

**AUXILIAR DE RESIDENTE EN LA CONSTRUCCION DE OBRA  
TERRAZAS DEL CAMPESTRE**



**ERWIN ULISES LOPEZ PALECHOR**

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

**AUXILIAR DE RESIDENTE EN LA CONSTRUCCION DE OBRA  
TERRAZAS DEL CAMPESTRE**



**Presentado por:  
ERWIN ULISES LOPEZ PALECHOR**

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

**Director: Ing. HUGO EDUARDO MUÑOZ MUÑOZ**

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

**NOTA DE ACEPTACIÓN:**

El director de pasantía y el jurado aprueban satisfactoriamente el trabajo sustentado por el estudiante, cumpliendo como requisito para obtener el título de Ingeniero Civil.

**OBSERVACIONES:**

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

-----  
ING. FREDY JARAMILLO OTERO  
Jurado de pasantía

-----  
ING. HUGO EDUARDO MUÑOZ MUÑOZ  
Director pasantía

**Popayán 19 de marzo de 2010**

## **AGRADECIMIENTOS**

Antes que todo dedico este proyecto y toda mi carrera universitaria a Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para seguir luchando día tras día, a pesar de las adversidades y por la fortaleza para seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten. Le agradezco a mi mamá Nidia María Palechor y a mi padre Nilson López Santamaria ya que gracias a ellos soy quien soy hoy en día, fueron los que me dieron ese cariño y calor humano necesario, son los que han velado por mi salud, mis estudios, mi educación alimentación entre otros, son a ellos a quien les debo todo, horas de consejos, de regaños, de tristezas y de alegrías de las cuales estoy muy seguro que las han hecho con todo el amor del mundo para formarme como un ser integral con principios y valores de los cuales me siento extremadamente orgulloso, Le agradezco a mi hermana Leydy Evonne López Palechor la cual ha estado a mi lado, ha compartido todos esos secretos y aventuras que solo se pueden vivir entre hermanos y que ha estado siempre alerta ante cualquier problema que se me pudiera presentar. Agradezco a Blanca Lomas por haberme acompañado firmemente durante el transcurso de mi carrera, gracias por sus consejos y palabras de ánimo, por haber estado incondicionalmente a mi lado y por brindarme su amor cariño y comprensión.

También agradezco a todos los profesores que me han brindado todo su conocimiento y han servido de apoyo para culminar satisfactoriamente mi carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	7
1. OBJETIVOS.....	8
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	8
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	8
2. ESTADO DE LA OBRA AL MOMENTO DE INICIAR LA PASANTÍA.....	9
3. DESARROLLO DE LA PASANTÍA .....	12
3.1 MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL .....	12
3.1.1 Proceso constructivo .....	12
3.1.2 Materiales utilizados en la construcción .....	32
3.1.3 Herramienta y equipo utilizados en la mampostería.....	48
3.1.4 Control realizado como pasante.....	50
3.1.5 No conformidades .....	53
3.2 CONSTRUCCION LOSA ENTREPISO Y VIGAS.....	57
3.2.1 Proceso constructivo .....	57
3.2.2 Materiales utilizados en la construcción. ....	78
3.2.3 Herramienta y equipo utilizados .....	82
3.2.4 Control realizado como pasante.....	84
3.2.5 No conformidades .....	85
3.3 COLUMNAS EN CONCRETO REFORZADO .....	88
3.3.1 Proceso constructivo .....	89
3.3.2 Materiales utilizados en la construcción .....	98
3.3.3 Herramienta y equipo utilizados .....	103
3.3.4 Control realizado como pasante.....	103
3.3.5 No conformidades .....	106
3.4 REPELLO SOBRE MURO DE LADRILLO .....	107
3.4.1 Proceso constructivo .....	108

3.4.2 Materiales utilizados en la construcción .....	112
3.4.3 Herramienta y equipo utilizados .....	114
3.4.4 Control realizado como pasante .....	114
3.4.5 No conformidades .....	116
3.5 CUBIERTA .....	117
3.5.1 Proceso constructivo .....	119
3.5.2 Materiales utilizados en la construcción .....	132
3.5.3 Herramienta y equipo utilizados .....	137
3.5.4 Control realizado como pasante .....	138
4. CONCLUSIONES .....	140
5. RECOMENDACIONES .....	142
6. BIBLIOGRAFIA .....	144

## LISTA DE IMÁGENES

Foto 1. Estado de la torre 3 al iniciar la pasantía.....	9
Foto 2. Estado de la torre 3 al iniciar la pasantía.....	10
Foto 3. Estado inicial torre 2 al momento de iniciar la pasantía.....	10
Foto 4. Zonas proyectadas para zonas verdes y juego .....	11
Foto 5. Lugar proyectado para la construcción de piscina.....	11
Foto 6. Construcción muro en traba.....	13
Foto 7. Acabado del muro en traba.....	13
Foto 8. Ubicación de puntos para trazar una línea guía (cimbra) .....	14
Foto 9. Línea de referencia para la ubicación de muros. ....	15
Foto 10. Continuidad del refuerzo vertical de los muros a través de la losa. ...	16
Foto 11. Anclaje del refuerzo vertical.....	17
Foto 12. Modulación de los ladrillos de la primera hilada .....	18
Foto 13. Replanteo de muros primer piso.....	19
Foto 14.Colocación de codales o miras .....	19
Foto 15. Colocación bastidores de madera .....	19
Foto 16. Aseguramiento de bastidores con ladrillos. ....	20
Foto 17. Verificación de la verticalidad de los codales.....	20
Foto 18. Marcado de hiladas sobre los codales.....	21
Foto 19. Demarcación de niveles con manguera.....	21
Foto 20. Colocación del mortero de pega para la primera hilada de ladrillos ..	22
Foto 21. Primera hilada de ladrillos.....	22
Foto 22. Ubicación ventanas de inspección.....	22
Foto 23. Tubería hidrosanitaria y eléctrica debidamente centradas.....	23
Foto 24. Aplicación del mortero de pega en las juntas horizontales y verticales. .....	23
Foto 25. Colocación de la segunda hilada de ladrillos.....	24
Foto 26. Refuerzo horizontal (escalerilla de 4mm).....	24
Foto 27. Conectores (diámetro 5mm) .....	25
Foto 28. Colocación ladrillo viga-bloque .....	26

Foto 29. Compactación de las celdas llenadas con grouting .....	26
Foto 30. Llenado de celdas con mortero de inyección (grouting) .....	26
Foto 31. Ventana de inspección después del llenado con grouting .....	27
Foto 32. Colocación del mortero de inyección en la viga.....	27
Foto 33. Colocación de las barras de ½ pulgada en la viga. ....	27
Foto 34. Continuidad del acero de refuerzo vertical por la viga. ....	28
Foto 35. Ventanas de inspección en la hilada numero 12. ....	29
Foto 36. Colación del refuerzo vertical después de la hilada numero 11.....	29
Foto 37. Colocación y compactación del grouting en las celdas superiores. ...	30
Foto 38. Revitado del muro.....	31
Foto 39. Muro antes de revitarse. ....	31
Foto 40. Muro terminado.....	31
Foto 41. Limpieza del muro. ....	31
Foto 42. Aplicación de impermeabilizante .....	32
Foto 43. Limpieza del muro con acido nítrico. ....	32
Foto 44. Fachada antes de limpiar e impermeabilizar. ....	32
Foto 45. Fachada después de limpia e impermeabilizar.....	32
Foto 46. Ladrillo de perforación vertical. ....	34
Foto 47. Unidad de mampostería Viga-bloque luego de quitar las 2 pestañas y lista para colocar.....	35
Foto 48. Unidad de mampostería Viga- bloque salida de fábrica.....	35
Foto 49. Protección del ladrillo contra la humedad. ....	36
Foto 50. Descarga manual del ladrillo.....	36
Foto 51. Cemento portland tipo 1 de Argos. ....	36
Foto 52. Cal hidratada marca PROMICAL.....	37
Foto 53. Arena utilizada para Pega de mampostería proveniente de Puerto Tejada.....	38
Foto 54. Agua de mezcla. ....	38
Foto 55. Mezclado en seco de la arena con la cal. ....	41
Foto 56. Tamizado de la mezcla arena-cal. ....	41
Foto 57. Grouting proveniente de la cantera CONEXPE .....	42
Foto 58. Continuidad del refuerzo vertical a través de la losa de entpiso.....	46

Foto 59. Refuerzo vertical de las dovelas embebido en la losa. ....	46
Foto 60. Escalerilla Grafil diámetro 4mm. ....	47
Foto 61. Conectores. ....	47
Foto 62. Viga de refuerzo con 2 barras de ½ pulgada. ....	48
Foto 63. Pluma grúa. ....	48
Foto 64. Pluma grúa montada sobre andamios. ....	48
Foto 65. Recipiente utilizado para transportar la arena por la pluma grúa.....	49
Foto 66. Planchón en madera.....	49
Foto 67. Disco con incrustaciones de diamante.....	49
Foto 68. Cortadora de ladrillo.....	49
Foto 69. Correcto almacenamiento del cemento y cal. ....	50
Foto 70. Transporte adecuado de las unidades de mampostería dentro de la obra.....	51
Foto 71. Protección de los ladrillos contra la humedad.....	51
Foto 72. Rompimiento del muro.....	54
Foto 73. Tubería sin instalar .....	54
Foto 74. Llenado con mortero. ....	54
Foto 75. Demolición de antepechos.....	55
Foto 76. Tubería que quedó desalineada, durante la construcción del a losa. ....	55
Foto 77. Rompimiento superficial de la losa para reubicación de tubería.....	56
Foto 78. Reubicación tubería eléctrica.....	56
Foto 79. Reubicación de tubería sanitaria. ....	56
Foto 80. Ladrillo sucio y húmedo. ....	57
Foto 81. Cimbrado de los muros para colocación de la formaleta. ....	58
Foto 82. Detalle cimbrado losa entrepiso.....	59
Foto 83. Colocación de encofrado. ....	60
Foto 84. Colocación de encofrado de las vigas perimetrales.....	60
Foto 85. Fijación de los puntales a la losa. ....	60
Foto 86. Aplicación de aceite quemado. ....	61
Foto 87. Cimbrado de las vigas sobre la formaleta.....	62
Foto 88. Tubería interruptores-lámpara, embebida en dovelas de los muros de piso anterior. ....	63

Foto 89. Instalación de tubería para redes eléctricas. ....	63
Foto 90. Buitrón. ....	63
Foto 91. Buitrón. ....	63
Foto 92. Instalaciones sanitarias.....	63
Foto 93. Tubería de agua potable.....	65
Foto 94. Tubería descolgada en el baño. ....	65
Foto 95. Baño con esqueleto para poner el cielo falso. ....	65
Foto 96. Bajante de aguas lluvias. ....	65
Foto 97. Vigas perimetrales. ....	66
Foto 98. Colocación refuerzo de losa en una dirección. ....	67
Foto 99. Colocación refuerzo de losa en una dirección. ....	67
Foto 100. Refuerzo de losa en dos direcciones. ....	67
Foto 101. Marcas con pintura para la colocar el refuerzo de losa en la otra dirección. ....	67
Foto 102. Corte de barras. ....	68
Foto 103. Figuración del acero. ....	68
Foto 104. Colocación de panelas para garantizar recubrimiento. ....	69
Foto 105. Descarga del concreto sobre la tolva de la bomba. ....	71
Foto 106. Cebado de la tubería. ....	71
Foto 107. Fijación de la tubería a la estructura. ....	71
Foto 108. Humedecimiento de la formaleta antes de la fundición.....	72
Foto 109. Demarcación de los niveles para fundir la losa.....	73
Foto 110. Regado del concreto con palas. ....	73
Foto 111. Compactación del concreto. ....	74
Foto 112. Conformación plantillas de concreto. ....	75
Foto 113. Enrase del concreto con el codal. ....	75
Foto 114. Terminado superficial del concreto. ....	76
Foto 115. Antisol blanco de SIKA. ....	76
Foto 116. Aplicación del Antisol. ....	77
Foto 117. Desencofrado losa de concreto. ....	77
Foto 118. Tableros en madera.....	78
Foto 119. Elaboración de tableros en la obra ....	79

Foto 120. Almacenamiento de los tableros.....	79
Foto 121. Puntales metálicos.....	79
Foto 122. Cerchas metálicas. ....	80
Foto 123. Detalle de las vigas.....	81
Foto 124. Detalle refuerzo losa entrepiso. ....	82
Foto 125. Bomba para concreto marca REED.....	83
Foto 126. Tubería para bombear el concreto.....	83
Foto 127. Maquina utilizada para cortar barras de acero.....	84
Foto 128. SIKADUR 32 PRIMER DE SIKA.....	85
Foto 129. Aplicación de SIKADUR 32.....	86
Foto 130. Corte de barras para colocación de un bajante. ....	87
Foto 131. Solución al corte de barras. ....	87
Foto 132. Presencia de fisuras luego de la fundición.....	88
Foto 133. Ubicación de columnas.....	88
Foto 134. Cimbrado de las columnas sobre la losa. ....	90
Foto 135. Collarín de madera. ....	90
Foto 136. Colocación de estribos.....	91
Foto 137. Aplicación aceite quemado a la formaleta. ....	92
Foto 138. Instalación de formaleta.....	92
Foto 139. Aseguramiento de los puntales con la losa.....	93
Foto 140. Puntales metálicos.....	93
Foto 141. Colocación de pesas.....	93
Foto 142. Verificación de la verticalidad de la formaleta.....	93
Foto 143. Recubrimientos para el refuerzo de columnas.....	94
Foto 144. Mezclado de los componentes del concreto. ....	95
Foto 145. Transporte del concreto con el balde de la pluma grúa. ....	96
Foto 146. Descargue del concreto en carretillas.....	96
Foto 147. Vibrado del concreto.....	97
Foto 148. Vaciado del concreto. ....	97
Foto 149. Desencofrado. ....	97
Foto 150. Aplicación de mortero a los hormigueros.....	98
Foto 151. Presencia de hormigueros.....	98

Foto 152. Aplicación de ANTISOL-SIKA.....	98
Foto 153. Ganchos para sujetar formaleta.....	99
Foto 154. Triturado tamaño máximo 3/4 de pulgada .....	100
Foto 155. Arena triturada. ....	101
Foto 156. Detalle columnas. ....	102
Foto 157. Ensayo de Asentamiento .....	104
Foto 158. Columnas desalineadas.....	106
Foto 159. Anclaje de barras en la posición correcta .....	107
Foto 160. Corte de barras delineadas.....	107
Foto 161. Refuerzo de columnas en la posición correcta. ....	107
Foto 162. Preparación del champeado. ....	109
Foto 163. Champeado. ....	109
Foto 164. Colocación de puntos guías.....	110
Foto 165. Verificación de verticalidad de los puntos guías. ....	110
Foto 166. Conformación de plantillas.....	111
Foto 167. Llenado de espacio entre plantillas.....	111
Foto 168. Enrase con el codal. ....	111
Foto 169. Acabado superficial con llana de madera. ....	112
Foto 170. Fija-plus. ....	113
Foto 171. Tamizado de la arena. ....	115
Foto 172. Protección de la mezcla.....	115
Foto 173. Mezcla homogénea en seco. ....	115
Foto 174. Verificación de horizontalidad del repello de carteras.....	116
Foto 175. Detalle cubierta. ....	118
Foto 176. Detalle Ubicación de perlines. ....	120
Foto 177. Línea de pendiente-división de aguas. ....	120
Foto 178. Localización de apoyos de los perlines.....	120
Foto 179. Apoyos de perlines sobre el muro. ....	121
Foto 180. Ubicación de los anclajes para los perlines. ....	121
Foto 181. Anclaje para soldar el perlin.....	122
Foto 182. Colocación de perlines sobre el muro con cuñas de madera. ....	122
Foto 183. Perlin soldado al anclaje. ....	122

Foto 184. Relleno de los apoyos del perlin con mortero. ....	123
Foto 185. Ubicación perlínes dobles y sencillos.....	123
Foto 186. Perlínes- división de aguas .....	124
Foto 187. Perlín sencillo. ....	124
Foto 188. Perlín doble.....	124
Foto 189. Perlínes totalmente colocados. ....	124
Foto 190. Tensor.....	125
Foto 191. Instalación de tejas. ....	125
Foto 192. Hilo guía para colocar las tejas.....	126
Foto 193. Colocación de tejas.....	126
Foto 194. Traslapos. ....	126
Foto 195. Traslapo transversal. ....	127
Foto 196. Traslapo longitudinal.....	127
Foto 197. Teja despuntada. ....	128
Foto 198. Despunte de tejas con pulidora. ....	128
Foto 199. Gancho para asegurar perlínes sencillos.....	129
Foto 200. Gancho para asegurar perlínes dobles. ....	129
Foto 201. Gancho para asegurar teja con perlin sencillo.....	129
Foto 202. Gancho para asegurar teja con viga.....	129
Foto 203. Gancho para asegurar teja con perlín doble.....	130
Foto 204. Detalle amarra de alambre. ....	130
Foto 205. Colocación de caballetes. ....	131
Foto 206. Colocación de amarras.....	131
Foto 207. Cubierta con platina.....	131
Foto 208. Cubierta sin platina. ....	131
Foto 209. Teja de barro. ....	132
Foto 210. Aplicación de Sika-101 .....	132
Foto 211. Perlínes de acero.....	133
Foto 212. Anticorrosivo.....	133
Foto 213. Dimensiones tejas- perfil #7.....	134
Foto 214. Almacenamiento de tejas.....	136
Foto 215. Descargue de tejas.....	136

Foto 216. Transporte de tejas con la pluma grúa.....	136
Foto 217. Caballete fijo Perfil#7.....	137
Foto 218. Izado seguro de tejas.....	139
Foto 219. Protección de las tejas.....	139

## INTRODUCCIÓN

El conjunto residencial TERRAZAS DEL CAMPESTRE surgió como una solución a la gran demanda de vivienda que tiene la ciudad de Popayán, ofreciendo un conjunto residencial multifamiliar ubicado sobre la carrera sexta al norte de la ciudad y consta de: 3 torres de apartamentos, 2 torres de 6 pisos cada torre con 3 apartamentos por piso y 1 torre con 6 pisos y 4 apartamentos por piso, para un total de 60 apartamentos, además ofrece servicio de parqueadero subterráneo, zonas verdes, piscina, juegos infantiles, cancha de squash, entre otros. La construcción se lleva a cabo por la constructora TERRAZAS DEL CAMPESTRE S.A, quienes cuentan con el personal y la maquinaria adecuada para el desarrollo de dicho proyecto.

El siguiente informe recopila la información obtenida durante el desarrollo de la pasantía en el conjunto residencial multifamiliar TERRAZAS DEL CAMPESTRE, que contiene los procesos realizados paso a paso para la construcción de: muros en mampostería, losas, vigas, columnas, cubierta, repellos, además de contener una descripción detallada de los materiales, equipo y herramienta que son necesarios para su construcción, cumpliendo así con uno de los objetivos de la escogencia del trabajo de grado modalidad pasantía para optar al título de Ingeniero Civil de la Universidad del Cauca que es la adquisición de experiencia y la aplicación de los conocimientos adquiridos a lo largo de toda la carrera y la puesta en práctica de métodos nuevos e innovadores de construcción.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Participar como Auxiliar de Residente en la construcción del Conjunto residencial TERRAZAS DEL CAMPESTRE en la ciudad de Popayán.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un seguimiento a la ejecución de los procesos constructivos correspondiente a los capítulos de obra negra y gris (vigas, columnas, losas, mampostería, cubierta, repellos), del conjunto residencial TERRAZAS DEL CAMPESTRE.
- Revisar el correcto manejo y utilización de: materiales, herramienta y equipo en los procesos constructivos correspondientes a los capítulos de obra negra y gris (vigas, columnas, losas, mampostería, cubierta, repellos), del conjunto residencial TERRAZAS DEL CAMPESTRE.
- Aplicar los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo de la carrera en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca.
- Adquirir conocimiento y experiencia en las labores de construcción de este tipo de obras.

## 2. ESTADO DE LA OBRA AL MOMENTO DE INICIAR LA PASANTÍA

Al momento de iniciar la pasantía en el conjunto residencial multifamiliar TERRAZAS DEL CAMPESTRE se realizó un reconocimiento de la obra identificando aspectos tales como: la ubicación, nomenclatura de las torres, conocimiento de planos arquitectónicos y estructurales, información acerca de la organización administrativa de la obra, actividades y pasos a seguir en la construcción entre otros aspectos.

Las torres tienen la siguiente nomenclatura: torre 1, torre2, torre 3. Al momento del reconocimiento de la obra se observó que la torre 3 estaba totalmente terminada en la parte estructural, cubierta y faltaban los acabados.



**Foto 1. Estado de la torre 3 al iniciar la pasantía.**

En la torre 2 se estaba terminando la construcción de los muros del quinto piso, pero faltaban aspectos tales como: enchape de columnas, enchape de losa, construcción de antepechos y dinteles.



**Foto 2. Estado de la torre 3 al iniciar la pasantía**

La torre 2 estaba construida hasta la cimentación que consta de zapatas y una losa de cimentación, además estaban construidas las columnas del parqueadero subterráneo.



**Foto 3. Estado inicial torre 2 al momento de iniciar la pasantía**

Faltaban por construir las zonas verdes, parques, piscina, cancha de squash, salón de eventos, red de alcantarillado pluvial (sumideros, colectores, acometida aguas lluvias).



**Foto 5. Lugar proyectado para la construcción de piscina**



**Foto 4. Zonas proyectadas para zonas verdes y juego**

### 3. DESARROLLO DE LA PASANTÍA

#### 3.1 MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL

El sistema de mampostería estructural utilizado en esta obra se basó en la construcción de piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzadas internamente con barras de acero. Este sistema permitió la inyección de todas sus celdas con mortero de relleno (grouting), es por eso que se considera como una estructura con capacidad especial de disipación de energía (DES).<sup>1</sup>

La mampostería utilizada como sistema constructivo aporta no solo las funciones portantes (soportando su propio peso como las cargas horizontales y verticales actuantes sobre sus planos) y divisoria sino inmensas posibilidades y ventajas en los acabados.<sup>2</sup>

##### 3.1.1 Proceso constructivo

**3.1.1.2 Pre-requisitos.** Antes de iniciar las labores para la construcción de los muros en mampostería se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

**Conocimiento y coordinación de diseños.** Se verificó la coordinación de todos los diseños: estructurales, arquitectónicos, hidráulicos, sanitarios, de gas y eléctricos, además de contar con todos los elementos necesarios para su construcción.

---

<sup>1</sup> Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98.

<sup>2</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGÉLICA MARIA HERRERA. Pág.11.

Uno de los aspectos que se tuvo en cuenta fue determinar si el muro en uno de sus extremos iba trabado con otro muro, es decir si la colocación de los ladrillos en una esquina era intercalada. Para este caso de los muros en traba se dejaron los espacios en el extremo del muro construido para realizar la traba de ladrillos cuando se construyera el otro muro.

Por lo regular se utilizó el muro en traba en las esquinas, donde es fácil la colocación intercalada de las unidades de mampostería.



Foto 6. Construcción muro en traba.

Foto 7. Acabado del muro en traba.

Es necesario que quien vaya a manejar la mampostería tenga claridad, antes de iniciar el trabajo, sobre sus características y los procesos a seguir. Lo anterior es fundamental para que el resultado sea correcto y se aprovechen las ventajas constructivas, económicas y estéticas de la mampostería.<sup>3</sup>

**Cimbrado de la losa.** Para lograr la coordinación de todos los diseños antes de iniciar la construcción de los muros se realizó un cimbrado de la losa, para que los pegadores supieran exactamente donde comenzar y donde terminar los muros y los lugares exactos donde se colocarían puertas y posibles cambios arquitectónicos sugeridos por los clientes de los apartamentos.

---

<sup>3</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGÉLICA MARIA HERRERA. Pág.11.

El procedimiento para la demarcación sobre las losa (cimbrado) de los muros fue el siguiente:

- Con la ayuda de una plomada se marcaron en la losa puntos guías por donde pasaría el concreto de las columnas. Estos puntos se ubicaron pasando el plomo de las columnas del primer piso al sexto piso para no acumular errores.



Foto 8. Ubicación de puntos para trazar una línea guía (cimbra)

- Este procedimiento se hizo en otra columna que estaba alineada con la anterior, para poder trazar una línea con la cimbra uniendo los dos puntos marcados. Luego se tomaron otras dos columnas que estaban perpendiculares a las anteriores y se trazó otra línea. El resultado fueron dos líneas perpendiculares, que sirvieron como base para hacer la demarcación de los muros, basándose en las medidas de los planos estructurales y arquitectónicos.



Foto 9. Línea de referencia para la ubicación de muros.

- Para el caso de la construcción de los muros del primer piso de la torre 2 la ubicación de los muros se realizó basándose en las líneas de paramento de las torres ya construidas (torre 3 y torre 1).
- Se tuvo en cuenta que la línea que se marcaba correspondía a la parte exterior del muro.

**Corte de bloques.** Cuando no se tiene suministro de bloques especiales es necesario cortar bloques en la obra para hacerles ventanas de inspección, cajas para instalaciones eléctricas o hidrosanitarias o para generar unidades con forma especial<sup>4</sup>, como el ladrillo utilizado para la construcción de la viga de amarre. Es por esto que antes de iniciar la construcción del muro se pidieron los cortes de ladrillos especiales necesarios para la construcción, acorde con la modulación realizada en la primera hilada, este pedido de ladrillos especiales se hizo con antelación, para que el ladrillo secase luego de ser cortado, ya que la cortadora utilizaba agua para dicha labor.

El corte de los ladrillos se logró por medio de una cortadora dotada con una sierra de disco, que garantizó un trabajo muy preciso y un aprovechamiento máximo de los bloques. Se evitó el uso de cinceles y achuelas.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGÉLICA MARIA HERRERA. Pág.43.

<sup>5</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGÉLICA MARIA HERRERA. Pág.43.

**Barras de refuerzo vertical.** Todos los ductos y el refuerzo vertical se deben dejar embebidos en el vaciado de la fundación, para que arranquen dentro de la celda al colocar la primera hilada.<sup>6</sup>

El refuerzo vertical estaba debidamente colocado en el lugar donde indicaban los planos estructurales. Para los pisos superiores no era necesario anclar las barras de refuerzo vertical por que este tenía una continuidad desde el primer piso, sobresaliendo 2m por encima de la losa, necesarios para hacer el traslapo del refuerzo a la altura de la hilada número 11 de los muros.



**Foto 10. Continuidad del refuerzo vertical de los muros a través de la losa.**

Para la construcción de los muros del primer piso se anclaron las barras de refuerzo vertical sobre la losa, utilizando un taladro marca HILTI con una potencia de 1100 W, que perforaba la profundidad necesaria para anclar cada barra, esta profundidad de anclaje y el diámetro de la broca cambiaban de acuerdo al diámetro.

---

<sup>6</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGÉLICA MARIA HERRERA. Pág.41.

Tabla 1. Profundidad de anclaje del refuerzo vertical de los muros.

DIAMETRO VARILLA	DIAMETRO BROCA PARA PERFORAR.	PROFUNDIDAD DE COLOCACIÓN.
3/8	1/2	10CM
1/2	5/8	10CM
5/8	3/4	13CM
3/4	7/8	20CM
7/8	1"	25CM
1"	1" 1/4	25CM

Luego de haber realizado la perforación de la losa se anclaron las barras de acero, colocando sobre la parte inferior SIKADUR-32 de SIKA, que garantizó la buena adherencia, entre la barra de acero y el concreto.



Foto 11. Anclaje del refuerzo vertical.

**Tubería hidráulica, sanitaria y eléctrica.** Se verificó antes de la construcción de los muros que la tubería eléctrica, hidráulica y sanitaria, estuviera debidamente colocada y que no presentara daños, en caso que se presentara daños se arreglaban antes de iniciar la construcción del muro para evitar tener que romper posteriormente.

La tubería quedó embebida en la losa de concreto y sobresalía en los lugares donde se construyeron lo muros posteriormente, ya que esta tubería debía pasar por el medio de las dovelas.

### 3.1.1.3 Ejecución

**Modulación de la primera hilada.** Una vez verificada la coordinación de todos los planos del proyecto (estructurales, arquitectónicos, hidrosanitarios), se debe identificar, en el plano de la primera hilada, los vanos de puertas y ventanas y las celdas por donde van a ir los ductos<sup>7</sup>.

La modulación de la primera hilada de ladrillos fue necesaria, ya que la tubería y el refuerzo vertical limitaban la repartición del número de ladrillos debido a que este se debía conducir por las dovelas. La modulación se hizo repartiendo los ladrillos de la primera hilada sin mortero de pega, en caso que hubiera existido corte de ladrillos se media y se mandaban a cortar con antelación. Esta distribución fue necesaria porque se debía repartir uniformemente el espesor de la junta vertical tratando siempre que esta no sobrepasara 1cm.



**Foto 12. Modulación de los ladrillos de la primera hilada**

Para el caso de la construcción de los muros del primer piso de la torre 2, se hizo un replanteo de los muros tomando como referencia el paramento de las torres ya construidas, este replanteo de muros consistió en la colocación de la primera hilada de ladrillos pegada con mortero de todos los muros del primer piso.

---

<sup>7</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGÉLICA MARIA HERRERA. Pág.41.



Foto 13. Replanteo de muros primer piso.

**Colocación de miras.** Se colocó una mira ó codal en cada extremo del muro tomando como referencia la línea de cimbrado sobre la losa, si el muro era muy largo se colocaba otro codal en el centro para evitar que el nylon se descolgara y generara errores en la construcción. Los codales estaban sostenidos por bastidores de madera dotados con un clavo en uno de sus extremos que permitía engancharlos con la parte superior del codal, estos bastidores de madera se apoyaban sobre ladrillos que evitaban su deslizamiento.



Foto 15. Colocación bastidores de madera



Foto 14. Colocación de codales o miras



**Foto 16. Aseguramiento de bastidores con ladrillos.**

Se aseguraba la total verticalidad de los codales con la ayuda de una plomada chequeando verticalidad por 2 de sus caras.



**Foto 17. Verificación de la verticalidad de los codales.**

Para el caso particular de la construcción de los muros del sexto piso, se hizo el primer muro del piso dividiendo el codal en 11 hiladas de 11.4 cm de abajo hacia arriba, luego para la construcción de los demás muros se tomó como referencia el primer muro, pasando niveles con manguera de la hilada numero 11 y se dividieron de arriba hacia abajo con un espesor de 11.4 cm para cada hilada que corresponde a 10 cm del ladrillo y a 1.4 cm de la junta horizontal cumpliendo con la tolerancia de +4mm y -4mm.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Tabla D.4.2

En el caso de la construcción de los muros del primer piso de la torre 2 se tomó como referencia el muro de la torre 3 que ya estaba construida, pasando el nivel de las 11 hiladas al codal y dividiendo el número de hiladas de 11.4cm de arriba hacia abajo.

Era necesario pasar niveles con manguera para que los muros siempre quedaran con una misma altura y que además la junta horizontal generara una continuidad visual en todos los muros del mismo piso.



Foto 19. Demarcación de niveles con manguera.



Foto 18. Marcado de hiladas sobre los codales.

**Levantamiento del muro.** Se colocó un nylon enganchado sobre los codales a una altura correspondiente a la primera hilada de ladrillos, teniendo en cuenta que quedara bien templado, luego se colocó la primera hilera de ladrillos sobre una capa de mortero de pega.



Foto 20. Colocación del mortero de pega para la primera hilada de ladrillos



Foto 21. Primera hilada de ladrillos.

Sobre la primera hilada de ladrillo se dejaron las ventanas de inspección ubicadas en los sitios por donde pasaba el acero de refuerzo vertical, en el caso en que no había refuerzo se hacían ventanas de inspección con una separación de no más de 1 metro.<sup>9</sup>



Foto 22. Ubicación ventanas de inspección

Se tenía en cuenta que al colocar la primera hilera de ladrillos el refuerzo vertical y las tuberías hidráulicas y sanitarias quedarán ubicadas y centradas dentro de las dovelas.

---

<sup>9</sup> Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Capítulo D.4.5.10.2



**Foto 23. Tubería hidrosanitaria y eléctrica debidamente centradas.**

Luego se subió nylon a la siguiente hilada y se colocó mortero de pega en las juntas verticales, en los bordes del ladrillo y en la separación interna.



**Foto 24. Aplicación del mortero de pega en las juntas horizontales y verticales.**

Se colocó la segunda hilada de ladrillos fijándolos al mortero de pega previamente puesto dando ligeros golpes con la mano y chequeando la linealidad con el nylon.



Foto 25. Colocación de la segunda hilada de ladrillos.

**Colocación de escalerilla (refuerzo horizontal).** Se construyó la tercera hilada de ladrillos, encima de ella y embebida en el mortero de pega se colocó la escalerilla de 4mm que constituye el refuerzo horizontal, que evita la formación fisuras en el muro.

Durante la construcción del muro se tuvo cuidado de no generar taponamientos de las dovelas con la escalerilla.



Foto 26. Refuerzo horizontal (escalerilla de 4mm)

**Conectores.** A medida que se avanza en la elevación del muro, deben quedar embebidos en el mortero de la junta horizontal los conectores y el refuerzo horizontal requerido por los planos estructurales.<sup>10</sup>

Para los casos en los que se necesitaba hacer una conexión con otro muro perpendicular al muro que se estaba construyendo, se colocaban conectores de 5mm de diámetro cada tres hiladas.

Para evitar que en una misma junta horizontal se traslaparan la escalerilla y los conectores se colocó el primer conector en la cuarta hilada de ladrillos y de ahí en adelante se siguieron colocando cada tres hiladas.



Foto 27. Conectores (diámetro 5mm)

**Viga de amarre (refuerzo horizontal).** Se siguió el procedimiento descrito anteriormente hasta llegar a la hilada numero 11, donde se colocó una unidad de mampostería especial llamada viga-bloque que tenía forma de U, esta unidad llevaba al igual que las demás las dos perforaciones o celdas, por donde permitía hacer el llenado de celdas con grouting.

---

<sup>10</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGÉLICA MARIA HERRERA. Pág.51.



Foto 28. Colocación ladrillo viga-bloque

**Llenado de celdas con mortero de inyección (grouting).** Antes de iniciar la colocación del mortero de inyección, se verificó que la celda estuviera limpia y libre de obstáculos. Se rellenaron todas las celdas con el mortero de inyección, colocándolo con baldes, luego se compactó con una barra de  $\frac{1}{2}$  pulgada para evitar la formación de hormigueros dentro de las celdas.



Foto 30. Llenado de celdas con mortero de inyección (grouting)



Foto 29. Compactación de las celdas llenadas con grouting

Las ventanas de inspección servían para garantizar que las celdas llenaran completamente, observando que el mortero llegara hasta la primera hilada. Cuando las primeras hiladas estaban llenas, las ventanas de inspección se taparon con una tabla, para evitar que el grouting se saliera. Luego se terminó de llenar toda la celda, teniendo en cuenta una buena compactación con la barra de  $\frac{1}{2}$  pulgada.



**Foto 31. Ventana de inspección después del llenado con grouting**

Una vez llenas las celdas se colocaron las dos barras de  $\frac{1}{2}$  pulgada a lo largo de toda la viga y se terminó de fundir con mortero de relleno. En esta fase de construcción del muro se observó claramente cómo las barras de refuerzo vertical sobresalían encima de la viga de amarre (hilada #11) una longitud adecuada para realizar el traslazo de las barras.



**Foto 33. Colocación de las barras de  $\frac{1}{2}$  pulgada en la viga.**

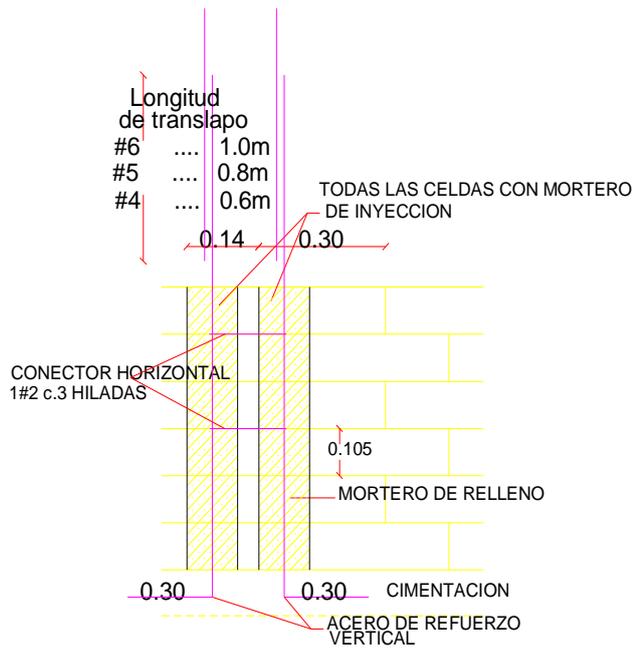


**Foto 32. Colocación del mortero de inyección en la viga.**



Foto 34. Continuidad del acero de refuerzo vertical por la viga.

Para la construcción de la hilada #12 a la hilada #21, se siguió el mismo procedimiento anterior, dejando las ventanas de inspección en la hilada 12 y verificando el traslapeo del acero de refuerzo vertical.



Detalle alzada de muros – refuerzo vertical y horizontal



**Foto 35. Ventanas de inspección en la hilada numero 12.**

La longitud de las barras de acero del refuerzo vertical que se colocaron después de la viga de amarre tenía 3 m de longitud, para que tuvieran una continuidad con el piso superior.



**Foto 36. Colación del refuerzo vertical después de la hilada numero 11.**

El llenado de las celdas superiores con grouting y su debida compactación se realizó como anteriormente se mencionó.

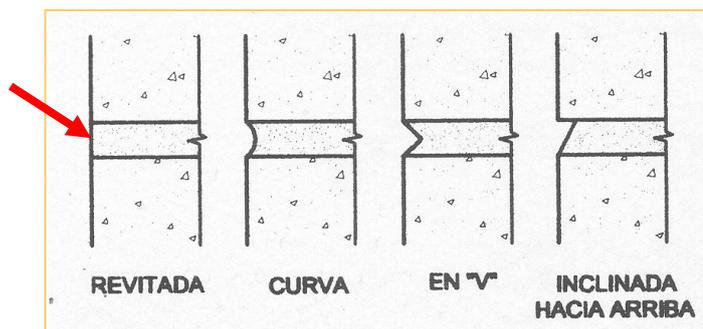


Foto 37. Colocación y compactación del grouting en las celdas superiores.

**Acabado de las juntas.** Antes de que el mortero de pega endurezca, pero que sea capaz de resistir la presión de un dedo, se procede a darle el acabado a la junta. Además de la calidad estética, el acabado de las juntas es importante para darle impermeabilidad al muro.<sup>11</sup>

Debido a las imperfecciones que presentó el muro en las juntas verticales y horizontales fue necesario darles un acabado, rellenando esos vacios con mortero. A este proceso se le conoce como “revitar” el muro.

Existen diferentes tipos de acabado que se le puede dar a la junta, para este caso en particular se utilizó la junta revitada, mostrada en el siguiente esquema:



<sup>11</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGÉLICA MARIA HERRERA. Pág.49.



Foto 39. Muro antes de revitarse.



Foto 38. Revitado del muro.

**Aseo del muro.** Luego de revitar el muro se realizó una limpieza para evitar que los restos de mortero y cemento se secan encima del ladrillo, deteriorando su apariencia. Esta limpieza se hizo aplicando agua con una espuma, tratando de no dañar las juntas ni de desalinear el muro, ya que este proceso se hizo momentos después de su construcción.



Foto 41. Limpieza del muro.



Foto 40. Muro terminado.

**Limpieza e impermeabilización de los muros.** Para darle un mejor acabado y apariencia a los muros de la fachada del edificio y muros interiores que necesitaban una buena terminación, fue necesario hacer una limpieza de estos, utilizando ácido nítrico en una proporción 1:3 (1 parte de ácido nítrico: 3 partes de agua). Esta limpieza se realizó manualmente con la ayuda de cepillos y con el suministro constante de agua al muro para evitar que se formaran manchas.

Luego de limpiar el ladrillo se aplicó el impermeabilizante que es un hidrófugo llamado *SILICONITE TRANSPARENTE DE PINTUCO*, con la ayuda de rodillos

y de una espuma. Fue necesario hacer 2 aplicaciones del hidrófugo para generar la impermeabilización deseada.



**Foto 43. Limpieza del muro con ácido nítrico.**



**Foto 42. Aplicación de impermeabilizante**



**Foto 44. Fachada antes de limpiar e impermeabilizar.**



**Foto 45. Fachada después de limpiar e impermeabilizar.**

Alguna de las propiedades que ofrece el hidrófugo son:

- Produce una superficie que reduce la penetración de agua lluvia a través de la superficie, sin sellar completamente los poros, lo que permite que el muro respire y haya desplazamiento de la humedad interior hacia el ambiente.

- Conservar la apariencia de la mampostería sin cambios de color, textura o brillo a través del tiempo.
- Resistir las eflorescencias que se puedan presentar en el muro.
- Ser durable y resistir la acumulación, sobre el muro, de la contaminación transportada por el aire y el agua.<sup>12</sup>

### **3.1.2 Materiales utilizados en la construcción**

**3.1.2.1 unidades de mampostería.** Las unidades de mampostería son el elemento esencial del sistema de Construcción de muros de mampostería reforzada, pues de estas dependen en gran parte sus características estructurales y de sismo-resistencia.

El bloque no solo es el elemento fundamental de la mampostería estructural, sino que de él depende la rapidez, facilidad y economía de los acabados; es decir, un bloque de buena calidad es responsable en gran parte de la buena calidad de un proyecto.<sup>13</sup>

Las unidades de mampostería que se utilizaron fueron suministradas periódicamente por la Ladrillera Meléndez s.a, quienes garantizaban un producto de buena calidad que cumpliera con los requisitos y normas vigentes.

Fueron dos tipos de ladrillos utilizados en la obra:

**3.1.2.1.1 Ladrillo de perforación vertical.** Este ladrillo es estructural y consta de 2 perforaciones verticales de 10cm x 10cm cada una, sus medidas son 10cm de alto, 29 cm de largo y 14 cm de ancho, cumpliendo con los requisitos de la NSR-98 en el capítulo D.3.6.4 donde enuncia que el área de las celdas no puede ser mayor del 65% del área de la sección transversal, las celdas no pueden tener dimensión menor de 50mm ni menos de 300mm<sup>2</sup> de área, este

<sup>12</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGÉLICA MARIA HERRERA. Pág.57.

<sup>13</sup> Construcción en Mampostería. JUAN FERNANDO ABAD ECHEVERRI 2009. Pág. 5

ladrillo cumplía con esta norma ya que las perforaciones verticales del ladrillo eran 2 perforaciones de 10cm x 10cm , y equivalían al 48.4% del área neta de la sección transversal de ladrillo. Cada unidad pesó 4.5 kg y tuvo un rendimiento de 30 m<sup>2</sup> aproximadamente.

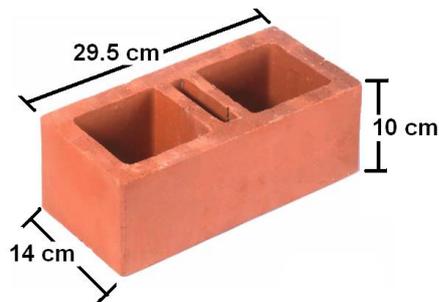


Foto 46. Ladrillo de perforación vertical.

**3.1.2.1.2 ladrillo viga-bloque.** El otro tipo de ladrillo utilizado es el ladrillo Viga Bloque, que fue suministrado especialmente para esta obra porque no estaba dentro de los productos ofrecidos por el proveedor. Esta unidad de mampostería tiene forma de U y se colocó en la hilada número 11 con 2 barras de  $\frac{1}{2}$  pulgada, de acuerdo con el diseño estructural del edificio. Sus medidas son 29cm de largo, 14 cm de ancho por 10cm de altura y las perforaciones para facilitar el llenado de las celdas se realizaron en la obra con la cortadora de ladrillo.

Este tipo de ladrillo también fue utilizado para la extracción de fichas para enchapes de losas, vigas y columnas, por su buena apariencia.

El ladrillo viga bloque provino de fábrica completo para facilitar su transporte y almacenamiento, tenía 2 cortes longitudinales sobre una cara superior para luego poder con unos ligeros golpes sacar las fichas superiores y utilizar la unidad en la viga de amarre.



Foto 48. Unidad de mampostería Viga-bloque salida de fábrica.



Foto 47. Unidad de mampostería Viga-bloque luego de quitar las 2 pestañas y lista para colocar.

**3.1.2.1.3 almacenamiento y transporte de las unidades de mampostería.** El lugar para recepción y almacenamiento en obra de las unidades de mampostería fue amplio, tuvo fácil acceso y un piso firme, limpio y nivelado (losa del primer piso).

En la obra las unidades de mampostería fueron suministradas por la Ladrillera Meléndez S.A, quienes despacharon sus propios camiones desde la planta hasta la obra. Las unidades de mampostería llegaron a la obra envueltas en plásticos y montadas sobre plataformas de madera en grupos de 150 unidades ubicadas de tal forma que no se presentaran despiques del ladrillo (trabadas), una vez llegaba el ladrillo a la obra se preparaba un entarimado de madera sobre la losa y se procedía a descargar el ladrillo por unidades, fueron acomodados en arrumes que alcanzaban los 2m (20 ladrillos). Una vez descargados se protegían de la humedad, permitiendo el almacenamiento a la intemperie.

La ubicación del ladrillo se hizo estratégicamente, tratando que las distancias de recorrido dentro de la obra fueran menores.



Foto 50. Descarga manual del ladrillo.



Foto 49. Protección del ladrillo contra la humedad.

**3.1.2.2 Mortero de pega.** El mortero de pega es el elemento que une las unidades de mampostería a través de juntas verticales, horizontales y está constituido por: *cemento, cal, arena y agua*. Se debe desarrollar una resistencia entre el mortero y la unidad de mampostería, mediante la correcta hidratación del cemento en el mortero (acción cementante). Además de tener una buena plasticidad, consistencia y suficiente capacidad de retención de agua para que las unidades de mampostería no le roben humedad.<sup>14</sup>

**Materiales utilizados para preparación del mortero de pega:**

**Cemento.** El cemento utilizado para el mortero de pega puede ser portland Tipo 1, 2, 3,5 que deben cumplir con las NTC 121 y NTC 321.<sup>15</sup>

En la obra se utilizó cemento portland Tipo 1 de Argos.



Foto 51. Cemento portland tipo 1 de Argos.

<sup>14</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGELICA MARIA HERRERA. Pág. 28

<sup>15</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGELICA MARIA HERRERA. Pág. 28

**Cal hidratada.** En general el papel de la cal en los morteros no tiene por objeto competir con el cemento Portland, sino por el contrario, complementar las propiedades de este con el propósito de producir un material que satisfaga exigencias de plasticidad, retención de agua, impermeabilidad, estabilidad volumétrica, durabilidad del mortero en la obra, adherencia y economía.

La cal es un material que transmite al mortero que la contiene, el efecto de un lubricante, que permite incrementar la plasticidad, generando a su vez un incremento en la retención de agua del mortero. Por tal razón la cal que se utilizó en la obra para elaborar el mortero de pega es cal hidratada<sup>16</sup> marca ARGOS en sacos de 10 kg.



Foto 52. Cal hidratada marca PROMICAL.

**Arena.** Los agregados para el mortero de pega deben estar libres de materiales contaminantes o deleznable que puedan deteriorar las propiedades del mortero de pega<sup>17</sup>, la arena puede ser natural o triturada (procesada), además debe cumplirse que sea bien gradada ya que de esto depende que el mortero sea durable (exceso de finos la vuelven frágil), y trabajable (exceso de material grueso).

---

<sup>16</sup> Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Capitulo D.3.4.3

<sup>17</sup> Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Capitulo D.3.4.4

Para esta obra se utilizó arena proveniente de Puerto Tejada.



**Foto 53. Arena utilizada para Pega de mampostería proveniente de Puerto Tejada.**

Esta arena se almacenó cerca de la torre donde estaban construyendo los muros, para así evitar pérdidas de tiempo en el acarreo del material hasta el sitio de trabajo.

**Agua de mezcla.** El agua utilizada para el mortero de pega debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, alcoholes, sales, materias orgánicas u otras sustancias que podrían ser dañinas para el mortero o el refuerzo embebido, en caso que se presentara alguna sustancia podría perjudicar cualquiera de la propiedades del mortero.<sup>18</sup>



**Foto 54. Agua de mezcla.**

---

<sup>18</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGELICA MARIA HERRERA. Pág. 28

### **Características del mortero de pega<sup>19</sup>:**

*-Trabajabilidad:* es la propiedad esencial del mortero en estado plástico, mediante la cual puede ser manipulado y esparcido con facilidad. Lo opuesto a un mortero plástico es un mortero áspero.

*-Retención de agua:* esta propiedad le permite al mortero conservar el agua necesaria para la hidratación del cemento en ambientes absorbentes como las superficies de las unidades de mampostería.

*-Adherencia:* consiste en la unión adecuada entre la unidad de mampostería y el mortero de pega, esto se logra con unidades cuya superficie sea de textura lisa y que sean compatibles con el mortero, es decir que no le roben agua a la mezcla.

*-Resistencia a la compresión:* la resistencia a la compresión del mortero incide en la capacidad del muro para transmitir cargas de compresión y es un indicativo de la resistencia a esfuerzos de corte y a esfuerzos de tracción.

La NTC 3329<sup>20</sup> clasifica los morteros de pega como M, S, N y O, de acuerdo con su retención de agua flujo y resistencia a la compresión. La Norma sismo resistente NSR 98 en el Título D, permite para la mampostería estructural sólo el uso de morteros M, S, y N de tal forma que cumplan las siguientes características. (Ver Tabla 2)

---

<sup>19</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGELICA MARIA HERRERA. Pág. 31

<sup>20</sup> Normas Técnicas Colombianas. NTC 3329 Ingeniería civil y arquitectura, Morteros de pega para mampostería estructural

Tabla 2. TIPOS DE MORTERO DE PEGA PARA MAMPOSTERIA<sup>21</sup>

TIPO DE MORTERO	RESISTENCIA, Mpa	FLUJO,%	RETENCIÓN DE AGUA,%
<b>M</b>	<b>17.5</b>	<b>120</b>	<b>75</b>
S	12.5	115	75
N	7.5	110	75

El tipo de mortero utilizado en esta obra en particular es tipo M con las siguientes proporciones de mezcla; 1: 0.5: 3 (cemento: cal: arena). Definidas en tabla de la norma NTC 3329, que se transcribe a continuación.

Tabla 3 DOSIFICACION EN VOLUMEN<sup>22</sup>

TIPO DE MORTERO	CEMENTO PORTLAND	CAL HIDRATADA	ARENA	
			Min	Max
<b>M</b>	<b>1</b>	<b>0.25 a 0.5</b>	<b>2.25</b>	<b>3</b>
S	1	0.25 a 0.5	2.5	3
N	1	0.5 a 1.25	3	4.5

*-Durabilidad:* Es la resistencia del mortero a los agentes exteriores sin presentar deterioro de sus propiedades físicas con el tiempo.

**Preparación del mortero de pega.** Para esta obra se utilizó una proporción de 1: 0.5: 3. El procedimiento que se siguió para su preparación fue el siguiente:

- Con una escoba se limpió la superficie donde se realizaría la mezcla.
- Se humedeció ligeramente la superficie, sin formar charcos.
- Se regó sobre la superficie 3 cajones de arena. (Los cajones tenían un volumen de 0.043 m<sup>3</sup>)
- Se adicionó medio bulto de cal (5 kg)
- Se realizó una mezcla en seco con la pala, hasta que la arena mezcló homogéneamente con la cal.

<sup>21</sup> Tabla 2. Normas técnicas colombianas. NTC 3329

<sup>22</sup> Tabla 1 Normas técnicas colombianas. NTC 3329



Foto 55. Mezclado en seco de la arena con la cal.

- Se procedió a tamizar el material para eliminar partículas gruesas y posibles contaminantes que hubieran caído en la arena.



Foto 56. Tamizado de la mezcla arena-cal.

- Se esparció la mezcla y se añadió el agua.
- Se realizó un mezclado homogéneo con pala, ajustando la consistencia del mortero hasta que alcanzó la mínima fluidez compatible con una fácil colocación.

**3.1.2.3 Mortero de inyección o grouting.** El grouting consiste en una mezcla fluida de agregados y material cementante, capaz de penetrar todas las cavidades del muro sin sufrir segregación. Esta mezcla se adhiere a las unidades de mampostería y a las barras de refuerzo para favorecer el funcionamiento estructural del muro. El mortero de relleno aumenta la resistencia del muro y ayuda a la transmisión de esfuerzos al acero. Además

mejora algunas de sus propiedades, como el aislamiento acústico y térmico y la resistencia al fuego del muro<sup>23</sup>.

### **Materiales utilizados en el mortero de inyección (grouting)**

**Agregado.** Los agregados para la fabricación del mortero de inyección deben cumplir la norma NTC 4020 y estar libres de materiales contaminantes o deleznales que puedan deteriorar las propiedades del mortero.<sup>24</sup>

*Características del agregado:*

- **Limpieza:** es decir deben ser libres de arcilla, materia orgánica, álcalis, aceites, cloruros o cualquier sustancia nociva para el mortero.
- **Sanos:** es decir originados en meteorización o trituración de rocas de buena resistencia mecánica.

El agregado que se utilizó para la preparación de la mezcla fue proveniente de la cantera de CONEXPE y tuvo un tamaño máximo de 3/8 de pulgada.



**Foto 57. Grouting proveniente de la cantera CONEXPE**

---

<sup>23</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGELICA MARIA HERRERA. Pág. 31

<sup>24</sup> Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Capítulo D.3.5.5

**Agua.** El agua utilizada debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales, de aceites, ácidos, alcoholes, sales, materias orgánicas u otras sustancias que puedan ser dañinas para el mortero o el refuerzo embebido.<sup>25</sup>

**Cemento.** El cemento utilizado puede ser tipo 1, 2,3 o 6. En esta obra en particular se usó cemento portland tipo 1 de Argos para uso general.

### **Características del mortero de inyección (grouting):<sup>26</sup>**

*Fluidez:* la mezcla debe tener las características de un emulsión, de manera que haya una perfecta penetración en todas las cavidades del muro. La compactación (vibrado) de la mezcla ayuda a eliminar burbujas de aire a fluir adecuadamente a los sectores de inyección.

*Adherencia:* la adherencia entre el relleno y las unidades se presenta mediante la unión mecánica mortero de inyección- unidad de mampostería, debidas a las rugosidades de la unidad y a la forma misma de la cavidad. La transferencia de agua permite reducir la relación agua/cemento de la mezcla con lo que se aumenta su resistencia final.

*Resistencia a la compresión:* la resistencia a la compresión del mortero de inyección debe ser compatible con la resistencia de las unidades de mampostería, con el fin de que todas las propiedades mecánicas sean también compatibles. La resistencia requerida por el diseño estructural del edificio para la mezcla de mortero de inyección es de 15.5 Mpa.

**Preparación de la mezcla (grouting).** Las proporciones en volumen utilizadas en el mortero de relleno (grouting) fueron 1:6 (cemento: triturado 3/8"). En algunas ocasiones cuando el triturado tenía un tamaño mayor, se utilizaba una proporción en volumen 1:4:2 (cemento: triturado: arena triturada).

---

<sup>25</sup> Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Capítulo D.3.4.5

<sup>26</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGELICA MARIA HERRERA. Pág. 32

La preparación del mortero de relleno fue similar a la de un concreto convencional. Esta mezcla debe adquirir una importante resistencia como lo exige el diseño estructural de 15.5 Mpa, debe tener una alta trabajabilidad la cual se logra adicionando suficiente agua hasta adquirir la fluidez deseada, teniendo en cuenta que un aumento en la cantidad de agua perjudica la resistencia de la mezcla endurecida.

El procedimiento para preparar la mezcla fue el siguiente:

- Se limpió la superficie donde se realizaría la mezcla.
- Se humedeció ligeramente la superficie, teniendo cuidado de no formar charcos.
- Se regó sobre la superficie 6 cajones de material triturado tamaño máximo 3/8 de pulgada.
- Se adicionó 1 bulto de cemento (50 kg).
- Se realizó una mezcla en seco con pala, hasta que se conformó una mezcla homogénea entre el triturado y el cemento.
- Se esparció la mezcla y se añadió agua.
- Se realizó un mezclado homogéneo, ajustando la consistencia de la mezcla hasta que alcanzó la mínima fluidez posible para su colocación.

**3.1.2.4 acero de refuerzo.** El refuerzo forma parte de la mampostería y se requiere en múltiples casos, por lo cual es fue definido por el diseñador, tanto en el tipo como en la cantidad. <sup>27</sup>

Los distintos tipos de refuerzo quedaron embebidos en mortero, para que este transmitiera los esfuerzos entre las unidades de mampostería y para protegerlo de las condiciones atmosféricas agresivas.

---

<sup>27</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGELICA MARIA HERRERA. Pág. 32

En esta obra se colocaron dos tipos de refuerzo: el de funcionamiento y el de sollicitación. El primero hace posible el funcionamiento del sistema como tal (conexiones entre muros o en los elementos de ladrillo sin traba, etc.); el segundo la función estructural de absorber los esfuerzos de tracción, compresión, cortante entre otras.<sup>28</sup>

**Acero de refuerzo vertical.** Este refuerzo comenzó con las dovelas de empalme, que fueron las primeras barras ancladas en la primera losa. Todas las barras que continuaron desde el primer nivel cumplieron con la longitud de empalme (traslapo) especificada por el diseñador estructural. Este refuerzo quedó bien centrado dentro de las perforaciones de las unidades de mampostería.

Las barras de refuerzo vertical para las dovelas de los muros quedaron embebidas dentro del concreto de la losa, es decir el refuerzo nunca perdió continuidad a lo largo de toda la altura del edificio.

Todo el refuerzo que se empleó en la mampostería estaba embebido en mortero de relleno y se localizó de tal manera que cumpliera con los requisitos de recubrimiento mínimo, anclaje y adherencia.<sup>29</sup>

Los diámetros de barras que se utilizaron para las dovelas los muros fueron: barras #3, #4, #5 y #6, estas últimas son más utilizadas en las esquinas y terminaciones de muros.

---

<sup>28</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGELICA MARIA HERRERA. Pág. 32

<sup>29</sup> Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Capítulo D.4.2.1



Foto 59. Refuerzo vertical de las dovelas embebido en la losa.



Foto 58. Continuidad del refuerzo vertical a través de la losa de entrepiso.

**Acero de refuerzo horizontal.** El refuerzo horizontal se debe colocar en el muro, a medida que este se va construyendo y siguiendo las indicaciones (planos, diseños, etc.) del diseñador estructural y contribuye al control de las fisuras por contracción del muro (unidades + mortero de pega),<sup>30</sup> además debe cumplir que el diámetro sea mínimo 4mm y que el diámetro no puede exceder la mitad del espesor del mortero de pega.<sup>31</sup>

En la obra se colocó el acero de refuerzo horizontal cada tres hiladas. Este refuerzo horizontal estaba constituido por grafiles de 4mm de diámetro, que formaron una escalerilla con separaciones dispuestas de tal forma que no se obstaculizara la colocación del mortero de relleno en las celdas. La escalerilla se colocó sobre toda la longitud del muro quedando embebida en el mortero de pega que tenía 1cm de espesor. Esta escalerilla cumple la función de controlar las fisuras que se producen por la acción de fuerzas cortantes en el muro.

---

<sup>30</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGELICA MARIA HERRERA. Pág. 33

<sup>31</sup> Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Capítulo D.4.2.2.2



**Foto 60. Escalerilla Grafil diámetro 4mm.**

**Conectores.** Los conectores fueron utilizados en las intersecciones de muros que no podían ir trabados y que se necesitaba que de alguna manera se produjera una trabazón. Estos conectores tenían forma de U y un diámetro de 5mm.

Los conectores se colocaron cada tres hiladas a medida que se iba construyendo el muro y quedaron totalmente embebidos en el mortero, sin que aumentara el espesor de la junta.



**Foto 61. Conectores.**

**Viga de amarre.** La viga de amarre se colocó en la hilada número 11, construida con un ladrillo especial llamado viga-bloque que tenía forma de U y que permitía que la colocación de esta viga fuera más fácil.

La viga de amarre constaba de una hilera de ladrillos, una pequeña capa de mortero de inyección y dos barras de ½ pulgada.



Foto 62. Viga de refuerzo con 2 barras de ½ pulgada.

### 3.1.3 Herramienta y equipo utilizados en la mampostería

#### 3.1.3.1 EQUIPO

**Pluma grúa.** Para poder subir todo el material y la herramienta necesaria para la construcción de los muros, se contó con la ayuda de una pluma grúa accionada con un motor eléctrico, un cable de acero de 5cm de diámetro y capacidad máxima de 300 kg, armada sobre 8 cuerpos de andamios y fijada por medio de tablones, pernos y sogas a la estructura del edificio.



Foto 64. Pluma grúa montada sobre andamios.



Foto 63. Pluma grúa.

A la pluma grúa se le acoplaron un planchón de madera que era utilizado para subir ladrillos, cemento, cal y un balde donde se transportaba la arena para la preparación del mortero de pega.



Foto 65. Recipiente utilizado para transportar la arena por la pluma grúa.



Foto 66. Planchón en madera.

**Cortadora de disco.** Para el corte de ladrillos utilizados en enchapes de muros, esquinas ó bloques especiales se utilizó una cortadora de disco con incrustaciones en diamante, que constaba de un soporte debidamente diseñado, un motor eléctrico y una manguera que le suministra agua constantemente en el proceso de corte. El operario de la cortadora usó los elementos necesarios como guantes, gafas, delantal, botas para su debida protección.



Foto 68. Cortadora de ladrillo.



Foto 67. Disco con incrustaciones de diamante.

### 3.1.3.2 Herramienta menor

- Carretillas.
- Palustres
- Palas
- Codales
- Nivel
- Plomada
- Nylon
- Maceta y cincel
- Flexo metro
- Manguera (para pasar niveles)
- Pesas
- Cimbra
- Niveles de mano.
- Plomada.
- Escuadra

### 3.1.4 Control realizado como pasante

- Se verificó que el almacenamiento del cemento y la cal fuera el adecuado, encima de un entarimado de madera y lejos de la humedad. Se tuvo cuidado de no tenerlo almacenado por más de 30 días.

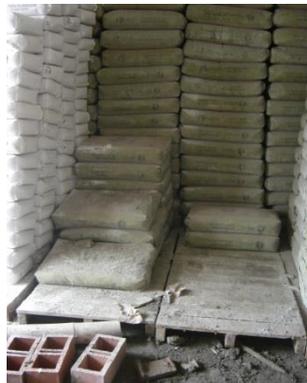


Foto 69. Correcto almacenamiento del cemento y cal.

- Se verificó que la demarcación de los muros sobre la losa (cimbrado), este acorde con los planos arquitectónicos y estructurales, para evitar futuras demoliciones.
- Se controló que el transporte de unidades de mampostería dentro de la obra se hiciera en las carretillas adecuadas para tal fin.



**Foto 70. Transporte adecuado de las unidades de mampostería dentro de la obra.**

- El cuidado de las unidades de mampostería es un factor muy influyente en la apariencia del ladrillo, por lo tanto se exigió la protección contra la humedad, colocándolos sobre un entarimado de madera y cubriéndolos con un plástico.



**Foto 71. Protección de los ladrillos contra la humedad.**

- Se revisó si estaban bien demarcados los sitios donde iban puertas.
- Antes de usar el agua de mezcla se verificó que estuviera limpia libre de materiales perjudiciales.
- Se revisaron los agregados antes de su utilización verificando que no presentaran materiales contaminantes.
- El corte unidades especiales de mampostería se hizo con la cortadora de ladrillo y no manualmente, ya que se incrementaría la cantidad de desperdicio y el corte no era tan exacto.
- Se chequeó que las barras de refuerzo vertical estuvieran ancladas en los lugares correctos y con sus diámetros correspondientes según el plano

estructural, de lo contrario se debía hacer un corte de la barra, para luego anclarla a la losa utilizando el taladro y pegándolas con SIKADUR-32.

- Se revisó que la tubería estuviera en buen estado antes de iniciar la construcción de muros, para evitar futuros regateos.
- Se verificó que los niveles que se pasaban de un muro a otro estuvieran lo más exacto posibles, para que no se perdiera la continuidad visual de las juntas horizontales.
- Las juntas verticales y horizontales son un elemento importante dentro de la mampostería estructural, por lo tanto se exigió el control en el espesor de las juntas que no fuera menor a 1cm.
- Se controló que durante la construcción se fueran dejando las ventanas de inspección, ya que estas garantizaban el correcto llenado de las dovelas.
- Se verificó que el acero de refuerzo vertical, quedara centrado dentro de la dovela.
- Se revisó que la escalerilla se colocara cada 3 hiladas cumpliendo con una continuidad a lo largo de todo el muro, además se verificó el correcto estado de la escalerilla.
- Que los conectores se colocaran cada 3 hiladas, durante la construcción del muro.
- En la viga de amarre debía cumplirse con la longitud de traslape de las barras de ½ pulgada (#4), que debe ser de 0.60m.
- El traslape del refuerzo vertical que se realizó en la mitad del muro (hilada #12), fue:

LONGITUD DE TRASLAPO	
BARRA # 6	1.0 m
BARRA # 5	0.80 m
BARRA # 4	0.60 m

- Se verificó que se realizara el aseo del muro una vez se hubiera terminado su construcción, para evitar manchas en el ladrillo.

- Para los muros de la fachada del edificio se escogieron las unidades que no tuvieran despiques y que estuvieran en buen estado.
- Para la preparación del mortero de pega y el mortero de inyección, se exigía que el agua empleada estuviera libre de sustancias extrañas.
- Se controló que las proporciones de mezcla para los 2 morteros sea la adecuada: grouting 1:6, mortero de pega 1:0.5:3.
- Se verificó que el mortero de inyección quedara con una consistencia adecuada, para su colocación, evitando la utilización excesiva de agua en la mezcla.
- Se tuvo cuidado de no sobrecargar la pluma grúa, teniendo en cuenta que la capacidad máxima de carga era de 300kg.

### **3.1.5 No conformidades**

1. Durante la construcción de los muros del primer piso de la torre 2, se presentó un problema con la tubería de un bajante de aguas lluvias, ya que se le olvidó al técnico encargado dejar instalada la tubería y se construyó el muro sin instalarla. Esta tubería debía seguir su recorrido hasta el segundo piso. La solución fue hacer un regateo vertical en el muro e instalar debidamente la tubería, rellenando con mortero y arreglando las fichas dañadas con un enchape.

No solamente es incorrecto, sino inconveniente, perforar los muros para introducir las instalaciones, pues con esto se rompen las paredes que son elementos estructurales y se crean planos debilitados que limitan la resistencia del muro.<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. ANGÉLICA MARIA HERRERA. Pág.51.



**Foto 73. Tubería sin instalar**



**Foto 72. Rompimiento del muro.**



**Foto 74. Llenado con mortero.**

2. Algunos antepechos, que no tenían importancia estructural, se tuvieron que demoler a causa de una mala construcción, ya que presentaban desplomes (falta de verticalidad).



**Foto 75. Demolición de antepechos.**

3. Durante la construcción de los muros del primer piso de la torre 1, se presentaron inconvenientes en la etapa del replanteo de los muros, ya que la tubería hidráulica, sanitaria y eléctrica quedó desalineada de los muros por donde pasaría.



**Foto 76. Tubería que quedó desalineada, durante la construcción del a losa.**

La solución fue hacer uso de codos para tubería hidráulica y sanitaria y para tubería eléctrica se reubicó calentando la tubería para poder hacer los empalmes. Fue necesario romper superficialmente la losa para poder hacer los arreglos.



**Foto 77. Rompimiento superficial de la losa para reubicación de tubería.**



**Foto 79. Reubicación de tubería sanitaria.**



**Foto 78. Reubicación tubería eléctrica.**

4. En algunas ocasiones el ladrillo suministrado por la ladrillera Meléndez, llegaba sucio y húmedo, factores que influyen en el acabado final de los muros y en su estética. A estos ladrillos se le dio uso en los muros internos, donde se repellarían y pintarían posteriormente.



Foto 80. Ladrillo sucio y húmedo.

### 3.2 CONSTRUCCION LOSA ENTREPISO Y VIGAS

Las losas de entrepiso de la torre 1 tiene un área total de  $523.60\text{m}^2$ , distribuida de la siguiente forma: 2 apartamentos gemelos de  $125\text{m}^2$  cada uno, 1 apartamentos grande de  $250\text{m}^2$  y áreas para circulación  $23.60\text{m}^2$ , conjuntamente con la losa se funden las vigas que solamente se encuentran en el perímetro del edificio.

#### 3.2.1 Proceso constructivo

##### 3.2.1.1 Pre-requisitos

- Antes de iniciar la construcción de la losa de entrepiso se construyeron totalmente las columnas y los muros del piso inferior, con los niveles de enrase verificados.
- Se contó con la disponibilidad de materiales, equipos, herramientas e instalaciones requeridas.

##### 3.2.1.2 Ejecución

**Cimbrado de los muros para colocación de formaleta.** Para poder colocar la formaleta se necesitó como referencia una línea totalmente horizontal, que fue

pintada sobre los muros del piso inferior (quinto piso), para garantizar que el encofrado quedara totalmente horizontal y a la altura establecida en el diseño.

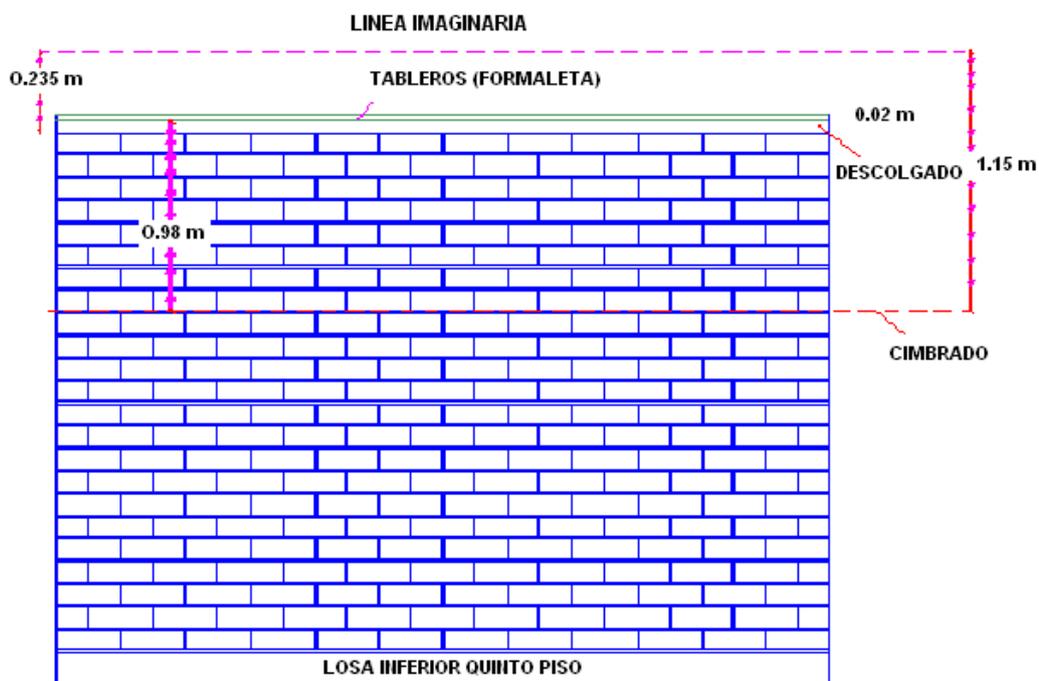
El proceso que se siguió para la demarcación de la línea horizontal (cimbra), fue el siguiente:

- Se tomó como muro guía un muro ubicado en el centro de la torre que tenía una continuidad a lo largo de toda la altura del edificio y que tenía una longitud vista en planta de aproximadamente 12 metros.
- Se midió una distancia de 0.235 m tomados desde la parte superior del muro terminado verticalmente hacia arriba.
- Luego se tomó desde ese punto que es imaginario verticalmente hacia abajo una distancia de 1.15 m y se marcó ese punto sobre el muro.
- Con la ayuda de una manguera se pasó el punto marcado a todos los muros y vigas que hay en el quinto piso.
- Con una piola embebida en polvo mineral color rojo ó negro se procedió a marcar la línea de referencia uniendo dos puntos y luego dando un ligero golpe a la piola.



Foto 81. Cimbrado de los muros para colocación de la formaleta.

- Desde la línea de cimbrado se midió 1.0 m verticalmente hacia arriba para la colocación de los tableros. (se debe tener en cuenta que a esa medida se le descontó el espesor de los tableros que es de 2cm, es decir se midieron 0.98m).



DETALLE DE CIMBRADO LOSA SEXTO PISO

Foto 82. Detalle cimbrado losa entrepiso

**Colocación del encofrado.** Como se dijo anteriormente la línea de cimbra pintada sobre los muros es la referencia para garantizar que el encofrado de la losa quedara totalmente horizontal, desde la línea de cimbra se midieron 0.98m para colocar la formaleta.

Para esta losa en particular no hubo diseño del encofrado, porque este se limitó a los espacios que permitían los muros. Esta modulación del encofrado consistió en la colocación de cerchas de 3m de longitud y tableros de 0.7mx1.40m. Las cerchas y los tableros conformaron módulos de 3m x 1.40m y en cada extremo de la cercha se colocó un puntal metálico apoyado sobre la losa del piso inferior sobre una tabla clavada a la losa para evitar su deslizamiento.

Como el sistema constructivo es mampostería estructural, en algunos casos no fue posible modular el encofrado de 3m x 1.4m por que los muros lo impidieron,

por esta razón el encofrado de estos lugares fue diferente, pues se limitó al espacio que permitían los muros ya construidos.

El encofrado no llevó arriostramiento lateral por que los muros que ya estaban construidos generaban cierto grado de rigidez.



**Foto 84. Colocación de encofrado de las vigas perimetrales.**



**Foto 83. Colocación de encofrado.**



**Foto 85. Fijación de los puntales a la losa.**

Antes de colocar la formaleta se aplicó aceite quemado para evitar que el concreto se adhiriera y para facilitar las labores del desencofrado, además que el aceite actúa como una protección contra la humedad para la formaleta.



Foto 86. Aplicación de aceite quemado.

**Cimbrado de la formaleta.** El cimbrado de la formaleta consistió en la demarcación sobre la formaleta de las vigas, de los bordes de la losa y los buitrones. Esta localización fue pintada con piola embebida en color mineral. El cimbrado de la formaleta también sirvió como referencia para instalar las tuberías eléctricas, hidráulicas y sanitarias, basándose en las distancias contenidas en los planos.

Para comenzar la demarcación se tomó como referencia la columna de una esquina, luego con la plomada se procedió a pasar una distancia cualquiera de la columna del primer piso a la formaleta de la losa del sexto piso, después se entró en la losa la misma distancia que se tenía en el primer piso y se marcó un punto. Se tomó otro punto en la columna siguiente y se pintó la línea de cimbra sobre la formaleta. Para tener mayor exactitud en la ubicación de las vigas se hizo otro alineamiento perpendicular al anterior y se formaron 2 líneas a un ángulo de 90 grados que sirvió como base para cimbrar toda la formaleta acorde a los planos estructurales y las medidas que ahí se contemplaban.

Se prosiguió con la demarcación de las demás vigas sobre la formaleta tomando como líneas bases las anteriormente trazadas.



**Foto 87. Cimbrado de las vigas sobre la formaleta.**

**Instalaciones eléctricas.** Las instalaciones eléctricas se conectaron por dentro de ductos embebidos en la losa de concreto. Después de la fundición se introdujo todo el cableado necesario.

La colocación de los ductos se hizo encima de la formaleta antes de colocar la parrilla de refuerzo de la losa. Las cajas hexagonales donde se irían ubicadas las lámparas se localizaron en el centro de las habitaciones y se tomó como referencia las líneas marcadas sobre la formaleta y los muros del quinto piso, obedeciendo a un diseño arquitectónico que indicaba el lugar exacto de su ubicación. Estas cajas hexagonales se unieron mediante tubería a la caja de entrada a los interruptores y las tomas de energía.

Se debe tener en cuenta que la tubería para tomas y apagadores se condujo verticalmente y en medio de las celdas de la mampostería del piso inferior.

Los diámetros de tubería utilizados para instalaciones eléctricas fueron:

- $\frac{3}{4}$  de pulgada para televisión y teléfono.
- 1 pulgada para la acometida principal.
- $\frac{1}{2}$  pulgada para apagadores y tomas dobles.



Foto 89. Instalación de tubería para redes eléctricas.



Foto 88. Tubería interruptores-lámpara, embebida en dovelas de los muros de piso anterior.

**Instalaciones hidráulicas y sanitarias.** Son el conjunto de tuberías y accesorios destinados a suministrar agua potable y a eliminar aguas servidas. Se comunicaron a lo largo de toda la altura del edificio por medio de un conducto (buitrón), especialmente construido que facilitó las labores de mantenimiento y reparación.



Foto 91. Buitrón.



Foto 90. Buitrón.



Foto 92. Instalaciones sanitarias.

Las instalaciones hidráulicas y sanitarias comprenden los siguientes tipos de sistemas:

- **Distribución de agua fría:** los diámetros utilizados fueron 2 pulgadas y ½ pulgada para lavadero, lavadora, lava trapero y ducha.
- **Distribución de agua caliente:** los diámetros utilizados fueron 2 pulgadas y ½ pulgada para ducha, lavadora.
- **Distribución de agua contra incendios** (sube por el buitrón)
- **Redes de desagüe y ventilación:** 4 pulgadas para bajantes de aguas residuales, 1 ½ pulgada para sifones de cocinas, materas y terrazas.
- **Colección y eliminación de agua de lluvia:** el diámetro utilizado fue de 3 pulgadas para bajantes de aguas lluvias.

Las redes hidráulicas y sanitarias al igual que las eléctricas se colocaron de tal forma que quedaran embebidas en la losa de concreto, su localización se basó en los planos arquitectónicos e hidráulicos, donde se especificaban detalles como: distancias y diámetros de tubería.

La tubería sanitaria de 4 pulgadas y 2 pulgadas correspondientes a sanitarios y sifones respectivamente son la única tubería que quedó descolgada de la losa, debido a las uniones en forma de U que conforman el sello hidráulico de los aparatos, también se colocaron ramales de ventilación para evitar malos olores en aparatos como el sanitario y el lavamanos, este ramal de ventilación se proyectó hacia la cubierta por medio de los buitrones.

Después de la fundición de la losa y para tapar esas uniones descolgadas se colocó un cielo falso en el baño.

La tubería que abastece de agua potable a cada apartamento se colocó encima de la parrilla de refuerzo, para evitar futuros daños del refuerzo de la losa en caso de fallas en la tubería durante su etapa de servicio.



**Foto 93. Tubería de agua potable.**

Para identificar las diferentes clases de tubería se tuvo en cuenta que la tubería para agua fría es de color blanco, la tubería para agua caliente es de color abano y es especial ya que debe soportar altas temperaturas. La tubería sanitaria es de color amarillo.



**Foto 94. Tubería descolgada en el baño.**



**Foto 95. Baño con esqueleto para poner el cielo falso.**



**Foto 96. Bajante de aguas lluvias.**

### Colocación del refuerzo:

**Refuerzo de vigas.** Como se dijo anteriormente las losas de entrepiso se fundieron monolíticamente con las vigas perimetrales, por esta razón el refuerzo que se colocó en primer lugar fue el de las vigas, su colocación se hizo primero pintando sobre la formaleta las separaciones que deben tener los estribos, luego se colocó el refuerzo longitudinal (refuerzo por flexión) y se colocaron los estribos amarrándolos debidamente con alambre.



Foto 97. Vigas perimetrales.

Luego de colocar el refuerzo de las vigas perimetrales se colocó el refuerzo de la losa y conjuntamente con este el refuerzo de las vigas de amarre de los muros. Estas vigas de amarre se ubican justo encima de los muros del piso inferior y tienen el mismo espesor de la losa, razón por la cual no necesitaron de formaleta lateral como en las vigas perimetrales.

**Refuerzo de losa.** Este refuerzo constaba de una parrilla formada con barras de acero #3 espaciadas cada 15 cm y ubicadas en la mitad del espesor de la losa (7.5 cm).

Los primeros elementos de la parrilla que se colocaron fueron las barras en una sola dirección que previamente tenían marcadas con pintura blanca las separaciones en la formaleta, estas barras tenían un gancho que generaba una

unión con las vigas perimetrales y que debía cumplir con una longitud de desarrollo.



Foto 99. Colocación refuerzo de losa en una dirección.



Foto 98. Colocación refuerzo de losa en una dirección.

Luego de colocar la parrilla en una sola dirección se colocó encima de ella el refuerzo que va en la otra dirección, completando así lo especificado en los planos estructurales.



Foto 101. Marcas con pintura para la colocar el refuerzo de losa en la otra dirección.



Foto 100. Refuerzo de losa en dos direcciones.

**Corte y figuración del acero.** El corte de barras se hizo en grupos de 4 barras que se colocaron en el soporte de la mesa y se cortaron con el disco.

La figuración del acero se hizo en una mesa dotada con elementos que permitieron hacer los estribos y ganchos en todos los diámetros.



Foto 103. Figuración del acero.



Foto 102. Corte de barras.

**Colocación de panelas (recubrimientos).** Según los recubrimientos mínimos que estipula la NSR-98:<sup>33</sup>

Para todos los tipos de refuerzo en losas muros y viguetas que no están expuestos a la intemperie ni en contacto con la tierra:

En losas muros y viguetas:

Barras N° 14 (1-3/4"), 45M (45 mm),

N° 18 (2-1/4") y 55M (55 mm)..... 40 mm

Barras N° 11 (1-3/8") y 32M (32 mm) y menores..... 20 mm

La colocación de las panelas que garantizaron el recubrimiento de la barras de acero que conformaban la parrilla de refuerzo de la losa tenían un espesor de 7.5 cm y fueron colocadas después de armar y amarrar debidamente la parrilla, cumpliendo así con la norma anterior.

Estas panelas estaban hechas del mismo mortero que se utilizó para la fundición de las dovelas en los muros y se colocó teniendo en cuenta que cada panela abarcara una área más o menos de 1m<sup>2</sup>.

---

<sup>33</sup> Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Capítulo C.7.7.1

Para garantizar el recubrimiento mínimo en las vigas perimetrales se colocaron 2 panelas en cada sección de la viga espaciadas cada 0.5 m garantizando un espesor de 2.5 cm.



**Foto 104. Colocación de panelas para garantizar recubrimiento.**

**Concreto.** Después de un análisis comparativo entre el concreto hecho en obra y el concreto premezclado se llegó a la decisión de usar concreto premezclado para la fundición de la losas de entrepiso desde el piso tercero a sexto por las siguientes razones:

- Por la facilidad que permitía la colocación de concreto con motobomba. (Esta motobomba fue facilitada por la empresa que suministró el concreto premezclado).
- La calidad del concreto en su elaboración.
- la rapidez de su colocación.
- Es menos favorable y difícil hacer rampas tan grandes para subir en carretillas el concreto hecho en obra.

Para las losas del primer a tercer piso se utilizó concreto hecho en obra porque es más fácil armar las rampas por donde se subiría el concreto en carretillas.

El concreto premezclado fue suministrado por la empresa CONCREVALLE que garantizó la resistencia requerida del concreto según el diseño estructural (21 Mpa). La mezcla que produjo CONCREVALLE tenía una dosificación y un aditivo tipo plastificante para adquirir más fluidez y mayor resistencia.

La planta productora de cemento utilizó los siguientes componentes:

- Cemento de ARGOS (a granel).
- Agregado grueso triturado de CONEXPE.
- Agregado fino arena triturada de CONEXPE.
- Aditivo plastificante TM-20 aplicado directamente en el mixer.

**Transporte del concreto.** La colocación y transporte del concreto por medio de una bomba requiere del uso de una mezcla con propiedades especiales de manejabilidad. El sistema consta de una tolva donde el concreto se descarga, una bomba de concreto y una tubería a través de la cual se bombea el concreto.<sup>34</sup>

Como se dijo anteriormente el concreto que se utilizó para la fundición de la losa de entrepiso es concreto premezclado suministrado por la planta productora de concretos CONCREVALLE.

El concreto llegó a la obra en mixers de 6 m<sup>3</sup> y 7 m<sup>3</sup> de capacidad. Para colocar el concreto en el lugar de la fundición se utilizó una bomba de concreto marca REED, con su respectiva tubería.

Antes de iniciar el bombeo del concreto se realizó el cebado de la tubería con una mezcla de concreto y aditivo bien fluida, luego se procedió a descargar el concreto sobre la tolva de la bomba que mediante la acción de un pisto impulsó el concreto por una tubería de 5 pulgadas que previamente fue fijada a la estructura con cadenas, verificando que quedara bien firme y que pudiera soportar la vibración generada por la bomba.

---

<sup>34</sup> GERARDO ANTONIO RIVERA LOPEZ. Concreto Simple, enero de 1992. Pág. 112



Foto 106. Cebado de la tubería.



Foto 105. Descarga del concreto sobre la tolva de la bomba.

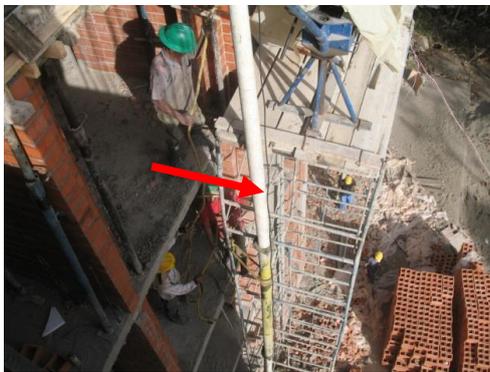


Foto 107. Fijación de la tubería a la estructura.



La tubería por la que se conducía el concreto era rígida excepto en el extremo por donde salía el concreto, donde tenía una tubería flexible (trompa de elefante), que permitía que los obreros la trasladaran continuamente para poder hacer una distribución uniforme del concreto y en lo posible cerca de su posición final con el fin de evitar la segregación.<sup>35</sup>

**Colocación del concreto.** Según las recomendaciones de la NSR-98, Los preparativos anteriores a la colocación del concreto deben incluir los siguientes aspectos:<sup>36</sup>

---

<sup>35</sup> GERARDO ANTONIO RIVERA LOPEZ. Concreto Simple, enero de 1992. Pág. 112

<sup>36</sup> Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Capítulo C.5.7.1

- Todo el equipo para el mezclado y transporte del concreto debe estar limpio.
- Todos los residuos deben ser retirados de los lugares que ocupará el concreto.
- La parte interna de las formaletas debe estar adecuadamente protegida.
- Las unidades de mampostería que van a estar en contacto con el concreto, deben estar humedecidas.
- El refuerzo debe estar completamente libre de recubrimientos perjudiciales.

Cumpliendo con la recomendación de las NSR-98, antes de comenzar con la fundición de la losa de concreto se hizo un chequeo general, verificando que todos los parámetros especificados en el diseño se estuvieran cumpliendo y que el encofrado no hubiera sufrido ningún desperfecto, además se realizó una limpieza de la formaleta y el refuerzo quitando elementos extraños como pedazos de madera, hojas, alambre, clavos y basura que perjudicaran la losa, ya que podrían generar problemas como hormigueros, fisuras etc.

La formaleta se humedeció antes de iniciar la fundición para evitar que el concreto perdiera agua, al entrar en contacto con la formaleta.



**Foto 108. Humedecimiento de la formaleta antes de la fundición.**

Antes de iniciar con la fundición se tomó como referencia una distancia de 1.15m medidos desde la formaleta verticalmente hacia arriba sobre una barra

de refuerzo de los muros que sobresalían de la losa. Esto se hizo para que durante la colocación y enrase del concreto se obtuviera exactamente el espesor de la losa de concreto de 15 cm, una vez pintada una barra y para evitar errores en la medición, se pasa la distancia marcada en la primera barra a las demás barras con un nivel de manguera.



**Foto 109. Demarcación de los niveles para fundir la losa.**

Se amarró un nylon entre las 2 barras a la altura marcada (1.15m), que sirvió como referencia para hacer las plantillas de concreto que consistía en fundir el concreto en 2 líneas espaciadas 2.40m (distancia que permitía el largo del codal) y así se garantizaría que el espesor de la losa fuera uniforme.

Una vez colocado el concreto se procedió a repartirlo uniformemente con palas.



**Foto 110. Regado del concreto con palas.**

**Compactación del concreto.** Todo el concreto debe compactarse cuidadosamente durante su colocación, utilizando medios que permitan su adecuada colocación alrededor del refuerzo, de los elementos embebidos y de las esquinas de la formaleta.<sup>37</sup>

El proceso de compactación del concreto consiste esencialmente en la eliminación de aire atrapado.<sup>38</sup>

La compactación en este caso se hizo con vibradores manuales eléctricos de eje flexible por medio del cual las partículas se separaron momentáneamente, lo cual permitía acomodarlas en una parte compacta.<sup>39</sup>

En el proceso de vibrado de la mezcla de concreto se tuvo cuidado de no sobre-vibrar alguna zona o que por el contrario quedara sin vibrar.



**Foto 111. Compactación del concreto.**

**Terminado superficial del concreto.** Una vez colocado y vibrado el concreto en su posición final, se realizó un buen acabado de la superficie de las

---

<sup>37</sup> Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Capítulo C.5.10.8

<sup>38</sup> GERARDO ANTONIO RIVERA LOPEZ. Concreto Simple, enero de 1992. Pág. 114.

<sup>39</sup> GERARDO ANTONIO RIVERA LOPEZ. Concreto Simple, enero de 1992. Pág. 115

plantillas que quedaron 1m por debajo de los niveles marcados en las barras de refuerzo de los muros.



**Foto 112. Conformación plantillas de concreto.**

Luego de conformar las plantillas debidamente niveladas se siguió con la colocación del concreto en la mitad de ellas y se realizó con un codal, de 2.5m de largo.



**Foto 113. Enrase del concreto con el codal.**

Para que la superficie de la losa quedara con una apariencia uniforme y bien nivelada se hizo la terminación con una llana haciendo círculos sobre la superficie tratando de quitar piedras u ondulaciones pequeñas que hubiesen quedado. Para los lugares con mucha concentración de barras y tubería se realizó la nivelación solamente con llana.



Foto 114. Terminado superficial del concreto.

**Curado del concreto.** El curado se define como el proceso de mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto, durante la hidratación de los materiales cementantes, de manera que se desarrollen en el hormigón las propiedades deseadas.<sup>40</sup>

En la obra se utilizó como método de curado la aplicación de ANTISOL BLANCO de Sika, este producto es un curador para concreto y mortero. Funciona formando una película que retiene el agua de la mezcla evitando el resecamiento prematuro, garantizando una completa hidratación del cemento, un normal desarrollo de resistencia y ayudando a controlar el agrietamiento del concreto o mortero.<sup>41</sup>



Foto 115. Antisol blanco de SIKA.

---

<sup>40</sup> Notas técnicas. No 5 ICPC. Pág. 3.

<sup>41</sup> Manual de Productos SIKA.

El ANTISOL BLANCO viene listo para ser usado. Se aplicó sobre la superficie del concreto haciendo uso de una bomba accionada manualmente. El área a curar se cubrió totalmente y su aplicación se realizó tan pronto la superficie del concreto perdió el brillo (perdida del agua de exudación del concreto).



Foto 116. Aplicación del Antisol.

**Desencofrado.** La formaleta se quitó a los 12 días de haberse fundido, teniendo cuidado de no dañar los tableros por que estos eran reutilizables.

Primero se quitaron los puntales metálicos, luego las cerchas y después con la ayuda de una barra de acero para hacer palanca y despegarlos se quitaron los tableros.



Foto 117. Desencofrado losa de concreto.

### 3.2.2 Materiales utilizados en la construcción.

**Encofrado.** El objeto del encofrado es obtener una estructura que se ciña a las formas, líneas, ejes y dimensiones de los elementos, tal como se requiere en los planos de diseño y en las especificaciones.<sup>42</sup>

Su función principal es ofrecer la posibilidad de que el acero de refuerzo sea colocado en el sitio correcto, darle al concreto la forma y servirle de apoyo hasta que endurezca y alcance la resistencia deseada.

El encofrado que se utilizó para la fundición de la losa estaba constituido por *puntales metálicos, cerchas y tableros en madera.*

**Tableros.** Los tableros que se utilizaron tienen 1.40 m de largo por 0.70 m de ancho y 10 cm de alto compuestos por 3 largueros y alrededor de 14 listones o tablillas que conformaron la superficie plana, su peso en promedio es de 20 kg.



Foto 118. Tableros en madera.

Los tableros fueron fabricados en la obra con madera de pino y el almacenamiento para su posterior reutilización se hizo bajo techo en un lugar seco para evitar que la madera se dañara a causa de la humedad.

---

<sup>42</sup> Normas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Capítulo C.6.1.1



Foto 120. Almacenamiento de los tableros.



Foto 119. Elaboración de tableros en la obra

**Puntales metálicos.** Los puntales ó parales que se utilizaron fueron metálicos y permitían una longitud máxima de trabajo de 2.85 metros, con una capacidad máxima de carga de 4200 kg. Sus medidas son: longitud hembra a base 1.50 metros, la caña o flauta tiene una longitud de 1.50 metros con 11 huecos repartidos cada 10 cm, el peso del puntal metálico es de 16.5 kg.



Foto 121. Puntales metálicos

**Cerchas.** Se utilizaron cerchas metálicas de 3 metros de longitud, con una altura de 25 cm, un ancho de 13 cm interior, conformada por ángulos de 1"1/4" x 1/8", 6 flejes en varilla de 1/2", caballete en varilla de 5/8", platinas de 2" x 3/16" pintadas con anticorrosivo, para evitar su deterioro a casusa de la humedad.



Foto 122. Cerchas metálicas.

**Concreto.** Como se dijo anteriormente el concreto utilizado para la fundición es concreto premezclado, suministrado por la planta productora CONCREVALLE, con una resistencia de diseño de la mezcla de concreto de 21Mpa.

**Acero de refuerzo.** El acero de refuerzo utilizado en la construcción de la losa y vigas del sexto piso es acero corrugado con un esfuerzo de fluencia de 420 Mpa, producido por ACEROS DIACO y suministrado por G&J FERRRETERIAS S.A.

**Acero de refuerzo de las vigas.** las vigas se funden monolíticamente con la losa de entrepiso por tal razón la construcción y la colocación del acero de refuerzo de las vigas se hizo simultáneamente con la colocación del acero de refuerzo de la losa. Cada viga se identificó con una letra “V” seguida de un número y son:

- Vigas V4, son vigas perimetrales y son las únicas cuyo espesor es mayor que la losa, sus medidas son 30cm x 30cm y tienen 4 barras #5 como acero de refuerzo por flexión y estribos #3 cada 15cm. El traslapo de las barras #5 se hace mínimo de 0.80m.
- Vigas V5, son vigas que tienen el mismo espesor de la losa de entrepiso (15 cm), y cumplen la función de amarrar los muros del quinto piso ya que se encuentran justamente encima de la terminación de los muros. tienen 2 barras #4 como acero de refuerzo por flexión y no tiene estribos. El traslapo de las barras #4 se hace mínimo de 0.60m.

- Vigas V6, son vigas que al igual de las V5 tienen el mismo espesor de la losa de entrepiso (15 cm) y están ubicadas en algunos bordes externos de la losa (perimetrales). Tienen 2 barras #4 como acero de refuerzo por flexión con un gancho que tiene una longitud mínima de 0.80cm y no tiene estribos. El traslape de las barras #4 se hace mínimo de 0.60m.
- Vigas V7, son vigas que tienen el mismo espesor de la losa de entrepiso (15 cm), tienen 2 barras #5 como acero de refuerzo por flexión y no tiene estribos. El traslape de las barras #5 se hace mínimo de 0.80m.

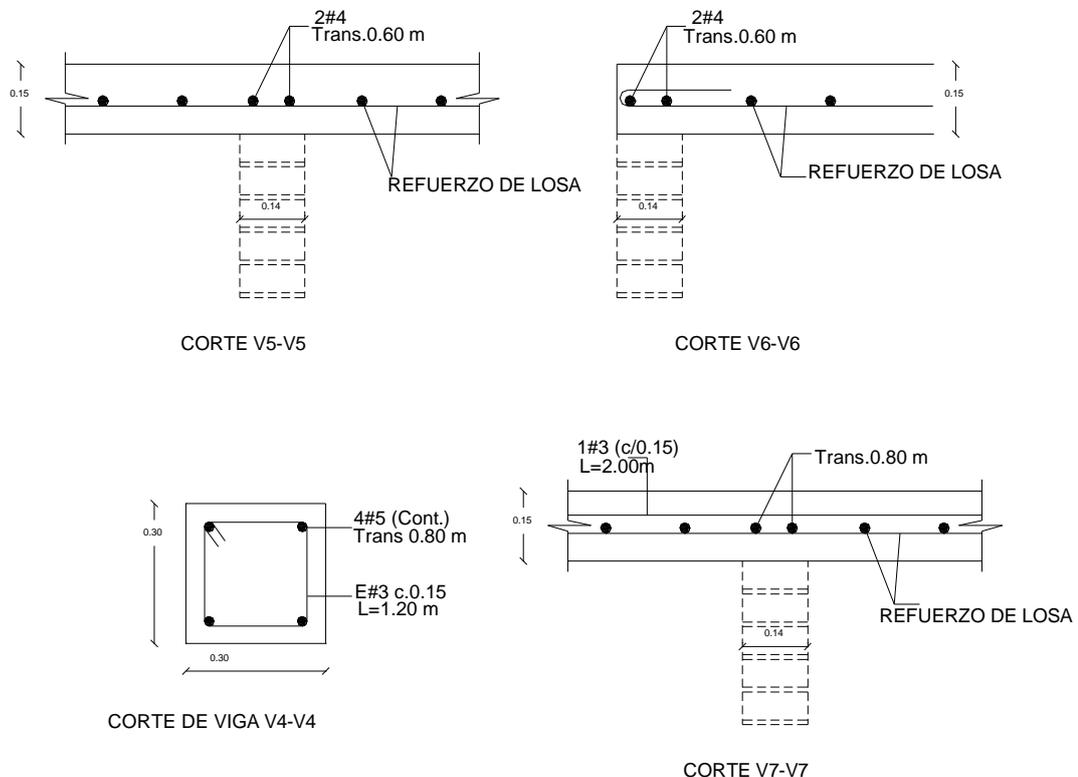


Foto 123. Detalle de las vigas.

**Acero de refuerzo de la losa.** Las losas de entrepiso funcionan en dos direcciones, tienen como acero de refuerzo una parrilla de barras #3 que forman una cuadrícula de 15 cm. La ubicación de esta parrilla es en la mitad de la losa, es decir se colocó a 7.5 cm medidos desde la formaleta.

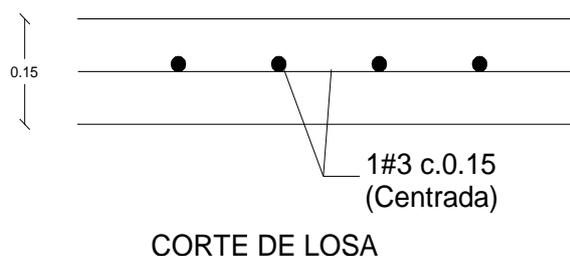


Foto 124. Detalle refuerzo losa entrepiso.

### 3.2.3 Herramienta y equipo utilizados

#### 3.2.3.1 Equipo

El equipo necesario para la construcción de la losa de entrepiso es:

**Pluma grúa.** La pluma grúa fue necesaria para subir elementos tales como: barras de acero, formaleta (tacos, tableros, cerchas), herramienta menor etc. La pluma grúa funcionaba con un motor eléctrico y mediante un cable de acero de 5cm de diámetro con capacidad máxima de 300 kg, armada sobre 8 cuerpos de andamios y fijada por medio de tablonces, pernos y sogas a las paredes de la estructura, se colocaba el material necesario en el lugar de construcción.

**Bomba para concreto.** La bomba fue necesaria para poder subir el concreto en el lugar de la fundición. La bomba para concreto es marca REED y tiene las siguientes especificaciones:

- Motor de 82 HP
- Rendimiento 23 m<sup>3</sup>/hora
- Distancia máxima de bombeo horizontal 274 m
- Distancia máxima de bombeo vertical 107 m
- Tubería de 5 pulgadas de diámetro
- Capacidad tolva 283 litros
- Tamaño máximo agregado 1 pulgada



Foto 125. Bomba para concreto marca REED.

**Tubería.** La bomba para concreto tiene la capacidad de transportarlo en tubería rígida de acero de 5 pulgadas a una altura de 15m aproximadamente. En el extremo por donde salía la mezcla se le acopló una tubería flexible de 5 metros para facilitar las labores de colocación.



Foto 126. Tubería para bombear el concreto.

**Vibradores.** Para la compactación de la mezcla de concreto se utilizaron 2 vibradores de bastón accionados por un motor eléctrico.

**Cortadora de acero.** Cuando se necesitó hacer corte de barras se realizó con un equipo especial dotado con un disco, una polea y un motor marca SIEMENS eléctrico con una potencia de 3 hp.



**Foto 127. Maquina utilizada para cortar barras de acero.**

### **3.2.3.2 Herramienta menor**

- Codales
- Palustres
- Palas
- Nylon
- Poleas
- Llanas

### **3.2.4 Control realizado como pasante**

- Antes de utilizar tableros, cerchas y puntales se chequeó que no tuvieran algún desperfecto.
- Se verificó la correcta colocación de la formaleta, como su horizontalidad y estanqueidad, realizando medidas desde la línea de cimbra a la formaleta.
- Se chequeó que durante la etapa de cimbrado de las vigas, bordes de losa y buitrones, se hiciera acorde con los planos estructurales y arquitectónicos.
- Antes de iniciar la fundición se revisó que los ductos eléctricos y sanitarios, estuvieran bien ubicados, en buen estado y fuertemente asegurados para evitar desplazamientos durante la fundición.
- Se verificó antes de iniciar la fundición que el acero de refuerzo de vigas y losa fuera el especificado en los planos estructurales, cumpliendo con longitudes para traslapes, diámetros y ganchos.

- Se chequeó que el encofrado estuviera bien colocado y que pudiera soportar la cargas del concreto y el acero de refuerzo.
- Se verificó la debida colocación de las panelas que garantizaron el recubrimiento del acero de refuerzo de losa y vigas.
- Se cuidó que el vibrado fuera uniforme y que no se excediera de 10 segundos en cada punto, además que no tocara la formaleta y el acero.
- El curado del concreto es una fase importante, es por eso que se aplicó el ANTISOL de SIKA una vez el concreto perdió el brillo superficial.
- Se cuidó que el desencofrado de la losa se haga sin golpear fuertemente la estructura.
- Se ordenó que una vez desencofrada la losa se asearan y repararan los elementos de formaletería que se reutilizarían.

### 3.2.5 No conformidades

1. Inicialmente la fundición de la losa de entrepiso estaba proyectada hacerla en 1 día, pero debido a una falla en la bomba para concreto, la fundición se suspendió. Por tal razón fue necesario reanudar labores al día siguiente.

Por lo anterior y para generar una buena adherencia entre concreto nuevo y concreto endurecido se aplicó un producto llamado SIKADUR 32- PRIMER de SIKA, sobre la superficie donde se realizaría la junta.



Foto 128. SIKADUR 32 PRIMER DE SIKA.

Sikadur 32 sirvió como puente de adherencia para la pega de concreto fresco a concreto endurecido. La preparación se hizo mezclando los 2 componentes, el A y el B, en proporciones iguales mezclándose homogéneamente hasta que se tornó de un color gris claro. Su aplicación hizo con brocha.<sup>43</sup>



Foto 129. Aplicación de SIKADUR 32.

La falla de la bomba para concreto no fue repentina, lo que dio tiempo para decidir donde hacer el corte de la losa, teniendo en cuenta que el corte de la fundición se hiciera en el tercio central de las luces de la losa ó vigas.<sup>44</sup>

Se tomó la decisión de hacer el corte de la fundición en la mitad de la losa, quedando ubicados dentro del tercio central de las vigas, donde las fuerzas cortantes tienden a cero.

**2.** Debido a la utilización de la tubería hidráulica, sanitaria y eléctrica embebida en la losa de concreto, se generaron desplazamientos y cortes de barras de refuerzo de la losa, para su correcta instalación.

---

<sup>43</sup> Manual de Productos SIKA.

<sup>44</sup> Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Capítulo C.6.4.4



**Foto 130. Corte de barras para colocación de un bajante.**

Una solución práctica para solucionar el problema fue hacer que la barra rodeara el elemento pero nunca que se interrumpa con un corte.



**Foto 131. Solución al corte de barras.**

**3.** Después de terminada la fundición de la losa de entrepiso, se presentaron fisuras superficiales sobre el concreto, que pudieron ser causadas por las siguientes razones:

- Falta del refuerzo que absorbiera los cambios por contracción de fraguado y retracción por temperatura.
- Por el frío que generaron los vientos durante la fundición.
- Por la falta de agregado con tamaño máximo más grande, ya que el agregado grande es el que se encarga de absorber los cambios volumétricos del concreto.



Foto 132. Presencia de fisuras luego de la fundición.

### 3.3 COLUMNAS EN CONCRETO REFORZADO

La columna es el elemento estructural cuya sollicitación principal es la carga axial de compresión, acompañada o no de momentos flectores, torsión o esfuerzos cortantes y con una relación de longitud a su menor dimensión de la sección de 3 o más.<sup>45</sup>

El diseño estructural del edificio combina la mampostería estructural con columnas y vigas de concreto reforzado. Las columnas están ubicadas en el perímetro de la edificación como lo indica el siguiente esquema.

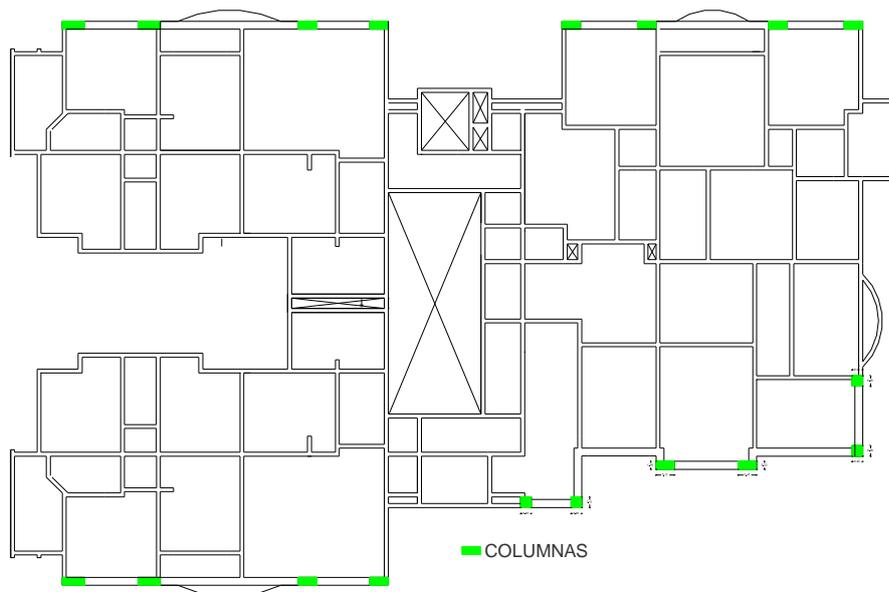


Foto 133. Ubicación de columnas.

<sup>45</sup> Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Capítulo C.2.1.

### 3.3.1 Proceso constructivo

#### 3.3.1.1 Pre requisitos:

- Para la construcción de las columnas fue necesario que la losa sobre la cual descansaban las columnas estuviera totalmente terminada.
- Fue necesario que el refuerzo vertical de las columnas estuviera debidamente anclado (embebido), en la losa de acuerdo a los planos estructurales y cumpliendo con la longitud especificada, de tal forma que el traslape que se tuviera que hacer se hiciera en el tercio central.
- Se tuvo disponibilidad en la obra de los materiales equipos y herramientas suficientes para garantizar vaciados continuos de acuerdo con los volúmenes previstos.

#### 3.3.1.2 Ejecución

**Cimbrado de las columnas sobre la losa.** Consistió en la demarcación que se hizo sobre la losa del lugar exacto por donde pasaban las columnas. Esto se realizó para poder colocar los collarines de madera y evitar excentricidades con las columnas de los pisos inferiores.

El proceso que se siguió para el cimbrado de las columnas fue el siguiente:

Con una plomada se subió desde una columna inferior (preferiblemente del primer piso) hasta la losa del sexto piso sobresaliendo una distancia cualquiera, luego se midió hacia el interior de la losa esa distancia y se marcó un punto. Se hizo lo mismo con otra columna que estaba alineada con la anterior y se unieron los 2 puntos con una línea sobre la losa. Se repitió el procedimiento anterior con otro par de columnas que estaban perpendiculares a las anteriores y se formaron un par de líneas en ángulo recto, que sirvieron como guía para

demarcar las demás columnas tomando como referencia las medidas que indicaban los planos estructurales.



Foto 134. Cimbrado de las columnas sobre la losa.

**Colocación de collarines.** Una vez demarcadas las columnas sobre la losa se colocaron los collarines de madera que sirvieron como guía y apoyo de los tableros. Estos collarines fueron cortados a medida y fijados a la losa mediante clavos de acero.

Se tuvo en cuenta durante su colocación que los tableros irían por dentro del collarín, por lo tanto este iba retrasado de la línea marcada sobre la losa 2 cm equivalentes al espesor de los tableros.



Foto 135. Collarín de madera.

**Refuerzo transversal.** El refuerzo transversal se colocó de acuerdo al espaciamiento estipulado en los planos estructurales. Estos estribos fueron colocados uno por uno y amarrados con un bichiroque (herramienta manual para amarre de alambre) con alambre calibre 18.



Foto 136. Colocación de estribos.

**Refuerzo longitudinal.** El refuerzo longitudinal quedó embebido en su parte inferior sobre la losa de concreto y sobresalía 2m necesarios para poder hacer el traslapeo con las barras que continuaban con los pisos superiores y cumplir con la longitud de desarrollo necesaria.

**Corte y figuración del acero de refuerzo.** El corte de la barras de acero se hizo con la cortadora de disco y la figuración de los estribos se en una mesa dotada de un dispositivo que permitió hacer dicha tarea. En la construcción de las columnas del primer piso de la torre 2 se utilizaron estribos que sobraron en la construcción de las vigas de la losa del nivel 0. Estos estribos tenían una mayor dimensión, pero se acoplaron de tal forma que sirvieran para la construcción de las columnas y así evitar el desperdicio de los estribos.

**Encofrado.** Las labores de colocación del encofrado comenzaron con el collarín que como se dijo anteriormente sirvió de guía para colocar los tableros.

Antes de la utilización de los tableros se les aplicó una capa de aceite quemado, para evitar la adherencia del concreto con la formaleta y para prolongar la vida de la madera.



**Foto 137. Aplicación aceite quemado a la formaleta.**

Los tableros se colocaron de tal forma que quedaron por dentro del collarín y fijados con ganchos debidamente doblados para cada columna en particular, estos ganchos se colocaron en los travesaños de los tableros.



**Foto 138. Instalación de formaleta.**

Una vez colocado el encofrado de la columna se aseguró lateralmente con 6 puntales por columna, para evitar desplazamientos durante la fundición, estos puntales se aseguraron contra en su parte inferior la losa para evitar deslizamientos. En esta fase se verificó la total verticalidad de la formaleta,

colocando pesas a los lados de la columna. Estas pesas se elaboraron con alambre y ladrillo, en caso que no estuviera totalmente vertical se acomodaba con el desplazamiento de los puntales.



Foto 140. Puntales metálicos.



Foto 139. Aseguramiento de los puntales con la losa.



Foto 141. Colocación de pesas.



Foto 142. Verificación de la verticalidad de la formaleta.

**Recubrimientos.** El recubrimiento del acero debe ser según la NSR-98 en el capítulo C.7.7.1:

(c) Concreto no expuesto a la intemperie, ni en contacto con la tierra:

*En vigas y columnas:*

Refuerzo principal, estribos y espirales..... 40 mm

Una vez se terminó el encofrado de la columna, se garantizó el recubrimiento del refuerzo colocando sobre la parte superior de la formaleta unas cuñas de

madera que evitaban que la armadura se desplazara, estas cuñas no quedaron embebidas en el concreto.



Foto 143. Recubrimientos para el refuerzo de columnas.

**Dosificación del Concreto.** La dosificación para la elaboración del concreto se hizo por volumen en proporciones **1:3:3** (1bulto de cemento; 3cajones de arena; 3 cajones de triturado) y la cantidad de agua fue subjetiva. Las dimensiones de los cajones eran de 0.35m x 0.35m x 0.35m, en cada cajón cabían aproximadamente 0.043 m<sup>3</sup> de agregado.

**Mezclado de los componentes del Concreto.** La fabricación del concreto se hizo en una mezcladora mecánica accionada por un motor a gasolina con capacidad para 1 saco de cemento mezclando alrededor de 0.25 m<sup>3</sup> de concreto por cochada.

La función de la mezcladora es la de combinar cada uno de los componentes en una mezcla perfectamente homogénea garantizando lo siguiente:

- Intensidad de mezclado elevada
- Dispersión rápida de los componentes
- Recubrimiento óptimo de los agregados por medio de la pasta de cemento
- Llenado y vaciado rápido
- Desgaste mínimo.

La mezcla de los componentes se realizó de la siguiente manera:

- Una vez accionada la mezcladora se adicionó un poco de agua.
- Se adicionaron 2 cajones de triturado (tamaño máximo 3/4).
- Se esparció 1 bulto de cemento dentro de la mezcla.
- Se completó la dosificación con cajones de triturado y arena.
- Si era necesario al final de la mezcla se adicionaba un poco de agua, para ajustar su consistencia.



**Foto 144. Mezclado de los componentes del concreto.**

El tiempo de mezclado después de haber agregado todos los elementos fue de 1 minuto aproximadamente, este tiempo puede variar ya que dependía del grado de homogeneidad que alcanzara la mezcla en un tiempo determinado.

**Transporte del concreto.** El transporte del concreto, para las columnas de pisos superiores, en este caso el piso sexto, se hizo inicialmente con carretillas que subieron una pequeña rampa de madera y descargaron sobre el balde de la pluma grúa.



**Foto 145. Transporte del concreto con el balde de la pluma grúa.**

Cuando el concreto llegaba al sexto piso era descargado sobre carretillas que lo transportan hasta el lugar de fundición.



**Foto 146. Descargue del concreto en carretillas.**

Para el caso de la losa del primer piso (*losa nivel 0*) de la torre 2 el transporte del concreto se hizo con carretillas y no hubo necesidad de utilizar la pluma grúa, porque la fundición se encontraba al nivel de las mezcladoras.

**Vaciado y compactación del concreto.** El vaciado del concreto se hizo con la ayuda de baldes, que fueron llenados desde la carretilla y pasados al oficial encargado de colocarlo. La compactación del concreto se hacía cada 50cm de concreto vertido sobre la columna y se compactó con un vibrador de bastón, cuidando de no sobre vibrar las partes inferiores y pasando ligeramente el vibrador a la capa inmediatamente anterior.



Foto 148. Vaciado del concreto.



Foto 147. Vibrado del concreto.

**Desencofrado.** La remoción de la formaleta se realizó 24 horas después de terminada su fundición, teniendo cuidado de no golpear fuertemente la estructura ni ocasionar daños que la afectaran porque el concreto en ese momento no había alcanzado su resistencia de diseño.

En esta etapa también se hizo una evaluación de la columna teniendo en cuenta: la verticalidad, la textura superficial (hormigueros), en caso de haber hormigueros se examinaban y se determinaba si eran o no muy profundos, en caso de ser superficiales se rellenaban con una mezcla de mortero.



Foto 149. Desencofrado.



Foto 151. Presencia de hormigueros.



Foto 150. Aplicación de mortero a los hormigueros.

**Curado.** El curado del concreto se realizó una vez se hubiera desencofrado la columna, aplicándole un producto encargado de mantener el agua en el concreto. Este producto es un ANTISOL del SIKA y fue aplicado con una bomba para fumigar accionada manualmente, aplicándolo uniformemente sobre la superficie y sobre la corona de la columna.



Foto 152. Aplicación de ANTISOL-SIKA.

### 3.3.2 Materiales utilizados en la construcción

**3.3.2.1 Encofrado.** Para la construcción de las columnas del sexto piso se requirió de un encofrado o formaleta que garantizara estabilidad, indeformabilidad y estanqueidad, además debe ser liviana y fácil de armar y

desarmar. Para el encofrado de columnas se utilizaron tableros en madera, puntales metálicos y ganchos.

**Tableros.** Los tableros utilizados para la construcción de columnas fueron fabricados en la obra con madera de pino. Por lo regular la madera que llegaba a la obra para la fabricación de los tableros era en tablones de 2cm de espesor por 10cm de ancho y los cuartones de 5cm x 10cm, entonces cada tablero se fabricaba con una longitud de 2.40m (correspondiente a la distancia entre losas de entrepiso), el ancho dependía del diseño estructural de la columna, luego se colocaban 5 cuartones transversalmente distribuidos en toda la altura del tablero para unir y darle una mayor rigidez al conjunto.

**Puntales.** Los puntales utilizados para la construcción de columnas tienen las mismas características de los puntales utilizados para la construcción de las losas.

**Ganchos.** Los ganchos son fabricados con barras de acero # 3, dobladas en la mesa utilizada para la figuración del acero en la obra. Para cada columna en particular se hicieron los ganchos a la medida.



Foto 153. Ganchos para sujetar formaleta.

**3.3.2.2 Concreto.** La fundición de las columnas se hizo con concreto hecho en obra, que se fabricó con un control riguroso, cuidando que se cumplieran con los requisitos en la calidad de los materiales y su elaboración.

El concreto además de cumplir requisitos de resistencia debe tener buena *trabajabilidad y consistencia*. Una buena trabajabilidad facilita el transporte y el uso del hormigón, o sea la colocación en los encofrados y la compactación. Además, ésta influye favorablemente en el costo de estas operaciones.<sup>46</sup>

Los materiales que se utilizaron para la fabricación del concreto fueron:

**Agregado.** Los agregados conforman el esqueleto granular del hormigón y son el elemento mayoritario ya que representan el 80 - 90% del peso total de hormigón, por lo que son responsables de gran parte de las características del mismo.<sup>47</sup>

El agregado que se utilizó, fue material triturado por la planta CONEXPE con un tamaño máximo de partículas de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.



**Foto 154. Triturado tamaño máximo  $\frac{3}{4}$  de pulgada**

**Arena.** El tipo de arena utilizada es producto de la trituración y fue suministrada por la planta trituradora CONEXPE.

---

<sup>46</sup> Guía práctica para diseñar hormigones durables. GRUPO INNETHI. Pág. 18

<sup>47</sup> Guía práctica para diseñar hormigones durables. GRUPO INNETHI. Pág. 7



Foto 155. Arena triturada.

**Cemento.** El cemento que se utiliza para la elaboración del concreto es cemento tipo I de ARGOS, con las mismas características del cemento utilizado en la mampostería.

**Agua.** Se entiende por agua de amasado la cantidad de agua total contenida en el concreto fresco. Esta cantidad es utilizada para el cálculo de la relación Agua/cemento (A/C). El agua de amasado está compuesta por:

- El agua agregada a la mezcla.
- Humedad superficial de los agregados.
- Si se utiliza aditivo, una cantidad de agua proveniente de ellos.

El agua de amasado cumple una doble función en la tecnología del concreto: por un lado permite la hidratación del cemento y por el otro es indispensable para asegurar la trabajabilidad y la buena compactación del hormigón.<sup>48</sup>

El agua que se usó en la mezcla del concreto era limpia y libre de cantidades perjudiciales de cloruros, aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos u otras sustancias que pudieran ser dañinas para el concreto o el refuerzo.<sup>49</sup>

**3.3.2.3 Acero de refuerzo.** El acero de refuerzo para la construcción de columnas tenía las mismas características a las del acero de refuerzo utilizado

---

<sup>48</sup> Guía práctica para diseñar hormigones durables. GRUPO INETTI. Pág. 6

<sup>49</sup> Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Capítulo C.3.4.1.

para la construcción de la losa de entepiso, con esfuerzo de fluencia de 420 Mpa, corrugado fabricado en ACEROS DIACO y suministrada por G&J FERRRETERIAS S.A.

Las columnas que se construyeron en el sexto piso se denominaron de la siguiente forma: columnas tipo C3, columnas tipo C4, columnas tipo C5. El detalle estructural del refuerzo de cada columna es el siguiente:

- **COLUMNAS TIPO C3:** con una sección transversal de 0.85m x 0.30m, como refuerzo longitudinal tiene 9 barras #6 y el refuerzo transversal son estribos dobles con barras #3 espaciados cada 0.15m.
- **COLUMNAS TIPO C4:** con una sección transversal de 0.30m x 0.70m, como refuerzo longitudinal tiene 9 barras #5 y el refuerzo transversal son estribos dobles con barras #3 espaciados cada 0.15m.
- **COLUMNAS TIPO C5:** con una sección transversal de 0.40m x 0.40m, como refuerzo longitudinal tiene 8 barras #5 y el refuerzo transversal son estribos dobles con barras #3 espaciados cada 0.10m.

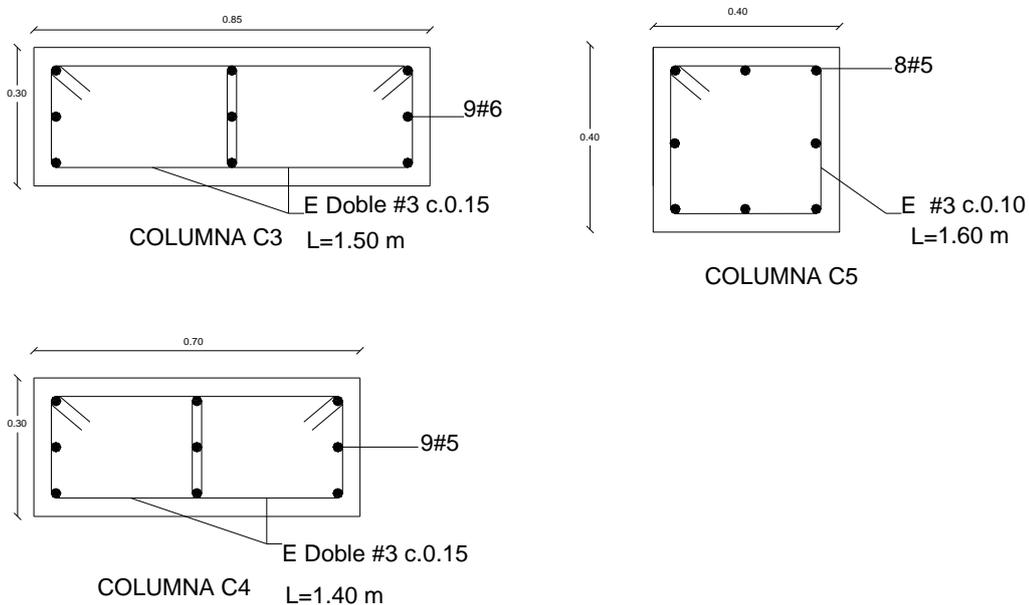


Foto 156. Detalle columnas.

### **3.3.3 Herramienta y equipo utilizados**

**3.3.3.1 Equipo.** Para la construcción de columnas fueron necesarios los siguientes equipos:

- Mezcladoras
- Pluma grúa
- Cortadora de acero
- Vibradores
- Andamios

### **3.3.3.2 Herramienta menor:**

- Carretillas
- Palas
- Baldes
- Cajones
- Martillo
- Flexometro
- Cimbra
- Plomada
- Andamios

### **3.3.4 Control realizado como pasante.**

Durante el proceso de construcción de columnas en concreto reforzado, se realizaron labores de supervisión de las fases y de los diferentes materiales utilizados en su construcción.

### **Correcto manejo y utilización de materiales:**

Los aspectos más importantes dentro del correcto manejo y utilización de los materiales están:

- Que los materiales como el cemento, grava. Arena estuvieran libres de material contaminante.

- Que el cemento se almacenara sobre un entarimado conformado por tableros de madera, para impedir el deteriora a causa de la humedad.
- Se hizo la protección con plásticos del cemento, cuando estaba a la intemperie.
- Se evitó dejar el cemento almacenado por mucho tiempo (no más de 20 días), para que no se absorbiera la humedad del ambiente.
- La utilización del agua para la mezcla de concreto era agua potable, en los casos en los que no se contaba con agua potable se verificaba visualmente que no contuviera sustancias perjudiciales para el concreto.

### Control realizado al concreto hecho en obra:

- Se verificó que la proporción utilizada fuera la correspondiente al diseño de la mezcla, es decir un adecuado llenado y enrase de los cajones.
- La consistencia de la mezcla debía ser la indicada para facilitar su colocación, pero teniendo en cuenta que un aumento en la cantidad de agua bajaría la resistencia del concreto. Para esto se realizaron pruebas de asentamiento, obteniendo un resultado de 6cm, indicando una consistencia media por estar en el rango de 5.0-10.0 (para columnas, vigas, fundaciones y muros reforzados con vibración<sup>50</sup>).



Foto 157. Ensayo de Asentamiento

<sup>50</sup> GERARDO ANTONIO RIVERA LOPEZ. Concreto Simple, enero de 1992. Tabla No 8.2.Pág. 194

Se chequeó que el mezclado de los componentes de la mezcla de concreto debió realizarse en un orden específico: agua, agregados, cemento, para evitar que el cemento se adhiriera a las paredes de la mezcladora.

- El tiempo de mezclado una vez colocados todos los materiales era como mínimo de 1 minuto. La mezcladora trabajaba por lo general con una velocidad de 20 revoluciones por minuto.
- Durante el transporte del concreto en las carretillas y en la pluma grúa se evitó la vibración excesiva, los golpes que hubiesen podido generar segregación de la mezcla.
- La vibración se realizó con un vibrador manual de bastón, que se introducía no más de 10 segundos y se debía hacer un vibrado uniforme, que no dejara hormigueros, pero cuidando que no se segregara la mezcla.
- Se evitó que la cabeza del vibrador tocara el acero de refuerzo de las columnas.
- El desencofrado de las columnas se hizo cuidándolas de golpes fuertes.
- La aplicación del ANTISOL de SIKA se realizó momentos después de desencofradas las columnas.

#### **Control realizado al encofrado de las columnas:**

- Se Verificó que el encofrado de las columnas quedara fijo, para evitar posibles desplazamientos durante la fundición.
- Se chequeó la verticalidad de la formaleta antes de comenzar con la fundición.

#### **Control realizado al acero de refuerzo:**

- Se hizo un recorrido por todas las columnas verificando los diámetros, espaciamientos y traslajos especificados en el diseño estructural.

- Se verificó antes de la fundición que se estuviera garantizando el recubrimiento del acero de refuerzo de las columnas.

### 3.3.5 No conformidades

1. el acero de refuerzo vertical de las columnas del primer piso de la torre2 estaba desalineado, es decir en la etapa de localización de las columnas sobre la losa, se midió un desplazamiento de 4cm sobre 3 columnas.

El acero de refuerzo vertical nace en la losa del primer piso y queda anclado con un gancho en su parte inferior.



Foto 158. Columnas desalineadas.

El problema se solucionó, cortando las barras de refuerzo vertical de las columnas desalineadas y se volvió a anclar a la losa, taladrando un agujero sobre la losa y pegando las barras con SIKADUR-32.



Foto 160. Corte de barras delineadas.



Foto 159. Anclaje de barras en la posición correcta



Foto 161. Refuerzo de columnas en la posición correcta.

### 3.4 REPELLO SOBRE MURO DE LADRILLO

El pañete es una capa de mortero que tiene por objeto producir una superficie pareja, compuesta de mortero cuya principal misión consiste en proteger el muro contra los agentes atmosféricos como la humedad ó en prepararlo para su acabado final como la aplicación de estucos, pinturas, colocación de enchapes.<sup>51</sup>

---

<sup>51</sup> Apuntes cuaderno construcción 1

En esta obra en particular se repellaron los muros que llevarían enchape, como la cocina, los baños, el patio de ropas, además se decidió aplicar repello a los muros que tienen alguna ventana que conecte con el exterior del edificio como los balcones y terrazas.

### **3.4.1 Proceso constructivo**

#### **3.4.1.1 Pre-requisitos:**

- La superficie se limpió de elementos extraños, antes de colocar el repello.
- Se limpió el piso para poder hacer una reutilización del mortero que cae durante la construcción del repello.
- Se tamizó la arena para eliminar sobre-tamaños y partículas extrañas que pudieron haber caído durante su almacenamiento y transporte.

#### **3.4.1.2 Ejecución**

**Dosificación de mezcla.** La dosificación que se utilizó fue **1:4** (1 bulto de cemento; 4 cajones de arena). La mezcla se realizó de la siguiente forma:

- Sobre una superficie limpia se colocó la arena, debidamente tamizada.
- Se adicionó el cemento y se hizo una mezcla homogénea con la pala.
- Se abrió en el centro un círculo y se adicionó el agua, revolviendo los componentes hasta lograr una mezcla homogénea y con la consistencia ideal para su colocación.

**Champeado.** El champeado consiste en la aplicación sobre la superficie del muro de una capa de mortero con consistencia muy fluida. Para este caso en particular el champeado se hizo con una mezcla de: *arena, cemento, agua y fija plus*.

La mezcla de los componentes se realizó en un balde ó carretilla y se revolvieron con una espátula, hasta lograr la consistencia deseada.



Foto 162. Preparación del champeado.

Luego de tener lista la mezcla se aplicó sobre la superficie del muro, arrojándola fuertemente con la espátula.



Foto 163. Champeado.

**Colocación de guías.** Para lograr una capa de repello uniforme se colocaron puntos guías que sirvieron para garantizar su espesor, que por lo regular era de 2 cm. Estos puntos debían quedar perfectamente verticales, verificándolo con la plomada.

Para colocar estos puntos guías se aplicó mortero al muro en los sitios donde se colocarían, luego se colocó un trozo de ladrillo encima del mortero, o si se quiere se pueden colocar clavos de acero antes de la aplicación del mortero.

Los puntos se colocaron en 4 sitios: 2 en el extremo superior del muro y 2 en el extremo inferior. Separados no más de 2 m y debidamente aplomados.



Foto 164. Colocación de puntos guías.

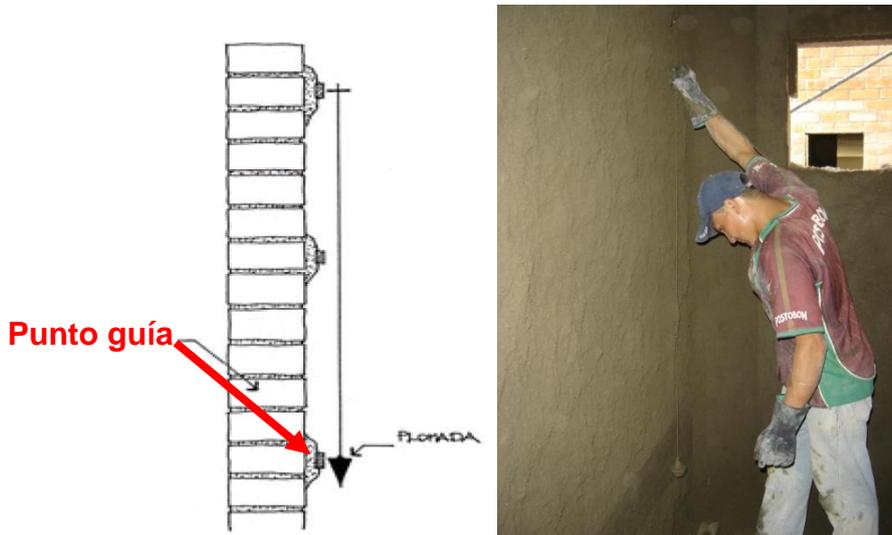


Foto 165. Verificación de verticalidad de los puntos guías.

**Conformación de plantillas.** Consistió en rellenar con mortero los espacios entre puntos guías, para formar plantillas que posteriormente fueron usadas como guías para enrasar el repello entre ellas. Las plantillas se enrasaron con un codal verificando nuevamente su verticalidad con plomada.

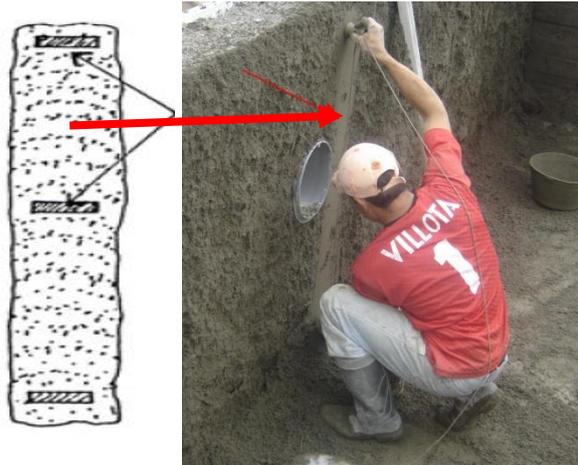


Foto 166. Conformación de plantillas.

**Enrasado.** Se rellenó el espacio entre plantillas, aplicando el mortero con palustre, luego con el codal horizontalmente se recorrió el espacio entre plantillas retirando el material sobrante con un ligero movimiento de vaivén.



Foto 167. Llenado de espacio entre plantillas.



Foto 168. Enrase con el codal.

**Acabado superficial del repello.** Luego del enrase que se hizo con el codal, fue necesario hacer un relleno de las hendiduras que quedaban. Este relleno se hizo aplicando mortero sobre la superficie y se enrasó con una llana de madera, que garantizaba un acabado superficial de buena calidad.



Foto 169. Acabado superficial con llana de madera.

### 3.4.2 Materiales utilizados en la construcción

**3.4.2.1 Mortero.** El mortero para repellar las paredes no cumple propiamente funciones estructurales, pero definitivamente su aporte a la estética de la construcción es de vital importancia para el acabado final de la misma, por lo tanto debe cumplir con algunas características para que su colocación y durabilidad sean óptimas.

**Características del mortero.** Muchas son las características o propiedades que se le atribuyen y se le exigen cumplir al mortero para repello. Sin embargo, son tres las que le dan un rendimiento óptimo y que la mezcla debe cumplir:

- 1. Su trabajabilidad:** que no sea "pesado" o difícil de trabajar, además, tiene que ser una mezcla consistente (plástica y fluida), para que facilite el mezclado y la puesta en obra.
- 2. Retención del agua:** esto para permitir una adecuada fluidez de la mezcla y una apropiada hidratación del cemento (mayor tiempo de fragua).
- 3. Adherencia:** tiene que tener la capacidad de resistir fuerzas entre mortero y la base de contacto.

Los materiales que se usaron para la preparación del mortero para repellos fueron los siguientes:

**CEMENTO:** El cemento que se utilizó para la producción de mortero para repello, es cemento tipo 1 de ARGOS.

**ARENA:** la arena que se utilizó es arena fina, natural, proveniente de Puerto Tejada, transportada en camiones, y descargada cerca al lugar de trabajo.

**AGUA:** el agua que se utilizó es agua potable y no presentó ningún tipo de elemento extraño que pudiera perjudicar la mezcla.

**FIJA PLUS:** Para evitar tener que humedecer los muros se decidió utilizar FIJA-PLUS, que es un aditivo utilizado para la colocación de enchapes, sin la necesidad de humedecer la superficie. Este producto es utilizado solamente en la primera capa de mortero que se aplica al muro “champeado”, mezclándolo con agua, cemento y arena en muy poca proporción para lograr una mezcla muy fluida. Este producto se aplicó principalmente para darle al repello una mejor adherencia sobre el muro. Fija plus se uso en presentación de 2kg.



Foto 170. Fija-plus.

### **3.4.3 Herramienta y equipo utilizados**

#### **3.4.3.1 Equipo**

**Pluma grúa.** La pluma grúa fue necesaria para poder transportar los materiales hasta el sitio de trabajo.

#### **3.4.3.2 Herramienta menor:**

- Palas
- Carretillas
- Palustres
- Llana metálica
- Codales
- Plomadas
- Baldes
- Tamiz # 4
- Escuadra
- Nivel
- Manguera
- Clavos
- Martillo

#### **3.4.4 Control realizado como pasante.**

- Se debe controló que el cemento utilizado no estuviera en malas condiciones como la aparición de grumos o humedad.
- Antes de iniciar labores se verificó que el muro que se iba a repellar estuviera totalmente vertical ó a plomo.
- Antes de iniciar la preparación del mortero se exigió el tamizado de la arena, ya que es muy probable que contuviera elementos extraños como: basuras, sobre-tamaños, pedazos de madera etc.



Foto 171. Tamizado de la arena.

- Durante el desarrollo en la construcción de los repellos se verificó que la preparación del mortero se hiciera en un lugar limpio, donde no cayeran elementos extraños que lo pudieran contaminar. Primero se realizó la mezcla en seco hasta quedar homogénea.



Foto 173. Mezcla homogénea en seco.



Foto 172. Protección de la mezcla.

- Se exigió el cumplimiento de las proporciones de mezcla del mortero (1:4), medidas debidamente con los cajones.
- La mezcla no debía quedar muy fluida, ya que esto bajaría su resistencia, por lo tanto se hizo necesario verificar la consistencia de la mezcla.
- El acabado superficial del repello debe ser uniforme sin hendiduras y se verificó colocando un codal y observando que no se formaran huecos por debajo de este.

- El repello de carteras se chequeó con un nivel de mano, verificando su total horizontalidad.



**Foto 174. Verificación de horizontalidad del repello de carteras.**

### **3.4.5 No conformidades**

1. Dentro de las inconformidades encontradas esta el curado del repello, ya que después de ser aplicado y terminado debe de ser humedecido periódicamente durante por lo menos 3 días. La falta de un buen curado del mortero evita una buena reacción del cemento con el agua y genera en algunos casos que los repellos se desmoronen o presenten fisuras.
2. No se realiza el humedecimiento del muro antes de la aplicación del repello, esto es importante ya que el ladrillo puede robarle agua a la mezcla de mortero.
3. Las losas se repellaron en la parte inferior y un aspecto desfavorable para su buena adherencia fue la utilización de aceite quemado para la formaleta del encofrado de la losa, ya que pueden quedar residuos sobre el concreto que evitan que el mortero se adhiera al concreto.

### 3.5 CUBIERTA

Se da el nombre de cubierta a la estructura que forma el último diafragma de la construcción y que tiene como misión, proteger la edificación y a los habitantes de las inclemencias del clima como la lluvia, el viento, el calor y el frío.<sup>52</sup>

Para la construcción de la cubierta para la torre 2 del conjunto multifamiliar TERRAZAS DEL CAMPESTRE se utilizaron tejas onduladas con perfil # 7 en asbesto-cemento fabricadas por COLOMBIT S.A.

El diseño arquitectónico y estructural de la cubierta se indicó en dos cortes correspondientes al apartamento grande y a los dos apartamentos pequeños (gemelos).

Apartamento grande:

- El diseño de la cubierta para este apartamento es a 2 aguas.
- El tamaño de la teja seleccionada es tres tejas #6 más una teja #5. Colocadas de tal forma que las tejas #6 que son las más grandes quedaron ubicadas en la cumbrera y la teja #5 apoyaba uno de sus extremos en la viga canal.
- La pendiente con la cual se colocaron las tejas es de 27%.
- El apoyo de la cubierta lo constituyeron los perlines de 60mmx160mmx2mm.

Apartamento pequeño (gemelo):

- Al igual que el apartamento grande el diseño de la cubierta para este apartamento es a 2 aguas.

---

<sup>52</sup> Construcción de casas Sismo Resistentes. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.

- El tamaño de la teja seleccionada es dos tejas #5 más una teja #4. Colocadas de tal forma que las tejas #5 que son las más grandes quedaron ubicadas en la cumbrera y la teja #4 apoyaba uno de sus extremos en la viga canal.
- La pendiente con la cual se colocaron las tejas es de 27%.
- El apoyo de la cubierta lo constituyeron los perlines de 60mmx160mmx2mm.

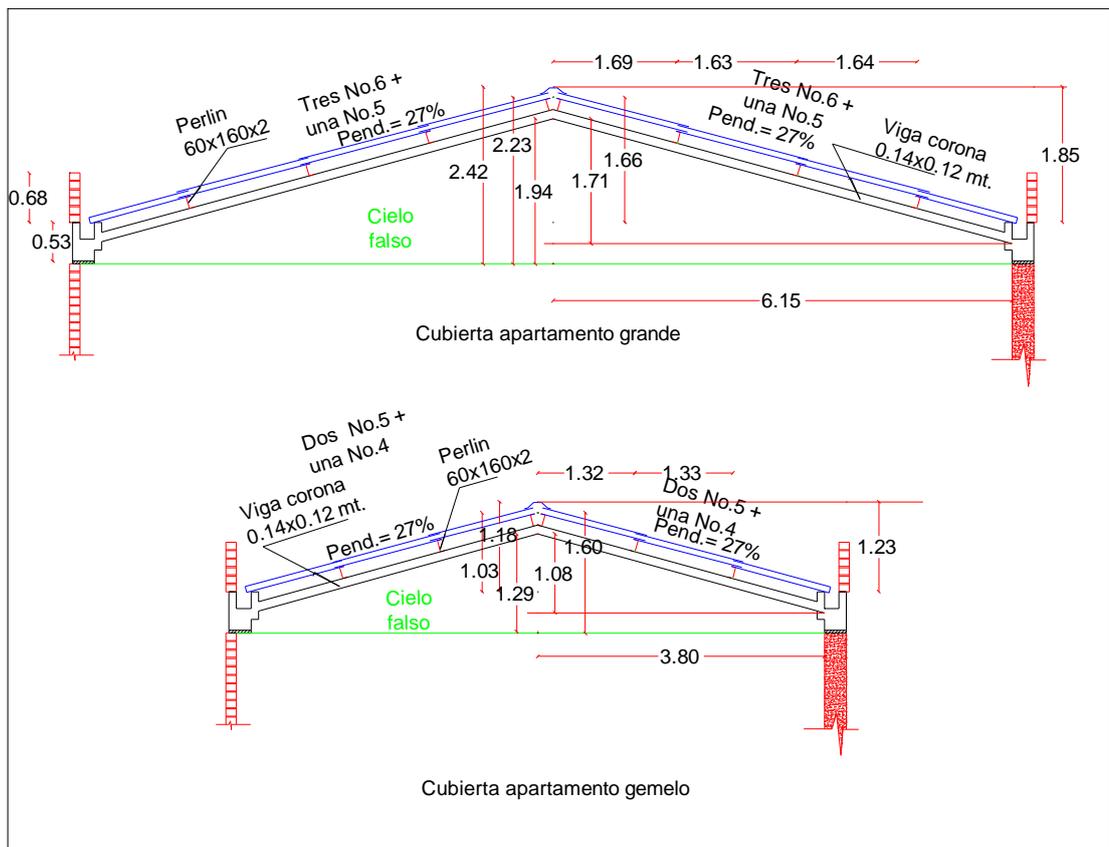


Foto 175. Detalle cubierta.

### 3.5.1 Proceso constructivo

#### 3.5.1.1 Pre requisitos

- Los diseños arquitectónicos y estructurales de la cubierta debían ser claros e indicar el tamaño de las tejas seleccionadas, el espaciamiento de los apoyos (perlines), se decidió el sentido de colocación de las tejas y accesorios.
- Como se dijo anteriormente los perlines de acero son debidamente pintados con un anticorrosivo para evitar su deterioro.
- Se contó con un sistema de transporte e izado seguro que evitaron las fisuras en las tejas en el momento de su colocación.
- Se debió indicar al personal a cargo de la colocación de la cubierta que las tejas que se encontraran fisuradas ó desbordadas se debían rechazar, para así evitar futuros inconvenientes.

#### 3.5.1.2 Ejecución

**Ubicación y colocación de perlines.** Los perlines se apoyaron de sus extremos sobre el muro perimetral (antetecho) y en los puntos medios se apoyaron sobre las culatas que dividen interiormente al apartamento.

Para la ubicación de los puntos donde se colocaron los perlines se debió marcar sobre el muro (antetecho), una línea cuya la pendiente, fuera la de la cubierta (27%). Este procedimiento se hizo de la siguiente manera: para el caso de la cubierta para el apartamento grande, con la ayuda de la plomada se midió una distancia vertical hacia arriba de 1.66m partiendo de una de las esquinas interiores de la viga canal que funciona como apoyo de la última teja. Luego se midió desde el punto anterior una distancia horizontal de 6.15m y se marcó el punto en el muro, este punto demarcó la división de aguas. El procedimiento anterior se repite para el lado opuesto. Debido a errores en la construcción las medidas no son totalmente exactas y en algunos casos

pueden variar en un par de centímetros, que se repartieron equitativamente a la hora de hacer la división de aguas.

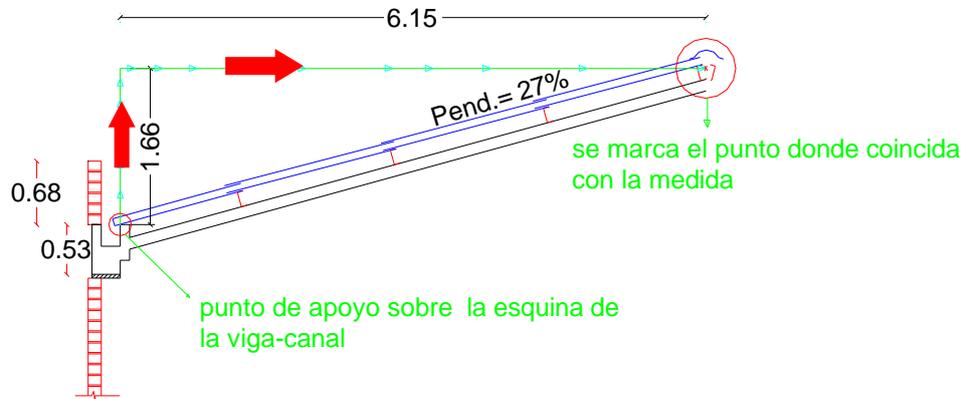


Foto 176. Detalle Ubicación de perlines.

Una vez ubicados los puntos se procedió a pintar la línea sobre el muro con una cimbra, dejando bien demarcado el lugar exacto donde irían anclados los perlines, teniendo en cuenta las distancias y el tamaño de las tejas, estos datos están consignados en el diseño arquitectónico y estructural mostrado anteriormente.



Foto 177. Línea de pendiente-división de aguas.



Foto 178. Localización de apoyos de los perlines.

Luego de ubicar los puntos sobre el muro se procedió a picar con maceta y cincel, haciendo un hueco de 5cm de profundidad y con las medidas de la sección transversal del perlín, para tener una guía se colocaron pedazos de

madera clavados con puntillas de acero, ubicados de tal forma que indicaban el borde de la línea.



**Foto 179. Apoyos de perlines sobre el muro.**

Para fijar los perlines en sus puntos medios sobre los muros interiores del apartamento se colocaron pedazos de barras # 3, que son fundidos conjuntamente con las vigas de amarre de los muros. Para la ubicación de estos anclajes se templó un nylon ubicado de la forma que recorriera la ubicación final del perlín y se marcó los lugares donde se apoyaría sobre los muros interiores.



**Foto 180. Ubicación de los anclajes para los perlines.**

Los anclajes quedaron embebidos en las vigas de amarre del último piso.



Foto 181. Anclaje para soldar el perlin.

Los perlines se colocaron en la mitad de las dos barras de acero y en los extremos se fijaron en los huecos hechos en el muro, apretando con cuñas de madera, que sirvieron para asegurarlos mientras se aplicaba la soldadura a los perlines. La soldadura aplicada era de marca WEST ARCO, “con electrodos de baja y mediana penetración. El metal que se depositó en la soldadura produjo una capa uniforme, lisa, dejando cordones de muy buena calidad”.<sup>53</sup>



Foto 182. Colocación de perlines sobre el muro con cuñas de madera.



Foto 183. Perlin soldado al anclaje.

Una vez soldados los perlines en los apoyos medios, se quitaron las cuñas de madera que estaban colocadas en los extremos y se rellenó con mortero.

---

<sup>53</sup> Especificaciones WEST ARGO.



Foto 184. Relleno de los apoyos del perlin con mortero.

De acuerdo al diseño estructural de la cubierta los perlines se utilizaron como sección sencilla, es decir 1 solo perlin y como sección en cajón formada por 2 perlines unidos de tal forma que la sección transversal formara un cajón.

Los perlines sencillos se utilizaron para luces menores de 4 m y para luces mayores se utilizaron perlines dobles, teniendo en cuenta que en la división de aguas se colocaron 2 perlines pero separados y con pendientes diferentes. La ubicación de los perlines se indica en el siguiente esquema:

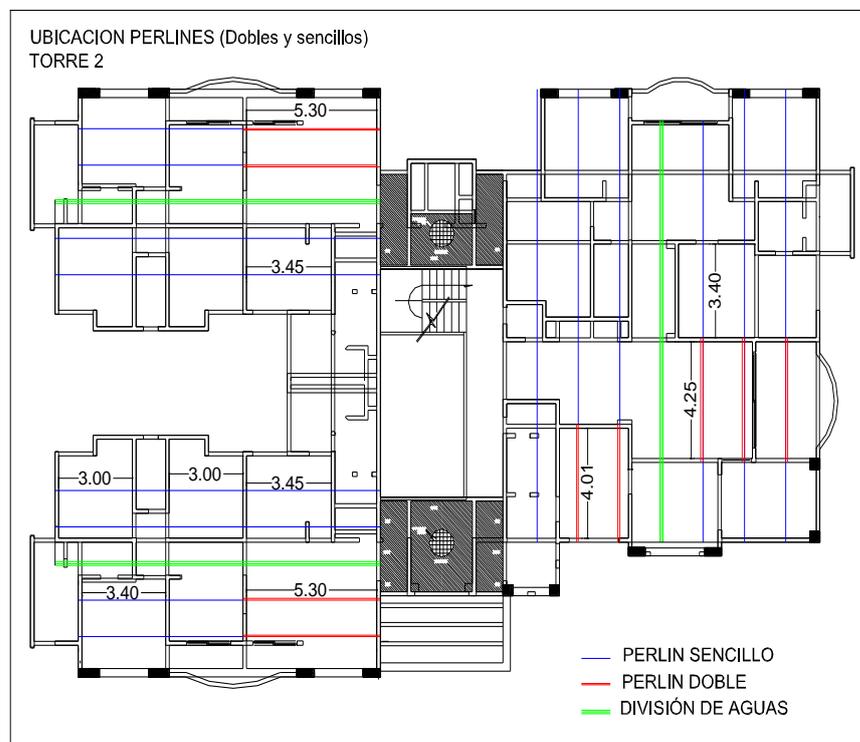


Foto 185. Ubicación perlines dobles y sencillos



Foto 186. Perlínes- división de aguas



Foto 188. Perlín doble.



Foto 187. Perlín sencillo.



Foto 189. Perlínes totalmente colocados.

Como refuerzo para los pelines utilizados en las luces de más de 4m se colocó una barra de acero # 3, perpendicular a los perlines y en la mitad debidamente soldada. Esta barra de acero actúa como un tensor para evitar posibles pandeos en el plano de la cubierta.



Foto 190. Tensor.

**Instalación de tejas.** Para la instalación de tejas se tuvo en cuenta las recomendaciones del fabricante: “Las tejas deben ser instaladas únicamente alineadas y despuntadas. Colombit no recomienda la instalación de las tejas de manera trabada o alternada.”<sup>54</sup>

Siguiendo con las recomendaciones del fabricante se instalaron de abajo hacia arriba y de izquierda a derecha, como lo indica el siguiente esquema:

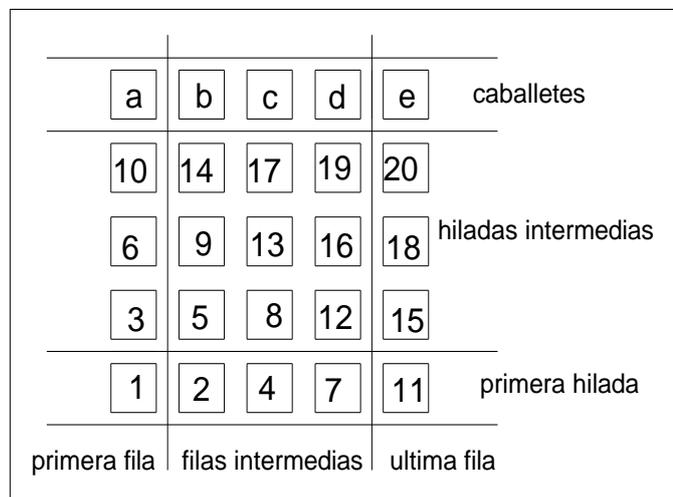


Foto 191. Instalación de tejas.

Para la colocación de la primera hilada de tejas se tomó como guía un nylon que indicaba hasta donde llegaba la teja que reposaría sobre la viga canal.

<sup>54</sup> Notas Técnicas COLOMBIT S.A.



Foto 192. Hilo guía para colocar las tejas.



Foto 193. Colocación de tejas.

Para colocar la cubierta no se tuvo en cuenta la dirección de los vientos, ya que el antetecho ofrecía una protección.

**Traslapo.** Es la longitud del remonte de una teja sobre otra, pudiendo ser longitudinal o transversal.

En la siguiente figura se muestra la diferencia entre traslapos:

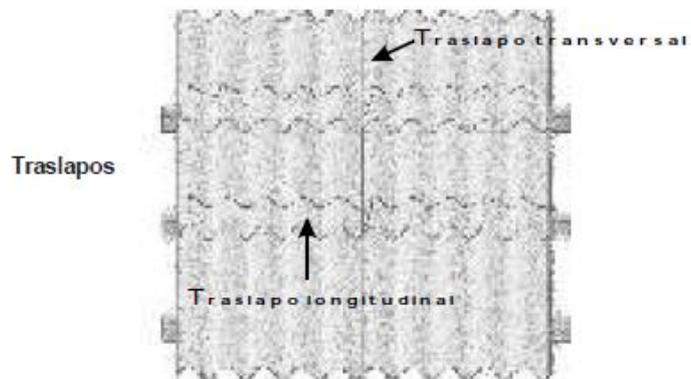


Foto 194. Traslapos.

**Traslapo transversal.** El traslazo transversal es constante y debe mantenerse así, ya que en caso contrario, aparecerían luces al interior de la vivienda por las cuales puede entrar el agua. Además la línea de caballetes no coincidiría con los tendidos de tejas.

El traslazo transversal se hizo de 4.5 cm, cumpliendo con las especificaciones y recomendaciones del fabricante.

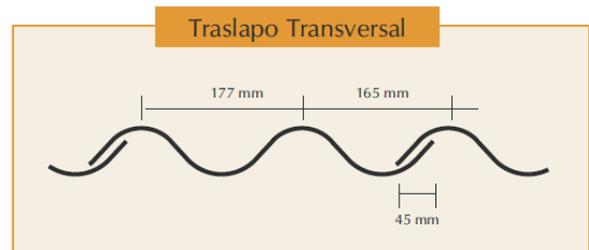


Foto 195. Traslazo transversal.

**Traslazo longitudinal.** El traslazo longitudinal que se utilizó es el mínimo establecido de 14 cm para evitar filtraciones. Este traslazo se garantizó utilizando los ganchos para este tipo de cubierta, ya que vienen con la medida exacta de los 14 cm.

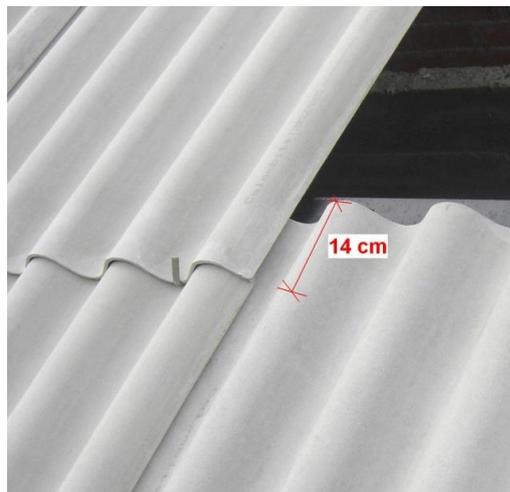
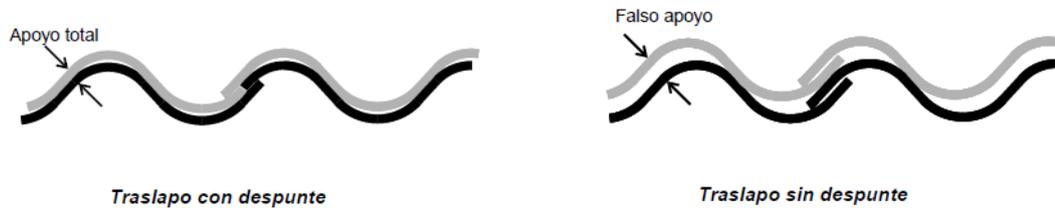


Foto 196. Traslazo longitudinal.

**Despunte.** Su función es lograr el ajuste de las tejas en las zonas de traslapis, evitando el falso apoyo entre placas superiores e inferiores, que es la causa de fisuras por esfuerzos mal aplicados.

### DESPUNTE



El despunte se hizo con una maquina pulidora dotada de un disco, el cual realizó un corte de buena calidad. Esto se hizo antes de subir las tejas a la cubierta.



Foto 198. Despunte de tejas con pulidora.

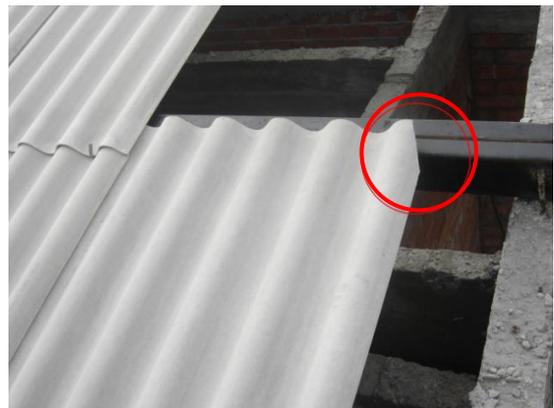


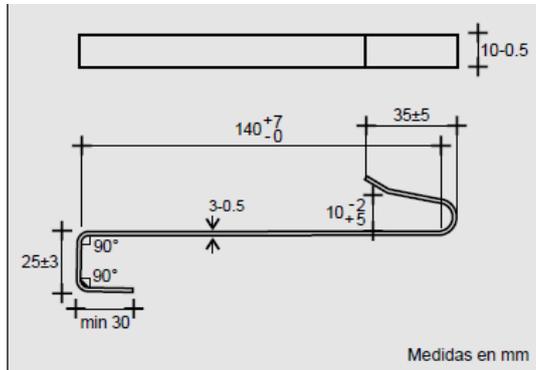
Foto 197. Teja despuntada.

**Fijaciones.** Sin excepción, todas las tejas deben ser fijadas a la estructura de soporte (perlines de acero). Las cubiertas en la mayoría de los casos, son sometidas por el viento a un efecto de succión. Por esto si no se dispone de un apropiado elemento de fijación, las tejas pueden ser arrancadas de su sitio.<sup>55</sup>

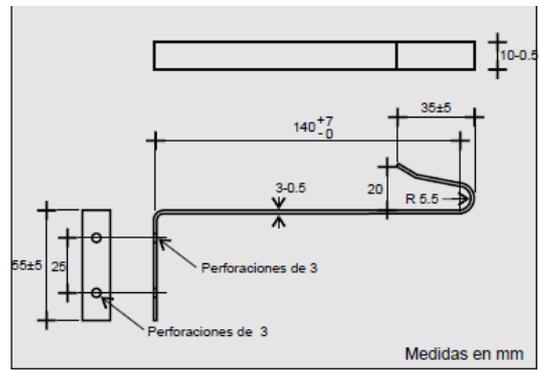
Para garantizar la fijación de las tejas con los perlines y de las tejas entre sí, se utilizaron 2 tipos de ganchos, uno para asegurar las tejas contra los perlines

<sup>55</sup> Notas Técnicas COLOMBIT.

sencillos y el otro para asegurarlas contra los perlines dobles y contra las vigas en concreto.



**Foto 199. Gancho para asegurar perlines sencillos.**



**Foto 200. Gancho para asegurar perlines dobles.**

La utilización de estos ganchos garantizó la fijación de las tejas contra los perlines y de las tejas entre sí, cumpliendo con el traslapeo mínimo longitudinal de 14cm. Antes de utilizar los ganchos se le aplicó una pintura anticorrosiva, debido al grado de exposición a que iban a estar expuestos.



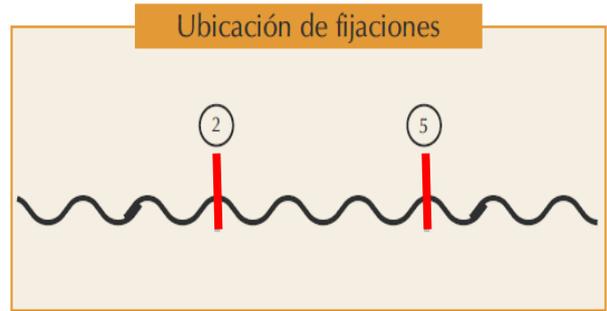
**Foto 201. Gancho para asegurar teja con perlin sencillo.**



**Foto 202. Gancho para asegurar teja con viga.**



Foto 203. Gancho para asegurar teja con perlín doble.



**Caballete.** La instalación de los caballetes se inició una vez terminada la colocación de las tejas, comenzando de izquierda a derecha.

El caballete es el elemento que se encarga de hacer la división de aguas, para este caso se utilizaron caballetes fijos y se aseguraron a la estructura con amarras de alambre.

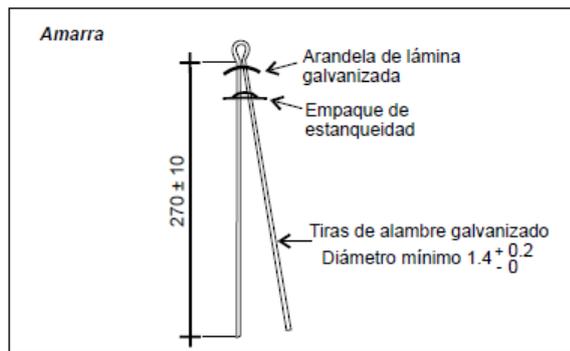


Foto 204. Detalle amarra de alambre.

Sobre las cuatro esquinas del caballete se hicieron los agujeros por donde pasarían las amarras, para luego asegurarlos por abajo con los perlines de soporte.

Las juntas de los caballetes deben coincidir con las juntas de las tejas ya instaladas y se debe seguir respetando el traslapo longitudinal de 14cm con respecto a la última teja.

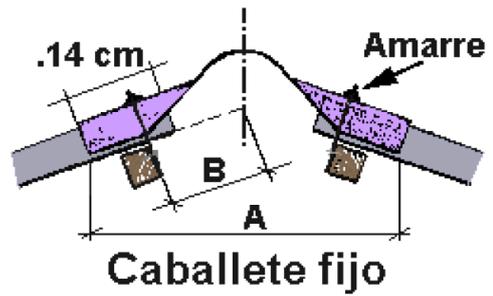


Foto 205. Colocación de caballetes.



Foto 206. Colocación de amarras.

**Instalación de accesorios.** Para las terminaciones perimetrales de la cubierta se colocaron platinas de 30cm de ancho, para evitar filtraciones del agua que escurre por el muro.

Sobre el muro se hicieron ranuras para colocar la platina, una vez colocada se pegó con sikadur-32.



Foto 208. Cubierta sin platina.



Foto 207. Cubierta con platina.

Para controlar la temperatura en el último piso debido al calentamiento de las tejas de asbesto cemento y para darle un acabado arquitectónico más agradable a la cubierta, se decidió colocar tejas de barro sobre las de asbesto-cemento, pero solamente en la parte convexa de la teja de asbesto-cemento.



Foto 209. Teja de barro.

Para evitar el deterioro de los muros que rodean la cubierta (antetecho), se aplicó Sika-101, que es un recubrimiento impermeable para muros, elaborado a base de cemento. Este producto se mezcló con agua y se aplicó con una brocha.



Foto 210. Aplicación de Sika-101

### 3.5.2 Materiales utilizados en la construcción

**3.5.2.1 Perlínes.** Los perlínes utilizados fueron perfiles estructurales de sección abierta en forma de C, formados en frío utilizando como materia prima lámina de acero, fáciles de armar, atornillar o soldar. Los perlínes o canales se

pueden utilizar en sección sencilla, sección I o en sección cajón, teniendo cada configuración propiedades específicas dependiendo de su uso, para este caso en particular los perlines constituyeron la estructura o armazón que tiene la función de soportar su propio peso y el del techo o cubierta propiamente, así como las fuerzas externas como la del viento y de las personas que suban al techo para realizar alguna reparación y se utilizaron como sección sencilla para luces pequeñas y perlines como sección en cajón para luces grandes.

Para su utilización y para evitar el deterioro fue necesario aplicarles una pintura anticorrosiva marca BLER color negro para darle protección y a la vez un buen acabado. El anticorrosivo se aplicó uniformemente con un soplete.



Foto 211. Perlines de acero.



Foto 212.  
Anticorrosivo.

**3.5.2.2 Tejas onduladas en asbesto cemento.** Las tejas utilizadas para la construcción de la cubierta fueron tejas onduladas de asbesto cemento producidas por COLOMBIT S.A, con tecnología de última generación, estas cubiertas fueron elaboradas con una mezcla homogénea de cemento y fibras sintéticas, que reciben el nombre de fibrocemento.

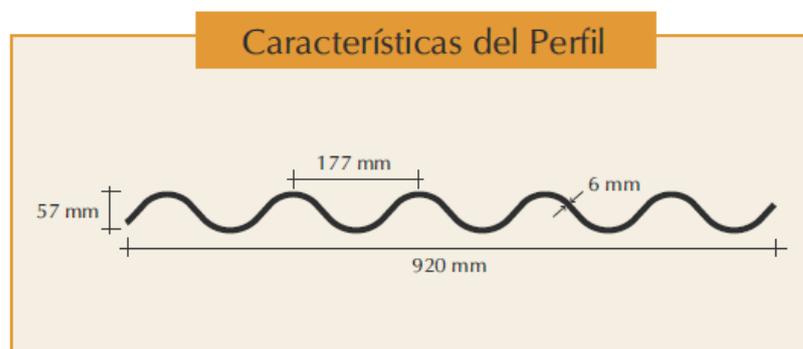
Existen cuatro tipos de Tejas Onduladas, las cuales varían en tamaño y número de ondas. Las denominaciones de mayor a menor tamaño de onda son las siguientes:

- Superonda, Perfil 10
- Ruralit, Perfil 5
- Colombit, Perfil 7
- Facilit, Perfil 3

La denominación del perfil se refiere a la distancia entre crestas de una teja, dada en pulgadas. Para nuestro caso en particular se utilizaron tejas con perfil #7, con las siguientes especificaciones.

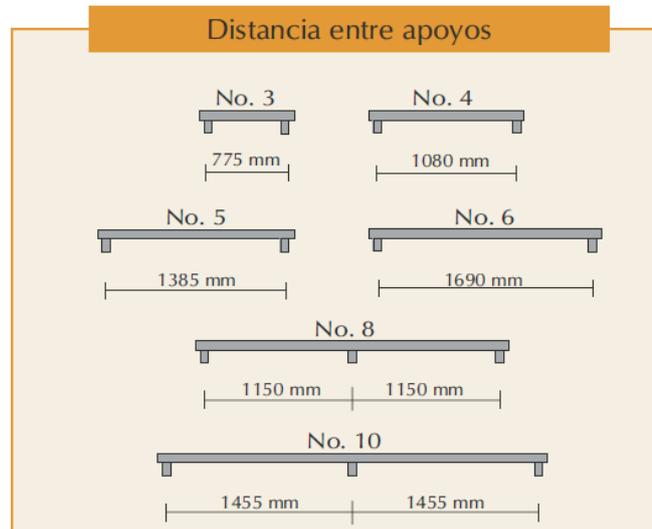
Cuadro de Dimensiones										
NOMBRE	DIMENSIÓN TOTAL			DIMENSIÓN ÚTIL			TRASLAPO		PESO kg	CÓDIGO Producto Gris
	Long. m	Ancho m	Superf. m <sup>2</sup>	Long. m	Ancho m	Superf. m <sup>2</sup>	Long. m	Transv. m		
No. 3	0.915	0.920	0.842	0.775	0.875	0.678	0.14	0.045	10.10	101100139
No. 4	1.220	0.920	1.122	1.080	0.875	0.945	0.14	0.045	13.44	101100121
No. 5	1.525	0.920	1.403	1.385	0.875	1.212	0.14	0.045	16.78	101100147
No. 6	1.830	0.920	1.648	1.690	0.875	1.479	0.14	0.045	20.21	101100154
No. 8	2.440	0.920	2.245	2.300	0.875	2.012	0.14	0.045	26.89	101100162
No. 10	3.050	0.920	2.806	2.910	0.875	2.546	0.14	0.045	33.65	101100188

Foto 213. Dimensiones tejas- perfil #7



Las tejas también se denominan por un número, que indica la longitud de la teja expresada en pies aproximadamente, así una teja con perfil #7 y número 4, tiene una longitud aproximada de 4 pies, valores que están consignados en la tabla anterior.

Según las especificaciones de COLOMBIT S.A, se debe tener en cuenta para el diseño y ubicación de los apoyos (PERLINES) una distancia máxima para cada número de teja expresados en la siguiente tabla:



Estas tejas de fibro-cemento se caracterizan por tener un bajo peso, lo cual facilita las labores de transporte y colocación, además de economizar tiempo y dinero.

Las tejas colocadas en esta cubierta poseen las siguientes características:

- Las cubiertas con tejas onduladas de asbesto - cemento, son completamente impermeables; por lo tanto, no requieren ningún tratamiento adicional para conseguir su estanqueidad.
- Son resistentes a la acción de los agentes exteriores y permanecen inalterables durante muchos años.
- Soportan adecuadamente las cargas de diseño durante la construcción y su vida útil (para pendientes mayores o iguales al 27%).
- Estas cubiertas son livianas y permiten cubrir grandes áreas utilizando estructuras de madera o metal en forma económica.
- Cuando se requieren aislamiento térmico y acústico, deberán preverse adecuados sistemas complementarios, porque las tejas de este material son malos aislantes.

**Almacenamiento de tejas.** Una vez llegaron las tejas a la obra estas se descargaron una por una ubicándolas en un lugar seguro donde no se corrieran riesgo de quebraduras ó sufrieran algún tipo de deterioro. El descargue de las tejas se hizo cercano a la pluma grúa para subirlas al último piso.



**Foto 214. Almacenamiento de tejas.**

**Transporte de tejas.** Las tejas llegaron en camiones debidamente acondicionados para su transporte. El descargue de las tejas se hizo una por vez en el lugar de almacenamiento.

Para transportar las tejas al lugar de trabajo en el sexto piso se utilizó la pluma grúa, a la cual se le adaptaron 2 cajones en sus extremos para evitar que las tejas sufrieran algún desperfecto durante su traslado, se subieron 2 tejas por vez.



**Foto 215. Descargue de tejas.**



**Foto 216. Transporte de tejas con la pluma grúa.**

**3.5.2.3 Caballete fijo en asbesto cemento.** El caballete es el elemento que remata la cubierta en la cumbrera, dividiéndola en dos aguas. Para la construcción de esta cubierta se utilizaron caballetes fijos con perfil #7. La pendiente del caballete tenía que coincidir con la pendiente de la cubierta (27%) y el largo del caballete debía también coincidir con el ancho de las tejas.



Foto 217. Caballete fijo Perfil#7.

### 3.5.3 Herramienta y equipo utilizados

#### 3.5.3.1 Equipo

**Pulidora manual.** La pulidora se utilizó para hacer el corte de tejas especiales y el despunte de las mismas, acoplándole un disco que generaba un corte exacto.

**Pluma grúa.** La pluma grúa fue utilizada básicamente para el transporte de los materiales al sitio de trabajo, es decir al sexto piso, lugar donde se concentraba todo lo necesario para la construcción de la cubierta.

**Soldador.** El soldador fue utilizado para la fijación de los perlines con los anclajes debidamente dispuestos sobre las vigas de amarre del último piso.

**Compresor y soplete.** El soplete es utilizado para aplicar a los perlines de acero y ganchos una pintura anticorrosiva, que evita el deterioro del material a causa de la exposición a la que van a estar expuestos.

#### **3.5.3.2 Herramienta menor:**

- Cimbra (piola con color mineral)
- Plomada
- Cinta
- Nylon
- Martillos ,macetas
- Alicates
- Segueta
- Palustres
- escuadras

#### **3.5.4 Control realizado como pasante**

- Se verificó la correcta aplicación del anticorrosivo a los perlines y ganchos.
- Se chequeó que la ubicación de los perlines fuera la adecuada, comparándola con los planos estructurales de la cubierta.
- Se rechazaron las tejas que presentaban fisuras o cortes.
- Se revisó que se estuviera realizando el despunte de las tejas.
- Se chequeó el traslapo de las tejas, que debe ser como mínimo de 14cm.
- Se constató que en los sitio con luces largas se colocaran los perlines dobles, tal y como se estipulaba en los planos.
- Se verificó que las amarras y fijaciones de la cubierta hubieran sido colocadas en los sitios establecidos.
- El transporte manual de tejas se tenía que hacer una por vez, evitando apoyarlas sobre la cabeza, ya que así se podían partir fácilmente. Una sola persona movilizaba placas hasta de 5 pies. Longitudes mayores a 5 pies eran manipuladas por dos personas, tomándolas de los extremos.

- Para levantar las placas y transportarlas a la cubierta se debía hacer a mano y fijando las tejas con una correa y un gancho en su extremo, tratando de no exponer la placa a esfuerzos que la pudieran fracturar.



**Foto 218. Izado seguro de tejas.**

- Para transitar sobre la cubierta se colocaron tablonces de madera, que evitaban daños en las tejas.



**Foto 219. Protección de las tejas.**

#### 4. CONCLUSIONES

- Durante el desarrollo de la pasantía en la construcción del conjunto residencial TERRAZAS DEL CAMPESTRE, se obtuvo el conocimiento y sobretodo la experiencia, en aspectos relacionados con la planeación, ejecución y control de los procesos constructivos de: mampostería, losas, vigas, columnas, repellos y cubierta.
- La pasantía fue un complemento a los conocimientos teóricos aprendidos en la academia, durante el transcurso de la carrera. La oportunidad de ser participe en una construcción de esta índole, genera cierta satisfacción, ya que los conocimientos nuevos y las experiencias, forman una base para el futuro desarrollo en la vida profesional.
- La mampostería estructural es un sistema diferente al sistema tradicional de pórticos y losas, por lo que necesita de un control riguroso en su ejecución, en el manejo adecuado de: materiales, herramienta y mano de obra, para que el producto final sea satisfactorio y de buena calidad.
- Un factor muy influyente en la calidad de la mampostería, es el buen almacenamiento y transporte de las unidades de mampostería, las cuales deben protegerse de la humedad y en el momento de transportarlas se debe hacer teniendo cuidado de no generar despiques o quebraduras en el ladrillo. La humedad es un problema que genera manchas deteriorando la estética del ladrillo.
- En la etapa de la fundición de las dovelas, fue importante controlar la compactación y consistencia de la mezcla, cuidando que no fuera muy fluida, ya que los obreros por ahorrarse tiempo preferían adicionarle más agua, facilitándoles el llenado y la compactación. Pero gracias a la insistencia y a la capacitación del personal encargado de esta labor se logró mejorar las condiciones de la mezcla (grouting) y una correcta compactación.

- En la construcción de losas, columnas, vigas es importante chequear constantemente diámetros, traslapos, ganchos y ubicación de barras de acero, basados en los planos estructurales.
- Dentro del desarrollo de la pasantía se ganó experiencia, en lo relacionado con la preparación de concretos, en cuanto a su manejabilidad y consistencia.
- En obras como esta no se está exento de problemas o complicaciones que puedan surgir como los son: los desperfectos que presenta la maquinaria, el retraso o envío equivocado de material, por tal razón es necesario hacer una planificación estratégica para el desarrollo de las diferentes actividades.
- La seguridad es un factor muy importante en la construcción de grandes obras, por tal razón se procuró durante la ejecución de los procesos, la buena utilización de los elementos de protección, generando así un ambiente más sano y seguro de trabajo.
- Durante la construcción de losas ubicadas en pisos superiores, es necesario chequear los equipos y elementos que se van a utilizar, realizándoles un mantenimiento adecuado, para evitar desperfectos en la maquinaria y por consiguiente retrasos en la obra.
- Cuando se necesitó hacer juntas constructivas durante la fundición de losas y vigas, se tuvo en cuenta un aspecto importante, que es hacerla en los sitios donde la fuerza cortante tiende a cero. Esto se hizo siguiendo las recomendaciones de la NSR-98 en su capítulo C.6.4.4, donde indica que esas juntas se deben localizarse en el tercio central de las luces de vigas y losa.
- Durante la fundición de losas, columnas y vigas prestar especial cuidado en la compactación del concreto, ya que debe hacerse cuidando que no se vibren demasiado ó que por el contrario queden zonas sin vibrar, generando hormigueros en los elementos, sobre todo en las zonas donde hay mucha concentración de acero de refuerzo.

## 5. RECOMENDACIONES

- Tener un cronograma de obra para tener más control sobre el tiempo de ejecución de los diferentes procesos y evitar retrasos en su construcción.
- Tener un control más estricto en lo relacionado con: el recibo y almacenamiento del material y transporte del material.
- Supervisar más a menudo el desarrollo de los procesos constructivos, contratando a una persona capacitada para que garantice la calidad del producto final.
- Realizar al mortero de pega por lo menos un ensayo de resistencia a la compresión (promedio de 3 probetas) por cada doscientos (200) metros cuadrados de muro o por cada día de pega.<sup>56</sup>
- Realizar al menos un ensayo de resistencia a la compresión (promedio de 3 probetas) por cada diez (10) metros cúbicos de mortero inyectado o por cada día de inyección.<sup>57</sup>
- Para las unidades de mampostería realizar los ensayos establecidos de absorción inicial, absorción total y resistencia a la compresión de por lo menos cinco (5) unidades por cada lote de producción y no menos de una unidad por cada doscientos (200) metros cuadrados de muro.<sup>58</sup>
- El uso de aceite quemado en la formaleta se podría reemplazar por otro producto que no genere problemas al mortero de repello aplicado a las losas, además se produciría un concreto más limpio.
- Colocar la tubería hidráulica y sanitaria encima de la losa y no embebida en ella, cubriéndola con la capa de mortero de nivelación de los pisos y así cumplir con el capítulo C.6.3.1.1 de la NSR-98, donde indica que para estructuras con capacidad especial de disipación de energía (DES)

---

<sup>56</sup> Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Capítulo D.3.8.1.1

<sup>57</sup> Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Capítulo D.3.8.1.2

<sup>58</sup> Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Capítulo D.3.8.1.3

no es permitido embeber los conductos. Lo anterior es necesario hacerlo porque en caso de un daño en la tubería se dañaría el mortero y no se rompería la losa lo generaría complicaciones en su parte estructural.

- Humedecer los muros antes de aplicar el repello, para evitar que el mortero le robe agua a la mezcla y así prevenir futuras fisuras.
- Utilizar equipo de precisión para localización de columnas, vigas, muros y así poder evitar demoliciones y por ende pérdidas de tiempo y dinero.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- “Normas Colombianas de diseño y construcción sismo-resistente NSR-98”.
- “Manual de productos SIKA”. 2007
- RIVERA L. Gerardo A. ,“Concreto Simple”. Popayán (Colombia). Unicauca. 1992
- HERRERA Angélica M. , MADRID Germán G., “Manual de construcción de mampostería de concreto”. Medellín (Colombia). ICPC. 2003.
- Guía de estudios para Construcción de casa Sismo Resistentes. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
- Guía práctica para diseñar hormigones durables, GRUPO INNETI.
- Notas técnicas ICPC.