en la Sierra habitaron culturas que asimilaron pródigamente el desarrollo del bahareque y la madera rolliza para edificar construcciones de uso comunal o privado. Cuando arribó a estos territorios la corona española, los colonizadores trataron de borrar muchos de los entornos habitacionales y religiosos existentes en nuestro departamento en ese momento, trayendo sus modelos de sistemas constructivos, algunos de los cuales aún persisten.

Al instituirse el Valle de Atriz, como la Villaviciosa de San Juan de Pasto, se inició un proceso de urbanización del centro de la ciudad con una serie de calles y carreras relativamente amplias, en las cuales se edificaron construcciones que tenían como cimiento una capa de piedra debidamente acomodada, sobre la cual se asentaban sobrecimientos de ladrillo cocido pegados con calizas, en su mayoría, provenientes del Putumayo. Los muros hechos en tapia pisada, resultante de la compactación de suelo limoso con algo de arcillas, de ancho apreciable, el cual generalmente oscila entre los 60 y los 100 cm; con peculiaridades en la elaboración de los entrepisos y cubiertas, principalmente.

Los entresijos muestran su estructura fabricada en madera rolliza con diámetros no menores a los 12 cm, sujetados con rejos de procedencia animal. Sobre las mismas, tablonc de madera aserrada que servían de piso para los niveles superiores de las moradas; mientras que las cubiertas se construían siguiendo los lineamientos anteriores y conforme a esto la teja de barro puesta sobre hileras de tallos de caña brava o chacla, las cuales iban dispuestas con una separación aproximada de 60 cm de distancia, colocadas así con el fin de trasladar las cargas hasta correas de madera rolliza, las cuales finalmente se encuentran soportadas sobre cerchas de madera, convenientemente empotradas en las tapias. Se puede apreciar que la mayoría de la madera utilizada pertenecía a los tipos: maduro, charmolán y motilón; las cuales, a juicio de los expertos en materia estructural, se caracterizan por tener buena resistencia a la flexocompresión.

Como se puede apreciar, el barro y los compuestos arcillosos constituyen, junto a la madera y la piedra, los materiales más antiguos y de uso más amplio en la edificación. El patrimonio edificado sobre la base de la tierra, cocida o sin cocer, incluye una amplia variedad de tipologías constructivas. Pero la riqueza de este patrimonio está amenazada por la inexistencia de una metodología contrastada de restauración y conservación, especialmente en lo relativo a las fábricas de cajones de tapial.

Ya en particular, el presente trabajo describe los procesos constructivos y registra los resultados obtenidos de las labores realizadas en la ejecución de la obra denominada "Restauración, adecuación y construcción del Departamento de Música de la Universidad de Nariño sede centro" donde se efectuó la residencia de obra en las instalaciones correspondientes al mencionado recinto, acudiendo al cargo de Auxiliar de Ingeniería, durante el periodo de tiempo comprendido entre el 5 de mayo de 2006 y el 21 de noviembre del mismo año.

En dicho trabajo se da a conocer el desarrollo progresivo y secuenciado de todas las actividades requeridas para emplazar un espacio destinado para el aprendizaje de la música y las artes, donde específicamente se desarrollarán: actividades preliminares, cimentaciones, estructura, instalaciones sanitarias, instalaciones hidráulicas, instalaciones eléctricas, mampostería, pisos, carpintería de madera y cubierta.

La ejecución de la mencionada obra de restauración y adecuación, garantizará a la comunidad universitaria perteneciente al Departamento de Música seguridad ante el efecto de situaciones externas e imprevisibles, además de funcionalidad y comodidad a cada uno de los recintos donde se desarrollarán las actividades de aprendizaje. Todo esto gracias al aporte de los futuros ingenieros, quienes tienen la posibilidad de acercarse a su entorno laboral, apoyando técnicamente este tipo de obras que exigen la aplicación de los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación profesional.

1. METODOLOGÍA

1.1 Investigación Preliminar. Es una revisión general del proyecto que incluye planos de levantamiento topográfico, arquitectónicos, estructurales, así como también métodos y especificaciones constructivas para el Departamento de Música de la Universidad de Nariño sede centro.

1.2 Planeación. En este proceso se realizaron las siguientes actividades:

- Evaluación de cantidades de obra, en esta etapa se realizó una recolección de información para el posterior análisis de precios unitarios, con el que posteriormente se elaboró un presupuesto y se pudo estimar la proyección que tendría la construcción de la obra, ajustada a las especificaciones técnicas.
- Supervisión de avance de obra, se ejecutó día tras día en jornadas de ocho horas, durante las cuales se hacía un recorrido general por las instalaciones, haciendo las respectivas anotaciones de los procesos y actividades que se ejecutaban para certificar que éstos quedaran acordes a lo previsto. En caso contrario debían tomarse las medidas debidas para hacer los correctivos necesarios en el momento oportuno y con esto, consecuentemente, dar cumplimiento a lo especificado en los planos del proyecto.
- Control de ensayos de densidad en campo, el desarrollo de estos ensayos se hizo siguiendo el siguiente lineamiento: inicialmente se limpió la superficie de ensayo, luego se colocó la base metálica necesaria para el ensayo en una posición horizontal, la cual garantizaba firmeza para proceder a excavar dentro de la placa, cuidando de no perder el material extraído del agujero, posteriormente, se pasó dicho material a través del tamiz nº 4 y se colocó en un recipiente en donde fue pesado y finalmente marcado para identificar el sitio de donde fue extraída la muestra; en otra fase del proceso se determinó y registró la masa del aparato de densidad con el contenido total de arena para luego asentar el cono sobre la placa y abrir la válvula con el fin de dejar fluir la arena para finalmente determinar y registrar la masa del cono con la arena remanente y así proceder a realizar los correspondientes cálculos.
- Control de resistencia de muestras de concreto a la compresión, para efectuar estas pruebas, se debía buscar una superficie totalmente nivelada, que garantizará que las camisas quedaran ocupadas en todo su volumen; el cual se llenaba, con el concreto que se extraía de una cochada aleatoria, en 3 capas, después de cada una de las cuales se aplicaban 25 golpes utilizando

una varilla con punta redondeada de 5/8", para evitar hormigueros al interior de la camisa; al final se golpeaba de 10 a 15 veces por capa con el mazo de caucho para llenar los vacíos dejados por la varilla y finalmente se enrasaban las camisas con un palustre para dar como resultado una superficie lisa y nivelada la cual se marcaba con la fecha de toma y el nombre del elemento estructural al cual pertenecía. Luego de que la mezcla adquiría su curado inicial se desencofraban y se sumergían en un tanque provisionado de agua donde adquirían la resistencia necesaria con la cual se les hacía el refrentado a los 7, 14 y 28 días para con esto dar cumplimiento a lo estipulado en las normas.

1.3 Tratamiento de la información en la construcción.

- Fue necesario comprobar que el constructor cumpliera con las especificaciones técnicas en cada una de las labores acordadas previamente a la ejecución de la obra.
- Se debió supervisar que la toma de muestras y ensayos de laboratorio realizados a los materiales, se elaboraran bajo las condiciones que sugieren las normas técnicas pertinentes.
- Convino confrontar las cantidades de obra obtenidas en los planos previos de diseño, tenidos en cuenta desde la elaboración del presupuesto, con las ejecutadas en el campo.

2. GENERALIDADES

2.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES

2.1.1 Almacén y oficinas. Teniendo en cuenta la magnitud de las construcciones, generalmente, se debe levantar en el sitio de la obra un campamento o construcción provisional elaborada con elementos fácilmente desmontables. Éste debe tener la capacidad suficiente para albergar los diferentes materiales, al tiempo que debe ofrecerles seguridad ante posibles pérdidas además de protección contra los agentes atmosféricos, para evitar deterioro por su exposición a la intemperie.

Para la obra en desarrollo, fue necesaria la adecuación paulatina de las instalaciones de un recinto que anteriormente era utilizado como taller de zancos de la Facultad de Artes, y finalmente se le dio uso de almacén (Figura 1); pues brindaba suficiente espacio para bodegaje y seguridad frente a potenciales daños o pérdidas. Para la elección del sitio se tuvo en cuenta un posible y muy aproximado flujo de materiales de acuerdo a un cronograma de actividades, previamente elaborado.

Figura 1. Recintos utilizados como zona de bodegaje o almacén



2.1.2 Localización y replanteo. Con la localización y el replanteo se pretendía trazar sobre el terreno los detalles de la obra que se iba a levantar, en la forma prevista por los arquitectos e ingenieros proyectistas; ciñendo la construcción de la misma a la normatividad municipal. En ese orden de ideas, Inicialmente se establecieron los distintos niveles para pisos acabados, tanto interiores como exteriores; alcantarillado, acueducto; entre otros, para así dar inicio a la obra y referirla a vías y/u obras existentes, por medio de amarres verticales y horizontales debidamente aprobados por la autoridad competente. Esta actividad se desarrolló

con la ayuda de planos detallados de localización y ejes de cimentación, con clara indicación de los niveles de piso y puntos de referencia necesarios. (Figura 2)

Figura 2. Levantamiento y localización de ejes



En algunas etapas de la construcción, fue imperioso hacer confrontación de las medidas que aparecían en los planos arquitectónicos, estructurales, hidráulicos y sanitarios, con lo que quedaba emplazado en el terreno, para hacer los respectivos análisis y las debidas correcciones, en la eventualidad de que se observaran discrepancias.

2.1.3 Demolición de muros de ladrillo. Este ítem comprendió la ejecución de trabajos necesarios para la demolición total o parcial de muros en mampostería existentes. (Figura 3)

Figura 3. Demolición de muros de ladrillo en edificación existente



Estos muros fueron se eliminaron para el correcto desarrollo de las obras; posteriormente, se hizo el desalojo correspondiente, todo de acuerdo con lo estipulado en planos, teniendo especial cuidado en la remoción de aquellos elementos que debían ser desarmados y desmontados sin dañarse, tales como

estructuras metálicas, techos, marquesinas, tanques, piezas sanitarias, puertas y ventanas; para lo cual se tuvo las precauciones necesarias con el objeto de no afectar el estado de las construcciones vecinas y especialmente las tapias existentes, las cuales se pretendían conservar. De igual manera se tuvo especial cuidado de no obstruir el área de construcción con materiales producto de la demolición, para lo cual éstos debían ser retirados de la obra y depositados en el sitio determinado para tal fin.

2.1.4 Desmote de cubierta existente. La cubierta estaba conformada por teja de barro con su respectiva estructura portante de vigas y correas en madera, machimbre de caña brava, cielo raso en malla pañete (Figuras 4 y 5); los cuales se desmontaron de los sitios indicados en el proyecto, todo con la debida protección, posterior cargue y retiro de escombros a los lugares avalados por las autoridades municipales. Esta labor se realizó brindando la debida protección a muros, barandas, pisos, puertas ventanas y demás elementos que se verían afectados por el desmote de la cubierta.

Figura 4. Estructura portante de cubierta



Figura 5. Desmante de cubierta en teja de barro y en marquesina



2.1.5 Demolición de placa. Se realizaron demoliciones totales y parciales de placas de piso existentes que impedían el correcto desarrollo de las obras para lo cual se tuvo las precauciones necesarias para no afectar las tapias existentes que se pretendían conservar. (Figura 6)

Figura 6. Demolición de placa de piso en baldosa



3. EXCAVACIONES

3.1 EXCAVACIÓN A MANO DE MATERIAL COMÚN

Esta actividad, generalmente, se desarrolló de la siguiente manera: Inicialmente se procedió a excavar manualmente para luego remover, cargar y transportar a los sitios de desecho los materiales correspondientes, haciendo las respectivas anotaciones y verificaciones de cotas en los planos topográficos, arquitectónicos y estructurales. A lo largo de todo este proceso la Interventoría realizó los siguientes controles: comprobar que los equipos estuvieran en buen estado, exigencia en el cumplimiento del cronograma de trabajo, verificando alineamientos, perfil y secciones de las áreas excavadas, midiendo, conjuntamente con la parte contratista, el volumen de trabajo ejecutado. No se realizaron excavaciones a máquina, debido a que la infraestructura existente no lo permitía. (Figura 7)

Figura 7. Excavación a mano para vigas y zapatas corridas del onceavo bloque



3.2 CORTE DE ROCA EXISTENTE EN LAS BASES DE LAS CIMENTACIONES

Durante la ejecución del proceso de excavación fueron hallados materiales rocosos debajo de las tapias, los cuales poseían unas características de dureza y textura tales que no permitían ser cortados sino por medio de trabajos manuales orientados a realizar fracturas y posteriores cuñas en los casos que así se estimaba conveniente. De acuerdo con las averiguaciones realizadas, se pudo establecer que los cantos rodados eran ubicados en las bases para dar soporte y para simultáneamente aislar las tapias de la humedad potencialmente entrante por el suelo, de tal forma que en obra se procuraba remover solamente el volumen

necesario de cada piedra para ejecutar las excavaciones, mas no la pieza completa para no disminuir riesgosamente el volumen de apoyo. (Figura 8)

Figura 8. Corte de rocas existentes en las bases de las tapias



3.3 RELLENO Y APISONADO DE ZANJAS

Los rellenos con materiales compactados por métodos manuales (con o sin utilización de equipos mecánicos) se realizaron alrededor de: fundaciones de muros, zapatas, muros de contención, tanques en zanjas para acueducto, alcantarillados, canalizaciones y pedestales (Figura 9); en donde la compactación de materiales por medio de rodillos pesados no era posible.

Figura 9. Relleno y compactación alrededor de zapatas y pedestales



El relleno de las zanjas se hacía simultáneamente a ambos lados de los tubos, procurando con esto evitar presiones laterales peligrosas (Figura 10); Se hacía hincapié en las recomendaciones de cuidado de las tuberías de acueducto, pues

estas no debían permanecer mucho tiempo destapadas, ya que expuestas a la intemperie pueden sufrir calentamientos y/o enfriamientos, los cuales, por efecto de la expansión o contracción que causen, pueden deshacer las juntas.

Figura 10. Compactación simultánea a ambos lados de una conducción sanitaria



4. CONCRETO

Es bien sabido, que el concreto puede ser mezclado por procedimientos manuales o mecánicos. Para el caso que nos atañe, con el propósito de obtener unas características uniformes y constantes de resistencia, trabajabilidad y compacidad, el mezclado se hizo por procedimiento mecánico, dosificando por volumen los componentes.(Figura 11)

Figura 11. Preparación y transporte de concreto mezclado por procedimiento mecánico



Para lograr la condición exigida para el concreto en cuanto a dosificación, se realizaron controles rigurosos y permanentes de la calidad de los materiales. Para estos efectos se exigía, que el agregado fino fuera arena negra lavada y libre de impurezas, que el agregado grueso, cuando las condiciones de vaciado así lo exigieran, fuera triturado fino seleccionado de diámetro menor a los $\frac{3}{4}$ de pulgada, los cuales eran medidos por peso y mezclados en obra.

Con el objeto de verificar las condiciones que sugerían las especificaciones técnicas de construcción requeridas para el concreto, se realizaron, tal como lo sugiere la NSR-98 en su artículo C.4.3.2, los ensayos de resistencia a la compresión.

De igual manera, se realizó para cada muestra significativa de volumen, el ensayo de asentamiento (SLUMP), de acuerdo al artículo C.4.7.2, utilizando para tal fin el

cono de Abrahams, en la forma que lo recomienda la NTC. 396, con la finalidad de medir la consistencia del concreto y el grado de fluidez de la mezcla. (Figura 12)

Figura 12. Elementos y modelos de ensayo realizado a una muestra de concreto.



El amasado se efectuó mediante el mezclado de los componentes en la revolvedora; éstos se ponían en el siguiente orden: inicialmente se colocaba una parte de los áridos gruesos y del agua, haciendo girar el tambor de la revolvedora, a fin de remover la mezcla precedente; luego se adicionaba el cemento (conquistador del Valle), el resto del agua y la arena; se hacía girar nuevamente la mezcladora y finalmente se agregaba el triturado grueso restante. El tiempo de amasado en ninguna oportunidad fue menor a los 1.50 minutos que establece la Norma ASTM-C-94.

4.1 COLOCACIÓN DEL CONCRETO

El concreto debía tener la consistencia y disposición que permitiera su colocación en todas las esquinas y ángulos de las formaletas y alrededor del refuerzo y de cualquier otro elemento embebido, sin que hubiera segregación. Cuando quedaba agua libre en la superficie del concreto, esta debía recogerse y retirarse antes de colocar una nueva capa de concreto. Esa capa se colocaba tan pronto como era posible y nunca después de treinta (30) minutos de ejecutada la mezcla, esto por indicación de la interventoría.

Cuando se colocaba concreto sobre una fundación de tierra, ésta debía estar limpia y húmeda pero sin agua estancada o corriendo sobre ella. Además no podía

colocarse concreto sobre tierra porosa seca o zonas que no hayan sido compactadas a la densidad requerida por medio de métodos manuales.

4.2 ENCOFRADOS

Las formaletas se diseñaban y construían de tal manera que produjeran unidades de concreto idénticas en forma, líneas y dimensiones a las unidades que mostraban los planos. La elección del tipo de material utilizado para las formaletas, dependía de la textura que se pretendía dar a un determinado elemento estructural.

Las formaletas eran sólidas y adecuadamente arriostradas, de manera que siempre se mantenían en su posición y forma; y resistían todas las solicitudes a las cuales debían ser sometidas, tales como presiones por colocación y vibrado del concreto.

Todas las superficies interiores de las formaletas debían estar completamente limpias y eran adecuadamente tratadas para obtener superficies lisas, compactas, de color y textura normal y uniforme. Las formaletas no eran removidas sino hasta que el concreto endurecía suficientemente para soportar con seguridad su propia carga, más cualquier carga sobrepuesta que se le pudiera colocar.

Al momento de colocar el concreto, la superficie de la formaleta estaba libre de incrustaciones de mortero y de cualquier otro material y no tenía huecos, imperfecciones, deformaciones ni uniones defectuosas, que eventualmente permitieran filtraciones de la lechada a través de ellas, o irregularidades en las caras del concreto.

Antes de hacer las vaciadas se cubría la superficie de la formaleta que iba a estar en contacto con el concreto, con una capa de aceite quemado, el cual evitaba la adherencia entre el concreto y la formaleta.

Para la construcción de la formaleta de la losa de entrepiso se hizo necesaria la utilización de crucetas cortas y largas, paralelos telescópicos, camillas o tableros de madera y cerchas, además de tabla ordinaria y listones para cubrir las zonas que generalmente quedan en las esquinas y forman ángulos con las columnas, las cuales no eran alcanzadas a cubrir por las camillas. (Figura 13)

Figura 13. Formaleta para losa de entresuelo del Séptimo bloque



La formaleta utilizada en columnas era de madera, específicamente tajillos de 24 cm de ancho, algunos de los cuales se partían en tiras de 6 y 12 cm para garantizar la geometría y dimensiones determinadas en planos, además se requerían varengas y guaduas las cuales eran utilizadas como tornapuntas, así mismo se utilizaron tablonos para andamios, para facilitar el carreteo sobre las losas de entresuelo. (Figuras 14 y 15)

Figura 14. Formaleta para columnas de los bloques sexto y onceavo



Figura 15. Formaleta para columnas de los bloques séptimo y décimo



Cada elemento estructural exige un tiempo mínimo para el desencofrado, el cual se aplicó rigurosamente. En efecto, la formaleta para las columnas, fue retirada después de 24 horas de haber sido fundidas, los tableros laterales de vigas y zapatas se retiraban a las 36 horas, y el desencofrado de la losa se hizo a los 28 días, cuando adquirirían la resistencia esperada (no se utilizaron acelerantes).

4.2.1 Aditivos, En algunos de los elementos estructurales fue necesaria la utilización de los siguientes aditivos:

Sikadur 32 primer, es un adhesivo epóxico de dos componentes, que garantiza una pega perfecta entre concreto endurecido y concreto fresco. Es un imprimante

de alta adherencia para recubrimientos epóxicos sobre superficies de concreto adsorbentes, húmedas, o metálicas secas. Este producto, que es fabricado por SIKKA, consta de dos componentes A y B, que vienen en distintos colores para facilitar el control sobre la homogeneidad de la mezcla, de los cuales el componente B se debe verter completamente sobre el A, para luego mezclarlos manualmente hasta obtener una mezcla de color uniforme, para el caso en particular, se utilizó para terminar de fundir algunas vigas de cimentación que quedaron inconclusas por motivos constructivos.

Figura 16. Presentación comercial de un aditivo.



Sika anchor fix -1, que es un adhesivo acrílico modificado de dos componentes de curado rápido para anclajes en concreto, mampostería y piedra, este producto fue aplicado en columnetas y vigas cinta de muros periféricos de todos los bloques.

Sikafiber AD, que es un refuerzo de fibra de polipropileno modificada que disminuye el agrietamiento de concretos y morteros. Está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados y polímeros sintéticos que anulan la tendencia a reducir la trabajabilidad y el asentamiento del concreto, propia de otro tipo de fibras convencionales.

La adición de Sikafiber AD sustituía al tamo, material utilizado en la fabricación de los módulos de tapia, para evitar que los pañetes presentaran grietas o fisuras por efectos de las variaciones de temperatura.

5. CIMENTACIONES

Las cimentaciones de una construcción, son las partes que entran en contacto directo con el suelo, y están destinadas a repartir sobre éste el peso de la obra. La cimentación de la construcción debía tener una capacidad de soporte suficiente para atender cualquier combinación de cargas a la que debiera ser sometida.

Para evitar asentamientos diferenciales cuando la compresión del terreno no es homogénea o cuando las cargas son muy diferentes, las cimentaciones se unían por medio de vigas de arriostamiento, conformando un entramado según el diseño estructural.

5.1 RELLENO EN CONCRETO CICLÓPEO, $f'c=2500$ PSI

Este tipo de concreto se preparaba con el fin de ser utilizado para rellenar los volúmenes de las excavaciones que requerían mayor profundidad de desplante por no encontrarse éstas sustentadas sobre un suelo con las características requeridas para el soporte y que por tanto podían generar remoldeo del mismo.

Figura 17. Primera capa de ciclópeo depositada sobre una excavación



El desplante propuesto para todas las zapatas era de 1.20 m, pero fue el séptimo bloque el que, por las razones antes citadas, obligó la preparación de ciclópeo

con un contenido de 60% de concreto simple y 40% de rajón. Para la elaboración del ciclópeo se colocaba en el fondo de la excavación una capa de 0.06 m de concreto simple de proporción en volumen 1:3:5, y sobre éste capas consecutivas de rajón. El de mayor diámetro al fondo, y de menor diámetro gradualmente hasta llegar a la parte especificada para cimentar.

5.2 ZAPATAS AISLADAS Y COMBINADAS EN CONCRETO REFORZADO $f'c=3000$ PSI

Las zapatas aisladas (individuales) son los tipos de cimentaciones poco profundas más económicas, pero también las más susceptibles a los asentamientos diferenciales. Casi siempre soportan cargas concentradas aisladas, como las que descargan las columnas.

Figura 18. Modelos generales de refuerzo de zapatas aisladas



Debido a que la mayor parte del terreno presentaba buenas condiciones de soporte, solamente las zapatas del séptimo bloque se construyeron sobre una capa de apoyo de 25 centímetros de concreto ciclópeo; las zapatas de los otros bloques tenían un solado de 5 cm, elaborado en concreto de 2100 psi; sobre la superficie del solado se le instaló el refuerzo de la zapata y el de la columna correspondiente a cada elemento de cimentación, ya que estos elementos deben quedar embebidos conjuntamente dentro del concreto. La parrilla o refuerzo de cada zapata estaba separada de la superficie de solado por distanciadores (panelitas) de concreto (Figura 19), previamente se habían colocado las tapas laterales en los casos donde hubo sobre excavación, con el objeto de delimitar el área especificada en los planos. Era requisito indispensable que el fondo, las

paredes y el refuerzo de cada zapata estuvieran aseados antes de que se efectuara el procedimiento de colocación del concreto. Finalmente el concreto era colocado para posteriormente ser vibrado, apisonado y tallado con la ayuda de palustres para dejar su superficie lisa y con el mejor acabado posible.

Figura 19. Detalle de refuerzo y separadores de una zapata aislada



Siguiendo el mismo desarrollo anotado anteriormente, se fundaron zapatas combinadas en el onceavo bloque (Figura 20), debido a que se traslapaban las áreas de apoyo de columnas contiguas que se indicaban en planos. Razón por la cual se advirtió conveniente solicitar el concepto del ingeniero calculista, quien finalmente dictaminó que, para efectos de redistribuir las concentraciones de esfuerzos de apoyo y los asentamientos diferenciales asociados, el cambio de cimentación y la concierne construcción de las mencionadas zapatas era lo más provechoso.

Figura 20. Armado y fundición de zapatas combinadas



Se tomaron muestras del concreto mezclado en obra para verificar lo estipulado en la norma NSR 98 con respecto a resistencia y las normas ICONTEC 161, 116, 1920, 1925 y ASTM A-706.

5.3 VIGAS DE CIMENTACIÓN

El término viga usualmente se aplica a miembros cuya parte superior está conectada en forma continua a su parte inferior a lo largo de toda su longitud. La estructuración de vigas cargueras y riostras frecuentemente se emplea en luces relativamente cortas, oscilantes entre los 2 y 3 m aproximadamente; también cuando se desea diseñar elementos de poco peralte para lograr alturas libres máximas debajo de ellos.

Inicialmente se tuvo en cuenta para su construcción la fundición de un solado de limpieza en concreto pobre $f'c$ 2500 PSI, habiendo realizado previamente la limpieza de las zonas a fundir, así como también se chequeó que los laterales que conformaban la formaleta estuvieran debidamente apuntalados. El figurado y armado del acero tanto longitudinal como transversal debía corresponder al detallado en el diseño estructural; ya en obra se realizaron los despieces respectivos para dar cumplimiento con lo estipulado en la NSR 98 en lo que a traslapos de barras longitudinales refiere, así como también en lo que concierne a distribución de estribos (Figuras 21 y 22). Debían quedar afianzados bajantes, anclajes y demás elementos que irían embebidos en el concreto. Generalmente el recubrimiento que se dejaba para estos elementos era de 0.03 m.

Figura 21. Amarre y distribución de estribos



Figura 22. Encofrado y fundición de vigas de cimentación



Cuando era necesario, se debían reparar hormigueros y bordes incompletos dentro de las 24 horas siguientes a la fundición tal como lo establece la norma. Finalmente se procedió a realizar el pertinente curado durante los 7 días siguientes a la fundición.

6. ESTRUCTURAS EN HORMIGÓN ARMADO

La estructura que se planteaba emplazar, comprendía la construcción de un sistema aporticado que, amarrado convenientemente al sistema colonial existente, daría origen a un nuevo sistema dual capaz de tolerar las solicitaciones a las que se vería sometido, ante la eventualidad de un sismo.

6.1 COLUMNAS

En las columnas de concreto reforzado, las barras longitudinales de acero ayudan al concreto a tomar la carga. Los estribos o flejes de acero que envuelven a esas barras impiden que éstas se pandeen hacia afuera y cuarteen el cascarón exterior del concreto.

Existe un segmento de la columna que se conoce con el nombre de pedestal cuyo refuerzo debe quedar embebido a la cimentación, por lo que el acero longitudinal de las columnas se amarra a las parrillas de las zapatas. (Figura 23)

Figura 23. Armado y encofrado de pedestales de columnas



Ya en particular, el refuerzo de las columnas, en todos los bloques, comprendía seis barras longitudinales de diámetro 5/8 de pulgada, de las cuales, tres se traslaparon en el tercio central de la altura del primer nivel, las tres restantes se traslaparon en el tercio central de la altura del segundo nivel; lo anterior se decidió así dando conformidad a lo estipulado en el capítulo C.21 del título C de la NSR-98. Por otra parte, el refuerzo transversal estaba conformado por acero de 3/8 de

pulgada, el cual se distribuía a lo largo de la luz libre de la columna en cada nivel, en forma de estribos cuadrados cuya longitud total era 1.11 m, repartidos en cuatro caras de 0.26 m y dos ganchos de 0.075m (Figura 24)

Figura 24. Armado, amarre y encofrado de columnas de sección prismática



El proceso constructivo de las columnas requiere que estos elementos estructurales garanticen verticalidad, geometría y estética; debido a esto debían aplomarse apropiadamente, sus formaletas con las dimensiones especificadas en planos y además de contextura óptima.

6.2 VIGAS AÉREAS

Existen dos requisitos indispensables para iniciar el proceso constructivo de las vigas aéreas, el primero y más importante, es que las columnas deben tener la resistencia necesaria para tolerar los esfuerzos generados durante el vaciado; el segundo requisito es que los niveles, pendientes e inclinaciones para estos elementos estructurales sean los exigidos en planos.

Se construyeron vigas ligeras de sección transversal 30*35 cm², cuya formaleta estaba formada por tableros laterales, barrotes, codales de cabeza y camillas como tableros de fondo, las cuales debían estar perfectamente niveladas para con ello lograr el peralte deseado.

En obra, se verificaba el trazado, la nivelación y que existiera correspondencia entre los planos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones especiales y lo cimbrado en las camillas; de igual manera se controlaba permanentemente la

relación agua cemento de la mezcla para garantizar la resistencia definida en el cálculo estructural (Figura 25)

Figura 25. Trazado sobre formaleta y armado de viga aérea



El refuerzo se colocaba de acuerdo con los planos estructurales. En las etapas de corte y enderezado, se utilizaron los elementos de trabajo y de protección adecuados. De igual manera se realizó la etapa de amarrado, para la cual se manejó el uso de alambre dulce calibre 18.

6.3 PLACAS DE ENTREPISO

Los entrepisos existentes mostraban una estructura elaborada con varas rollizas de diámetros fluctuantes entre los 15 y 25 cm, los cuales se hallaban embebidos a los muros de tapia aproximadamente 50 cm, sobre las varas se apoyaban una

serie de tozos de listones separados cada 70 cm, mas o menos; y finalmente sobre éstos, tablillas de madera machihembrada (Figura 26)

Figura 26. Estructura de entrepisos



6.3.1 Placas de entrapiso aligeradas con caseton de icopor. Todos los bloques que requerían insonorización, de los cuales se excluían únicamente los bloques administrativos (bloques 2 y 3), llevaban en la estructura de las losas, casetones con espesor de 30 cm. para evitar la fuga de ondas sonoras hacia los pisos contiguos (Figuras 27 y 28). Este tipo de casetones no requería el uso de la acostumbrada malla electrosoldada, pues el fabricante sugería manejar “Pastamuro”, un estuco plástico, que se adhería directamente al elemento aligerante, cabe resaltarse el hecho de que el secado del pastamuro era lento, por lo que resultaba imperiosa su rápida aplicación.

Figura 27. Etapas Iniciales del proceso de aligeramiento con caseton de icopor



Figura 28. Amarre de refuerzo por retracción de fraguado y fundición de placa



6.3.2 Placas de entrepiso aligeradas con láminas colaborantes metaldeck 2" calibre 22. Las placas aligeradas con metaldeck, tenían un espesor de 10 cm, dichas placas estaban compuestas además de las láminas por una ligera capa de concreto, elementos que interactuaban para generar un sistema monolítico. Para su construcción se debía tener en cuenta la geometría del área a cubrir, debiendo empezar el montaje desde un lado de geometría regular para terminar por los lados de geometría irregular; los cortes requeridos se realizaron utilizando pulidora (sistema de corte por abrasión); algunas veces se emplearon apuntalamientos temporales. Las láminas se sujetaron en sentido longitudinal unas con otras por medio de tornillos autoperforantes; posteriormente, se instaló una malla de retracción de fraguado de 5 mm de diámetro (Figura 29); y finalmente, antes de fundir la placa, se instalaron varillas de acero de 1/2" sobre los valles de las piezas, para evitar potenciales fisuras, que aunque en muchos casos no representan problemas estructurales si lo hacen estéticamente.

Figura 29. Malla para retracción de fraguado y fundición de losa



Son numerosas las ventajas por las que se adopta este sistema, pues reduce sustancialmente los tiempos de construcción, así como los materiales; conjuntamente proporciona estructuras seguras y espaciosas, eso por mencionar sólo las más importantes.

Los anteriores eran aspectos particulares de cada tipo de losa que se consideraron importantes de reseñar por las particularidades que cada uno de ellos demanda, por lo demás al igual que para otros tipos de elementos estructurales, la fundición de losas exige como actividades previas, corte, figurado y armado de refuerzo longitudinal y transversales; asimismo, armado de vigas y viguetas, instalación de ductos eléctricos, hidráulicos y sanitarios, fundición de plaqueta inferior y demás convengas que garantizaron dimensiones que concordaban con las condiciones para las cuales se proyectaron este tipo de elementos.

6.4 MÉNSULAS EN CONCRETO REFORZADO DE 3000 PSI

Las ménsulas o cartelas fueron unidades estructurales que se proyectaron para ser utilizadas como soportes de apoyo simple de entresijos comprendidos entre bloques adyacentes que debían actuar por separado ante el evento de un efecto sísmico (Figura 30)

Figura 30. Encofrado y fundición de ménsulas



Las ménsulas se plantearon y construyeron, teniendo en cuenta que la relación entre el claro de cortante (distancia desde el paramento externo de la viga de apoyo hasta el paramento externo de la ménsula) y la altura, fuera no mayor de 1; del mismo modo se tuvo presente el concepto estructural que establece que el

refuerzo para éstas debe constar de varillas para tensión y refuerzo para esfuerzo cortante, consistente éste último en anillos cerrados paralelos al refuerzo principal. En efecto, para el caso en particular se diseñaron y se fundieron cartelas con claro de cortante y altura de 15 y 20 cm respectivamente (Figura 31); y se utilizaron barras de 3/8" en forma de *u* invertida para el refuerzo principal y anillos cerrados separados cada 5 cm en acero de 1/4 " como refuerzo para esfuerzo cortante.

Figura 31. Ménsula elaborada en concreto de 3000 psi.



6.5 VIGAS CANAL

Se proyectó la construcción de vigas canal (Figura 32), con el propósito de encurсар hasta los buitrones de los bajantes respectivos, las aguas lluvias provenientes de las cubiertas de los bloques 7 y 8.

Figura 32. Armado, encofrado y fundición de viga canal del séptimo bloque



Para ello, en el mismo momento que se hacía el amarrado de las vigas desde las cuales se desprendían las vigas canal, se dejaban extensiones de acero o lo que en el argot de la construcción se conoce como “pelos” en acero corrugado de 1/2” (separados cada 20 cm), esto con respecto a lo que correspondía a refuerzo transversal; en lo concerniente a acero longitudinal para conformar las parrillas se disponían barras en acero de 3/8”. La aleta que le daba la forma particular de una U tenía 12 cm de espesor e igual altura que la viga de donde se desprendía.

6.6 MEJORAMIENTO SUB-BASE EN RECEBO COMPACTADO

Para desarrollar esta actividad se ejecutaron las siguientes etapas: suministro, transporte, colocación y posterior compactación de los materiales de afirmado. Era requisito indispensable que el material destinado para este propósito tuviera una consistencia adecuada. Ya en obra, dicho material se extendió uniformemente, alcanzando un espesor de 15 cm, sobre las zonas donde posteriormente se proyectaba pavimentar. La compactación se efectuó con saltarín, empezando por los bordes exteriores y avanzando paulatinamente hasta llegar al centro. El objetivo final era lograr una superficie homogénea, que se ajustara a las rasantes y pendientes del terreno, y de hecho se alcanzó el fin.

6.7 PLACA DE CONTRAPISO

Fue menester antes de entrar a ejecutar este tipo de placas, realizar un estudio minucioso de las condiciones de humedad del terreno. (Figura 33)

Figura 33. Sondeos previos a la fundición de una placa de contrapiso



De igual manera, se tuvo en cuenta la ubicación de las redes de agua y energía, desagües y cajas de inspección; en consecuencia, se chequeó que éstas se colocaran en los sitios previstos y que además se hubiesen ensayado previamente.

Como soporte para las losas de contrapiso se colocó relleno de base granular en capas de 10 cm, todo con el propósito de obtener un estrato con la suficiente capacidad para atender los esfuerzos producidos por las cargas y reacciones no uniformes del suelo.

Luego de verificar el espesor deseado en la base, se tendió la malla electro soldada de 6 mm.(15 x 15), la cual se dispuso sobre unos soportes en forma de “U” que separaban la malla de la base; luego se preparó y posteriormente se procedió a vaciar la mezcla de concreto de proporción 1:3:3 en volumen, hasta conseguir una capa de 10 cm de espesor. Finalmente, se procedió a vibrarla para su acomodamiento y compactación en toda el área que había de cubrirse. (Figura 34)

De la misma manera que en los otros elementos que así lo requerían, una vez colocado el concreto, se inició la etapa del curado, la cual se prolongó durante los siete días siguientes a la fundición.

Figura 34. Instalación de malla electrosoldada y fundición de losa de contrapiso



7. ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

Los elementos de confinamiento o de amarre, son aquellos elementos de concreto, que se utilizan para sujetar los muros elaborados en mampostería. A este tipo de unidades pertenecen las columnetas y las cintas de amarre; su construcción demanda una continuidad, en cuanto al vaciado, desde las vigas de cimentación hasta la parte donde los muros rematan; además deben vaciarse directamente sobre éstos. Generalmente el ancho del muro que se pretende amarrar, es el que determina uno de los lados que conformará la sección transversal del elemento a fundir.

En obra, se utilizaron como elementos de amarre columnetas centrales, columnetas laterales y vigas cinta o cintas de amarre.

7.1 COLUMNETAS CENTRALES DE SECCIÓN 0.12*0.20

Se diseñaron columnetas centrales en la mayoría de los muros divisorios de los bloques destinados para aulas de clases (bloques 6 y 10), esto debido a que el ancho de éstos sobrepasaba los 4.00 m, dimensión que obedecían a un modelo aplicado en la época colonial, por tanto se exigía un amarre en el centro de las luces. Éstas columnetas se elaboraron en concreto reforzado de proporción 1:2:3 en volumen; el refuerzo longitudinal estaba conformado por cuatro varillas corrugadas de diámetro 3/8", como refuerzo transversal se suministraba estribos en acero de 1/4", separados cada 0.20 m. (Figura 35)

Figura 35. Columnetas centrales armadas y fundidas



7.2 COLUMNETAS LATERALES DE SECCIÓN 0.08*0.08

Se diseñaron columnetas laterales para amarrar los muros de los bloques que en la posteridad serían utilizados como cubículos (bloques 7 y 11), esto con el objeto de aislar las columnas de los muros, cabe anotarse que entre las columnetas y los muros se colocaban láminas de icopor de 2 cm de ancho para evitar la interacción de los dos elementos ante la eventualidad de un sismo.

Este tipo de columnetas se levantaron en concreto reforzado de proporción 1:2:3 en volumen y solamente se les suministraba una barra corrugada de ½" como refuerzo longitudinal

Figura 36. Columnetas laterales antes y después de fundidas



7.3 CINTAS DE AMARRE DE SECCIÓN 0.12*0.12

Se diseñaron cintas de amarre en la mayoría de los muros, pues el nuevo diseño estructural debía ajustarse al existente, y éste último constaba de tapias con alturas oscilantes entre los 2.80 m y 3.00 m. En efecto, para amarrar muros de esta altura se fundieron, a los 2.20 m de altura, vigas cinta en concreto reforzado de proporción 1:2:3 en volumen; cuyo refuerzo longitudinal estaba conformado por dos varillas corrugadas de diámetro 3/8" y como refuerzo transversal se suministraba estribos en "S" en acero de ¼", separados cada 0.20 m. (Figura 37)

Figura 37. Procesos de armado, encofrado y fundición de cintas de amarre



8. INSTALACIONES

8.1 INSTALACIONES SANITARIAS Y DE AGUAS LLUVIAS

Las instalaciones de desagües para los pisos que no quedaron a nivel del terreno, dentro de la tierra, se hicieron con tuberías y accesorios en PVC marca PAVCO. Cada tubo se revisaba y se probaba con agua y se chequeaba la calidad de cada accesorio antes de ser soldado, para garantizar que no existieran porosidades ni defectos de fabricación perjudiciales para el buen funcionamiento de los desagües. Cuando era necesario hacer taponamientos, se utilizaban tapones del mismo material de la tubería; en ninguna ocasión se permitió el taponamiento de las porosidades en tuberías y accesorios con brea, que suele ser una de las alternativas de solución frente a percances de esta índole. El proceso de excavación de zanjas para instalación de tubería sanitaria y de aguas lluvias, se realizó al mismo momento que se hacía el mejoramiento de subrasante. Dichas zanjas se hacían dejando una holgura adecuada según el diámetro de la tubería, que generalmente, por las condiciones de las instalaciones que se pretendía restaurar, era de 3". (Figura 38)

Figura 38. Excavación e instalación de tubería de aguas lluvias



8.1.1 Salidas sanitarias y de aguas lluvias. Para dejar convenientemente instalados los puntos o salidas sanitarias y de aguas lluvias, inicialmente debía tenerse en cuenta la calidad de tubería y accesorios necesarios para llegar de la red al aparato respectivo, los cuales estaban indicados tanto en los planos sanitarios como en los arquitectónicos. La superficie de la tubería que se debía adherir primero debía ser limpiada para posteriormente pegarla de acuerdo con las

especificaciones del fabricante y la colocación de los tubos se hacía ciñéndose a lo indicado en los planos.

Al instalar la tubería se debía tener especial cuidado en la superficie de la excavación, ésta debía estar completamente nivelada y sin aristas ni puntas de roca que fortuitamente pudieran averiar la tubería.

Las tuberías y accesorios de PVC que fueron instalados, cumplían con los requerimientos de las normas técnicas colombianas correspondientes, y cuando no existían, la normatividad aplicada era la especificada por las normas AWWA, ASTM u otras normas equivalentes.

8.1.2 Cajas de inspección. Las cajas de inspección son unidades construidas para albergar un volumen conveniente de aguas provenientes de diversos puntos de arranque u origen; en obra, tal y como lo establecen las normas debían elaborarse en ladrillo en soga, localizadas en los sitios que sugerían los planos sanitarios. (Figura 39)

Figura 39. Caja de inspección de aguas lluvias con su respectiva tapa



Para las cajas que se construyeron, el fondo de la excavación se cubría con una capa de material seleccionado compactado de 0.10 m de espesor sobre el cual se fundía una base de concreto simple de 1500 PSI del espesor indicado en los planos respectivos. Luego se construyeron las paredes con ladrillo tolete común, pegado con mortero de cemento y arena en proporción 1:4 y se revistieron con mortero 1:3 impermeabilizado integralmente, con el cual se formaba un pañete de 2 centímetros de espesor. Sobre la base de la caja de inspección se hicieron, en concreto simple afinado con lana metálica, las bateas o cañuelas, también

esmaltadas, de profundidad igual a $\frac{1}{3}$ (2.5 cm) del diámetro del tubo de salida y en dirección del flujo con una pendiente aproximada del 5%.

Las tuberías tenían su entrada por nivel inferior de la caja, y estaban provistas de tapa en concreto de 3.000 psi, armado con acero de refuerzo de $\frac{3}{8}$ "separado cada 15 centímetros en ambas direcciones. El marco de la tapa se hacía en ángulo de hierro de $2 \times 2 \times \frac{1}{8}$ " y las argollas se hacían en varilla de $\frac{1}{2}$ ". Debía garantizarse un cierre de las cajas completamente hermético, por sugerencia de la interventoría, en forma tal que el paso de gases u olores desagradables a la superficie no fuera posible.

8.1.3 Suministro e instalación de tubería pvc aguas lluvias 3" y accesorios.

Los desagües verticales dentro de los muros se hicieron en tubería de ventilación o aguas lluvias en PVC de la mejor calidad. Los diámetros y materiales de las tuberías de desagüe se ajustaban estrictamente a lo indicado en los planos o en el cuadro relación de cantidades de obra y precios. (Figura 40)

Figura 40. Cajas principales, cajas secundarias y desagües de aguas lluvias



En los sifones de pisos se instalaron rejillas con sosco de conformidad a los diámetros de los accesorios y las tuberías PVC, selladas o revocadas con cemento blanco. Los bajantes se ubicaban de acuerdo a los planos; pero por las condiciones de la obra en ejecución, también podían ubicarse de acuerdo a las necesidades del proyecto.

8.2 INSTALACIONES HIDRÁULICAS

Esta tarea comprendía el suministro, transporte, almacenamiento y posterior instalación de las diferentes tuberías que se describían en las cantidades de obra, de acuerdo con las especificaciones detalladas en los planos.

8.2.1 Instalación de tuberías y accesorios. La distribución e instalación de tuberías, diámetro y accesorios de PVC, eran las indicadas en los planos, y cuando se presentaban variaciones en la localización o diámetros de las tuberías, ello debía ser registrado en los planos para efectos de medición y futuras reparaciones, en el caso que fueren necesarias.

Los tubos y accesorios de PVC debían cumplir la especificación indicada en las normas ICONTEC 382 Y 539.

De otro lado, el material del tubo debía ser homogéneo a través de la pared y uniforme en color, capacidad y densidad; las superficies internas de éste, debían ser libres y lisas de grietas, fisuras, perforaciones e incrustaciones de material extraño.

También, era necesario que el cemento solvente utilizado para la unión de tubos y accesorios de PVC, cumpliera con la norma ICONTEC 566. Para la tubería de agua caliente se usaba siempre el solvente indicado por el fabricante.

8.2.2 Salidas hidráulicas de ½”. Para el punto hidráulico debía tenerse en cuenta la tubería y accesorios necesarios para llegar de la red al aparato respectivo. La instalación de la tubería cuyo diámetro estaba indicado en los planos hidráulicos correspondientes. Toda la red del acueducto, antes de ser cubierta con los acabados de muros y pisos debía probarse para verificar la no existencia de escapes ni filtraciones.

8.2.3 Suministro e instalación de llaves de paso de ½”. A la entrada de cada baño o batería de servicios debía instalarse una llave de paso de bola, del diámetro correspondiente a la tubería, según lo especificaban los planos o en su defecto, en los sitios donde eran requeridos. El tipo y la marca de la llave eran seleccionadas con antelación.

8.3 INSTALACIONES ELÉCTRICAS, VOZ Y DATOS

Para la ejecución de éste tipo de instalaciones, se debía revisar cuidadosamente los planos y corregir oportunamente cualquier error u omisión que se encontrare en ellos. La interventoría constataba permanentemente que la obra se ajustara estrictamente a las normas de construcción de CEDENAR. Los materiales suministrados debían corresponder a materiales cuya fabricación esté calificada por el comité de calidad del sector eléctrico, de no existir homologación para algunos de ellos, estos debían ceñirse rigurosamente a las normas y especificaciones técnicas de CEDENAR para los mismos. Fueron rechazados aquellos materiales que no se ajustaban a estas condiciones. (Figura 41)

Figura 41. Variedad de materiales utilizados en las instalaciones eléctricas



En el caso de la acometida, la alimentación del tablero, y las instalaciones internas, el conductor era de cobre electrolítico, con conductividad de 98% temple suave, 600 v, temperatura máxima de 75 grados centígrados, con aislamiento plástico THW. Durante el proceso de cableado, se utilizaron lubricantes apropiados para el conductor especificado, siempre se procuro evitar la formación de ángulos agudos en el conductor y jamás se permitió la ejecución de empalmes dentro de la tubería conduit, éstos se realizaron exclusivamente en las cajas y se recubrían con capas de cinta aislante.

El tablero de distribución, según rezaban las especificaciones técnicas, debía tener la capacidad suficiente para alojar la totalidad de circuitos ramales derivados de él, de tal manera que cada circuito ramal debía tener una protección

independiente. Debía además estar empotrado, construido en lámina de acero tipo cold rolled de calibre N° 18. se debían suministrar todos los breakers necesarios.

La protección de cada circuito ramal debía hacerse mediante interruptor automático enchufable de capacidad interruptiva superior a la corriente de cortocircuito con un mínimo de 5 Kv. El barraje y/o bornes de entrada, debían tener una capacidad igual o superior a la capacidad nominal del conductor de la acometida parcial o subacometida. Para aterrizar el tablero se debía utilizar como electrodo para puesta a tierra una varilla de cooper weld de 5/8" de diámetro y 1.084 m de longitud, con su respectivo conector y como medio de conexión entre el electrodo y el tablero se utiliza alambre de cobre aislado de color verde cuyo calibre mínimo será el número 10 AWG. Para la instalación de la puesta a tierra debían conectarse los puntos de tierra entre sí evitando dobleces agudos en el alambre.

La alimentación a las tomas con polo a tierra se hacía con dos conductores de cobre aislado THW calibre 12 AWG más un conductor de cobre aislado THW calibre 14 AWG color verde en conduit PVC de diámetro 1/2". El conductor de tierra iba conectado al sistema instalado.

En todos los casos, la ductería debía ser PVC con los diámetros especificados, cumpliendo con el diámetro mínimo de 1/2". No se aceptaba manguera en ningún tramo de las instalaciones. (Figura 42)

Figura 42. Instalación de tubería conduit PVC de 1/2 "



Las cajas para salidas y empalmes eran de hierro galvanizado, calibre N° 18 como mínimo y/o PVC con una profundidad no inferior a 1". Con respecto a las cajas,

éstas debían ser de tamaño suficiente para proveer espacio libre a todos los conductores contenidos en la caja (Norma Icontec 1150). Para las salidas de lámparas las cajas utilizadas eran de tipo octogonal de 4" * 1 1/2". En el caso de interruptores y tomacorrientes, sus dimensiones eran 4" * 2".

Los tomacorrientes que iban en los muros eran para incrustar, de dos y tres polos (fase, neutro y tierra), 15 A, 250 v, apropiados para soportar trato fuerte sin detrimento de su estética; tenían terminales de tornillo apropiados para recibir alambres que podían ir del N° 6 al N° 12 AWG. El conductor de tierra que alimentaba estos tomacorrientes era calibre N° 14 AWG con aislamiento THW en color verde.

De otro lado, los interruptores para el control del alumbrado (dobles, triples y/o conmutables) eran para incrustar y debían instalarse en un sistema de corriente alterna, con capacidad de 10 A, continuos, de 250 V, unipolares de contacto mantenido, de dos posiciones (abierta y cerrada), con terminales de tornillo apropiados para recibir alambres N° 12 AWG. Era una de las constantes de la obra en construcción, verificar que los interruptores colocados en posición vertical debían quedar encendidos hacia arriba y, obviamente, apagados hacia abajo. Mientras que si se colocaban en posición horizontal, debían quedar encendidos hacia la derecha.

Finalmente, cuando era del caso instalar lámparas fluorescentes, éstas debían ser del tipo slimline (de arranque instantáneo) luz blanca con dos tubos de 2.600 lúmenes. La luminaria era tipo industrial porcelanizado con blindaje transversal de 30 grados.

9. CONSTRUCCIÓN EN MAMPOSTERÍA DE LADRILLO DE ARCILLA COCIDA Y EN TAPIA

9.1 MAMPOSTERÍA

Las mamposterías construidas con bloques de arcilla de variadas dimensiones, pueden ser simples o sin refuerzo, confinadas, parcialmente reforzadas o reforzadas según las exigencias del diseño estructural, la Norma Colombiana Sismorresistente y el diseño arquitectónico. (Figura 43)

Figura 43. Muros elaborados en sogá y papelillo, según función de los recintos



Para ejecutar el proceso constructivo de la obra que nos atañe, inicialmente se repartían los ladrillos de la primera hilada; picando la superficie de apoyo, para luego extender una capa oscilante entre los 7 y los 13 mm; luego se colocaban los ladrillos esquineros (madrinos), templando una cuerda entre ellos para de esta manera poder nivelar la hilada correspondiente y así poder colocar el resto de los ladrillos de ésta; posteriormente, se colocaban los ladrillos intermedios, que generalmente son los que se dejan para el final, chequeando siempre que la nivelación, la alineación y el aplomo sean correctos. Como fue necesario, algunas veces para el desarrollo del proyecto, después de haber ejecutado el proceso

descrito anteriormente, se colocaba el refuerzo horizontal a medida que avanzaba la colocación de las hiladas. (Figura 44)

Figura 44. Ejecución del proceso de mampostería



En los bloques séptimo y onceavo, cuyas instalaciones en modelo de cubículos estaban destinadas para la práctica musical, se realizó la pega de mampostería en papelillo, muros dobles, a los cuales se les introdujo en su espaciamento interno de 4 cm. espuma en fibra de vidrio, con el propósito de evitar que las ondas sonoras salieran del recinto en donde eran producidas. (Figura 45)

Figura 45. Muros dobles en papelillo con espuma en fibra de vidrio al interior



Gran parte del volumen de la fibra que se colocó entre los muros, provenía de unos cubículos anteriormente emplazados, los cuales no cumplían con los requerimientos solicitados, al parecer porque inicialmente no se hicieron los estudios acústicos necesarios que garantizaran su funcionamiento.

9.1.1 Filos y dilataciones. Debido a la unión entre materiales diferentes o la división en áreas muy grandes de un mismo material se producen grietas, para las cuales se hizo necesario elaborar filetes y ranuras de dilatación; con el fin de que dichas grietas siguieran una línea de falla controlada y no dañaran la apariencia del acabado. Los filos y dilataciones se construyeron en el revoque y se repetían en la superficie del acabado final, que para el caso en particular se realizó con estuco profesional. (Figura 46)

9.1.2 Pañetes interiores y exteriores. Previamente a la ejecución de los pañetes debían estar realizadas la totalidad de las regatas para instalaciones eléctricas, hidráulicas, telefónicas; debidamente probadas de acuerdo con las instrucciones anotadas en las especificaciones técnicas particulares del proyecto. Igualmente los muros debían limpiarse de toda clase de grasas o residuos salientes de mortero que pudiesen haber quedado en las superficies de los muros.

En los muros rectos se hizo indispensable ejecutar guías maestras verticales a distancias máximas de 2.00 m, con el fin de obtener pañetes perfectamente hilados y reglados. El proceso debía desarrollarse de la siguiente forma: teniendo el fraguado inicial de las guías maestras, el mortero se aplicaba al muro con palustre y se nivelaba con reglas de aluminio apoyadas en las guías maestras; una vez iniciado el fraguado del mortero se afinaba con llana de madera usando mezcla del mismo mortero para llenar hendiduras o porosidades.

Figura 46. Dilataciones elaboradas entre columna y muro. Pañetes exteriores



10. PATOLOGÍA DE TAPIAS

Quizá lo más importante o lo que hizo de este trabajo algo fuera de lo común, fue el hecho de trabajar sobre arquitectura patrimonial, donde se apreciaba fácilmente que el barro y los compuestos arcillosos constituían, junto con la madera y la piedra, los materiales de más amplio uso en la edificación de finales de la época colonial y comienzo de la época republicana, período en el cual se realizó la construcción que ha dado como resultado el presente informe, (Figura 47). Ese patrimonio fundado sobre la base de la tierra, cocida o sin cocer, incluía una amplia variedad de tipologías constructivas. Pero la riqueza de esa heredad, actualmente, está amenazada por la inexistencia de una técnica contrastada de restauración y conservación, especialmente en lo relativo a las fábricas de cajones de tapial o tapias.

Figura 47. Barro y compuestos arcillosos, principales componentes de las tapias



La tapia pisada como sistema constructivo consiste en compactar tierra en estado semi-seco en encofrados llamados tapiales. La compactación se realiza con una herramienta a manera de remo denominado pisón. Los tapiales permiten compactar módulos de 2 m. de largo por 1 m. de alto y un espesor de acuerdo a

la altura de la edificación con un mínimo de 40 cm, que puede llegar a los 100 cm. Estos módulos, a los que generalmente se les da el nombre de armadas o tareas por herencia ancestral, van disponiéndose como si fueran ladrillos gigantes hasta levantar el muro. La tierra debe tener unas características particulares, la humedad a la que se compacta también es particular y el sistema cuenta con una distribución de refuerzos en cañabrava o en madera que mejoran el comportamiento estructural de la tapia.

10.1 DAÑOS MÁS FRECUENTES EN TAPIAS

Los principales agentes que causan las lesiones son el agua y la temperatura. El agua afecta fundamentalmente a la parte inferior de la fábrica, a su coronación, que no suele estar protegida y a las zonas de las juntas. La ascensión del agua por capilaridad es muy baja en la tapia endurecida (Figura 48), no sobrepasando nunca valores aproximados de 40 cm., siendo menor cuanto mayor sea la porosidad de la fábrica.

Figura 48. Tapia endurecida, poco afectada por efectos de ascensión del agua



Las fábricas de tierra resisten muy bien las temperaturas altas o bajas independientemente, pero son sensibles a las variaciones bruscas de temperatura; así por ejemplo, cuando se suscita una elevada temperatura a mediodía y

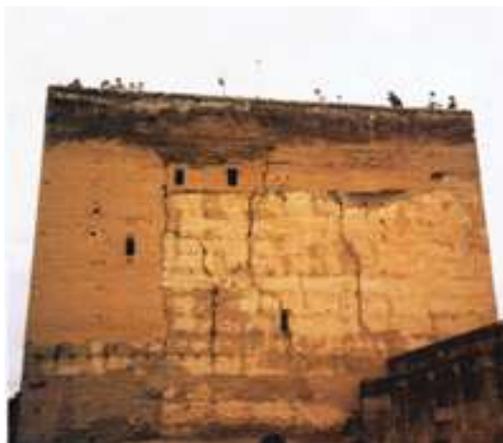
desciende de forma importante por la noche, se produce un fenómeno de incremento del coeficiente de dilatación del material constituyente de la tapia, lo cual puede originar fisuraciones en una de sus caras o en ambas.

10.2 EFECTOS VISIBLES

Debido a la escasa resistencia al cizallamiento, en el caso de que se produzcan esfuerzos diferenciales, las fábricas de adobe se abren, de forma similar a las de ladrillo, pero con efectos más contundentes, y los cajones de tapial pueden fisurarse fácilmente, especialmente en las zonas donde exista cambio de material o de espesor, o en las proximidades a las esquinas y/o refuerzos. Por ello es usual encontrar fábricas antiguas de tapial en las que la trabazón de las esquinas queda asegurada por tirantes en diagonal de madera, que abarcan el espesor completo de los muros.

10.2.1 Grietas verticales. Estas grietas verticales, con frecuencia presentan espesores considerables, lo que debe estudiarse en función del material, no siendo trasladable a casos similares en fábricas pétreas o cerámicas. En definitiva, estas fisuras son más aparatosas que peligrosas, aún cuando deben realizarse todas las verificaciones y controles con precisión. (Figura 49)

Figura 49. Grietas verticales producidas debido a cambio de material



El sellado de las grietas y fisuras dependerá de su ubicación y de su grosor, siendo habitual que estén estabilizadas, y que rompan el espesor total del adobe o tapial. En general puede utilizarse el mortero de cal y arena (1:3), con adición de un 5 a un 8% de yeso, y una pequeña proporción de puzolana o árido procedente de la trituración de tejas o ladrillos de tejar. En la parte externa, si las grietas son importantes, puede emplearse fábrica de ladrillo siempre que el número de hiladas, o la altura de la reparación, no sea elevada, no superando el equivalente a dos hiladas de tapial. Esta solución puede utilizarse también en reparaciones de cajones en esquina, aunque siempre es aconsejable reparar recuperando el cajón tradicional.

10.3 REPARACIONES MÁS FRECUENTES REALIZADAS EN TAPIAS

La mayoría de estudios realizados, han demostrado que la composición ideal para reparar cajones de tapial es mezclar un 10% de grava, un 40% de arena, un 25% de limo y un 20% de arcilla y el 5% restante debe ser de cal, si es de tierra estabilizada, o de fibra vegetal y teja triturada si es un cajón apisonado y no revestido. El agua de amasado debe ser la suficiente, pero nunca excesiva, con una humedad óptima por debajo del 10%.

La arena debe ser de río, estar muy bien lavada, y la grava debe ser de reducido tamaño, no superior a 20 mm., que permita un amasado perfecto. Será esta compactación la que proporcionará las características resistentes al tapial. Ocasionalmente, en algunas zonas se adiciona excremento de caballerías o de vaca, como aglutinante para mejorar la cohesión de las mezclas. Su uso, no obstante, es más frecuente en los revoques y revestimientos.

Cuando debe intervenir en fábricas de gran espesor, como las murallas y recintos fortificados, con al menos dos hojas de tapial y relleno interior, es conveniente asegurar la estabilidad de las fábricas exteriores, dotando al conjunto de muros rollizos de soporte de uniones que eviten problemas de pandeo o de giro. Este trabajo ha de evitar la introducción de una excesiva rigidez, que generaría coeficientes de dilatación muy diferenciados de los del tapial, y consecuentemente produciría la fisuración y rotura de los cajones.

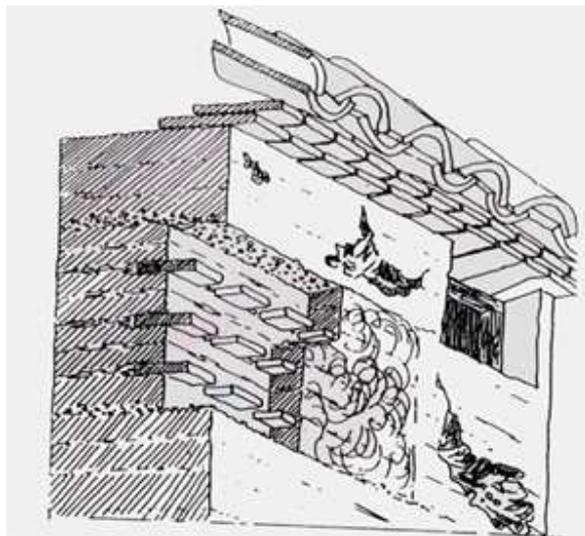
Cuando existe una pérdida de material relativamente importante, es posible recuperar la volumetría original de los cajones de tapial, cepillando y limpiando previamente el fondo del cajón, y rellenando a una sola cara el volumen desaparecido con una mezcla similar a la existente, algo más porosa por una corrección de arena y gravilla sobre el material precedente. Este relleno se realiza por tandadas similares, dejando la última o las dos de coronación, que no pueden

encofrarse, y rellenándolas con una mezcla más plástica, que debe compactarse horizontalmente.

Para asegurar la adherencia de este relleno con el cajón original se han utilizado mallas metálicas, con malos resultados, apareciendo generalmente fisuras al cabo de 5 a 10 años. La utilización de mallas de fibra de vidrio o polietileno mejora la adherencia, pero no resuelve definitivamente el problema.

Resulta más aconsejable la siguiente solución: se deben colocar algunos trozos de ladrillos o piezas cerámicas perpendiculares al paramento, aprovechando las juntas de las sucesivas tandadas. Estas piezas penetran en el tapial existente, quedando su cara exterior como mínimo a 4 cm. de la superficie final del paramento. Los ladrillos conforman elementos de enlace entre el nuevo material y el antiguo, y amortiguan los asentamientos diferenciales en el interior del cajón, actuando como anclajes alternos de ladrillo.

Figura 50. Piezas cerámicas usadas como anclajes entre tapias antiguas y nuevas



10.3.1 Frente a los efectos del cedimiento. En el caso de existir lesiones debidas a cedimiento del terreno o de la cimentación, aplastamiento de materiales o pandeo, con la aparición de grietas verticales en paños de gran altura o esbeltez, que requieran la ejecución de refuerzos estructurales mediante una solución que ate o confine los paramentos, deberá ejecutarse éste a diferentes alturas, y sin introducir excesiva rigidez en el conjunto.

Una solución adecuada consiste en realizar, en una o varias líneas horizontales de cajones de tapial no consecutivas, una inyección de lechada de mortero pobre, en la dosificación adecuada a cada tipología constructiva de la fábrica. Como referencia, puede considerarse una dosificación de 1:2:5 (cemento: cal: arena). Esta lechada se introduce a través de una serie de perforaciones en los cajones, con una inclinación de aproximadamente 20° y en una profundidad de 2/3 de la anchura del cajón.

La protección exterior de los muros de tapia puede ser mejorada, tradicionalmente, con revestimientos superficiales a base de cal o la aplicación de una fina capa de mortero de arcilla y paja. Por la dificultad de encontrar los materiales, en la obra que dio como resultado el presente informe, se utilizó un aditivo denominado SIKAFIBER, el cual remplaza a la paja o tamo; de igual manera se utilizó residuos de cabellos cortados en peluquerías; todo con el propósito de proteger los pañetes de las tapias de grietas o fisuras, por efectos de las variaciones de temperatura,

Para arriostrar los cajones de tapial, se colocaron muros en tizón, ligados a la tapia por medio de una mezcla aglutinante de cal viva y arena blanca de proporción 1:3 en volumen, la cual actuaba eficientemente como mortero de pega. Estos dos elementos, forman conjuntamente un excelente medio de transición entre la tapia y la mampostería, y por tanto garantizan una buena adherencia entre los dos sistemas.

10.4 VENTAJAS DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

- Es el material más abundante que hay.
- Se consigue en casi cualquier lugar.
- No genera escombros durante la construcción.
- Es biodegradable.
- Confiere mayor confort térmico (son cálidas en el frío y frescas en el calor)
- Confiere mayor confort acústico.
- Es armónica con su entorno natural.
- Presenta mayor resistencia sísmica.

10.5 DESVENTAJAS DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

- Es difícil conseguir personal calificado para trabajar con ella.
- La composición de los suelos nunca es uniforme.
- Lo que se ahorra en material se gasta en mano de obra.
- Es más susceptible a la humedad.
- Requiere mayor mantenimiento.

Figura 51. Reparaciones internas y externas de tapias



11. ESTRUCTURA INTERNA GENERAL DE LOS PATIOS

Quizá uno de los detalles más connotativos de todo el proceso de restauración, adecuación y construcción acaecido en la obra que nos compete, fue la estructura general que se les dio a los patios; prevista, desde las instancias preliminares, para representar las características más importantes de la construcción de la naciente época republicana, amante de los espacios amplios y de ciertos detalles arquitectónicos singulares propios del período del cual datan. Por tal razón, se decidió establecer un modelo estándar para los dos patios que existían y debían restaurarse, y de igual manera para otro que se pretendía generar en la zona posterior de la edificación.

Figura 52. Estructura interna de un patio clásico de la época republicana



11.1 BASES PARA PILASTRAS EN PIEDRA

Para la elaboración de las bases que servían como apoyo a las pilastras de madera ubicadas en los patios, se tuvo en cuenta las características de aquellas que ya existían, las cuales tenían una sección de 30*30 cm², una altura de cabezal de 25 cm y una altura de empotramiento de 45 cm.

Al momento de la fundición de dichas bases, se tuvo en cuenta que la dosificación de concreto utilizada para tal fin, superara las 2800 psi; posteriormente a la fundición se decidió abusardarlas, tratando con esto de darles una apariencia similar a la de las que se encontraron incrustadas en los patios inicialmente.

Figura 53. Fundición de bases en piedra para pilastras



11.2 PILASTRAS Y VIGAS DE MADERA

Las pilastras de madera existentes, se hallaban cedidas por efectos del hinchamiento que les había generado el sobrepeso de algunos elementos de mampostería mal confinados con los cuales éstas se hallaban en contacto, esta situación era la que ocasionaba unas grietas verticales bastante pronunciadas a lo largo de una gran parte de su sección longitudinal, cuyas repercusiones, como se pudo apreciar, se pretendieron controlar con el amarre de unos collarines metálicos a la mitad de la grieta, acto que se pudo constatar por medio del testimonio hablado de los mismos restauradores que nos precedieron.

Figura 54. Pilastras y vigas de madera existentes



El material utilizado para la elaboración de las nuevas pilastras era madera del tipo chanul, la mayor parte traída de las ciudades de Ipiales y Tumaco; otra menor conseguida en aserríos de nuestra capital sureña. Los nuevos elementos prefabricados, tenían una sección transversal de forma octogonal, la cual se generaba cuando se achababan las aristas del producto maderero cuya sección originaria era de 18*18 cm², las alturas oscilaban de acuerdo a la altura de pisos existente.

Figura 55. Elaboración de pilastras y vigas en madera del tipo chanul



Por otra parte, las vigas que se amarraban en la parte superior de las pilastras, eran, igualmente, de chanul, con un ancho de 18 cm y un peralte fluctuante entre los 12 y 10 cm, el cual se adoptaba respectivamente, según, si la viga era de entrepiso o aérea.

Figura 56. Sistema de soporte para entrepisos y cubierta



11.3 CAPITELES

Dentro de ese grupo de detalles arquitectónicos propios de la época republicana, a los cuales se hacía alusión en la parte inicial del presente capítulo, se podrían clasificar los capiteles, pues son aquellas unidades que se instalan en las coronas de las pilastras, para realzar los puntos de intersección entre éstas y las vigas.

Figura 57. Capiteles elaborados en madera del tipo chanul



Los capiteles se elaboraron a partir de moldes de cartulina, tomados en el sitio, de los elementos existentes mejor conservados; esos moldes posteriormente se llevaron hasta el taller de ebanistería, donde se fabricaban varias piezas delgadas, iguales en forma y tamaño, que luego se superponían unas sobre otras hasta conseguir el volumen deseado.

Al igual que en pilastras, vigas y demás elementos afines; en los capiteles, se realizó un proceso denominado “paseo” con el cual los profesionales de la ebanistería lograban reparar los desperfectos que en sus superficies presentaban los elementos de madera. El procedimiento se desarrollaba de la siguiente forma; el residuo que dejaba la sierra sinfín de las piezas de madera ya cortadas, se mezclaba con un bajo contenido de cola o colbón, hasta obtener una mezcla adecuada para realizar el resane de los elementos madereros, generalmente, donde quedaban huecos, acto que intuitivamente se asoció con el resane que se hace en columnas cuando éstas presentan defectos (hormigueros) en la apariencia como consecuencia de un irregular encofrado.

11.4 CORREDORES

Si bien los corredores son en sí un sistema estructural, aquí se tratarán como si fueran elementos independientes, para efectos interpretativos; en consecuencia, podría inferirse, a grandes rasgos, que los corredores son un conjunto conformado por listones, duelas y pasamanos. Los primeros son los elementos que, usualmente y por facilidad, se instalan transversalmente, y que trabajan efectivamente ante las solicitaciones de flexión emplazados solamente sobre apoyos simples; para el caso en particular se utilizaron como apoyos unas ménsulas en concreto de 3000 psi (ver num. 6.4). La sección transversal de estos era 4*8 cm², la longitud de los que se utilizaron, era de 1.40 m. en los patios existentes; y de 1.20 en el patio generado, madera del tipo achapo. Por su parte, las duelas son los elementos que se disponen longitudinalmente y que a su vez se apoyan sobre los listones mediante clavos. En los corredores se utilizaron tanto duelas de cielorraso como de piso en achapo, de 1 y 2 cm. de alto respectivamente. Finalmente los pasamanos son aquellos elementos que limitan hacia el exterior los pisos que han conformado colectivamente los listones y las duelas. Una particularidad de los pasamanos era su arreglo, el cual generaba una verja elaborada con barrotes circulares de 2 cm de radio, separados cada 10 cm. a lo largo de toda la periferia.

Figura 58. Pasamanos, listones y duelas de piso y cielorraso



12. FACHADAS

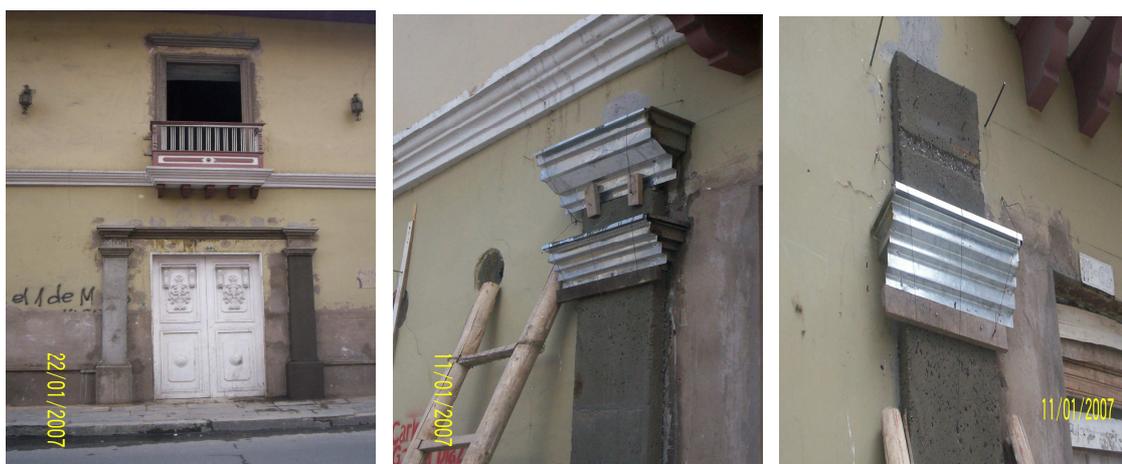
Las fachadas son de los elementos arquitectónicos que mejor expresan el origen de la edificación y además son las que mejor ubican al espectador, que desde la calle las observa, sobre la cronología de la construcción.

Figura 59. Fachadas existentes antes de la restauración



Que en las fachadas, tanto de la calle 19 como de la carrera 22 de la ciudad de San Juan de Pasto, se habían realizado numerosas modificaciones, fue lo que se pudo constatar mediante lecturas o inspecciones, que a juicio de los expertos en restauraciones de este tipo, fueron realizadas en sitios estratégicos. También se pudo confirmar que la fachada inicialmente construida, data de un espacio histórico correspondiente a una arquitectura plana, de transición, de escasos recovecos y detalles, como los que la marca del tiempo le fue dejando paulatinamente.

Figura 60. Detalles arquitectónicos propios de la época republicana



Así pues, después de descubrir los dinteles de las puertas principales de acceso del primer nivel, se pudo determinar que los vanos originales tanto de éste como del segundo nivel, guardaban simetría con respecto al eje vertical con el cual se había proyectado su construcción; hecho que a simple vista no podía verificarse, puesto que en épocas pasadas el claustro universitario atendiendo a las necesidades de quienes habían decidido utilizar sus instalaciones como albergue de sindicatos, droguerías, sitios de encuentro cultural privado... y demás usos que, quizá caprichosamente, la gente le dio a la Universidad de Nariño en su sede Central, fueron los que la hicieron objeto de diversos trastoques que le quitaron la esencia del legado que nos quisieron dejar nuestros ancestros.

Figura 61. Acabados y detalles de la fachada principal



12.1 BALCONES

Los balcones actúan como unidades portantes de los voladizos de las fachadas, los cuales necesitaron una restauración completa, en efecto se debió restituir el punto de apoyo de sus plataformas, para lo que se hizo necesario inicialmente retirar sus descansabrazos, puertas, contrapuestas y pasamanos, del sitio donde se hallaban emplazados, para posteriormente retirarles la pintura lijándolos y de esta manera prepararlos para volverlos a ubicar. Finalmente se debieron anclar al segmento murario al que pertenecían.

Figura 62. Proceso de adecuación de balcones y puertas de fachada



12.2 CANECILLOS

También se conocen con el nombre de canes y entre los miembros que se pueden agrupar dentro de los voladizos, son esencialmente aquellos sobre los cuales se asienta una cornisa, un alero o uno de los extremos de un dintel. Para el caso en particular, éstos se encontraban ubicados bajo el voladizo de cubierta, eran elementos bastante disparejos entre sí tanto en forma como en tamaño, además estaban separados a distancias diferentes, unos de otros. Para estandarizar el modelo de fachada, se escogió un solo modelo de sección hexagonal, con una longitud de 1.00 m. Estos canes fueron incrustados en la tapia por medio de tubos rellenos de mortero, los cuales al formar parte de la formaleta en aluminio, garantizaban una buena sujeción a las tapias.

Figura 63. Canes y canecillos de la fachada principal



13. CONCLUSIONES

Una minuciosa y paulatina sistematización adoptada para el control de las labores, permitió supervisar correctamente cada uno de los procesos constructivos previstos en el proyecto inicial, básicamente, en lo referente a costos y tiempos de ejecución.

La acción de las administraciones y de los organismos internacionales con responsabilidad sobre la conservación del patrimonio arquitectónico y cultural, debe orientar su quehacer a impedir la actual degradación de esta heredad edificada, evitando así que la tierra que conforma sus tapias vuelva a la tierra de la que partió. Este esfuerzo no debe, en ningún caso, distraer el objetivo prioritario de continuar los estudios históricos y la investigación técnica, que permita la restauración y rehabilitación de ese patrimonio, de acuerdo con sus técnicas y sistemas constructivos; así mismo debe coexistir en procura de mantener vigentes las labores necesarias para recuperar los oficios tradicionales vinculados a la arquitectura del barro.

Se comprobó la importancia de establecer con eficacia las directrices organizacionales en la realización de la obra: evaluación, planeación, y tratamiento de la información, las cuales al final produjeron excelentes resultados en la ejecución.

Se determinó la importancia de efectuar un buen control de calidad sobre los materiales, puesto que son las propiedades de estos las que permiten al ejecutor de la obra cumplir con los requisitos estipulados en el pliego normativo de construcción que en ese momento se halle vigente

La rehabilitación, la restauración y, cuando se necesario, la reconstrucción de la arquitectura de tierra, especialmente de las fabricas de tapia o tapial, es una técnica asequible, tecnológicamente sencilla, y con posibilidades de mejorar su proceso de ejecución y mecanización de la puesta en obra. Mejoras que sería necesario complementar con la redacción de un código técnico básico que, recogiendo el actual estado de las investigaciones, y los resultados de las intervenciones realizadas con criterios muy disparejos y en áreas geográficas diferenciadas, establezca un marco de recomendaciones suficientemente contrastadas y consensuadas.

14. RECOMENDACIONES

Hacer un cronograma detallado, que contenga la totalidad de las labores a desarrollar, con el objeto de llevar un control eficaz de la ejecución parcial y total de la obra.

Tener en almacén la cantidad de materiales necesarios para la ejecución de las labores que la obra requiera; de igual manera, se debe proveer a la administración de la obra de un flujo de caja adecuado para que la ejecución de las actividades de la misma no genere ningún retraso.

Contar con personal idóneo que tenga la capacidad suficiente para desempeñar con eficiencia la labor encomendada, todo con el objeto de evitar percances durante la construcción de la obra.

Inspeccionar y controlar la localización de los ejes de la estructura en todos sus niveles, con el fin de que no existan elementos estructurales desalineados o desaplomados, que perjudiquen la funcionalidad para la cual fueron diseñados dentro de la estructura.

Tener en cuenta aquellas situaciones imprevistas que podrían obligar al cambio de los equipos necesarios para efectuar las labores de construcción.

Dejar un manual de mantenimiento y operación de equipos instalados, con los cuales, las personas encargadas de estas ocupaciones podrán a futuro realizar un adecuado manejo de los dispositivos.

15. FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información manejadas para la elaboración del proyecto son las siguientes:

- Documentos y planos del proyecto.
- Información suministrada por los asesores del trabajo de grado y funcionarios de la oficina de Planeación de la Universidad de Nariño.
- Material bibliográfico: Libros, tesis, documentación de especificaciones técnicas (NSR-98 y NTC) y apuntes de clase.

16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN. Joseph E. Bowles. PE. Edición Fifth. 1996.
- INGENIERÍA DE CIMENTACIONES. Peck. Hanson. Thorburn. Editorial Limusa 1998.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas colombianas para presentación de trabajo. Quinta actualización. Santa fe de Bogota D.C. ICONTEC, 2005.
- McCORMAC, Jack C. Diseño de Estructuras de Acero. Cuarta edición. Mexico D.F: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. 1996.
- NORMA COLOMBIANA DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES NSR-98.
- NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC.
- PLAN DE DESARROLLO 2004 – 2007 Pasto mejor. Alcaldía Municipal de Pasto.
- PROYECTO Y CALCULO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO PARA EDIFICIOS. Tomos 1 – 2. J. Calavera Ruiz. Segunda edición. 1985.