

**SEGUIMIENTO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO TORRE C DE  
LA OBRA “CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACIÓN”**



**INES DAMARIS MUÑOZ PEÑA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN  
POPAYÁN  
2010**

**SEGUIMIENTO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO TORRE C DE  
LA OBRA “CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACIÓN”**



**INES DAMARIS MUÑOZ PEÑA**

**Informe Final de Práctica Profesional (Pasantía) para optar al título de  
Ingeniera Civil**

**Director de Pasantía:**

**Ing. LUIS FERNANDO POLANCO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN  
POPAYÁN  
2010**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

**Ing. Luis Fernando Polanco**  
**Director**

---

**Arq. Diana Velasco**  
**Jurado**

**Fecha de Sustentación: Popayán, 07 de Abril de 2010**

## *Agradecimientos*

*A Dios por ser mi consejero espiritual*

*A mis padres por su apoyo y amor incondicional, a mis hermanas  
por que con su cariño y compañía brindaron la confianza que  
necesitaba para realizar mis metas.*

*A mi linda sobrinita que con su inocencia y ocurrencias me llenaron  
la vida de felicidad.*

*A todos los familiares que me apoyaron  
A los verdaderos amigos con los que pase muchos momentos y  
aprendí más de la vida.*

*A mis profesores a quienes les debo gran parte de mi formación  
A todo el equipo de trabajo de la empresa donde realice mi pasantía  
por estar siempre dispuestos a enseñar.*

*¡GRACIAS!*



## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
1. INTRODUCCIÓN	14
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS	16
3.1. OBJETIVO GENERAL	16
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
4. METODOLOGÍA	17
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	18
5.1. RECURSOS PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO	19
5.1.1. Recursos humanos	19
5.1.1.2. Organización del personal que trabaja en la obra	19
5.1.2. Recursos físicos	20
5.2. DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA	21
5.3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL	22
5.3.1. Edificaciones	22
5.3.2. Parqueaderos	23
6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS CONCRETO	24
6.1 MATERIALES USADOS EN LA PRODUCCIÓN DEL CONCRETO SIMPLE	24
6.2. CONCRETO UTILIZADO EN LA OBRA	25
6.3. MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBRA LA ESTACIÓN	25
6.3.1. Cemento	25
6.3.1.1. Especificaciones y Normas para el cemento	25
6.3.1.2. Almacenamiento del cemento	26
6.3.2. Agregado fino	27
6.3.2.1. Especificaciones y Normas para el Agregado Fino	27

6.3.2.1.1. Análisis granulométrico de la Arena de Puerto Tejada	28
6.3.2.1.2. Propiedades físicas y químicas del agregado fino utilizado en la obra	29
6.3.2.2. Ubicación del Agregado Fino	29
6.3.3. Agregado Grueso	29
6.3.3.1. Especificaciones y Normas para el Agregado Grueso	30
6.3.3.2. Ubicación del Agregado Grueso	30
6.3.3.3. Ensayos realizados al material suministrado por Conexpe	30
6.3.3.4. Análisis granulométrico material Conexpe	31
6.3.3.5. Ensayos realizados al material suministrado por Conexpe	32
6.3.4. Agua de Mezcla	33
6.3.5. Aditivo	33
7. REQUISITOS DEL CONCRETO PRODUCIDO EN OBRA	34
7.1. DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA	34
7.2 RESISTENCIA DE DISEÑO	34
8. GENERALIDADES DEL ACERO EN OBRA	35
8.1. DISEÑO ESTRUCTURAL	35
8.1.2 Calidad del acero	36
8.1.3 Dimensiones de las barras de refuerzo utilizadas en la obra	37
8.1.4 Almacenamiento del acero de refuerzo	38
8.1.5 Figurado del acero	39
8.1.6 Diámetro mínimo de doblamiento	40
8.1.7 Losa de séptimo entrecimiso	41
8.1.8 Viga V4-V4	41
8.1.9 Losa de octavo entrecimiso	42
9. PROCESOS CONSTRUCTIVOS	43
9.1. REQUISITOS	43
9.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS LOSAS ALIGERADAS	44
9.2.1 Encofrado	44
9.2.1.1. Chequeo de la formaleta	46

9.2.2. Colocación del refuerzo: Viga.	47
9.2.3. Vigas.	49
9.2.3.1. Vigas ejes (1-11)	50
9.2.3.2. Vigas ejes (A, B, C, D)	52
9.2.3.3. Viga V1-V1	53
9.2.3.4. Viga V2-V2	53
9.2.3.5. Viga V3-V3	54
9.2.3.6. Viga V5-V5	55
9.2.4. Encofrado de vigas	56
9.2.4.1. Encofrado de carteras externas o laterales	57
9.2.4.2. Instalación de casetones	57
9.2.5. Instalación de viguetas prefabricadas.	59
9.2.6. Instalaciones sanitarias	62
9.2.7. Instalaciones hidráulicas	63
9.2.8. Instalación de placas prefabricadas.	63
9.2.8.1. Transporte de los elementos prefabricados	65
9.2.8.2. Colocación del acero de temperatura	66
9.2.9. Instalaciones eléctricas	66
9.3. ULTIMA REVISIÓN DE LA LOSA	67
9.4. VACIADO DEL CONCRETO.	67
9.4.1. Vibrado de la losa	68
9.4.2. Terminado de la losa	69
9.4.4. Curado	70
9.4.4.1. Desencofrado	71
9.5.1. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE COLUMNAS	72
9.5.1.1. Colocación del Refuerzo	72
9.5.1.2. Encofrado	73
9.5.1.3. Mezclado	76
9.5.1.4. Transporte	77
9.5.1.5. Colocación	79

9.5.1.6 Vibrado.	80
9.5.1.7 Desencofrado	81
9.5.1.8. Curado	82
9.5.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE PANTALLAS	83
9.5.2.1 Colocación del Refuerzo	83
9.5.2.2 Encofrado	84
9.5.2.3 Producción de concreto	87
9.5.2.4 Transporte	87
9.5.2.5 Vaciado	87
9.5.2.6 Vibrado	88
9.5.2.7. Desencofrado.	89
9.5.2.8. Curado.	89
9.6. Escaleras	90
10. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA PASANTÍA	91
10.1 VERIFICACIÓN DE CRONOGRAMAS	91
10.2. Actividades realizadas.	95
10.3. CONCRETO IN SITU	103
10.3.1 CHEQUEO DE LA MANEJABILIDAD	103
10.3.1.1 PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	105
10.3.2 Ensayo de Resistencia a la Compresión	106
10.4 ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS TEÓRICOS Y REALES DE LAS FORMALETAS EN LA OBRA.	113
10.4.1. Rendimientos de la mano de obra	113
10.4.1.1. Rendimientos de formaletas para columnas	113
10.4.1.2. Rendimientos de encofrados de pantallas de madera	115
10.4.1.3. Rendimientos de encofrados de pantallas de acero.	117
11. CONCLUSIONES	120
12. RECOMENDACIONES	122
BIBLIOGRAFÍA	124

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Especificaciones Técnicas cemento Argos.	26
Tabla 2. Resultados Ensayos realizados a Arena de Puerto Tejada.	29
Tabla 3. Resultados ensayos triturado Conexpe.	32
Tabla 4. Dimensiones del refuerzo.	37
Tabla 5. Diámetro mínimo de doblamiento.	40
Tabla 6. Viguetas prefabricadas para piso tipo.	59
Tabla 7. Viguetas prefabricadas para el octavo piso	60
Tabla 8. Placas prefabricadas para el piso tipo.	64
Tabla 9. Placas prefabricadas para el octavo piso.	64
Tabla 10. Cronograma de avance de obra “Conjunto Residencial La Estación”.	92
Tabla 11. Actividades realizadas o bitácora de obra.	95
Tabla 12. Tabla de cuadrillas.	102
Tabla 13. Relación entre asentamiento y consistencia de una mezcla.	105
Tabla 14. Resistencias a la compresión “Conjunto Residencial La Estación”	109
Tabla 15. Resistencias a la Compresión del concreto “Conjunto Residencial La Estación”	110
Tabla 16. Rendimientos para el encofrado de columnas.	114
Tabla 17. Rendimientos para el encofrado de pantallas de madera.	116
Tabla 18. Rendimientos para el encofrado de pantallas de acero.	118

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Proyecto Conjunto Residencial la Estación.	18
Figura 2. Organigrama Obra la Estación.	19
Figura 3. Mezcladora.	20
Figura 4. Vibro compactador.	20
Figura 5. Buldózer.	20
Figura 6. Torre grúa.	20
Figura 7. Pluma grúa.	20
Figura 8. Placa vibratoria.	20
Figura 9. Campamento.	20
Figura 10. Almacén.	20
Figura 11. Planta arquitectónica piso tipo.	21
Figura 12. Cimentación sobre pilotes.	22
Figura 13. Cimentación zona de parqueaderos.	23
Figura 14. Composición del concreto simple.	24
Figura 15. Cemento Argos Tipo uno.	25
Figura 16. Almacenamiento Cemento La Estación.	26
Figura 17. Arena de Puerto Tejada.	27
Figura 18. Gradación Arena Puerto Tejada.	28
Figura 19. Triturado Conexpe.	30
Figura 20. Gradación del triturado Conexpe.	31
Figura 21. Agua de mezcla.	33
Figura 22. Aditivos plastificantes usados en la preparación de mezclas de concreto.	33

Figura 23. Elementos empleados en la medición de proporciones en volumen suelto.	34
Figura 24. Calidad del acero de la obra.	36
Figura 25. Almacenamiento del acero bajo techo de concreto.	38
Figura 26. Elaboración de los ganchos.	39
Figura 27. Corte de barras.	39
Figura 28. Losa de séptimo entrepiso.	41
Figura 29. Corte de viga.	42
Figura 30. Losa de octavo entrepiso.	42
Figura 31. Sistema de soporte del encofrado de la losa.	44
Figura 32. Encofrado de losa en voladizo.	45
Figura 33. Avance en la colocación de tablero.	45
Figura 34. Parcheo de los tableros.	45
Figura 35. Limpieza de la formaleta.	46
Figura 36. Armado de vigas.	48
Figura 37. Amarre de flejes.	48
Figura 38. Verificación longitud de los traslapis.	48
Figura 39. Colocación de paneles para garantizar recubrimiento.	49
Figura 40. Recubrimiento de las vigas.	49
Figura 41. Gancho de los estribos.	50
Figura 42. Sección transversal.	51
Figura 43. Traslapis.	51
Figura 44. Medida del traslapis.	51
Figura 45. Separación entre estribos.	52
Figura 46. Traslapis.	52

Figura 47. Longitud gancho de viga.	52
Figura 48. Longitud gancho de estribo.	52
Figura 49. Separación entre estribos.	53
Figura 50. Corte de viga.	53
Figura 51. Corte de viga.	54
Figura 52. Separación entre estribos.	54
Figura 53. Corte de viga.	54
Figura 54. Separación entre estribos.	54
Figura 55. Corte de viga.	55
Figura 56. Longitud gancho de viga.	55
Figura 57. Traslapo.	55
Figura 58. Encofrado de vigas.	56
Figura 59. Apoyos entre vigas transversales.	56
Figura 60. Encofrado de carteras externas o laterales.	57
Figura 61. Colocación de la malla.	58
Figura 62. Solado de concreto.	58
Figura 63. Instalación de casetones.	58
Figura 64. Colocación de las viguetas prefabricadas.	61
Figura 65. Amarre de las viguetas a las vigas trasversales.	61
Figura 66. Instalaciones sanitarias.	62
Figura 67. Colocación de placas prefabricadas.	65
Figura 68. Transporte de elementos prefabricados.	65
Figura 69. Transporte de elementos prefabricados.	66
Figura 70. Instalaciones eléctricas.	66
Figura 71. Transporte del concreto a través de carretillas.	68



Figura 72. Vaciado de concreto.	68
Figura 73. Vibrado en la losa.	68
Figura 74. Acabado de la losa.	69
Figura 75. Suministro de curado a vigas y zapatas de cimentación.	70
Figura 76. Fisura debida a un curado inadecuado.	70
Figura 67. Análisis para determinación del tiempo de Desencofrado.	71
Figura 78. Chequeo de traslapos en columnas.	72
Figura 79. Comienzo armado columna.	73
Figura 80. Columna totalmente armada.	73
Figura 81. Armado del collarín.	75
Figura 82. Collarín.	75
Figura 83. Columnas listas para fundir.	75
Figura 84. Preparación de la Mezcla.	76
Figura 85. Transporte con pluma grúa.	77
Figura 86. Torre grúa utilizada en la torre c.	77
Figura 87. Armado de la Torre grúa.	78
Figura 88. Muertos de la Torre grúa.	78
Figura 89. Descarga de la mezcla de concreto.	79
Figura 90. Bache transportado por la torre grúa.	79
Figura 91. Colocación de concreto en la columna.	79
Figura 92. Vibrador.	80
Figura 93. Vibrado de una columna.	80
Figura 94. Columnas desencofradas.	81
Figura 95. Curado con materiales sellantes.	82

Figura 96. Piezas aceitadas.	84
Figura 97. Instalaciones eléctricas y a gas.	85
Figura 98. Montaje de formaleta manoportante.	85
Figura 99. Formaleta externa instalada.	85
Figura 100. Corbatas o separadores.	85
Figura 101. Montaje de formaleta en madera.	86
Figura 102. Armado de una pantalla.	86
Figura 103. Palomeras.	86
Figura 104. Transporte de concreto con pluma grúa.	87
Figura 105. Transporte de concreto con pluma grúa.	88
Figura 106. Transporte de concreto con pluma grúa.	88
Figura 107. Pantallas Terminadas.	89
Figura 108. Encofrado para la base de las escaleras e instalación de la formaleta.	90
Figura 109. Colocación del acero de refuerzo y vaciado del concreto.	90
Figura 110. Slump tomado a mezcla sin aditivos.	104
Figura 111. Slump tomado a mezcla con plastificante.	104
Figura 712. Compactación de las capas.	107
Figura 113 Golpes con el martillo.	107
Figura 114. Cilindros enrrasados.	107
Figura 115. Toma de cilindros.	107
Figura 116. Marcación de los cilindros y Desencofrado.	108
Figura 117. Rotura de cilindros.	108

## 1. INTRODUCCIÓN

El seguimiento de los procesos constructivos en la ingeniería, hace referencia al control de las actividades que se realizan para llevar a cabo una obra determinada. Se verifica la calidad de los materiales o de los recursos con los que se cuentan; sean estos humanos, técnicos y financieros, que abarcan como un todo los procesos productivos que tienen que sufrir estos recursos para transformarlos en un bien.

En el sector constructivo se tiene que trabajar con muchos materiales, y se tienen que llevar a cabo varios procesos consecutivos, que son complementarios, y generalmente dependientes unos de otros, es decir que la eficiencia de un proceso depende del seguimiento, del control y del buen manejo que se le haya dado a los procesos anteriores y a los respectivos materiales que estos incluyen, lo mencionado anteriormente se verá reflejado en: optimización de los rendimientos, disminución del tiempo de trabajo, mayor economía de los proyectos, mayor calidad del bien logrado, y satisfacción del trabajo realizado.

El seguimiento del proceso constructivo, inicia con la adecuada planificación de las actividades a desarrollar, seguida por la verificación de su debida ejecución y control de los recursos, basándose en Normas y Especificaciones relacionadas con cada ámbito, seguida de revisiones posteriores a la finalización del proyecto.

Ingresé a la obra cuando se había iniciado la construcción de la torre c y se estaba levantando el segundo piso y permanecí hasta el inicio del octavo piso de la mencionada edificación.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

La pasantía, como opción de grado es una oportunidad para ganar experiencia y una forma de ampliar aprendizaje que el estudiante de Ingeniería Civil recibe en el transcurso de la carrera, porque le permite observar cómo se llevan a cabo las diferentes etapas en un proyecto de construcción y como estas deben ceñirse a parámetros técnicos y de control que permitan obtener los resultados esperados requeridos por norma.

Además obtendré a través de la práctica un criterio más responsable y amplio sobre la toma de decisiones, que me permite una mejor visualización de las posibles soluciones a los problemas que se presenten, convirtiéndolos en profesionales más competitivos en la futura practica laboral.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Participar como Auxiliar de ingeniería en el seguimiento del proceso constructivo torre c en el “Conjunto Residencial la Estación”, llevando a la práctica los conocimientos teóricos adquiridos en el transcurso de la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad del Cauca.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ◆ Seguir detalladamente los procedimientos técnicos realizados en la construcción de la estructura torre c.
- ◆ Hacer cumplir las normas y especificaciones de los materiales utilizados.
- ◆ Control de encofrados de la estructura y sus rendimientos.
- ◆ Seguimiento y control de ensayos de laboratorio para el concreto in situ.

#### 4. METODOLOGÍA

Los objetivos anteriores, se cumplirán con la realización de los siguientes procedimientos:

- Chequear los cronogramas de avance de la obra establecidos por parte de la Interventoría, y observar si estos plazos se cumplen, en caso contrario manifestarlo y proponer posibles alternativas de solución.
- Revisar la calidad del acero y el concreto utilizados en la obra.
- Hacer un análisis cuantitativo de las actividades que se realizan diariamente en la construcción torre C.
- Verificar que las actividades terminadas tengan la calidad necesaria y cumplan con los requerimientos.
- Control de rendimientos de cuadrillas que se manejan en la estructura de concreto, como lo son: encofrado, amarrar hierro, fundición y desencofrado.
- Adquirir conocimiento y experiencia en las labores de control de calidad y manejo de materiales en este tipo de obras.
- Realizar un informe de las actividades ejecutadas en los proceso de control de calidad de materiales y de la experiencia adquirida durante la pasantía.
- Entregar un informe final en donde se evalúen los logros propuestos y alcanzados durante el tiempo de la pasantía.

## 5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El Conjunto Residencial la Estación, es un proyecto que tiene varias alternativas de Vivienda, en modalidad de apartamentos e incluye obras de Urbanismo.

La mencionada obra consiste en un Conjunto Cerrado Multifamiliar; que comprende cuatro edificaciones, zonas comunes, salón social, una piscina, zona de juegos infantiles y parqueaderos.

El promotor del proyecto es la Sociedad Inversiones y Desarrollos S.A., y la construcción la ejecuta el Consorcio AMT, que es una alianza de tres empresas relacionadas con el campo de la construcción.

La obra se ubica en la Ciudad de Popayán, localizada sobre la Avenida Mosquera y la Avenida Champagnat carrera 9, entre la calle 5N y la calle 7N. El área total del lote donde se desarrollara el proyecto es de 12.287 M2 y el área estimada a construir es de 31.721 M2



**Figura 8. Proyecto Conjunto Residencial la Estación**

La ejecución del Conjunto Residencial La Estación está proyectada para un periodo de tres años, iniciando en Octubre del 2008 y culminando en el año 2011.

## 5.1 RECURSOS PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO

### 5.1.1 Recursos humanos

La obra cuenta con un personal profesional y técnico calificado para la realización del proyecto, entre los que se están: el Director de obra, el Representante Legal del Consorcio, el Jefe de compras y proveedores, dos ingenieros residentes, dos interventores, un maestro de obra, operadores de equipos, un almacenista, oficiales y ayudantes de construcción los necesarios para llevar a cabalidad todas las actividades a desarrollar. En la parte administrativa y financiera esta la secretaria, y la contadora pública.

#### 5.1.1.2 Organización del personal que trabaja en la obra



Figura 9. Organigrama Obra la Estación.



### 5.1.2 Recursos físicos

Entre algunos de los equipos y espacios con los que se cuentan para la ejecución del proyecto están:



Figura 10. Mezcladora



Figura 11. Vibro compactador



Figura 12. Buldózer



Figura 6. Torre grúa



Figura 7. Pluma grúa



Figura 8. Placa vibratoria



Figura 9. Campamento



Figura 10. Almacén

## 5.2 DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA

Los diseños arquitectónicos se realizaron, tratando de lograr los diseños más funcionales y prácticos posibles, haciendo el mayor aprovechamiento de los espacios.

Cada edificio se compone de un sótano de parqueaderos y una primera planta con 10 aparta estudios y 2 apartamentos tipo, cinco pisos con 8 apartamentos tipo y el séptimo y octavo piso corresponden a los apartamentos dúplex o pent-house, para un total de 60 apartamentos por edificio. Además habrá 2 ascensores por cada edificación.

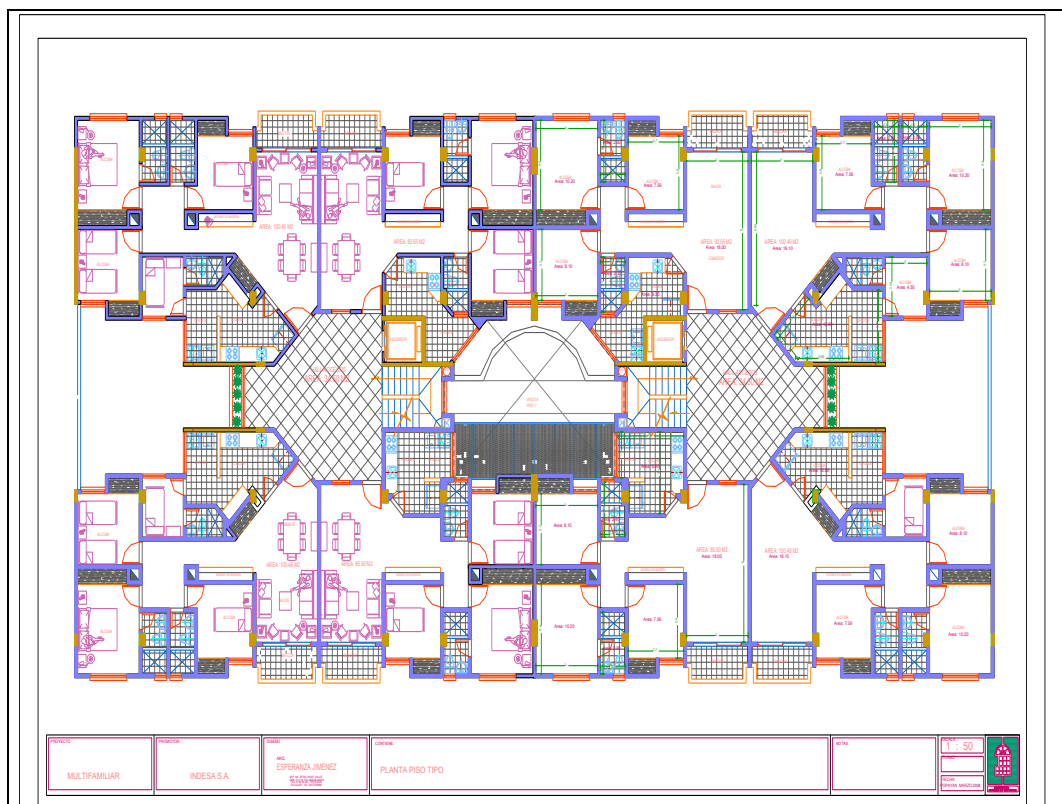


Figura 11. Planta arquitectónica piso tipo

## 5.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

### 5.3.1 Edificaciones

La cimentación de cada edificio se realizó con pilotes fundidos in situ, con concreto Tremie<sup>1</sup>, sobre los cuales se apoya la losa de cimentación de tipo aligerada, construida en concreto reforzado.

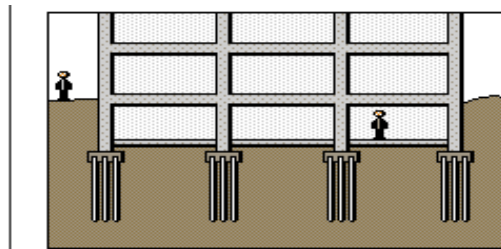


Figura 12. Cimentación sobre pilotes

El sistema estructural utilizado en las edificaciones es aporticado, es decir los elementos resistentes del sistema son vigas y columnas de concreto reforzado.

Las losas de entrepiso utilizadas son losas aligeradas con prefabricados de concreto.

Existen elementos estructurales adicionales como las pantallas de concreto con acero de refuerzo que aportan rigidez a todo el conjunto estructural.

Los sistemas de mampostería, que utilizan en la obra, se usan para hacer divisiones entre espacios, construidos con muros en ladrillo farol y columnetas, como la mampostería de fachada construida en ladrillo estructural visto, con sus respectivas dovelas y no fueron diseñados para cumplir ninguna función estructural.

---

<sup>1</sup> Tremie: hace alusión al concreto vaciado mediante tuberías de acero hasta niveles subterráneos

### 5.3.2 Parquederos

La cimentación de la estructura de parqueaderos consiste en zapatas aisladas de concreto reforzado de sección cuadrada y rectangular, unidas entre sí por vigas de cimentación.



Figura 13. Cimentación zona de parqueaderos

## 6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS CONCRETO

El concreto es un material utilizado en construcción por ser moldeable.

Lo ideal en el concreto es que la mezcla final cumpla con los requerimientos de diseño de la estructura, y que sea manejable, resistente, durable y económica.

Para esto es necesario tener en cuenta:

**Calidad de los materiales.**

**Optimo diseño de mezcla**

**Optimización de los procesos constructivos.**

**Equipo adecuado**

### 6.1 MATERIALES USADOS EN LA PRODUCCIÓN DEL CONCRETO SIMPLE

El concreto simple por lo general se compone en un mayor porcentaje de material granular, que unido al agua y al cemento forman un compuesto muy resistente a fuerzas de compresión.

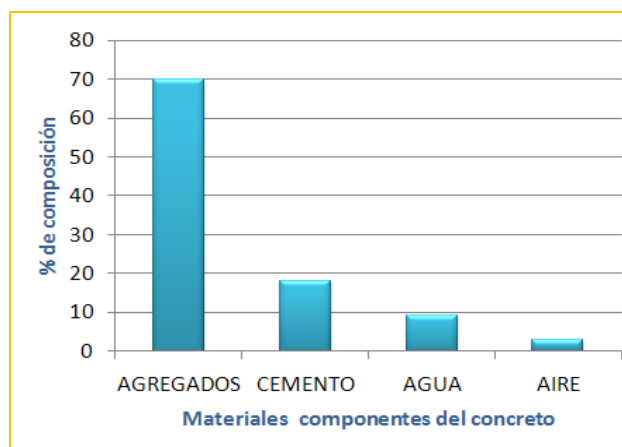


Figura 14. Composición del concreto simple

## 6.2 CONCRETO UTILIZADO EN LA OBRA

El concreto utilizado en la obra para la fundición de la estructura de la torre c, es el concreto reforzado, es decir que para resistir las cargas se combina con el acero, para soportar los esfuerzos de tensión, y tiene una resistencia de diseño  $f'c = 3000$  Psi, este concreto se obtiene a través de mezcla mecánica realizada en la obra y con la colocación del acero.

## 6.3 MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBRA LA ESTACIÓN

### 6.3.1 Cemento

El cemento usado en la construcción de la torre C, es el Cemento Argos tipo uno, presentación de sacos de 50 kilogramos, el cual cumple con las propiedades fisicoquímicas requeridas por la construcción.



Figura 15. Cemento Argos Tipo uno

#### 6.3.1.1 Especificaciones y Normas para el cemento

El cemento debe cumplir con las normas NTC 121 y NTC 321.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> NSR 98. Capitulo C, párrafo C.3.2.1



A continuación se presentan las especificaciones técnicas de Cementos Argos.

### Especificaciones técnicas

PARÁMETROS QUÍMICOS	ESPECIFICACIONES ARGOS	NTC 321 Tipo 1	ASTM C-1157 Tipo GU
Óxido de magnesio, MgO, máximo (%)	6.00	7.00	-
Trióxido de azufre, SO <sub>3</sub> , máximo (%)	3.50	3.50	-
PARÁMETROS FÍSICOS	ESPECIFICACIONES ARGOS	NTC 121 Tipo 1	ASTM C-1157 Tipo GU
Fraguado inicial <sup>(1)</sup> , mínimo (minutos)	90	45	45
Fraguado final <sup>(1)</sup> , máximo (minutos)	320	480	420
Expansión autoclave, máximo (%)	0.80	0.80	0.80
Expansión en agua <sup>(2)</sup> , máximo (%)	0.02	-	0.02
Resistencia a 3 días <sup>(3)</sup> , mínimo (Mpa)	13.8	8.0	10.0
Resistencia a 7 días <sup>(3)</sup> , mínimo (Mpa)	20.7	15.0	17.0
Resistencia a 28 días <sup>(3)</sup> , mínimo (Mpa)	29.0	24.0	28.0

(1) Ensayo con aguja de Vicat según NTC 118

(2) Ensayo en barras de mortero a 14 días

(3) Ensayo a compresión sobre cubos de mortero con arena normalizada

Las especificaciones del cemento gris Tipo I Uso General producido por Cementos Argos S.A. cumplen con los valores de la norma colombiana NTC 121 y 321 y de la norma

**Tabla 2. Especificaciones Técnicas cemento Argos<sup>3</sup>**

#### 6.3.1.2 Almacenamiento del cemento

EL almacenamiento del cemento se hace en un lugar cubierto y sobre una tarima de madera, colocados de forma que ingrese el aire por medio de los sacos y lejos de la humedad, para evitar el temprano fraguado.



**Figura 16. Almacenamiento Cemento La Estación**

<sup>3</sup> Página [www.argos.com](http://www.argos.com)

### 6.3.2 Agregado fino

En la obra se utiliza arena lavada de río, libre de materiales contaminantes e impurezas orgánicas y con buena gradación. La arena con la que se trabaja en la obra es arena limpia de Puerto Tejada.



Figura 17. Arena de Puerto Tejada

#### 6.3.2.1 Especificaciones y Normas para el Agregado Fino

Los agregados para el concreto deben cumplir con la norma NTC 174.<sup>4</sup> Dicha norma hace referencia al análisis granulométrico y propiedades físicas y químicas de los agregados.

---

<sup>4</sup> NSR 98.Capitulo C. Parágrafo C.3.3.1



### 6.3.2.1.1 Análisis granulométrico de la Arena de Puerto Tejada

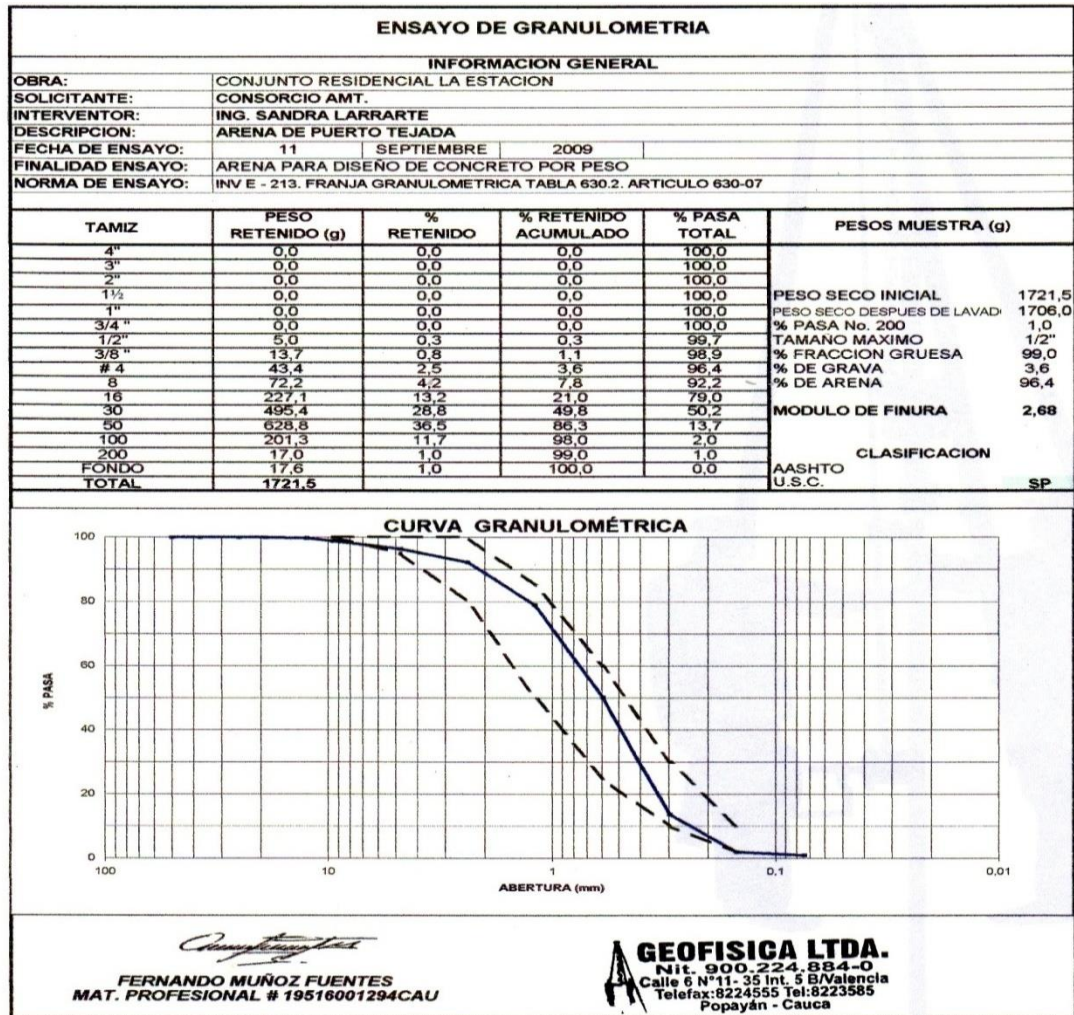


Figura 18. Gradación Arena Puerto Tejada

En el análisis del material fino se puede observar, que está bien gradado, y de acuerdo a las normas puede clasificar como arena mediana, ya que su modulo de finura que es igual a 2.68 se encuentra en el rango de [2.6 a 2.9].

### 6.3.2.1.2 Propiedades físicas y químicas del agregado fino utilizado en la obra

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LA ARENA DE PUERTO TEJADA				
Ensayo	Norma	Resultado	Especificación	Grado de Aceptabilidad
Masa Unitaria Suelta	NTC-92	1.445g/cm <sup>3</sup>	[1.3 -1.8]g/cm <sup>3</sup>	CUMPLE
Materia Orgánica	INV E-212	Color de Referencia 3	Ensayo cualitativo	CUMPLE
Equivalente de Arena	INV E- 133	88%	>60%	CUMPLE
Gravedad Especifica Aparente	INV E-222	2.607g/cm <sup>3</sup>	[2.4-2.8]g/cm <sup>3</sup>	CUMPLE
Absorción	INV E-222	1.483%	< =4%	CUMPLE
Limpieza	INV E-214	1%	< =5%	CUMPLE

Tabla 2. Resultados Ensayos realizados a Arena de Puerto Tejada

### 6.3.2.2 Ubicación del Agregado Fino

La arena se ubica en un sitio cercano a la mezcladora, se agrupa de forma tal, que se evite la segregación y contaminación.

### 6.3.3 Agregado Grueso

El agregado grueso utilizado es el producto de un proceso de trituración mecánica. El triturado usado en la obra fue suministrado por la empresa de Conexpe, el tamaño máximo del triturado es 3/4".



Figura 19. Triturado Conexpe

### **6.3.3.1 Especificaciones y Normas para el Agregado Grueso**

Los agregados para el concreto deben cumplir con la norma NTC 174.<sup>5</sup>

### **6.3.3.2. Ubicación del Agregado Grueso**

El triturado se apila cerca a la mezcladora, separado del agregado fino, las partículas del agregado se agrupan de tal forma que se evite al máximo la segregación y la contaminación.

### **6.3.3.3. Ensayos realizados al material suministrado por Conexpe**

A continuación se presentan los resultados de los ensayos realizados a material proveniente de Conexpe.

---

<sup>5</sup> NSR 98.Capitulo C, Parágrafo C.3.3.1

### 6.3.3.4. Análisis granulométrico material Conexpe

Del análisis granulométrico se puede decir que cumple con el tamaño requerido, además es un material limpio.

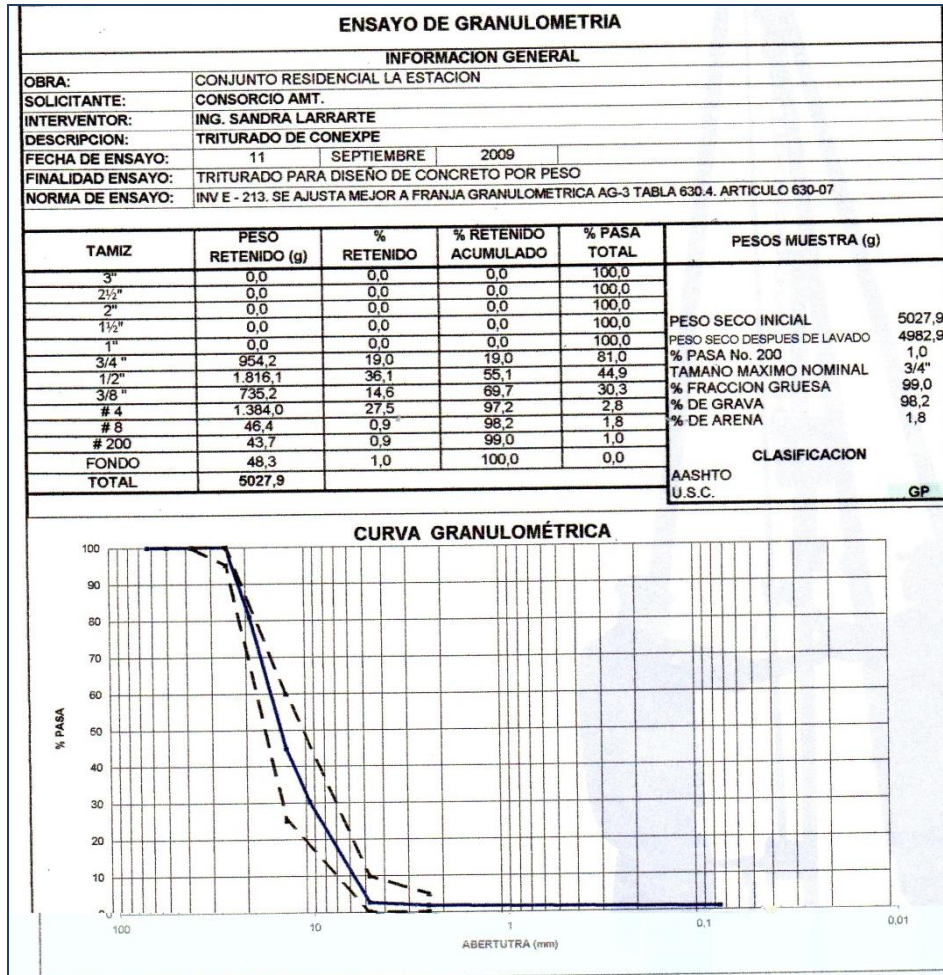


Figura 20. Gradación del triturado conexpe

### 6.3.3.5. Ensayos realizados al material suministrado por Conexpe

Ensayo	Norma	Resultado	Especificación	Grado de Aceptabilidad
Masa Unitaria Suelta	NTC-92	1.344g/cm <sup>3</sup>	[1.3 -1.8]g/cm <sup>3</sup>	CUMPLE
Desgaste en la Maquina de los Ángeles	INV E-218	28.8%	<=40%	CUMPLE
Índice de Aplanamiento	INV E-230	19.03%	25%	CUMPLE
Densidad Especifica Aparente	INV E-223	2.498g/cm <sup>3</sup>	[2.4-2.8]g/cm <sup>3</sup>	CUMPLE
Absorción	INV E-223	2.4g/cm <sup>3</sup>	<=4%	CUMPLE
Resistencia al Ataque de Sulfato de Sodio	INV E-220	19.13%	<=12%	NO CUMPLE

**Tabla 3. Resultados ensayos triturado Conexpe**

Los datos observados muestran que todos los ensayos se cumplen, a excepción, del resultado arrojado por los ataques de sulfatos, y aunque no está cumpliendo no se toma como un parámetro para rechazar el material, ya que este ensayo solo es un parámetro de rechazo en un sitio donde se presenten bajas temperaturas.

Se verificó que el agregado grueso no fuera mayor que<sup>6</sup>:

- $\frac{1}{5}$  de la dimensión menor entre los lados de las formaletas =  $\frac{1}{5} * 0,15 = 0,030 \text{ m}$
- $\frac{1}{3}$  del espesor de las losas =  $\frac{1}{3} * 0,06 = 0,020 \text{ m}$

<sup>6</sup> Normas Colombinas de diseño y construcción sismo- resistente NSR-98. Titulo C. Capitulo C.3.3.3



- $\frac{3}{4}$  del espaciamiento libre mínimo entre las barras o alambres individuales del refuerzo, paquetes de barras o de los tendones o ductos de pre esforzado  $\frac{3}{4} * 0,03 = 0,023 m$ .

#### 6.3.4 Agua de Mezcla

El agua es un componente de la mezcla de concreto que sirve para dar manejabilidad y además hidrata el concreto.



Figura 21. Agua de mezcla

#### 6.3.5 Aditivo

Los aditivos sirven para mejorar la manejabilidad y manipulación del concreto. Muchos aditivos también tienen la propiedad de acelerar el fraguado de la mezcla. Para la mezcla preparada en la obra se utilizó un aditivo de la línea Sika denominado Sikafluid; este es un superplastificante y se usó en las columnas y pantallas para dar mayor manejabilidad.

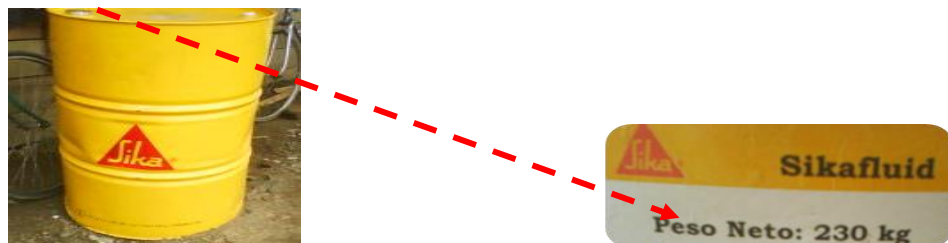


Figura 22. Aditivos plastificantes usados en la preparación de mezclas de concreto

## 7. REQUISITOS DEL CONCRETO PRODUCIDO EN OBRA

### 7.1 DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA

La mezcla se realiza con base a proporciones en volumen suelto iniciales de 1:2½:2½ y de 1:2½:3.



Figura 23. Elementos empleados en la medición de proporciones en volumen suelto

### 7.2 RESISTENCIA DE DISEÑO

Todos los elementos estructurales deben cumplir con una Resistencia a la Compresión del Concreto  $f'_c = 3000$  PSI.

## 8. GENERALIDADES DEL ACERO EN OBRA.

### 8.1. Diseño estructural

La estructura se desarrolló con un diseño estructural sismo resistente, realizado por el Ingeniero Juan Manuel Mosquera cumpliendo en su totalidad con la norma NSR-98.

Las características del sistema estructural son:

1. Sistema estructural aporticado, conformado por vigas, columnas y pantallas.
2. Grado de disipación de energía: DES.
3. Materiales:
  - Concreto:  $f'c = 21$  MPa.
  - Acero:  $Fy = 420$  MPa.
4. Cimentación.
5. Vigas de amarre.
6. Losa de cimentación de 60cm, aligerada con casetón.
7. Columnas: Dimensiones (0.30×0.50)m y (1.0×0.30)m.
8. Pantallas: Espesor de 15 cm.
9. Losas de entrepiso aligeradas con prefabricados de 35cm de espesor.
10. Vigas de cubierta.



### 8.1.2 Calidad del acero

El acero utilizado en la obra es Paz del Rio identificándose fácilmente su diámetro y calidad<sup>7</sup>. La información identificada en el acero es:

1. Logotipo del fabricante.
2. Diámetro nominal de la barra
3. Símbolo de soldabilidad
4. Mínimo límite de fluencia garantizado, en miles de PSI.
5. País.

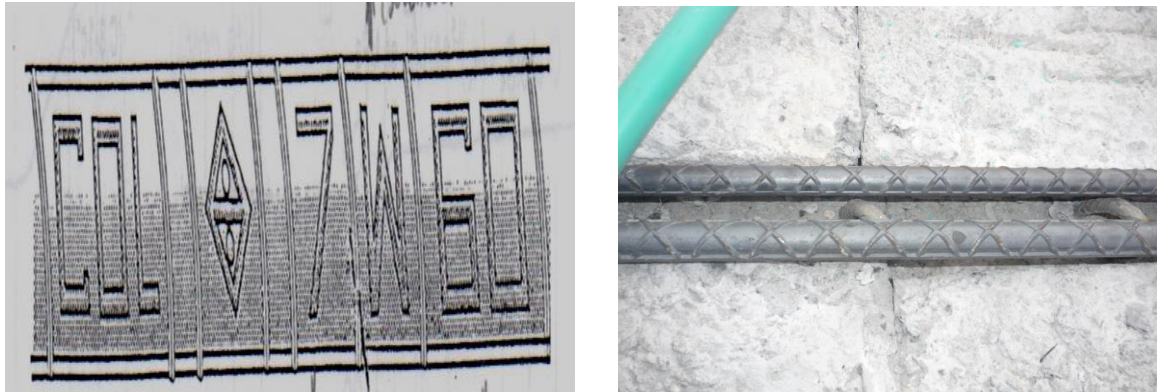


Figura 24. Calidad del acero de la obra

Las varillas utilizadas en obra para el diseño del refuerzo estructural cumplen con las especificaciones estipuladas en la norma NSR-98 para un ( $F_y = 420 \text{ MPa}$ ). El acero de refuerzo utilizado es corrugado<sup>8</sup> y de igual manera se cumple con las dimensiones nominales de las barras de refuerzo establecidas en la tabla<sup>9</sup>.

<sup>7</sup> Fuente: Tomado notas de concreto Armado 1.

<sup>8</sup> Normas Colombinas de diseño y construcción sismo- resistente NSR-98. Titulo C. Capitulo C.3.5.3

<sup>9</sup> Normas Colombinas de diseño y construcción sismo- resistente NSR-98. Titulo C. Tabla C.3.2

### 8.1.3 Dimensiones de las barras de refuerzo utilizadas en la obra

Las barras se nombran con un número, el cual corresponde al número completo de octavos de pulgada, que tiene su diámetro nominal.

Designación de la barra	Diámetro de referencia en pulgadas	DIMENSIONES NOMINALES			Masa (Kg/m)
		Diámetro (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Perímetro (mm)	
N°3	3/8	9.5	71	30.0	0.560
N°4	1/2	12.7	129	40	0.994
N°5	5/8	15.9	199	50	1.552
N°6	3/4	19.1	284	60	2.235
N°7	7/8	22.2	387	70	3.042
N°8	1.0	25.4	510	80.0	3.973

**Tabla 4. Dimensiones del refuerzo**

Nota: la barra N° 3, se cambio por una varilla de 9.0 mm

#### 8.1.4 Almacenamiento del acero de refuerzo

Las varillas de acero se almacenan en un sitio cubierto y se apoyan sobre soportes cuya separación y altura sean calculadas para tratar de evitar el contacto con el suelo. Las varillas antes de ser utilizadas deben permanecer tapadas con lonas para proteger el material del polvo y de una posible oxidación.

Las varillas figuradas deben depositarse en construcciones cubiertas aisladas del suelo y protegidas con lonas.



Figura 25. Almacenamiento del acero bajo techo de concreto

### 8.1.5 Figurado del acero

El acero de refuerzo viene generalmente en varillas de 6.0m<sup>10</sup> de longitud, el cual es cortado y figurado en obra en un lugar adecuado, según las longitudes que se requieran.

Las barras son cortadas con un equipo especial y los ganchos son elaborados con una herramienta exclusiva para este fin. Los dobleces y ganchos se realizan en frío<sup>11</sup>.



Figura 26. Elaboración de los ganchos



Figura 27. Corte de barras

<sup>10</sup> Luis Fernando Polanco F., "Manual de construcción 1". Universidad del Cauca 2000. Pág. 89

<sup>11</sup> Normas Colombinas de diseño y construcción sismo- resistente NSR-98. Título C. Capítulo C.7.3.1

### 8.1.6 Diámetro mínimo de doblamiento

En la tabla mostrada se especifica el diámetro mínimo de doblamiento de la barra según el espesor que se va a utilizar. Se cumple con el diámetro interior de doblamiento de estribos de barra N° 5 (5/8"), el cual no debe exceder de 4 veces el diámetro<sup>12</sup> de la barra (4db).

Se está cumpliendo con el diámetro mínimo de doblamiento de las barras de refuerzo, el cual no debe ser menor que los valores mínimos dados en<sup>13</sup>:

<b>Barra</b>	<b>Diámetro mínimo de doblamiento</b>
N° 2(1/4") a N°8(1") 6M (6mm) a 25m (25mm)	6db
N° 9(1-1/8") a N°11(1-3/8") 32M (32mm)	8db
N° 14(1-3/4") y N°18(2-1/4") 45M (45mm) y 55m (55mm)	10db

**Tabla 5. Diámetro mínimo de doblamiento**

---

<sup>12</sup> Normas Colombinas de diseño y construcción sismo- resistente NSR-98. Titulo C. Capitulo C.7.2.2

<sup>13</sup> Normas Colombinas de diseño y construcción sismo- resistente NSR-98. Titulo C. Capitulo C.7.2.1

### 8.1.7. Losa de séptimo entrepiso

El piso séptimo se diferencia por la colocación de vigas V4-V4, ubicada entre ejes 3-4 y 8-9, formando parte de las vigas de borde de la losa.

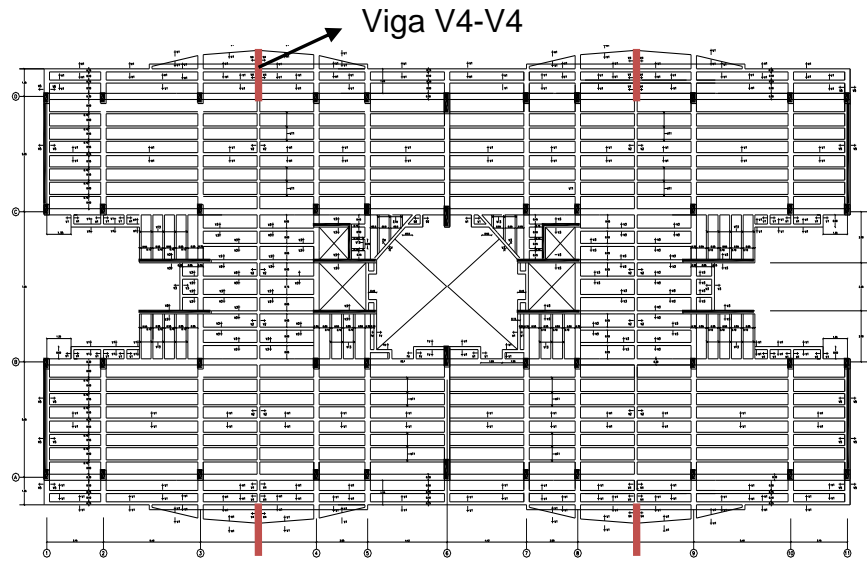


Figura 28. Losa de séptimo entrepiso

### 8.1.8. Viga V4-V4

La viga está reforzada con 4#5 (2 en la parte superior y 2 en inferior), para esta viga se hicieron los chequeos de la longitud de traslapo, del gancho y separación de estribos.

La colocación de estribos se debe hacer con las distancias indicadas en el diseño, y para evitar errores es necesario chequear rigurosamente estas distancias.

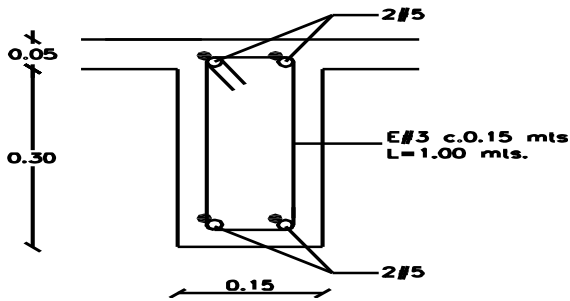


Figura 29. Corte de viga

### 8.1.9 Losa de octavo entrespiso

En este tipo de losa se suprimen las vigas de borde V1 y V3 entre los ejes 3-4 y 8-9.

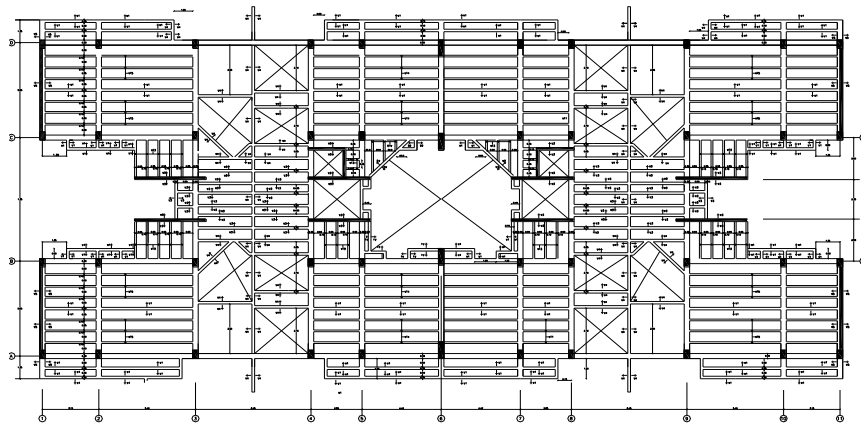


Figura 30. Losa de octavo entrespiso

Esta losa no tiene vigas adicionales a las que se han manejado y supervisado en losas anteriores.

La supervisión realizada a las vigas mostró que se cumplió con el despiece, con la separación entre estribos, la longitud de traslapo, la longitud del gancho y con el número de estribos.

## 9. PROCESOS CONSTRUCTIVOS

### 9.1. Requisitos

- ★ Tener previamente los diseños arquitectónicos y estructurales determinados, y en caso de que se deban realizar cambios en la construcción, se debe pedir la aprobación del diseñador.
- ★ Tener establecido el diseño de la mezcla a emplear en la obra y el respectivo diseño del refuerzo, de surgir variaciones realizar las pruebas en la obra, y verificar los resultados obtenidos.
- ★ Se debe contar con la disponibilidad de materiales, herramientas, y equipos suficientes que garanticen el cumplimiento de la programación de la obra.
- ★ Disponibilidad de un personal calificado o idóneo para realizar cada actividad.



## 9.2. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS LOSAS ALIGERADAS

### 9.2.1 Encofrado

El encofrado de la losa consiste en un juego de parales o puntales metálicos separados lateralmente a 3.0m y posteriormente a 1.40m, también conocidos como “gatos” y sobre los cuales se apoyan cerchas metálicas, formando un sistema de soporte. Para el entarimado se usa tableros de madera sobre los cuales se arma y posteriormente se funde la losa. Las dimensiones de los tableros son 1.40\*0.70 m y espesor 10cm, la altura del taco es 2.27m y 3cm de cercha.

Además los parales son arriostrados por tijeras o crucetas metálicas, ubicadas en forma de diagonales, en ambos sentidos, obteniéndose así la rigidez necesaria del sistema.



Figura 31. Sistema de soporte del encofrado de la losa



Figura 32. Encofrado de losa en voladizo



Figura 33. Avance en la colocación de tablero

Una vez colocados los tableros se procede a hacer una revisión para verificar que no hayan espacios entre tableros, de lo contrario se realizan parcheos con trozos de madera y se aseguran con puntillas.

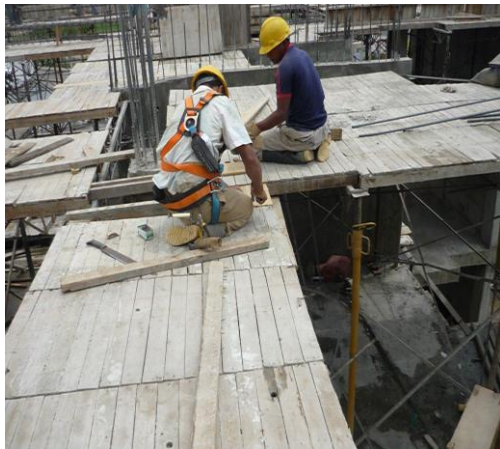


Figura 34. Parcheo de los tableros

### 9.2.1.1. Chequeo de la formaleta

Antes de iniciar con el armado del refuerzo, se debe revisar que la formaleta este debidamente nivelada y alineada, y que además este limpia, es decir libre de basura o escombros.

A medida que se iba colocando el refuerzo se chequeó que las barras cumplieran las dimensiones indicadas en los planos y que se colocaran dentro de la formaleta<sup>14</sup>, adicionalmente se verificó la separación, el recubrimiento, la longitud de los ganchos y las longitudes de traslazo estipuladas en los planos de diseño.



Figura 35. Limpieza de la formaleta

<sup>14</sup> Normas Colombinas de diseño y construcción sismo- resistente NSR-98. Titulo C. Capitulo C.7.3.2

### 9.2.2 Colocación del refuerzo: Viga.

Una vez terminada y nivelada la formaleta se inicia a colocar el refuerzo correspondiente a vigas, el cual ha sido cortado y flejado en obra de acuerdo a los planos estructurales, esto es realizar los ganchos a las varillas principales y la elaboración de flejes o estribos (amarrados con alambre dulce). Para conservar el nivel requerido por la viga, se apoyan las varillas principales sobre un molde de madera.

Se comienza a armar el refuerzo de las vigas principales de la losa y de ultimo se arman las vigas de los bordes, colocando y apoyando cuidadosamente las barras como se indica en los planos<sup>15</sup>, se cumplió con el espaciamiento correcto de los estribos, la longitud de traslapo y se respeto el diámetro de estas de acuerdo al despiece de cada viga según el diseño. Para esto se hicieron grupos provisionales de 15 a 20 estribos que permitieron una mejor manejabilidad.

La distribución de las vigas en la estructura según los planos está determinada así:

Vigas de carga: se ubican en el sentido transversal de la losa, es decir en los ejes (1 a 11), tiene una sección de (30×35) cm.

Vigas riostra: se ubican en el sentido longitudinal de la losa, es decir en los ejes A, B, C y D, con sección de (30×35) cm.

---

<sup>15</sup> Luis Fernando Polanco F., "Manual de construcción 1". Universidad del Cauca 2000. Pág. 91





**Figura 36. Armado de vigas**



**Figura 37. Amarre de flejes**

Cuando se realice la colocación de los aceros se deben respetar los traslapos, las longitudes, los números de las barras, y las separaciones de los estribos.



**Figura 38. Verificación longitud de los traslapos**

Para garantizar el recubrimiento 5 cm necesario, cada que se avance en la armada del refuerzo se deben ir colocando “panelas”, o pequeños trozos de concreto, fabricados en obra de (5 x 5 x 3) cm, ubicados entre la formaleta y el acero de refuerzo.



Figura 39. Colocación de paneles para garantizar recubrimiento



Figura 40. Recubrimiento de las vigas

### 9.2.3. Vigas.

Las vigas utilizadas fueron de (30x35) cm y de acuerdo a la cuantía de acero se disponen varias secciones: Vigas entre ejes (1-11), Vigas entre ejes A, B, C y D, V1-V1, V2-V2, V3-V3, V4-V4, V5-V5 y V6-V6.

### 9.2.3.1. Vigas ejes (1-11)

Estas vigas están ubicadas en sentido transversal de la losa, y generalmente se arman primero porque son vigas de carga. Con el avance del amarre de estas se realizan revisiones para cumplir con los diseños y normas.

Los ganchos de los estribos tienen un doblado de  $135^\circ$ , con una longitud de desarrollo de 6 veces el diámetro de la barra<sup>16</sup>, para una construcción sismo resistente.



Figura 41. Gancho de los estribos

Se cumplió con la posición del acero, la separación entre estribos, la longitud del gancho y las dimensiones de la sección de acuerdo a lo establecido en los planos de diseño.

---

<sup>16</sup> Normas Colombianas de diseño y construcción sismo- resistente NSR-98. Título C. Capítulo C.7.1.2

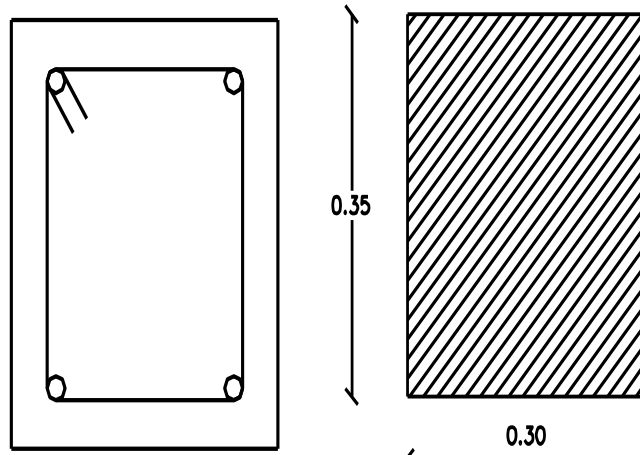


Figura 42. Sección transversal

La revisión de estribos se realizó verificando las longitudes entre ellos y contando el número de estos, y también se verificó que el traslapeo fuera 40 veces el diámetro de la varilla.



Figura 43. Traslapeo



Figura 44. Medida del traslapeo



### 9.2.3.2. Vigas ejes (A, B, C, D)

Estas vigas están ubicadas en el sentido longitudinal de la losa y cumplen la función de riostra. En estos elementos se verifica la colocación del refuerzo principal, traslapos y la separación entre estribos.

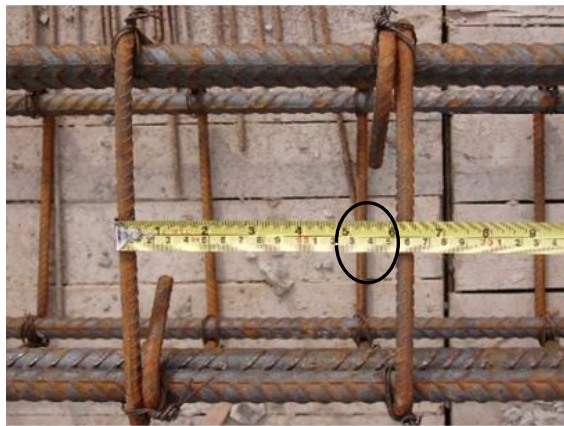


Figura 45. Separación entre estribos

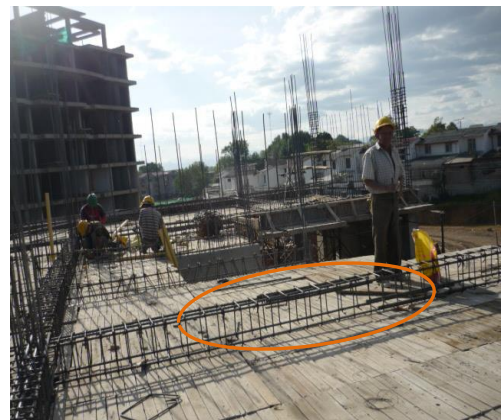


Figura 46. Traslapo

De igual manera se chequea la longitud de los ganchos, el cual debe ser de 30cm para el gancho de la viga y para el estribo sea como mínimo 7.5cm.



Figura 47. Longitud gancho de viga



Figura 48. Longitud gancho de estribo

### 9.2.3.3. Viga V1-V1

Este tipo de vigas se encuentran ubicadas en el borde externo de la losa y en la parte central de forma longitudinal entre los ejes A-B y C-D.

El corte de viga contiene 4 varillas # 3, (2 en la parte superior y 2 en la inferior), esta viga no se armó con este acero sino con barras de 9mm, de igual manera se está cumpliendo con el diseño especificado. Tiene estribos # 2 cada 15 cm.



Figura 49. Separación entre estribos

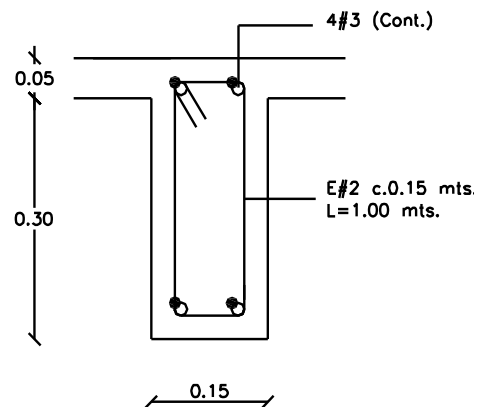


Figura 50. Corte de viga

### 9.2.3.4. Viga V2-V2

La viga V2 se encuentra en medio de las vigas de carga 3-4 y 8-9, y está diseñada con 2#4 en la parte superior y 4#5 en la parte inferior.

El acero se asegura, mediante amarres con alambre negro, esto con el fin de evitar su desplazamiento durante el vaciado y vibrado del concreto, además se verifica que la separación entre estribos este acorde con el diseño.

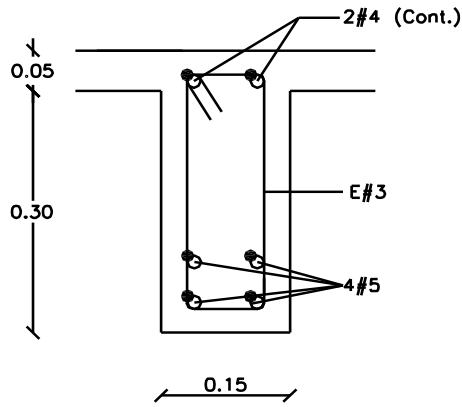


Figura 51. Corte de viga



Figura 52. Separación entre estribos

### 9.2.3.5. Viga V3-V3

Esta viga está situada entre los ejes B-C y recibe cargas de la viga V2-V2 transfiriéndolas a las vigas y muros perpendiculares que le dan apoyo.

Esta viga fue diseñada con 2#4 en la parte superior y 2#4 en la parte inferior, verificando la separación entre estribos, la longitud de traslapo, longitud del gancho y el despiece que se indica en los planos.

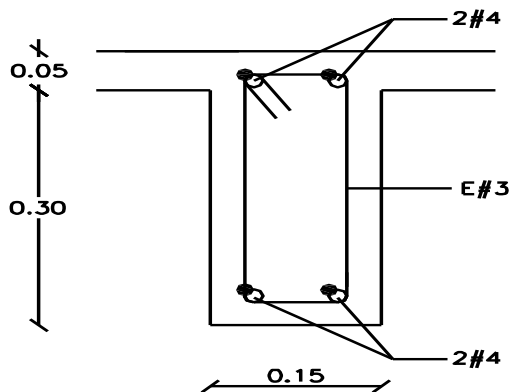


Figura 53. Corte de viga



Figura 54. Separación entre estribos

### 9.2.3.6. Viga V5-V5

Está situada en los ejes 1 y 11 entre los ejes A-B y C-D.

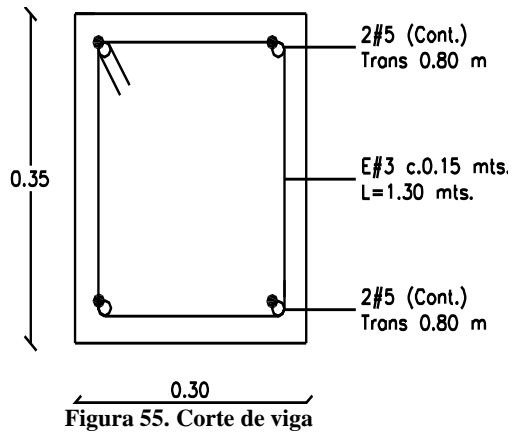


Figura 56. Longitud gancho de viga

Esta es una viga principal que cumple con la colocación del acero, las dimensiones y la separación de los estribos, longitud del gancho, longitud de traslape y las dimensiones de la sección.



Figura 57. Traslape



#### 9.2.4. Encofrado de vigas

Después de realizado el armado de las vigas, se hace el formateo respetando los recubrimientos establecidos por los planos. Estos tableros se sostienen con puntales de madera que se aseguran con puntillas para darle rigidez a la formaleta. Los tableros usados en el encofrado tiene una altura de 30 cm, la longitud varía dependiendo del espaciamiento entre vigas y viguetas.

Entre las vigas transversales se ponen unos apoyos cuya finalidad es ayudar a soportar las placas prefabricadas que se pondrán más adelante.



Figura 58. Encofrado de vigas



Figura 59. Apoyos entre vigas transversales

#### 9.2.4.1. Encofrado de carteras externas o laterales

Se formaletea todo el borde del perímetro de la losa, para luego ubicar los respectivos casetones en la parte de los voladizos.



Figura 60. Encofrado de carteras externas o laterales

#### 9.2.4.2. Instalación de casetones

Los elementos aligerantes para los voladizos son; casetones, elaborados en listones de madera y forrados con esterilla de guadua, que permiten reducir el peso de la estructura.

Estructuralmente soportan muy bien las cargas para las cuales han sido diseñadas.

Las dimensiones de los casetones varían de acuerdo a la planta estructural, su altura estándar es de 0.35 m.

Para la colocación de los casetones se instala previamente una malla que se amarra al acero de refuerzo de las vigas y luego se agrega concreto sobre el cual se pone el casetón.



**Figura 61. Colocación de la malla**



**Figura 62. Solado de concreto**

El solado del casetón se hace para facilitar su adherencia con la estructura y de esta manera evitar que se desprenda.



**Figura 63. Instalación de casetones**

### 9.2.5. Instalación de viguetas prefabricadas.

Las viguetas prefabricadas se conectan de una viga transversal a otra y son elementos elaborados con anterioridad en una fábrica, los cuales cumplen con las condiciones requeridas por el concreto y el acero, además son pretensadas.

Las viguetas prefabricadas tienen una altura de 25 cm, ancho de 10 cm y una longitud que varía dependiendo del espacio entre vigas transversales a las cuales se conectan, estas son en concreto de 35 MPa pretensado con acero ASTM A416.

Las longitudes y cantidades de las viguetas del piso tipo se describen a continuación:

<b>Longitudes</b>	<b>Total unidades</b>
2.89 m	8
5.15 m	8
6.20 m	8
5.75 m	4
2.60 m	8
4.17 m	8

Tabla 6. Viguetas prefabricadas para piso tipo



Las longitudes y cantidades de las viguetas del piso octavo se describen a continuación:

<b>Longitudes</b>	<b>Total unidades</b>
2.89 m	8
5.15 m	8
2.60 m	8
4.17 m	8

**Tabla 7. Viguetas prefabricadas para el octavo piso**

La vigueta prefabricada incluye el refuerzo positivo (aceros de alta resistencia 270Ksi) y los estribos de hierro. El refuerzo negativo lo suministra la obra y se instala durante el proceso de armado y fundición de la losa.

La vigueta prefabricada se apoya directamente sobre las vigas principales en cada uno de sus extremos, empotrando 2 pulgadas en cada lado y tiene bastones de hierro, para amarre y continuidad de la estructura. También requiere de apoyos intermedios provisionales durante el armado y la fundición de la losa.

El acabado se supone es estriado y tiene los estribos embebidos en el concreto sobresaliendo para instalar el hierro negativo de la vigueta y darle continuidad a la estructura. El acabado inferior es liso de formaleta metálica y no necesita repello.

Las viguetas prefabricadas incluían unos ganchos en la parte superior a lo largo de su longitud para incluir el refuerzo negativo, este se realizó con varillas corridas 5/8" y bastones 3/4 "; los ganchos tenían una altura de 3cm que posteriormente fue cambiada por una altura de 6cm, para facilitar el ingreso de las varillas por medio de los ganchos.



**Figura 64. Colocación de las viguetas prefabricadas.**



**Figura 65. Amarre de las viguetas a las vigas transversales**

### 9.2.6. Instalaciones sanitarias

Inicialmente se localizan y ubican cada uno de los puntos sanitarios y posteriormente se realiza el ensamble de las tuberías y accesorios que forman la instalación. Los diámetros y alineamientos se toman de los planos de diseño. Además se debe instalar los bajantes de aguas negras, tuberías de reventilación y bajantes de aguas lluvias.

Se emplearon accesorios y tuberías de PVC certificadas, así como limpiador y soldadura recomendada. El personal que maneja este tipo de instalaciones debe verificar que todos los elementos queden con la pendiente adecuada.



Figura 66. Instalaciones sanitarias

### **9.2.7. Instalaciones hidráulicas**

Estas consisten en la construcción de todas las redes de abastecimiento de agua potable a cada piso y de las instalaciones internas de cada apartamento.

Se ejecutan con alineamientos y diámetros de acuerdo a los planos de diseño, para su instalación se emplean accesorios y tuberías de PVC de calidad certificada y acatando totalmente las recomendaciones de los fabricantes.

Su instalación se complementa con redes de abastecimiento de agua caliente.

De acuerdo al diseño arquitectónico, existen unos espacios vacíos, comúnmente llamados buitrones, estos son pasos en la losa de entrepiso donde se ubican los bajantes y tuberías, estos van desde el sótano hasta la cubierta.

### **9.2.8. Instalación de placas prefabricadas.**

La losa se compone de una placa prefabricada de 4cm y 6 cm de concreto de complemento fundido en sitio de 21 MPa, para un total de 10 cm.

La losa parcialmente prefabricada se compone de una prelosa planar H-4 de altura 4cm, y el ancho y la longitud máxima varía de acuerdo a los espaciamientos requeridos, en concreto pretensado de 28 Mpa y un complemento de 6cm de concreto fundido en sitio de 21 Mpa, para un total de 10cm de losa.

Las longitudes, anchos y cantidades de las losetas del piso tipo se describen a continuación:

<b>Longitudes</b>	<b>Anchos</b>	<b>Total unidades</b>
1.75 m	0.50 m	480
1.75 m	0.38 m	12
2.20 m	0.50 m	34
2.25 m	0.50 m	48
2.45 m	0.50 m	24

Tabla 8. Placas prefabricadas para el piso tipo.

Las longitudes, anchos y cantidades de las losetas del piso octavo se describen a continuación:

<b>Longitudes</b>	<b>Anchos</b>	<b>Total unidades</b>
1.75 m	0.50 m	336
1.75 m	0.38 m	12
2.25 m	0.50 m	34

Tabla 9. Placas prefabricadas para el octavo piso.

El refuerzo negativo requerido en malla electro soldada especificado por el calculista.

El prefabricado se apoya directamente sobre las viguetas en cada uno de sus extremos empotrando 2,5 cm y requiere de apoyo intermedio durante el armado de fundición.

El acabado superior de la losa planar es estriado y tiene conectores en acero embebido en el concreto para garantizar adherencia con el concreto nuevo.

El acabado inferior es liso de formaleta metálica facilitando un acabado de excelente facilidad.



Figura 67. Colocación de placas prefabricadas.

### 9.2.8.1. Transporte de los elementos prefabricados

Estos elementos se trasportaban por medio de la torre grúa con ganchos sostenidos por cables de acero.



Figura 68. Transporte de elementos prefabricados.



### 9.2.8.2. Colocación del acero de temperatura

El acero de temperatura inicialmente se trabajó con una malla electro soldada de varillas de  $\frac{1}{4}$ " de diámetro, con separación de 10 cm en las dos direcciones. Después para agilizar las actividades se trabajó con varillas de 8.5 mm, con separación de 18 cm en las dos direcciones y amarrada directamente a las vigas, este cambio se realizó a partir de la cuarta losa.



Figura 69. Transporte de elementos prefabricados.

### 9.2.9. Instalaciones eléctricas

Su diseño se basa en los planos arquitectónicos, para determinar los puntos de iluminación, interruptores, tomacorrientes, salidas de televisión, teléfonos, ubicación de tablero de protección y en general todos los elementos que forman la dotación eléctrica. Para su construcción se debe tener en cuenta los planos eléctricos, especificaciones de construcción y normas técnicas vigentes. (RETIE). Los ductos, curvas y terminales utilizados son PVC conduit tipo pesado.



Figura 70. Instalaciones eléctricas

### **9.3. ULTIMA REVISIÓN DE LA LOSA**

Una vez la losa esté armada en su totalidad y lista para la fundición, se debe hacer la última revisión, que consiste en chequear que la losa este bien nivelada, que tengan buena rigidez los sistemas de apuntalamiento y que el armado del acero cumpla con las longitudes, números de varillas y traslapos de diseño, ya que en caso contrario se pueden ocasionar problemas futuros.

### **9.4. VACIADO DEL CONCRETO.**

Antes de iniciar el vaciado se debe proceder a humedecer la superficie de las placas prefabricadas, casetones y vigas para asegurar una mayor adherencia con el nuevo concreto.

El vaciado se realiza mediante el uso de la torre grúa o de la pluma grúa en casos de daños técnicos de la primera. La torre grúa realiza el desplazamiento tanto vertical como horizontal y lleva el concreto hasta el sitio de fundición. El concreto es transportado en un bache metálico que tiene una compuerta inferior de descarga.

Para losas de cimentación o de primer nivel, o para sitios donde la torre grúa no alcanza a llegar, la colocación del concreto se realiza mediante el uso de carretillas, se debe colocar rampas de madera que dan un cómodo y seguro desplazamiento.





Figura 71. Transporte del concreto a través de carretillas



Figura 72. Vaciado de concreto

#### 9.4.1. Vibrado de la losa

El vibrado de la losa se debe realizar simultáneamente con el vaciado del concreto y se emplean vibradores eléctricos, los equipos deben cumplir con los requerimientos necesarios en cuanto a diámetro y número de revoluciones. El personal encargado de esta labor debe tener experiencia, debido a que el vibrado excesivo puede ocasionar segregación de la mezcla.



Figura 73. Vibrado en la losa

#### 9.4.2. Terminado de la losa

En el momento de terminar de llenar las vigas se coloca las plantillas de nivel, estas se ejecutan con el mismo concreto de losa y se chequea el nivel, en seguida se termina de vaciar la losa de recubrimiento. La losa debe ser terminada de tal forma que su superficie quede lisa, esto se logra pasando llanas metálicas, sobre la mezcla ya vibrada, extendida y nivelada. Para darle un mejor acabado se puede utilizar un palustre.



Figura 74. Acabado de la losa

El procedimiento se realiza cuando el concreto está, en su punto de llana es decir cuando el agua de la mezcla aparece en la superficie dándole una tonalidad brillante a la mezcla recién colocada.

### 9.4.3. Curado

La reacción química entre el cemento y el agua requiere tiempo y buenas condiciones de humedad y temperatura.

El curado se realiza con una manguera y consiste en humedecer la superficie de concreto fundida y que ya ha endurecido. Este procedimiento se practica en los primeros cuatro días, posteriores a la fundición.



Figura 75. Suministro de curado a vigas y zapatas de cimentación



Figura 76. Fisura debida a un curado inadecuado



### 9.4.3.1. Desencofrado

El desencofrado es el retiro de todo el conjunto de elementos que componen la obra falsa, las losas se desencofran a los cuatro días después de fundidas. Esto se logra mediante un diseño de mezcla óptima y un estudio de la resistencia temprana del concreto, los análisis respectivos se muestran en seguida:

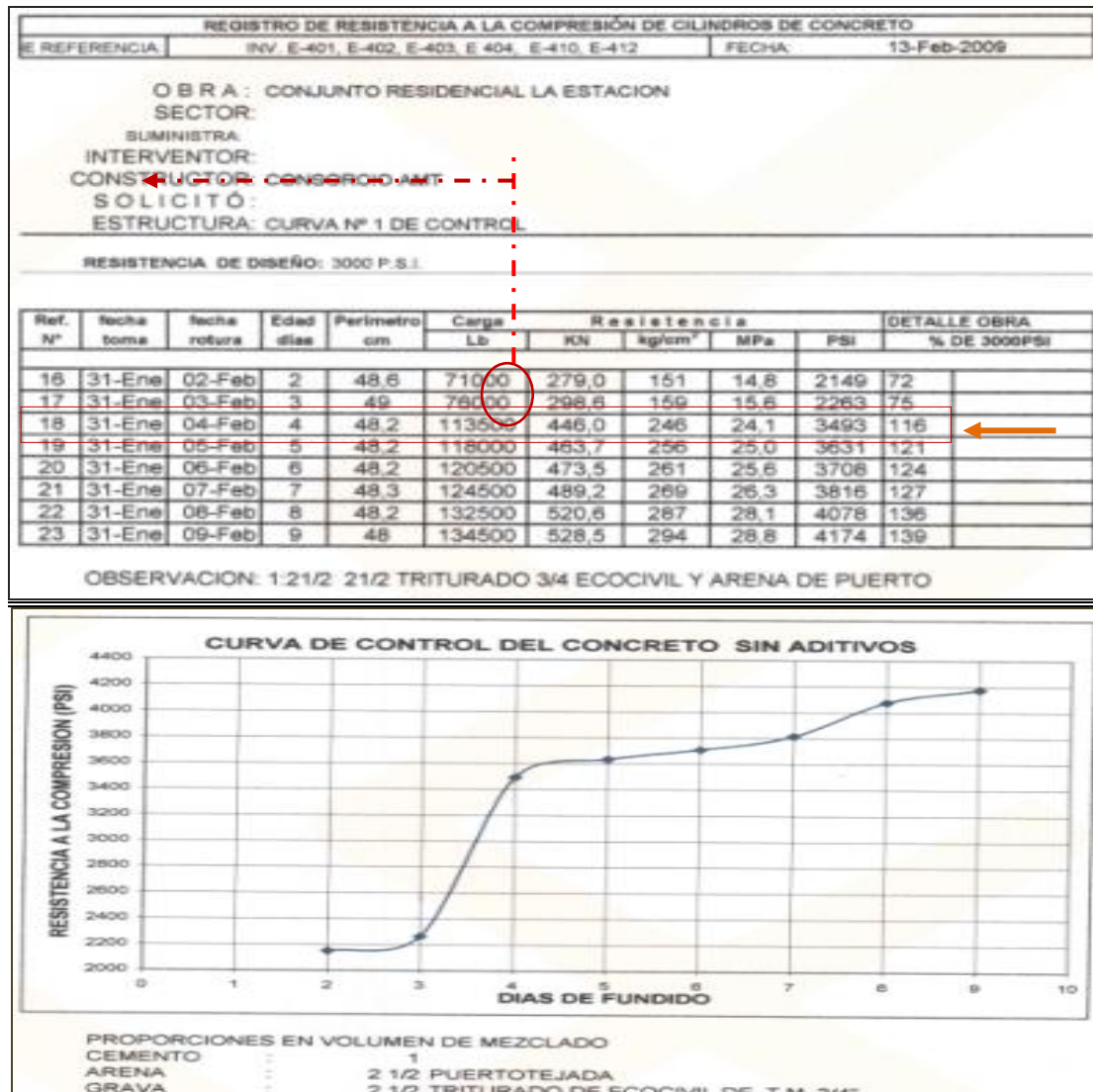


Figura 137. Análisis para determinación del tiempo de desencofrado

## 9.6.1. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE COLUMNAS

### 9.5.1.1 Colocación del Refuerzo

La colocación del refuerzo es una actividad que se realiza desde la cimentación del edificio, se debe hacer el suministro y la disposición del acero, de acuerdo a lo establecido en el diseño estructural, y amarrando estos desde las vigas de la losa de cimentación, para las columnas del primer piso y luego se continúa traslapando las varillas. Se deben revisar los diámetros de las barras, las separaciones entre estribos y los traslapos para cada elemento, generalmente se utilizan andamios para el amarre de las columnas.



Figura 78. Chequeo de traslapos en columnas

Hay tres tipos de columnas diseñadas en los planos estructurales, descritas a continuación:

C1: Constituida por una sección de (0.30×0.50) m, tiene 10 varillas de 5/8", fleje doble # 3, con longitud = 1.30 m y una distribución de acuerdo al diseño, cada piso está compuesto por 36 columnas de este tipo.

C2: Constituida por una sección de (0.30×0.50) m, tiene 10 varillas de 7/8", fleje doble # 3, con longitud= 1.30 m, una distribución de acuerdo al diseño, cada piso está compuesto por 4 columnas de este tipo.

C3: Constituida por una sección de (1.0×0.30) m, tiene 14 varillas de 5/8", fleje triple # 3, con longitud= 1.30 m, una distribución de acuerdo al diseño, cada piso está compuesto por 4 columnas por piso.

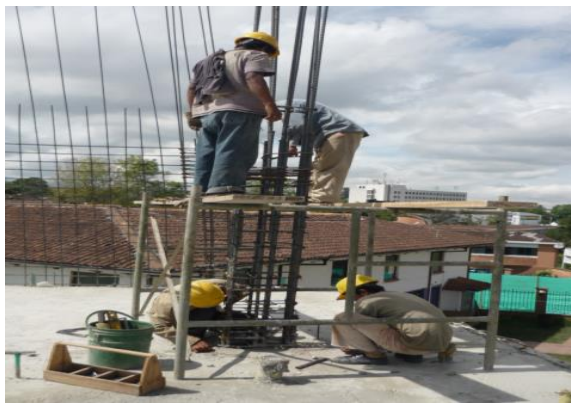


Figura 79. Comienzo armado columna



Figura 80. Columna totalmente armada

### 9.5.1.2. Encofrado

El encofrado consiste en una especie de plantilla conformada por piezas de madera de 1", que se ajusta con tensores y tornillos. Esta es una estructura temporal pero debe ser resistente e indeformable ya que utiliza como molde y soporte para el concreto durante vaciado y su posterior fragüe, hasta que este cumpla una resistencia determinada.

La formaleta se lubrica con algún tipo de desmoldante o aceite, para facilitar el retiro de esta y que además el concreto no se adhiera a la formaleta.

Las columnas deben ser elementos totalmente verticales y para garantizar esto se utilizan elementos como cilindros de concreto, o ladrillos que hacen la función de plomadas, por su peso.

Antes de iniciar a colocar la formaleta se deben chequear los ejes y alineamientos y con cimbra marcar las dimensiones de la columna, se necesita de dos personas para realicen las labores mencionadas.

La persona ubicada en el primer nivel le da las respectivas indicaciones a quien este en el nivel superior, de donde deben colocarse las pesas para llegar al punto del eje de la columna, y de esta manera poder marcar la longitud y obtener el ancho de este. Después de realizada la actividad anterior, se verifica el plomo trasladando una pesa a un lado de la columna, y se aleja de la losa una distancia determinada con ayuda de una tabla como apoyo, dicha distancia debe medir en el primer piso, trasladados y marcados arriba en los pisos superiores y a partir de este punto se traza el largo de la columna.

Con las marcas dejadas por las cimbra se procede a colocar el collarín el cual tiene como función generar una plantilla para la formaleta, con dimensiones exactas de la columna, además este sirve como anclaje para la columna.





Figura 81. Armado del collarín



Figura 82. Collarín



Figura 83. Columnas listas para fundir

Una vez terminado el encofrado, se colocan puntales, para mejorar la rigidez de las columnas, después del vaciado.



### 9.5.1.3. Mezclado

Terminado el proceso de formateo, se inicia el mezclado, para llevar a cabo la fundición de los elementos.

Para el mezclado, es muy importante tener la dosificación de los materiales que se va a manejar e informar al personal sobre estos datos.

En la obra se utiliza una mezcladora mecánica, tipo no basculante, cuya olla tiene una capacidad aproximadamente de  $0.45\text{m}^3$ , dicha olla o tambor es reversible y gira en una dirección para mezclar e invierte el sentido de rotación para descargar el concreto; su accionamiento es totalmente hidráulico.

Esta mezcladora tiene capacidad para 3 sacos de cemento, para una misma mezcla o bachada.



Figura 84. Preparación de la Mezcla

La dosificación empleada para las columnas fue inicialmente de  $1:2\frac{1}{2}:2\frac{1}{2}$ , luego se hicieron pruebas con la relación  $1:2\frac{1}{2}:3$ , para la cual se obtuvieron muy buenos resultados, por lo que se continuó trabajando con estas proporciones, además se dosificó con aditivo sikafluid para mejorar la plasticidad.

Para la dosificación del aditivo superplastificante sikafluid se tuvo en cuenta adicionar un equivalente al 1% del peso del cemento.

En el caso de las columnas es necesario elaborar una mezcla de concreto manejable, para que llene todos los espacios de la formaleta, garantizando el recubrimiento del acero.

#### 9.5.1.4. Transporte

Una vez lista la mezcla, esta se vacía sobre un bache metálico con capacidad de 900kg, que es transportado hasta el sitio de colocación por una torre grúa o pluma grúa.

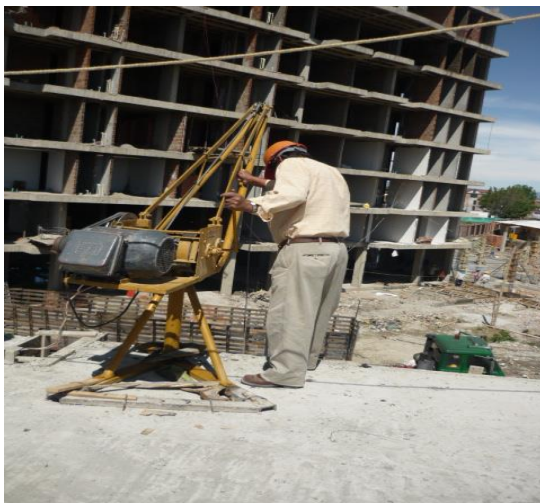


Figura 85. Transporte con pluma grúa.



Figura 86. Torre grúa utilizada en la torre c.

La torre grúa tiene la capacidad de hacer desplazamientos, tanto en forma horizontal, como en forma vertical, tiene por característica que se compone de cuerpos metálicos que se ensamblan unos a otros, dependiendo de la necesidad de altura requerida, logrando alcanzar una altura hasta de 38 m, y la longitud de su brazo alcanza los 30m. Posee 4 motores de carga y un motor de giro. Para darle mayor estabilidad fueron fundidos bloques de concreto ciclópeo, de un peso aproximado de 40 TN. Estos se localizan en la base de torre.



**Figura 87. Armado de la Torre grúa**



**Figura 88. Muertos de la Torre grúa**

Cuando la mezcla esté totalmente terminada, se pone dentro del bache sujetado de un gancho en forma de garfio, que a su vez se sostiene por una polea, la cual permite el movimiento vertical del bache.

La torre grúa se emplea también como medio de transporte para las varillas de acero, los casetones, elementos prefabricados etc.



Figura 89. Descarga de la mezcla de concreto



Figura 90. Bache transportado por la torre grúa

#### 9.5.1.5. Colocación

La colocación del concreto en la columna se puede hacer a través del bache y en otras ocasiones se puede hacer vaciando el concreto inicialmente en carretillas y transportándose hasta la columna, esto debido a la apertura del bache y para evitar desperdicios.



Figura 91. Colocación de concreto en la columna

El vaciado se realiza en forma continua hasta completar la fundición del elemento.



### 9.5.1.6 Vibrado.

Las columnas se vibraron internamente, es decir la vibración se hace directamente a la mezcla de concreto y no desde la formaleta. Se utilizó un vibrador de motor eléctrico monofásico, el cual transmite la energía de vibración a través una manguera al concreto.

Para lograr que la mezcla se acomode de la mejor manera a lo largo de las columnas, es necesario además de vibrar, dar golpes suaves a la formaleta, para evitar el hormigqueo u espacios de aire entre las partículas.

Cabe resaltar que a medida que se va vaciando el concreto, este se debe ir vibrando.



Figura 92. Vibrador



Figura 93. Vibrado de una columna

### 9.5.1.7. Desencofrado

El desencofrado o retiro de formaleta, se hace dos días después de haber fundido la columna, una vez el concreto haya alcanzado la resistencia necesaria.



Figura 94. Columnas desencofradas

### 9.5.1.8. Curado

El curado se define como el proceso de mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto, de manera que se desarrollen en el hormigón las propiedades deseadas<sup>17</sup>. Estas propiedades son especialmente resistencia y durabilidad.

Para el curado de las columnas se utiliza las envolturas de los sacos de cemento humedecidos con el fin de que estos actúen como sellantes y eviten la pérdida del agua de mezclado.



**Figura 95. Curado con materiales sellantes**

A mayor tiempo de curado que se proporcione a los elementos, estos más rápido van a ganar resistencia, y de esta manera se evitarán las fisuras en el concreto debido a la evaporación del agua de mezcla.

El curado a través del uso de materiales sellantes es muy bueno ya que se logra cubrir casi en su totalidad la superficie de concreto expuesta

---

<sup>17</sup> Concreto Simple. Gerardo Antonio Rivera

## 9.5.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE PANTALLAS

### 9.5.2.1 Colocación del Refuerzo

Las pantallas están distribuidas según el diseño estructural y están clasificadas en 5 tipos M1, M2, M3, M4 y M5.

M1: Constituida por una sección de (4.0x0.15) m, tiene 25 varillas de 1/2", en el sentido vertical y 17 varillas de 1/2 en el sentido horizontal, hay 4 pantallas por piso.

M2: Constituida por una sección de (3.5x0.15) m., tiene 24 varillas de 1/2", fleje doble # 3 cada 15 cm., en el sentido vertical y 17 varillas de 1/2 en el sentido horizontal hay 4 pantallas por piso.

M3: Constituida por una sección de (2.10x0.15) m., tiene 16 varillas de 1/2", en el sentido vertical y 17 varillas de 1/2" en el sentido horizontal, fleje doble # 3 cada 15 cm, hay 2 pantallas por piso.

M4: Constituida por una sección de (4.95x0.15) m., tiene 35 varillas de 1/2", en el sentido vertical y 17 varillas de 1/2 en el sentido horizontal lado y lado de esta lleva 1 columna C1, hay 4 pantallas por piso.

M5: Constituida por una sección de (1.90x0.15) m., tiene 10 varillas de 1/2", en el sentido vertical y 17 varillas de 1/2 en el sentido horizontal hay 2 pantallas por piso.

Las pantallas tienen una parrilla de 1/2" cada 15 cm., tanto en sentido horizontal como vertical, formando una malla de refuerzo; lo indicado anteriormente se realiza para las pantallas de rigidez y para las pantallas de los ascensores.



### 9.5.2.2. Encofrado

El encofrado de las pantallas se realiza con formaleta de aluminio, tipo manoportable<sup>18</sup> a excepción del las pantallas M4 que se realizan con tableros de madera ajustada con tensores. La formaleta de aluminio tipo manoportable, tiene ventajas con respecto a la madera en cuanto a la resistencia, a un menor tiempo de ensamblaje de sus piezas, y además dan un mejor acabado de los elementos.

Las piezas de la formaleta deben estar lubricadas para facilitar su remoción y evitar la adherencia con el concreto.



Figura 96. Piezas aceitadas

Antes de iniciar a colocar las piezas del encofrado, se chequea que el acero este centrado y bien colocado, para esto se utilizan los separadores (elementos de varilla 1/4") y que además las instalaciones eléctricas, hidrosanitarias y a gas se hayan realizado.

---

<sup>18</sup> Manoportable: que una sola persona puede manipular.



**Figura 97. Instalaciones eléctricas y a gas.**



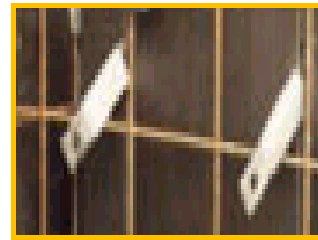
**Figura 98. Montaje de formaleta manoportante**

Se realiza el trazado de la pantalla, para que esta tenga las medidas exactas, propuestas por el diseño.

Para que la pantalla tenga el espesor requerido se utiliza un elemento metálico denominado distanciador o corbata, este elemento le da mayor rigidez a las pantallas y evita que ocurran aberturas durante el vaciado.



**Figura 99. Formaleta externa instalada**



**Figura 100. Corbatas o separadores**

Cuando se terminen de armar las piezas de las formaletas de aluminio o de madera, se deben colocar los plomos para chequear la verticalidad del elemento.



**Figura 101. Montaje de formaleta en madera**

Para el amarre y posterior montaje de la formaleta, en zonas altas se usan andamios especiales que van anclados a las pantallas del nivel inmediatamente inferior, denominados comúnmente palomeras.



**Figura 102. Armado de una pantalla**



**Figura 103. Palomeras**

### 9.5.2.3 Producción de concreto

Para la mezcla se debe tener un control riguroso de las proporciones a utilizar, la dosificación del aditivo y de la cantidad de agua, para que la plasticidad y la resistencia del concreto sea la adecuada.

#### 9.6.1.1. Transporte

La mezcla de concreto se transporta con la torre grúa realizando movimientos horizontales y verticales, y en caso de que ocurran daños técnicos se utiliza la pluma grúa.



Figura 104. Transporte de concreto con pluma grúa

#### 9.6.1.2. Vaciado

El concreto se vacía con la ayuda de la torre grúa, que transporta el concreto hasta el elemento a fundir y se coloca directamente a la formaleta con el uso de un bache con salida lateral, en caso de que el brazo de la torre grúa no alcance, se deben utilizar baldes o colocar andamios que faciliten la actividad.





**Figura 105. Transporte de concreto con pluma grúa**

### **9.6.1.3. Vibrado**

El vibrado se realiza simultáneamente con el vaciado del concreto, se debe evitar el exceso de vibrado ya que esto puede ocasionar la segregación de la pasta de cemento y los agregados, se debe tener mayor cuidado al vaciar este tipo de elementos, ya que el concreto es más fluido por la acción de los aditivos.



**Figura 106. Transporte de concreto con pluma grúa**

#### 9.5.2.7. Desencofrado.

Las formaletas o “estructura temporal” tanto metálicas, como de madera se retiran cuando el elemento haya alcanzado un 70% aproximadamente de su resistencia final. El desencofrado de las formaletas se realiza 3 días después de fundidas, ya que estas no son sometidas a soportar cargas inmediatamente.



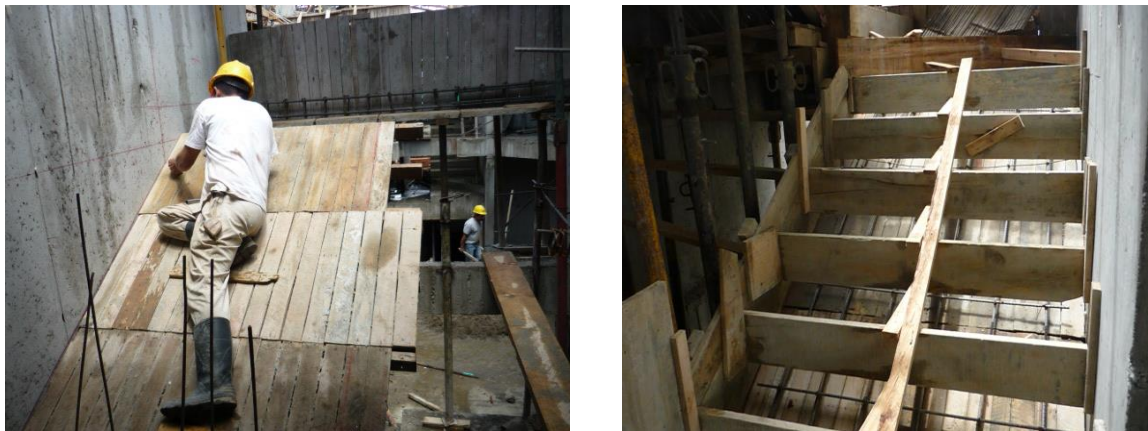
**Figura 107. Pantallas Terminadas**

#### 9.6.1.4. Curado

El curado de las pantallas consiste en mantenerlas húmedas. El curado debe aplicarse con constancia y uniformidad sobre toda la superficie de concreto, para garantizar un total desarrollo de la resistencia en el concreto.

## 9.7. Escaleras

Para la construcción de escaleras de concreto reforzado, inicialmente se fabrican como losas inclinadas, con huellas y contra huellas monolíticas, por lo tanto, primero debe construirse el encofrado para la base de la escalera y luego se instala el acero de refuerzo. Se realizó el encofrado, la colocación del refuerzo y la fundición de forma adecuada en el proceso constructivo.



**Figura 108. Encofrado para la base de las escaleras e instalación de la formaleta**



**Figura 109. Colocación del acero de refuerzo y vaciado del concreto**

## **10. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA PASANTÍA**

- ✓ Seguir detalladamente los procedimientos técnicos realizados en la construcción de la estructura torre c.
- ✓ Hacer cumplir las normas y especificaciones de los materiales utilizados.
- ✓ Control de encofrados de la estructura y sus rendimientos.
- ✓ Seguimiento y control de ensayos de laboratorio para el concreto in situ.

### **10.1 VERIFICACIÓN DE CRONOGRAMAS**

Los cronogramas se verifican en la obra por parte de la empresa constructora AMT y con la supervisión de Interventoría.

La verificación del cronograma se inicio en septiembre, desde el inicio de la pasantía.

En el seguimiento del cronograma de actividades, se puede observar que no se presentaron muchos retrasos, sin embargo cabe notar que las demoras ocurridas fueron ocasionadas en muchos casos por daños en la torre grúa o retrasos en la recepción de pedidos de materiales.

A continuación se presenta la Programación de la obra a partir de la semana 37 hasta la semana 53 de avance de la obra.





PROGRAMA DE TRABAJO CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA DE CONCRETO TORRE C														
Mes			OCTUBRE								NOVIEMBRE			
			SEMANA 43		SEMANA 44		SEMANA 45		SEMANA 46		SEMANA 47		SEMANA 48	
DESCRIPCIÓN	UND	CANT	Oct-19	Oct-25	Oct-26	Nov-01	Nov-02	Nov-08	Nov-09	Nov-15	Nov-16	Nov-22	Nov-23	Nov-29
COLUMNAS TERCER PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA CUARTO PISO	M <sup>2</sup>	825												
COLUMNAS CUARTO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA QUINTO PISO	M <sup>2</sup>	825												
COLUMNAS QUINTO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA SEXTO PISO	M <sup>2</sup>	825												
COLUMNAS SEXTO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA SEPTIMO PISO 1 PH	M <sup>2</sup>	845,3												
COLUMNAS SEPTIMO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA OCTAVO PISO 2 PH	M <sup>2</sup>	662.9												



<b>Fecha</b>	<b>Actividades realizadas</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Nov.4 y 5.</b>	Continúa colocación de formaleta para la losa del quinto piso y armado de vigas. Continúa mampostería y columnetas en el segundo piso.	
<b>Nov. 6</b>	Llega el primer lote de planares a las 9 am, inician descarga a las 10 y 30. Continua colocación de formaletas y armado de vigas en la losa del quinto piso. Continua mampostería del segundo piso.	
<b>Nov. 7.</b>	Llega segunda mula con planares para la losa del quinto nivel. Continua colocación y armado de vigas, así como colocación de flejes en columnas ejes 1 al 5. Continua mampostería en farol en el segundo piso.	
<b>Nov.9 y 10</b>	Continúa colocación de planares y amarre de hierro de las vigas en la losa del quinto nivel. Continúa mampostería en segundo piso y localización de muro en el tercer piso.	
<b>Nov. 11.</b>	Termina colocación de planares en la quinta losa y amarrado de vigas. Fundición de la losa quinto nivel ejes A-B/4.	
<b>Nov. 12.</b>	Inicia mampostería en el tercer piso. Colocación de formaletas para columnas A-B/1-4. Fundición de losa de los ejes C-D/1-9 y A-B/ 4-8.	
<b>Nov. 13</b>	Fundición de la losa del quinto piso. Termina fundición al medio día. En la tarde fundición de columnas en el quinto piso. Continúa mampostería en el tercer piso	
<b>Nov. 14.</b>	Continua fundición de columnas y pantallas quinto piso. Continúa mampostería en el tercer piso.	
<b>Nov. 17:</b>	Inicia colocación de formaleta para la losa del sexto piso y se desformaletea la losa del quinto piso. Colocación de hierro en vigas principales en losa del sexto nivel.	
<b>Nov. 18.</b>	Continua colocación de formaleta, para losa sexto piso y desformaleteada de losa quinto piso. Colocación de hierro en vigas principales en losa sexto nivel	Torre grúa dañada
<b>Nov. 19.</b>	Continua colocación de formaleta para losa sexto piso y armado de vigas.	
<b>Nov. 20</b>	Continua colocación de formaleta y armado de vigas en losa sexto piso. Continua mampostería del sexto piso	
<b>Nov. 21.</b>	Termina fundición de columnas y pantallas en el quinto piso Llegan planares para losa sexto piso. Continúa mampostería en tercer piso	
<b>Nov. 23</b>	Continúa colocación de formaleta para losa sexto piso, inicia colocación de flejes en columnas sexto piso. Continúa mampostería tercer piso.	

**Tabla No. 11. Actividades realizadas o bitácora de obra**

<b>Fecha</b>	<b>Actividades realizadas</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Sep. 9 y 10</b>	Llega hierro 3/8 de pulgada en chipa para flejes. Continúa encofrado e instalaciones eléctricas en la losa y colocación de flejes en columnas del segundo nivel.	
<b>Sep. 11.</b>	Continúa encofrado de vigas, losa segundo nivel torre c	
<b>Sep. 12.</b>	En horas de la tarde llegan viguetas prefabricas y planeares para losas segundo nivel torre c.	
<b>Sep. 14.</b>	Continua colocación de viguetas y planeares, en la losa segunda nivel de la torre c.	
<b>Sep. 15 y 16.</b>	Continúan trabajos de instalaciones hidrosanitarias y eléctricas, así como colocación de planeares en la losa segundo nivel. En horas de la tarde del 16 sep. , se funde la parte de la losa segundo nivel.	
<b>Sep. 17.</b>	Colocación de flejes en columnas y colocación de dos formaletas para columnas 2A y 2B, en la losa segunda nivel. Continua colocación de planeares, instalaciones hidrosanitarias y eléctricas. Fundición de losa segundo nivel torre, y columnas ejes 3 y 2/A-B, así como la pantalla ejes A-B/2-3	En la mañana daño de la torre grúa.
<b>Sep. 18</b>	Colocación de flejes para columnas, armado y colocación de formaleta para pantalla eje 1/A-B, en la losa segundo nivel.	Daño de la torre grúa.
<b>Sep. 19.</b>	Continúa colocación de flejes de hierro en columnas y pantallas.	Continua dañada la torre grúa.
<b>Sep. 21.</b>	Colocación de formaletas para el segundo piso torre c. Repello en patio interior torre c.	Continúa daño de torre grúa.
<b>Sep. 22.</b>	Continua colocación de formaleta, para pantallas y columnas torre c.	Continúa daño de la torre grúa
<b>Sep. 23.</b>	Continúa armado y colocación de formaletas en columnas y pantallas, segundo piso torre.	Continua daño de torre grúa
<b>Sep. 24.</b>	Fundición de columnas y pantallas segundo piso torre c.	Continúa daño de la torre grúa.
<b>Sep. 25.</b>	Desencofrado de columnas y pantallas, segundo piso, encofrado de columnas y fundición de última parte de losa segundo piso , con la utilización de la pluma grúa	
<b>Sep. 26.</b>	Fundición de pantalla en el segundo piso, con pluma grúa, en la torre c	Daño de la torre grúa
<b>Sep. 28.</b>	Inicia colocación de formaleta para losa del tercer nivel en la torre c. Continua colocación de formaletas de pantallas y columnas en el segundo piso.	

<b>Fecha</b>	<b>Actividades realizadas</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Nov. 24.</b>	Llega camión de planares para losa sexto piso. Continúa colocación de hierro en vigas principales. Continúa mampostería tercer piso.	
<b>Nov. 25.</b>	Fundición de losa sexto piso eje A- B/1-4. Continúa colocación de hierro en vigas y flejes de columnas. Continúa mampostería en tercer piso.	
<b>Nov. 26 y 27</b>	Colocación de flejes y formaletas en columnas. Continúa mampostería del tercer piso	Daño de torre grúa.
<b>Nov. 28.</b>	Termina fundición de losa sexto nivel. Inicia fundición de columnas A-B/ 1-4, y se funden dos pantallas A-B/1, y A-B/2-3.	
<b>Nov. 30</b>	Colocación de formaletas para columnas y pantallas, continúa mampostería en tercer piso y localización en tercer piso.	
<b>Dic. 1.</b>	Inicia colocación de formaleta para losa séptimo piso. Continúa colocación de formaletas para columnas y pantallas. Continua localización de muros cuarto piso, fundición de columnas y pantallas sexto piso	
<b>Dic. 2 y 3</b>	Continua colocación de formaleta para losa séptimo piso. Termina fundición de columnas y pantallas para sexto piso	
<b>Dic. 4.</b>	Continua colocación de formaleta losa séptimo piso, inicia mampostería cuarto piso	
<b>Dic. 5.</b>	Continua colocación de formaleta para losa séptimo piso. Continua mampostería cuarto piso. Inician estuco en el primer piso.	
<b>Dic. 7.</b>	Llegan planares para losa séptimo piso. Continúa colocación de formaletas para séptimo piso y armado de vigas. Continúa mampostería cuarto piso y estuco en primer piso.	
<b>Dic. 9.</b>	Llegan dos carros con planares. Continua colocación de formaleta y armado de vigas séptimos piso. Continua mampostería cuarto piso.	
<b>Dic. 10.</b>	Continua colocación de planares y armado de vigas para losa séptimo piso. Continua mampostería y estuco en apartamentos	
<b>Dic. 11.</b>	La losa se encuentra lista para fundir. Continua mampostería cuarto piso y estuco primer piso. Inicia mampostería de fachada posterior.	Daño en la torre grúa y la mezcladora.
<b>Dic. 12</b>	Fundición de losa séptimo piso entre A-B/1-4. Continúa mampostería en cuarto piso y en fachada.	

Fecha	Actividades realizadas	Observaciones
<b>Sep. 29.</b>	Continúa colocación de formaleta, para losa del tercer piso, torre c. Fundición de columnas segundo piso torre c. Comienza armado de hierros de vigas losa, tercer nivel torre c.	
<b>Sep. 30.</b>	Continúa colocación de formaletas y armado de vigas en la torre c (losa tercer nivel)	
<b>Oct. 1.</b>	Continúa colocación de formaleta y armado de vigas en la losa tercer nivel torre c.	
<b>Oct. 2.</b>	Continúa colocación de formaleta, y armado de vigas, colocación de flejes para columnas en la losa tercer nivel torre c.	
<b>Oct. 3.</b>	Continúa encofrado de losa y armado de hierro tercer piso. Llegan planares para losa	
<b>Oct. 5:</b>	Continúa encofrado y armado de losa tercer piso. Instalaciones eléctricas e hidrosanitarias. Colocación de planares en losa tercer piso torre c	
<b>Oct. 6.</b>	Fundición de losa tercer piso torre c, y continúa la colocación de planares y formaleta en vigas en el resto de la losa.	
<b>Oct. 8</b>	Continúa colocación de planares en el resto de la losa, fundición de columnas eje 2 en la losa, tercer nivel torre c.	
<b>Oct. 9</b>	Fundición de columnas y pantallas en la losa tercer nivel torre c. Ejes 1 al 5/A-B.	
<b>Oct. 12.</b>	Se termina fundición de losa, tercer nivel torre c	
<b>Oct. 13</b>	Inicia mampostería en el primer piso torre c. Colocación de formaletas para columnas tercer nivel y pantalla C-D/ ejes, torre c. Inicia colocación de formaletas para losa cuarto nivel torre c.	
<b>Oct. 14.</b>	Continúa colocación de formaletas cuarto nivel torre c. Continúa colocación de formaletas de pantallas columnas tercer nivel. Continúa mampostería en farol tercer piso.	
<b>Oct. 15 y 16</b>	Fundición de columnas y pantallas tercer piso, torre c. Continúa colocación de formaleta para losa cuarto nivel. Termina fundición de columnas tercer piso. Continúa mampostería en el primer piso	
<b>Oct. 16</b>	Continúa colocación de formaletas y armado de vigas para losa cuarto nivel. Continúa mampostería en primer piso.	
<b>Oct. 17</b>	Continúa colocación de formaleta y armado de losa, cuarto piso, torre c. Continúa mampostería en ladrillos farol primer piso torre c.	
<b>Oct. 19.</b>	Colocación de formaleta lateral en losa cuarto piso, torre c y armado de vigas. Continúa mampostería del primer piso en torre c.	



<b>Fecha</b>	<b>Actividades realizadas</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Oct. 20.</b>	Continua colocación de formaleta cuarto nivel y armado de las vigas en los ejes A-B-C-D hasta el eje 8, y a ejes 1 al 8/A-B y 1 al 5/C-D. Armado y formaleta para pantalla piso 3 ejes B-C/ 9 -10. Mampostería en primer piso.	
<b>Oct. 21.</b>	Llega mula con planares a las 9 am, se empiezan a instalar en losa de cuarto piso. Continúa armado para vigas en losa cuarto nivel. Continua mampostería en primer piso	
<b>Oct. 22.</b>	Continua colocación de planares en la losa cuarto nivel y armado de vigas. Continúa mampostería del primer piso.	
<b>Oct. 23.</b>	Fundición de losa cuarto nivel, entre ejes A-B y al eje 3. Termina mampostería primer piso.	
<b>Oct. 24</b>	Llega la mula con planares y se empiezan a colocar en la losa del cuarto piso. Se inicia armado de pantallas ejes A-B/1-3 y colocación de flejes para pantallas A-B/1-3. Inicia mampostería segundo piso.	
<b>Oct. 26.</b>	Fundición de la losa cuarto piso. Colocación de las formaletas para las columnas A-B/2-3. Colocación de flejes para las columnas A-B/1-8. Continua mampostería segundo piso.	
<b>Oct. 27.</b>	Colocación de formaleta para pantalla A-B/1, y B-C/2-3. Fundición de pantalla B-C/ 2-3. Continua mampostería en el segundo piso.	
<b>Oct. 28</b>	Fundición de columnas con pluma grúa en el cuarto piso de la torre c	Daño de torre grúa.
<b>Oct. 29.</b>	Retiro de formaleta de la cuarta losa. Armado de columnas y pantallas del cuarto piso. Continua dañada la torre grúa.	
<b>Oct. 30</b>	Se formaletean las columnas del cuarto piso. Continua la mampostería con farol en el segundo piso.	Torre grúa dañada.
<b>Oct. 31.</b>	Inicia colocación de formaleta para la losa del quinto nivel, en ejes A-B/1-3. Fundición de columnas con utilización de pluma para subir el concreto.	
<b>Nov. 3.</b>	Termina fundición de la cuarta losa. Continua colocación de formaleta para la losa del quinto piso. Colocación de formaletas columnas cuarto piso.	

Fecha	Actividades realizadas	Observaciones
Dic. 14.	Continua fundición de losa séptimo piso. Continua mampostería en cuarto piso y en fachada posterior	
Dic. 15.	Fundición de losa séptimo piso. Continua mampostería cuarto piso y en fachada posterior. Fundición último tramo de losa y colocación de formaleta en columnas A-B/1-4, y pantalla A-B/4. Continua mampostería en fachada y en cuarto piso.	
Dic. 17.	Fundición de columnas A-B/4 y pantalla A-B/4 y colocación de formaletas, pantallas, columnas A-B/5-8 y pantallas C-D/1 Y B/2-3. Continua estuco en segundo piso.	
Dic. 18.	Fundición de columnas y pantallas. Continúa mampostería en segundo. Inicia mampostería en fachada principal.	
Dic. 19.	Inicia desencofrado de losa séptimo piso y encofrado de losa del octavo piso. Continúa mampostería y estuco. Continúa mampostería en fachada Fundición de columnas.	
Dic. 21.	Continúa encofrado de la losa octavo piso y desencofrado de losa séptimo piso. Continúa mampostería interna y de fachada.	
Dic. 22.	Fundición de la pantalla del eje 11 entre ejes A y B. Continúa encofrado del octavo piso y amarre de vigas.	
Dic. 23.	Fundición de pantallas del ascensor, continúa encofrado del octavo piso y amarre de vigas.	
Dic. 26.	Continúa encofrado de la octava losa. Se formaletean las vigas de la octava losa.	
Dic. 28.	Fundición de la losa del eje 1 al eje 3 del octavo piso. Colocación de acero de refuerzo y plaquetas en la octava losa	
Dic. 29.	Fundición de la losa hasta el eje 8, en el octavo piso	
Dic. 30.	Fundición de la losa octava en su totalidad.	

## **10.2. Actividades realizadas.**

Para llevar un control del avance de obra y un riguroso seguimiento de las actividades que se realizaron a diario se lleva una bitácora, en la cual se consignan los datos más importantes de las obras ejecutas en el día en la torre c.

En las siguientes tablas se enseñan la fecha y las respectivas labores realizadas.

La descripción de las actividades realizadas se efectuó desde la etapa de construcción de la segunda planta del edificio hasta el inicio del octavo piso de la torre c.

### **Cuadrillas.**

Las actividades realizadas en la obra se clasifican según los grupos de trabajo o cuadrillas, que se encargan de llevar a cabo una labor determinada.

Los obreros trabajan en cuadrillas, aunque en ocasiones pueden intercambiar de actividades.

Los trabajadores se clasificaban según la importancia de tareas que realizaran en: Maestro, Oficial, ayudante práctico y ayudante.

Tabla N° 12. Cuadrillas.

<b>Actividad</b>	<b>Oficial</b>	<b>Ayudante practico</b>	<b>Ayudante</b>
<b>1. Desencofrado de losa y retiro de puntales</b>	2	4	2
<b>2. Encofrado y desencofrado de Pantallas de madera</b>	2		1
<b>3. Encofrado y desencofrado de columnas</b>	2	3	4
<b>4. Encofrado y desencofrado de pantallas de aluminio</b>	1		1
<b>5. Colocación de gatos y puntales</b>	4	4	2
<b>6. Colocación de tableros y nivelación</b>	2	2	1
<b>7. Concreto</b>		2	6
<b>8. Amarre de vigas</b>	2	6	5
<b>9. Amarre de columnas y pantallas</b>	2	5	
<b>10. Formaleteo de carteras externas o laterales.</b>	2	2	
<b>11. Formaleteo de vigas y viguetas</b>	2	2	2
<b>12. Parrillas</b>	1	7	6
<b>13. Colocación de casetones.</b>	1	1	
<b>14. Fundición de losa.</b>	4	4	2
<b>15. Fundición de columnas</b>	4	2	2
<b>16. Fundición de pantallas.</b>	3	2	1
<b>17. Colocación de viguetas prefabricadas.</b>			2
<b>18. Colocación de placas prefabricadas.</b>			2
<b>19. Formaleteo de gradas</b>	1	1	

### **10.3. CONCRETO IN SITU**

#### **10.3.1 CHEQUEO DE LA MANEJABILIDAD**

Una de las propiedades del concreto es la manejabilidad, que consiste en la facilidad del concreto para moldearse y acomodarse, esto debido a una cantidad de agua optima que permita un buen manejo del concreto sin ocasionar efectos desfavorables.

#### **Ensayos**

La fluidez o consistencia de una mezcla del concreto se puede medir a través de la Prueba del cono o Slump (NTC 396). Otro ensayo común de practicar es el ensayo de bola de Kelly.

En La Estación se empleo el ensayo del Cono o Slump.

#### **Prueba del cono o Slump.**

Este ensayo se realiza con un molde de sección troncocónica, de diámetro superior igual a 10 cm., diámetro inferior de 20 cm. y una altura de 30 cm.

Para realizar la prueba se debe trabajar sobre una superficie limpia, plana, sólida y no absorbente. Antes de iniciar con la prueba se debe humedecer el cono.

Inicialmente se toma un volumen de muestra representativa del concreto que se esté produciendo en el momento de la fundición.

El ensayo consiste en poner tres capas de la mezcla de concreto dentro del molde, dichas capas son aproximadamente un tercio de la altura del cono cada una. Cada capa debe ser compactada dando 25 golpes con una varilla lisa de punta redondeada, de 1.6 cm. de diámetro y 60 cm. de longitud.

Cuando compacte la última capa se enraza e inmediatamente se levanta el cono de la superficie; una vez retirado el apoyo de la mezcla esta tiende a asentarse.

Se hace una medición entre el molde y la altura que alcanza la mezcla, y esa diferencia es la medida de la consistencia que tiene el concreto.

El ensayo se realiza en cada fundición, para controlar la cantidad de agua en la mezcla y que no se produzcan errores que alteraran la resistencia.



**Figura 110. Slump tomado a mezcla sin aditivos**    **Figura 111. Slump tomado a mezcla con plastificante**

Si la muestra que resulta del ensayo, presenta un desprendimiento pronunciado de la mezcla, significa que ocurrieron errores al realizar el ensayo, como por ejemplo un número de golpes equivocados o mala uniformidad en la aplicación.

**Tabla 13. Relación entre asentamiento y consistencia de una mezcla<sup>19</sup>**

<b>ASENTAMIENTO (cm.)</b>	<b>CONSISTENCIA</b>	<b>ELEMENTOS A FUNDIR</b>
<b>2-3</b>	<b>MUY SECA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grandes bloques de concreto</li> <li>• Elementos Prefabricados</li> </ul>
<b>3-5</b>	<b>SECA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavimento Rígido</li> <li>• Losas macizas</li> <li>• Cimientos Corridos</li> </ul>
<b>5-10</b>	<b>MEDIA O PLASTICA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Losas reforzadas</li> <li>• Vigas y columnas reforzadas</li> </ul>
<b>10-15</b>	<b>HUMEDA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos Estructurales muy esbeltos</li> <li>• Elementos muy reforzados</li> </ul>
<b>&gt;15</b>	<b>MUY HUMEDA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pilotes fundidos in situ sistema Tubo Tremí</li> </ul>

### **10.3.1.1 PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO**

La Resistencia a la Compresión es uno de los parámetros más importantes para evaluar la calidad del concreto reforzado, y los materiales que lo componen como el acero y el concreto son los encargados de la asimilación de los esfuerzos que se van a presentar en la estructura, siendo el acero quien asume casi en su totalidad los esfuerzos de Tensión, y el concreto se encarga de asumir los esfuerzos de Compresión.

<sup>19</sup> Tomado material pedagógico Ing. Julián Beltrán

### 10.3.1.2 Ensayo de Resistencia a la Compresión

El ensayo de Resistencia a la Compresión del concreto está establecido por la Norma Técnica Colombiana (NTC 550).

Para realizar el ensayo se trabaja con moldes cilíndricos de 15 cm de diámetro por 30 cm. de altura, estos deben ser engrasados antes de iniciar el ensayo.

En la Obra se elaboran cilindros con muestras representativas de los elementos a fundir en la estructura siendo estos losas, pantallas y columnas y se hacen 3 cilindros, para evaluarlos a los 7, 14, y 28 días respectivamente.

Se llena el molde en 2 o 3 capas, dependiendo del método como se vayan a compactar, así:<sup>20</sup>

2 Capas	➡	Compactación con vibrado
3 Capas	➡	Compactación con varilla

Se usa compactación con varilla si dicho asentamiento es mayor a 2.5 cm.

Dado que uno de los requerimientos de la mezcla que se produce en la obra, es que esta sea de consistencia media o plástica, el modo de compactar los cilindros es apisonamiento con varilla. La varilla posee las mismas características de la usada en el ensayo de Slump.

---

<sup>20</sup> Concreto Simple. Gerardo Rivera



Cada capa debe ser compactada con 25 golpes, y estos deben suministrarse en toda la sección transversal del molde de manera uniforme.



**Figura 1412. Compactación de las capas**



**Figura 113. Golpes con el martillo**



**Figura 114. Cilindros enrasados**



**Figura 115. Toma de cilindros**

Una vez elaborados los cilindros, se marcan, pasadas unas 16 a 24 horas. Luego de este periodo se dejan inmersos en agua hasta ser llevados a Laboratorio.



**Figura 116. Marcación de los cilindros y desencofrado**

En la obra se realiza un control de la toma de cilindros, a través del diligenciamiento de formatos en los que se determina: fecha de toma de los cilindros numero de cilindros, sector de la estructura fundida con ese tipo de mezcla, la procedencia de los triturados, y la dosificación empleada.

Después de los cilindros cumplan el tiempo necesario se llevan el Laboratorio y se prueban uno por uno en la máquina de ensayo, aplicando carga axial a cada cilindro, a una velocidad constante, hasta que estos fallen.



**Figura 117. Rotura de cilindros**

A continuación se muestran los resultados de las resistencias obtenidas hasta la fecha.

**Tabla 14. Resistencias a la compresión “Conjunto Residencial La Estación”**

<b>CONVENCIONES</b>	
Resistencias a los 28 días $\geq$ 3000 PSI	
Resistencias a los 28 días $<$ 3000 PSI	
Resultados de resistencias pendientes	
Resultados de resistencia inconsistente	
Resistencias obtenidas del concreto premezclado (pavimento rígido)	

Tabla N° 15. Resistencias a la Compresión del concreto “Conjunto Residencial La Estación”

FECHA TOMA CILINDRO	N° DE CILINDRO	UBICACIÓN	EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA OBTENIDA (PSI)
10/09/2009	135	Viga de cimentación y zapata, zona 2 de parqueadero	7	2708
	136		14	3018
	137		28	3291
17/09/2009	138	Bloque C, 2° losa, Ejes 1,2,3 entre Ejes C y B	7	2199
	139		14	2612
	140		28	3053
18/09/2009	141	Bloque C, 2° losa, Ejes 4,5,6 entre Ejes C y D	7	1540
	142		14	2407
	143		28	2798
18/09/2009	144	Bloque C, 2° losa, Ejes 7,8,9 entre Ejes A, B y C	7	2181
	145		14	2889
	146		28	3308
21/09/2009	147	Parqueadero pavimentos de la zona 1	7	2531
	148		14	3044
	149		28	3254
24/09/2009	150	Pantallas Eje entre A y B; columnas entre Ejes 4 A, B, C y D; pantalla Eje C entre 1 y 2; pantalla ascensor entre Eje 4 y 5	7	3090
	151		14	3527
	152		28	3816
25/09/2009	153	Bloque C, 2° losa, Ejes 8,9,10,11 entre Ejes C y D	7	2315
	154		14	2769
	155		28	3255
28/09/2009	156	Pantalla grande Eje 1 entre C y D; pantalla del ascensor, 1 columna de 1m*30; 5 columnas de 30*50; 2 gradas	7	2689
	157		14	3022
	158		28	3887
01/10/2009	159	Pantalla Eje A-B del Eje 11; pantalla ascensor Eje B-C entre 8 y 9	7	4201
	160		7	2682
	161		14	2857
	162		14	4909
	163		28	3537
	164		28	3632
06/10/2009	165	Bloque C, 3° losa, Ejes 1,2,3 entre Ejes C y D	7	3537
	166		14	4232
	167		28	
09/10/2009	168	Columnas Ejes 3 y 4 entre C y D	7	1750
	169		14	2447
	170		28	

FECHA TOMA CILINDRO	N° DE CILINDRO	UBICACIÓN	EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA OBTENIDA (PSI)
13/10/2009	171	Pantalla Eje 1 entre Eje C y D; columna Eje 6 entre Eje A; columnas Eje 7 entre Eje A y B; columnas Eje 8 entre Eje A y B	7	2556
	172		14	3284
	173		28	3828
26/10/2009	174	Bloque C, 4° losa, Ejes 3 – 6 entre Ejes A y B	7	2686
	175		14	3061
	176		28	3782
28/10/2009	177	Columnas Ejes 2 – 6 del Eje A; columnas Ejes 2 - 4 del Eje B	7	2335
	178		14	2861
	179		28	3376
30/10/2009	180	Pantalla Eje 1 entre Eje C y D; columnas Eje 5 entre Ejes A y B; columna Eje 6 entre Eje B; columna Eje 5 entre Eje C	7	2226
	181		14	3250
	182		28	3595
31/10/2009	183	Bloque C, 4° losa, Ejes 5 - 11 entre Ejes C y D	7	
	184		14	
	185		28	
04/11/2009	186	Pantalla Eje 11 entre Ejes C y D; columnas Ejes 7 y 8 entre Ejes A y B; pantalla escalera	7	2273
	187		14	2647
	188		28	3179
10/11/2009	189	Bloque C, 5° losa, Ejes 1,2,3 entre Ejes A y B	7	
	190		14	
	191		28	
11/11/2009	192	Bloque C, 5° losa, Ejes 1 y 2 entre Ejes C y D	7	2018
	193		14	2633
	194		28	
13/11/2009	195	Bloque C, 5° losa, Ejes 10 y 11 entre Ejes C y D	7	
	196		14	
	197		28	
13/11/2009	198	Pantalla Eje A y B; pantalla Ejes 2 y 3 entre B y C; columnas Ejes 2, 3,4 entre C y D; columnas Eje 6 entre Ejes A y B	7	
	199		14	
	200		28	
20/11/2009	201	Pantalla Eje 11 entre Ejes C y D	7	2152
	202		14	2607
	203		28	3162
24/11/2009	204	Bloque C, 6° losa, Ejes 1,2,3 entre Ejes A y B	7	
	205		14	
	206		28	
26/11/2009	207	Bloque C, 6° losa, Ejes 1,2,3 entre Ejes C y D	7	
	208		14	
	209		28	

FECHA TOMA CILINDRO	Nº DE CILINDRO	UBICACIÓN	EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA OBTENIDA (PSI)
28/11/2009	210	Bloque C, 6º losa, Ejes 6,7,8,9 entre Ejes C y D	7	3372
	211		14	3893
	212		28	5007
30/11/2009	213	Columnas Ejes 4,5,6 entre A,B,C,D	7	2142
	214		14	2489
	215		28	3143
02/12/2009	216	Pantalla del ascensor Ejes 4,5 entre B y C	7	
	217		14	
	218		28	
04/12/2009	219	Pavimento, tramo Nº 1, carril derecho, K0+036	7	3744
	220		14	4152
	221		28	5206
07/12/2009	222	Pavimento, tramo borde losa, carril derecho, K0+075	7	2351
	223		14	4095
	224		28	4764
10/12/2009	225	Pavimento, tramo central, carril derecho, K0+080	7	3124
	226		14	3658
	227		28	4415
14/12/2009	228	Bloque C, 7º losa, Eje 3 entre Ejes A, B, C y D	7	2159
	229		14	2860
	230		28	2883
15/12/2009	231	Bloque C, 7º losa, Ejes 9, 10, 11 entre Ejes A y B.	7	3913
	232		14	4619
	233		28	5274
16/12/2009	234	Columnas Ejes 1-5 entre Ejes A y B; Pantalla Eje 3 entre Ejes A y B.	7	2185
	235		14	3046
	236		28	3097
18/12/2009	237	Columnas Ejes 6,9,10 entre Ejes A y B; Columnas Ejes 7,8,9 entre Ejes C y D; Pantalla Eje 1 entre Ejes C y D.	7	3799
	238		14	3936
	239		28	
28/12/2009	240	Bloque C, 8º losa, Eje 1 entre Ejes A y B	7	
	241		14	
	242		28	
30/12/2009	243	Bloque C, 8º losa, Ejes 9,10,11 entre Ejes A, B, C y D; viguetas Ejes 8 y 9 entre Ejes A, B y C	7	
	244		14	
	245		28	

## **10.4 ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS TEÓRICOS Y REALES DE LAS FORMALETAS EN LA OBRA.**

### **10.4.1. Rendimientos de la mano de obra.**

Los rendimientos de mano de obra son de gran ayuda en la elaboración de Presupuestos y Planeación de las obras.

En muchas ocasiones debido a la dificultad en la toma de datos precisos para calcular rendimientos, se recurre a rendimientos calculados de forma subjetiva y de esta manera pueden ocurrir subestimaciones en los presupuestos

Es recomendable tomar generalizaciones los rendimientos para facilitar el cálculo de los costos.

Los rendimientos se calculan según las horas-hombre (h-H) de oficiales, ayudantes prácticos y ayudantes empleados para una actividad determinada, y se analizan por sub-actividades o por tramos para calcular el rendimiento promedio. Es decir, el rendimiento, es el número de horas hombre de oficiales y ayudantes empleados en una unidad considerada.

#### **10.4.1.1. Rendimientos de formaletas para columnas**

Analicemos el caso del rendimiento para concreto de 44 columnas de sección rectangular, de las cuales 40 tienen sección rectangular de (0.30x 0.50) m. y 4 columnas tienen sección rectangular de (1.0x0.3) m. y altura de 2.30 m.

Las sub-actividades a considerar en el concreto de columnas pueden dividirse en cuatro etapas a saber:



1. Colocación de la canasta de Acero
2. Formaleteo en madera
3. Fundición de concreto
4. Desencofre

**Tabla 16. Rendimientos para el encofrado de columnas.**

SUB-ACTIVIDAD	UND	CANT	HORAS - HOMBRE				RENDIMIENTO			
			OF.	AP	Ay	TOTAL	Of	AP	Ay	TOTAL
Colocar canasta	Und	44	5.70	16.94	20.33	42.97	0.34	1.02	1.23	2.27
Formaleta	M2	101.2	152.06	174.24	209.09	535.39	9.18	10.52	12.63	27.43
Concreto	M3	16.56	23.89	39.83	47.85	111.57	1.44	2.41	2.89	5.8
Desencofre	M2	101.2	25.34	96.8	116.16	238.3	6.11	5.85	7.01	12.75
<b>TOTAL</b>	<b>M3</b>	<b>16.56</b>	<b>205.99</b>	<b>327.81</b>	<b>393.43</b>	<b>928.23</b>	<b>17.07</b>	<b>19.8</b>	<b>23.76</b>	<b>60.63</b>

Por lo tanto, el rendimiento para el colado de concreto reforzado de columnas en este caso nos daría:

$$\text{Oficial} = 17.07 \text{ h - H / M}^3$$

$$\text{A. practico} = 19.8 \text{ h - H / M}^3$$

$$\text{Ayudante} = \underline{23.76} \text{ h - H / M}^3$$

$$\text{Total} = 60.63 \text{ h - H / M}^3 \text{ para cuadrilla promedio.}$$

Para determinar el tipo de cuadrilla promedio a emplear, basta simplemente obtener un múltiplo de la h-H oficial, ayudante práctico y ayudante.

$$\text{Oficial} = 17.07 / 17.07 = 1$$

$$\text{A. practico} = 19.8 / 17.07 = 1.2$$

$$\text{Ayudante} = 23.76 / 17.07 = 1.4$$

O sea, necesitaríamos  $60.63 \text{ h-H/M}^3$  empleando una cuadrilla promedio de 1 X 1.2X1.4 (oficial X a. practico. X ayudante).

La utilización de las cuadrillas promedio es muy útil para la elaboración de flujos de personal mensual o semana.

Fácilmente podemos deducir el tiempo de construcción ( $T_c$ ) de la siguiente manera:

Utilizando una (1) cuadrilla 1 X 1.2X1.4 (of. X ayudante practico X ayudante), el

$$T_c = \frac{60.63 \text{ h-H}}{(1 + 1.2+1.4)H} = 16.84 \text{ horas}$$

$$(1 + 1.2+1.4)H$$

Utilizando dos (2) cuadrilla 1 X 1.2X1.4  $T_c = \frac{60.63 \text{ h-H}}{2 (1 + 1.2+1.4)H} = 8 \text{ horas}$

$$2 (1 + 1.2+1.4)H$$

**Nota:** Los rendimientos de las formaletas fueron calculados con horas hombre promedio, que fueron analizadas de las actividades que se realizaban día a día, en la bitácora de obra, tomando en cuenta el avance de la misma.

#### **10.4.1.2. Rendimientos de encofrados de pantallas de madera**

Las pantallas de madera M4, compuesta por 4 pantallas por piso de sección rectangular de (4.95x 0.15) m y altura de 2.30 m.

Las sub-actividades a considerar en el concreto de columnas pueden dividirse en cuatro etapas a saber:

1. Colocación de la canasta de Acero
2. Formaleteo en madera
3. Fundición de concreto
4. Desencofre

**Tabla 17. Rendimientos para el encofrado de pantallas de madera.**

SUB-ACTIVIDAD	UND	CANT	HORAS – HOMBRE			RENDIMIENTO		
			OF.	Ay	TOTAL	Of	Ay	TOTAL
Colocar canasta	Unid	4	20.0	30.50	5	2.93	4.47	7.4
Formaleta	M2	9.2	40.0	45.0	50.0	5.86	6.59	12.45
Concreto	M3	6.83	18.50	20.25	12.55	2.71	3.17	5.88
Desencofre	M2	9.2	12.00	24.00	26.00	1.77	3.51	5.28
<b>TOTAL</b>	<b>M3</b>	<b>6.83</b>	<b>31.25</b>	<b>62.3</b>	<b>100.38</b>	<b>13.27</b>	<b>17.74</b>	<b>31.01</b>

Por lo tanto, el rendimiento para el colado de concreto reforzado de pantallas en este caso nos daría:

$$\text{Oficial} = 13.27 \text{ h - H / M}^3$$

$$\text{Ayudante} = \underline{17.74 \text{ h - H / M}^3}$$

$$\text{Total} = 31.01 \text{ h - H / M}^3 \text{ para cuadrilla promedio.}$$

Para determinar el tipo de cuadrilla promedio a emplear, basta simplemente obtener un múltiplo de la h-H oficial y ayudante.

$$\text{Oficial} = 13.27 / 17.07 = 1$$

$$\text{Ayudante} = 17.74 / 13.27 = 1.3$$

O sea, necesitaríamos 31.01 h-H/M<sup>3</sup> empleando una cuadrilla promedio de 1 X 1.3 (oficial X ayudante).

La utilización de las cuadrillas promedio es muy útil para la elaboración de flujos de personal mensual o semana.

Fácilmente podemos deducir el tiempo de construcción ( $T_c$ ) de la siguiente manera:

Utilizando una (1) cuadrilla 1 X 1.3 (of. X ay.), el  $T_c = \frac{31.01 \text{ h-H}}{(1 + 1.3)H} = 13.48$  horas

Utilizando dos (2) cuadrilla 1 X 1.3  $T_c = \frac{31.01 \text{ h-H}}{2 (1 + 1.3) H} = 6.74$  horas

#### **10.4.1.3. Rendimientos de encofrados de pantallas de acero.**

Las pantallas de acero son las siguientes: M1, compuesta por 4 pantallas por piso de sección rectangular de (4.00x 0.15) m, M2 compuesta por 4 pantallas por piso de sección rectangular de (3.5x 0.15) m, M3 compuesta por 2 pantallas por piso de sección rectangular de (2.10x 0.15) m, M5 compuesta por 2 pantallas por piso de sección rectangular de (1.90x 0.15) m y todas con una altura de 2.30 m.

Las sub-actividades a considerar en el concreto de columnas pueden dividirse en cuatro etapas a saber:

1. Colocación de la canasta de Acero
2. Formaleteo en acero.
3. Fundición de concreto
4. Desencofre

**Tabla 18. Rendimientos para el encofrado de pantallas de acero.**

SUB-ACTIVIDAD	UND	CANT	HORAS – HOMBRE			RENDIMIENTO		
			OF.	Ay	TOTAL	Of	Ay	TOTAL
Colocar canasta	Und.	12	50.0	60.50	110.5	3.47	4.20	7.67
Formaleta	M2	27,6	96.0	110.0	206	6.66	7.63	14.29
Concreto	M3	14.42	50,0	60.35	110.35	3.47	4.19	7.66
Desencofre	M2	27.6	20.0	38.0	58.00	1.37	2,64	4.01
<b>TOTAL</b>	<b>M3</b>	<b>14.42</b>	<b>216</b>	<b>268.85</b>	<b>484.85</b>	<b>14.97</b>	<b>18.66</b>	<b>33.63</b>

Por lo tanto, el rendimiento para el colado de concreto reforzado de pantallas en este caso nos daría:

$$\text{Oficial} = 14.97 \text{ h - H} / \text{M}^3$$

$$\text{Ayudante} = \underline{18.66 \text{ h - H} / \text{M}^3}$$

$$\text{Total} = 33.63 \text{ h - H} / \text{M}^3 \text{ para cuadrilla promedio.}$$

Para determinar el tipo de cuadrilla promedio a emplear, basta simplemente obtener un múltiplo de la h-H oficial y ayudante.

$$\text{Oficial} = 14.97 / 14.97 = 1$$

$$\text{Ayudante} = 18.66 / 14.97 = 1.25$$

O sea, necesitaríamos 33.63 h-H/M<sup>3</sup> empleando una cuadrilla promedio de 1 X 1.25 (oficial X ayudante).

Fácilmente podemos deducir el tiempo de construcción ( $T_c$ ) de la siguiente manera:

Utilizando una (1) cuadrilla 1 X 1.3 (of X ay), el  $T_c = \frac{33.63 \text{ h-H}}{(1 + 1.25)H} = 14.95$  horas

Utilizando dos (2) cuadrilla 1 X 1.3  $T_c = \frac{33.63 \text{ h-H}}{2 (1 + 1.25) H} = 7.47$  horas

## 11. CONCLUSIONES

- ★ Realizar el trabajo de grado en la modalidad de pasantía, fue una experiencia enriquecedora, ya que me sirvió para ampliar los conocimientos teóricos por medio de la práctica.
- ★ A través de la pasantía visualicé la importancia de un buen diseño en la construcción de una obra, y como éste debe complementarse con un buen equipo de trabajo para obtener un producto de excelente calidad.
- ★ En cuanto al concreto, que fue uno de los materiales con los que se trabajó en la construcción de la torre, se pudo analizar que este alcanzaba la resistencia deseada, siempre y cuando la dosificación de los materiales y el agua utilizada fueran las adecuadas.
- ★ El aditivo sika -fluid que se utilizó para dosificar el concreto, en la construcción de pantallas y columnas en la torre c, fue un material de gran ayuda, ya que con la utilización de este, se mejoró la plasticidad de la mezcla, además que facilitó su colocación y vibrado.
- ★ La revisión de acero durante el proceso de armado de vigas, columnas y pantallas fue muy importante porque de esta manera se hacían cumplir los respectivos traslapes, longitudes, número de varillas y ganchos, que se están estipulados por las normas y por los diseños habían sido elaborados previamente.



- ★ Era muy importante seguir las actividades realizadas paso a paso en la construcción de la torre c, para poder chequear que el cronograma de actividades se estuviera cumpliendo a cabalidad y que el avance de obra fuera el requerido.
  
- ★ La revisión de las normas en los materiales utilizados, sirvió para que la calidad de la construcción fuera la adecuada.
  
- ★ Los resultados obtenidos en la tabla No 15, corresponden a las resistencias del ensayo de compresión del concreto. De esta tabla se puede concluir que la calidad del concreto empleado fue buena, debido a que la mayoría de cilindros ensayados presentaron una resistencia la compresión simple mayor de 3000 P.S.I. a los 28 de días de edad.

## 12. RECOMENDACIONES

- ☑ Llevar un orden en el almacenamiento de llegada del cemento, de tal forma que el cemento que lleve más tiempo guardado sea utilizado primero que el que recién llega.
  
- ☑ Al realizar la descarga de material granular en la obra, evitar que se apile, formando pendientes muy grandes, ya que esto hace que el material se segregue es decir que las partículas más gruesas queden en la base.
  
- ☑ Cuando se vaya a trabajar con aditivo es necesario chequear cuales son los asentamientos permitidos para la dosificación, ya que estos pueden variar de acuerdo al tipo de aditivo.
  
- ☑ Mantener en un sitio seco el acero, para evitar que se produzca la oxidación de este y se desmejore su calidad.
  
- ☑ Evitar que el agua se contamine, debido a factores externos, como el lavado de herramientas.
  
- ☑ Realizar una limpieza más rigurosa de los encofrados antes de que los elementos sean fundidos, especialmente las losas, ya que pueden quedar pedazos de madera o de tubos, sobrantes de la instalación de la formaleta y de los ductos de transporte del cableado eléctrico respectivamente, que pueden generar discontinuidad en la homogeneidad del concreto, una vez este ha endurecido.

- ☑ Llevar un control adecuado de las cuadrillas de trabajo y de las labores que deben realizar para tener un dato más detallado de los rendimientos obtenidos en obra.
- ☑ Suministrar un curado más prolongado a todos los elementos de concreto, ya que es una práctica muy fácil de realizar, y que ayudara a que el concreto desarrolle toda su resistencia.
- ☑ Chequear que los trabajadores tengan los elementos indispensables de seguridad, cuando estén trabajando en alturas.
- ☑ Verificar los plomos de los encofrados, para garantizar elementos totalmente verticales.
- ☑ Chequear que los elementos para encofrar, estén debidamente engrasados, para evitar que se adhieran de forma inadecuada al concreto y para facilitar su remoción.

## BIBLIOGRAFÍA

- RIVERA L. Gerardo A., “Concreto Simple”. Popayán (Colombia). Unicauca. 1992.
- POLANCO F. Luis F., ”Construcción I”. Popayán (Colombia). Unicauca. 2000.
- “Normas Colombianas de diseño y construcción sismo-resistente NSR-98”. Capitulo C, Capitulo I.
- Normas y especificaciones INVIAS 2007, Articulo 630.”Concreto Estructural”.
- “Manual de productos SIKA”. 2007.
- Revista Noticreto. Publicaciones Números 53 y 54.
- Material pedagógico. Ing. Julián Beltrán Caicedo.
- MUÑOZ M. Hugo “Costos y presupuestos” Popayán (Colombia).