

**SUPERVISION Y CONTROL DE OBRAS EN EL PROYECTO RESIDENCIAL TORRES  
MISTRAL EN LA CIUDAD DE CALI**



**INFORME FINAL DE PRÁCTICA PROFESIONAL,  
MODALIDAD DE PASANTIA,  
PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL**

**ALONSO VILLACIS AGUILERA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA  
POPAYÁN - CAUCA  
2009**

**SUPERVISION Y CONTROL DE OBRAS EN EL PROYECTO RESIDENCIAL TORRES  
MISTRAL EN LA CIUDAD DE CALI**



**ALONSO VILLACIS AGULERA**

**Director**  
**ING. JORGE PEÑA CAICEDO**  
**Profesor del Departamento de Geotecnia**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA**  
**POPAYÁN - CAUCA**  
**2009**

**Nota de aceptación:**

El director y los jurados han leído este documento, escuchando la sustentación del mismo por sus autores y lo encuentran satisfactorio.

---

**Firma del director**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

## **DEDICATORIA**

A mi hija por ser fuente de inspiración en mis metas propuestas.

A mi esposa por estar en todos los momentos importantes de mi vida.

A mis padres por su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ingeniero JORGE PEÑA CAICEDO, por el apoyo prestado durante mi permanencia en la facultad y como director de pasantía.

Al Arquitecto JAIME SAAVEDRA, director de obra Torres Mistral, por haberme dado la oportunidad de participar en su proyecto en este proceso de aprendizaje.

A todos mis profesores de la Facultad de Ingeniería Civil por haberme brindado las herramientas necesarias para optar mi título profesional.

Al personal de administración de la Facultad de Ingeniería Civil, por su colaboración.

A mis compañeros de facultad por haberme acompañado en mi formación profesional.

**TABLA DE CONTENIDO**

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Ubicación del Proyecto Torres Mistral, Cali.
- Figura 2. Cronograma general de actividades
- Figura 3. Diseño estructural parqueadero zona F.
- Figura 4. Etapas desarrollo proyecto de estructuras.
- Figura 5. Área de corte en la estructura de parqueadero zona F.
- Figura 6. Modificaciones ubicación de piscina en losa del primer piso estructura zona F.
- Figura 7<sup>a</sup>. Incremento espesor superior de losa.
- Figura 7b. Modificaciones en estructura de losa para piscina.
- Figura 7c. Detalle refuerzo por punzonamiento
- Figura 8. Cronograma teórico estructura zona F.
- Figura 9. Resistencias de diseño para concreto
- Figura 10. Detalle de cimentación estructura zona F.
- Figura 11. Sistema de drenaje provisional en el área de construcción del parqueadero
- Figura 12. Localización de ejes estructura de parqueadero.
- Figura 13. Método del triángulo 3-4-5.
- Figura 14. Base para zapatas en concreto ciclópeo.
- Figura 15. Transferencia de niveles por medio de manguera con agua.
- Figura 16. Cuadro de zapatas.
- Figura 17. Colocación de acero vertical de la columna
- Figura 18. Recipientes de madera para dosificar la mezcla de concreto
- Figura 19. Sitio de mezcla de concreto
- Figura 20. Encofrado y fundición de zapatas en la estructura de parqueadero
- Figura 21. Solados de limpieza zona F.
- Figura 22. Mesa para doblar acero.
- Figura 23. Ejemplo de despiece de una viga centradora.
- Figura 24. Armado de vigas centradoras zona F.
- Figura 25. Encofrado para vigas centradoras.
- Figura 26. Fundición de vigas de cimentación Zona F.
- Figura 27. Distribución de refuerzo de una columna.
- Figura 28. Encofrado en madera para columna.
- Figura 29. Detalle losa aligerada y viga.
- Figura 30. Encofrado vigas sótano superior zona F.
- Figura 31. Distribución de refuerzo losa zona F.
- Figura 32. Fundición de losa sótano superior zona F.
- Figura 33. Muro sótano superior zona F.
- Figura 34. Cilindros para ensayos de concreto en elementos estructurales zona F.
- Figura 35. Resultados de ensayo a compresión estructura zona F.
- Figura 36. Malla existente sistema de acueducto y diseño red de acueducto externo proyecto Torres Mistral.
- Figura 37. Esquema de la red de acueducto exterior.
- Figura 38. Excavación para tubería de acueducto exterior.
- Figura 39. Tubería a presión de unión mecánica.
- Figura 40. Almacenamiento de tubería a presión.
- Figura 41. Redes de alcantarillado exterior.
- Figura 42. Esquema de ubicación de cámaras de inspección de alcantarillado.
- Figura 43. Excavación alcantarillado pluvial cll 13<sup>a</sup>1.

- Figura 44. Limpieza de excavación alcantarillado pluvial cll 13<sup>a</sup>1.
- Figura 45. Detalle de cimentación de alcantarillado.
- Figura 46. Colocación de lecho de filtro.
- Figura 47. Instalación tubería alcantarillado pluvial cll 13<sup>a</sup>1.
- Figura 48. Compactación de zanjas de alcantarillado.
- Figura 49. Cámara tipo B EMCALI.
- Figura 50. Losa inferior cámara de inspección tipo B alcantarillado pluvial cll 13<sup>a</sup>1.
- Figura 51. Cámara de inspección tipo B alcantarillado Sanitario cll 13<sup>a</sup>1.
- Figura 52. Fundición de losas superiores para cámaras de inspección.
- Figura 53. Señalización construcción de alcantarillado.
- Figura 54. Drenaje Sótano Inferior zona F.
- Figura 55. Caudal vs. % de llenado para tubería de 4"
- Figura 56. Caudal vs. % de llenado para tubería de 6"
- Figura 57. Caudal vs. % de llenado para tubería de 8"
- Figura 58. Esquema de perforaciones en tubería de drenaje.
- Figura 59. Detalle en planta cámara de drenaje
- Figura 60. Detalle de instalación tubería de drenaje.
- Figura 61. Drenaje con geotextil sótano inferior zona F.
- Figura 62. Sistema de drenaje sótano inferior zona F.
- Figura 63. Planta terraza pent-house.
- Figura 64. Modelo de losa para cubierta esquinas piso 12.
- Figura 65. Esquema sistema bloquelón.
- Figura 66. Perfil metálico de losa en bloquelón.
- Figura 67. Características del bloquelón
- Figura 68. Detalle de corte en perfil metálico.
- Figura 69. Perforaciones en vigas terraza pent-house.
- Figura 70. Bloquelón y malla electro soldada terraza pent-house.
- Figura 71. Losa terraza pent-house.
- Figura 72. Ubicación de apíques
- Figura 73. Estructura de pavimento flexible cll 13<sup>a</sup>1.
- Figura 74. Excavación de calzada.
- Figura 75. Mejoramiento de subrasante cll 13<sup>a</sup>1.

## LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1. Fechas de culminación actividades zona F.
- Cuadro 2. Descripción de materiales y especificaciones tenidas en cuenta para la estructura de parqueadero.
- Cuadro 3. Materiales y equipos utilizados en la cimentación de la estructura zona F.
- Cuadro 4. Materiales y equipos utilizados en las losas de la estructura zona F.
- Cuadro 5. Materiales y equipos utilizados en las columnas de la estructura zona F.
- Cuadro 6. Materiales y equipos utilizados en los muros de la estructura zona F.
- Cuadro 7. Criterios de almacenamiento de materiales.
- Cuadro 8. Dosificaciones empíricas utilizadas para mezcla de concreto
- Cuadro 9. Numero de cilindros tomados y representatividad de la muestra
- Cuadro 10. Resultados de resistencia a compresión en concreto obtenidos en el laboratorio en Mpa.
- Cuadro 11. Resumen de resultados de resistencias de concreto
- Cuadro 12. Valores de coeficiente de variación y grado de uniformidad bajo diferentes condiciones de producción.
- Cuadro 13. Especificaciones de EMCALI para agregados gruesos y arenas en concreto
- Cuadro 14. Valores recomendados para el agua en mezclas de concreto Ing. Gerardo Rivera.
- Cuadro 15. Normas de calidad de agua potable decreto 475/98
- Cuadro 16. Chequeos en el concreto para zapatas
- Cuadro 17. Chequeos en concreto de vigas centradoras
- Cuadro 18. Chequeos en columnas de concreto
- Cuadro 29. Chequeos en losas de concreto
- Cuadro 20. Control de acero en zapatas
- Cuadro 21. Control de acero en vigas centradoras
- Cuadro 22. Control de acero en columnas.
- Cuadro 23. Control de acero para losas y vigas
- Cuadro 24. Cronograma de actividades de la red externa de acueducto.
- Cuadro 25. Materiales utilizados en la instalación de acueducto
- Cuadro 26. Equipo para instalación de acueducto.
- Cuadro 27. Chequeos en la instalación del sistema de acueducto
- Cuadro 28. Cronograma de instalación alcantarillado pluvial cll 13<sup>a</sup>1
- Cuadro 29. Cronograma de instalación alcantarillado sanitario cll 13<sup>a</sup>1
- Cuadro 30. Cronograma de instalación alcantarillado pluvial cra 72.
- Cuadro 31. Cronograma de instalación alcantarillado sanitario cra 72.
- Cuadro 32. Materiales utilizados en la instalación de alcantarillados proyecto Torre Mistral
- Cuadro 33. Equipo utilizado en la instalación de alcantarillados.
- Cuadro 34. Resumen de chequeos para zanjas de alcantarillado
- Cuadro 35. Chequeos en tuberías y cámaras de inspección
- Cuadro 36. Cronograma seguido para la instalación de drenaje sótano inferior.
- Cuadro 37. Materiales utilizados para instalación de red de drenaje.
- Cuadro 38. Equipo para instalación de red de drenaje
- Cuadro 39. Chequeos en sistema de drenaje sótano inferior
- Cuadro 40. Tabla de cálculo para losas en bloquelón.
- Cuadro 41. Cronograma seguido para la construcción de losas del piso 12
- Cuadro 42. Materiales utilizados en la construcción de losas en bloquelón
- Cuadro 43. Equipo utilizado en la instalación de losas

- Cuadro 44. Resumen de chequeos realizados en losas.
- Cuadro 45. Cartera de pavimento cll 13ª1.
- Cuadro 46. Resumen de ensayos CBR
- Cuadro 47. Cronograma seguido para la construcción de la estructura de pavimento cll 13ª1
- Cuadro 48. Materiales utilizados en estructura de pavimento cll 13ª1
- Cuadro 49. Equipo utilizado para la conformación de subrasante.
- Cuadro 50. Material para mejoramiento de subrasante INV. 220
- Cuadro 51. Chequeos en remplazo de subrasante

## 1. INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta lo establecido en el programa académico de ingeniería civil de la Universidad del Cauca, cuyo último requisito para optar el título profesional al que hace referencia es cumplir con un Trabajo de Grado. Este presenta varias modalidades, de las cuales se ha optado por la ejecución de una práctica profesional o pasantía en la que se pretende aplicar los conocimientos adquiridos, disponer de un trabajo específico en una empresa y colaborar en la toma de decisiones en los procesos y actividades pertinentes a mi función como pasante.

Esta decisión se toma debido a la oportunidad brindada por el Arquitecto Jaime Saavedra, quien actualmente se desempeña como gerente de obra en la construcción del proyecto “Torres Mistral”, cuya ejecución la realiza la firma INVERSIONES VELAR S.A. quienes observaron que mi ingreso fue beneficioso de manera positiva a las dos partes.

Dentro de mis funciones como pasante en este proyecto, realicé un seguimiento y control a los procesos empleados en las diferentes actividades asignadas, consignando en este informe final el cual se entrega a la Facultad de Ingeniería Civil y la empresa receptora.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Con respecto al marco normativo, la Universidad del Cauca mediante la Resolución No 281 del 10 de junio de 2005, reglamenta el trabajo de Grado en la Facultad de Ingeniería Civil como requisito para la obtención del título Profesional.

Es importante tanto para la facultad como para el pasante, tener la oportunidad de experimentar una etapa teórico-práctica en la formación profesional, en la que se pueda tener un acercamiento mucho mas específico a los procesos constructivos empleados en el proyecto inscrito en el cual se asumió un fiel compromiso además de la motivación de poner en practica lo aprendido en la universidad durante varios años de academia, con la actualidad que brindan las diferentes asignaturas.

Este proyecto tiene un gran campo de aplicación en obras de ingeniería civil, el cual brindo la posibilidad de hacer seguimiento a los procesos constructivos en estructuras de concreto reforzado, redes hidrosanitarias y obras de urbanismo los cuales han afianzado aun mas todo lo aprendido y me han brindado muchas más herramientas para aplicarlas en futuros proyectos.

### 3. INFORMACION DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra localizado en un lote del barrio Limonar del Municipio de Santiago de Cali, ubicado entre las carreras 70 y 72 (Avenida la Martina) y en las calles 13ª y 13ª1, se plantea el diseño, en un conjunto habitacional TORRES MISTRAL, en edificios Multifamiliares de doce (12) pisos cada uno, dividido en cuatro (4) etapas constructivas, para un total de 264 apartamentos.

En el momento de mi ingreso, el proyecto se encontraba en la ejecución de la primera etapa, en el cual hacía falta la construcción de un parqueadero de 2 niveles a un costado del edificio, la red de distribución de agua potable y alcantarillado externo, la pavimentación de la parte interna y externa del conjunto, además de otras actividades de menor importancia que también se encuentran en los frentes de trabajo asignados.



Figura 1. Ubicación del Proyecto Torres Mistral, Cali.

## 4. EMPRESA RECEPTORA

### 4.1. HISTORIA

Su propietario, Dr. Armando Vélez, ganadero y empresario reconocido en la región Vallecaucana, interesado en promover el desarrollo sostenible del pacífico colombiano, se interesó en el mejoramiento de la calidad de vida de su población, a través de una empresa dedicada a la promoción, gerencia y venta de proyectos inmobiliarios.

La sociedad Inversiones Velar S.A. tiene como origen el desarrollo de proyectos habitacionales y comerciales, cumpliendo las funciones de Inversionista y/o Constructor.

Ofrece gran variedad de productos pensados en la comodidad que cada uno de sus clientes se merece, se manejan espacios muy bien distribuidos, en puntos estratégicos de la ciudad, con excelentes zonas verdes y acabados de alta calidad. Se posicionan en el mercado dando a conocer el concepto bioclimático, que básicamente busca aprovechar la ventilación e iluminación natural.

### 4.2. MISION

Inversiones Velar es una compañía dedicada a la promoción, gerencia y venta de proyectos habitacionales y comerciales, ofreciendo a sus clientes diferentes alternativas al momento de adquirir sus inmuebles, bajo la premisa de “trabajar por la construcción de un país de propietarios”. Con el propósito de mejorar cada vez más la calidad de vida, ofreciendo edificaciones de primera calidad, respaldados por profesionales altamente calificados para su desarrollo.

### 4.3. VISION

Ser la constructora líder a nivel nacional por su excelente desarrollo en proyectos de vivienda donde se dignifique la vida asegurando una rentabilidad social económica y ambiental, ofreciendo productos que cumplan con las grandes expectativas de los interesados, enfocando en el crecimiento urbano sin afectar el medio ambiente.

Son una compañía con más de 10 años de experiencia en el mercado de la propiedad raíz; brindan productos de excelente calidad, tanto en diseño estructural como en sus acabados, su distribución, su ubicación, y precios. Ser líderes en la construcción de proyectos pensados en la comodidad de las personas que adquieren sus productos; Cuentan con capital humano encargado de hacer realidad su compromiso, teniendo en cuenta que los clientes son su razón de ser, manejan un mercado objetivo el cual se clasifica por estratos en 4, 5 y 6 de donde se derivan las especificaciones de cada uno de sus proyectos. Dan prioridad a las necesidades básicas que tienen sus clientes cuando desean adquirir vivienda.

## 5. OBJETIVOS DE LA PASANTIA

### 5.1. OBJETIVO GENERAL

Participar en el proyecto Torres de Mistral con el fin de contribuir a la calidad de la obra y su mejor desarrollo en las actividades asignadas.

### 5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Conocer los objetivos del proyecto torres de mistral y su alcance para poder acoplar todo el esfuerzo en el cumplimiento de las metas propuestas.
- Adquirir conocimientos detallados sobre los procesos constructivos empleados en la obra, así como el acoplamiento al manejo de software utilizado tal como Project, Autocad y Excel.
- Estudio y comprensión de los planos y especificaciones de construcción para las tareas asignadas, así como el cronograma de actividades de las mismas.
- Efectuar el control de los procesos constructivos a cargo, utilizando los conocimientos adquiridos en la facultad y las especificaciones técnicas establecidas.
- Supervisar el control de calidad en la obra, tanto en su proceso constructivo como en los materiales a utilizar.

## 6. ACTIVIDADES A REALIZAR EN LA OBRA POR EL PASANTE

- Realizar un seguimiento de los procesos constructivos empleados en las distintas actividades con el fin de encontrar fallas que podrán corregirse en el transcurso del proyecto.
- Revisar y analizar los resultados de laboratorio obtenidos en la toma de muestras de concreto en la estructura de la zona F.
- Inspeccionar la correcta colocación de armados en las estructuras que se fundan durante el periodo de pasantía.
- Revisar el correcto almacenamiento de materiales y disposición de los mismos con el fin de no generar pérdidas en los mismos.
- Revisar colocación de acueducto y alcantarillado exterior con las pendientes indicadas en los planos y entregarla a interventoría de EMCALI.
- Revisar y controlar la construcción de las vías exteriores del proyecto con el fin de entregar sin inconvenientes a interventoría de EMCALI.
- Revisar la correcta colocación de tuberías de drenaje interno de evacuación de aguas pluviales y de filtración en la estructura de la zona F.

## 7. METODOLOGIA

La metodología empleada en la realización de la pasantía como supervisor de obra del proyecto residencial Torres Mistral de la ciudad de Cali, se basa en caracterizar todo el proceso constructivo en la red de acueducto y alcantarillado externo y la construcción de la zona de parqueaderos.

El procedimiento a seguir para alcanzar los objetivos propuestos es el siguiente:

### 7.1 ETAPA DE JUSTIFICACIÓN.

#### 7.1.1 Recopilación de la Información

Recopilación de toda la información que se considere necesaria para el proceso de supervisión de los trabajos en redes de acueducto y alcantarillado. Para esto es necesario estudiar toda la documentación existente en los diversos estudios realizados en el área de influencia del proyecto, entre otros la información socioeconómica, red existente y proyectos en ejecución. Además se realizarán inspecciones de campo con el fin de conceptualizar todo el contexto del proyecto.

#### 7.1.2 Descripción del área de influencia

En el capítulo tres se presenta una breve descripción del área que se considera influenciada directamente por el proyecto. Para esto se dispone de mapas municipales.

### 7.2 ANÁLISIS Y SUPERVISION DE LAS OBRAS.

#### 7.2.1 Identificación de la red de análisis.

Sobre mapas detallados, se identificará la red que se ve influenciada por la entrada en operación del conjunto residencial.

#### 7.2.2 Supervisión de la Construcción

Se definen los diferentes parámetros para realizar el seguimiento y control de los diversos procesos constructivos, información que debidamente procesada sirve de apoyo en la toma de decisiones, sobre la optimización de los procesos constructivos. Entre los estudios de campo a realizar se encuentran:

- Excavaciones para acueducto y alcantarillado.
- Alineamiento horizontal y vertical de redes
- Rellenos de zanjas.
- Estructuras en concreto reforzado
- Sistemas de drenaje

Para supervisar la construcción de las obras es necesario aplicar los siguientes pasos:

#### 7.2.2.1 Capacitación del personal

Para la realización de cada etapa se capacitó el personal requerido, con el objeto de que adquirieran un adecuado dominio de las diferentes etapas que se requiere realizar para finalizar con éxito las labores.

#### 7.2.2.2 Elementos de apoyo logístico

Los elementos de apoyo para la realización de la supervisión fueron:

- Vehículo
- Papelería (formatos)
- Lápiz, borrador y sacapuntas.
- Tabla apuntadora
- Calculadora de bolsillo

#### **7.2.3 Procesamiento de información.**

Una vez recolectada la información es necesario realizar la depuración y procesamiento, con el fin de consolidar resultados, realizar controles y ajustar los cronogramas de obra de acuerdo a los rendimientos obtenidos.

#### 7.3 SEGUIMIENTO DE LA OBRA.

En el capítulo ocho se describe la totalidad del trabajo desarrollado en la pasantía que nos permita aproximarnos a la situación futura de funcionamiento del conjunto residencia. Esto nos permite aplicar todos los conocimientos obtenidos en el desarrollo de los estudios en la Universidad del Cauca, dentro del contexto de una obra civil, con todos los problemas que hay que solucionar, buscando la mejor alternativa, tanto desde el punto de vista técnico como económico

#### **7.4 OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES.**

En la fase final del informe se formula las observaciones y las conclusiones obtenidas como experiencia dentro de la pasantía.

## 8. TRABAJO REALIZADO EN LA PASANTIA

En el proyecto Torres Mistral, me asignaron las siguientes actividades a intervenir.

- Estructura de parqueadero zona F.
- Redes exteriores del sistema de acueducto.
- Redes exteriores de alcantarillado pluvial.
- Redes exteriores de alcantarillado sanitario.
- Sistemas de drenaje sótano inferior.
- Losas terraza piso 12.
- Vía externa calle 13ª1 entre carreras 70 y 72

Todos los procesos constructivos se realizaron siguiendo norma EMCALI, a pesar de ser un proyecto privado, en las obras de urbanismo exterior tuvimos revisión de interventoría de esta entidad.

A continuación en la figura 2. Se presenta un cronograma general en el cual se indica el progreso de las actividades intervenidas en este trabajo, las fechas van del día 4 de noviembre del 2008 al 27 de marzo del 2009.

Id	i	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	2do trimestre		1er trimestre		
						nov	dic	ene	feb	mar
1	✓	Estructura de parqueadero	99 días	mar 04/11/08	vie 20/03/09	█	█	█	█	█
2	✓	Sistema de acueducto exterior	72 días	vie 12/12/08	lun 23/03/09			█	█	█
3	✓	Sistema de alcantarillado pluvial	19 días	mar 06/01/09	vie 30/01/09			█	█	
4	✓	Sistema de alcantarillado sanitario	16 días	lun 09/02/09	lun 02/03/09				█	█
5	✓	Drenaje sotano inferior	13 días	mar 03/02/09	jue 19/02/09				█	█
6	✓	Losas terraza	11 días	mar 03/02/09	mar 17/02/09				█	█
7	✓	Pavimento calle 13a1	23 días?	mié 25/02/09	vie 27/03/09					█

Figura 2. Cronograma general de actividades

## 8.1. ESTRUCTURA ZONA F

A continuación se describe el desarrollo de la práctica en la estructura de parqueadero.

### 8.1.1. DISEÑO

El diseño la estructura en la zona F, lo realizó el ingeniero estructural Saúl Romero Ordoñez con base a los códigos vigentes en el país (NSR-98), consistió en un sistema a porticado en concreto reforzado de 3 niveles, el cual se esquematiza en la Figura 3. La estructura está destinada a servir como parqueadero para los residentes de la torre 1.

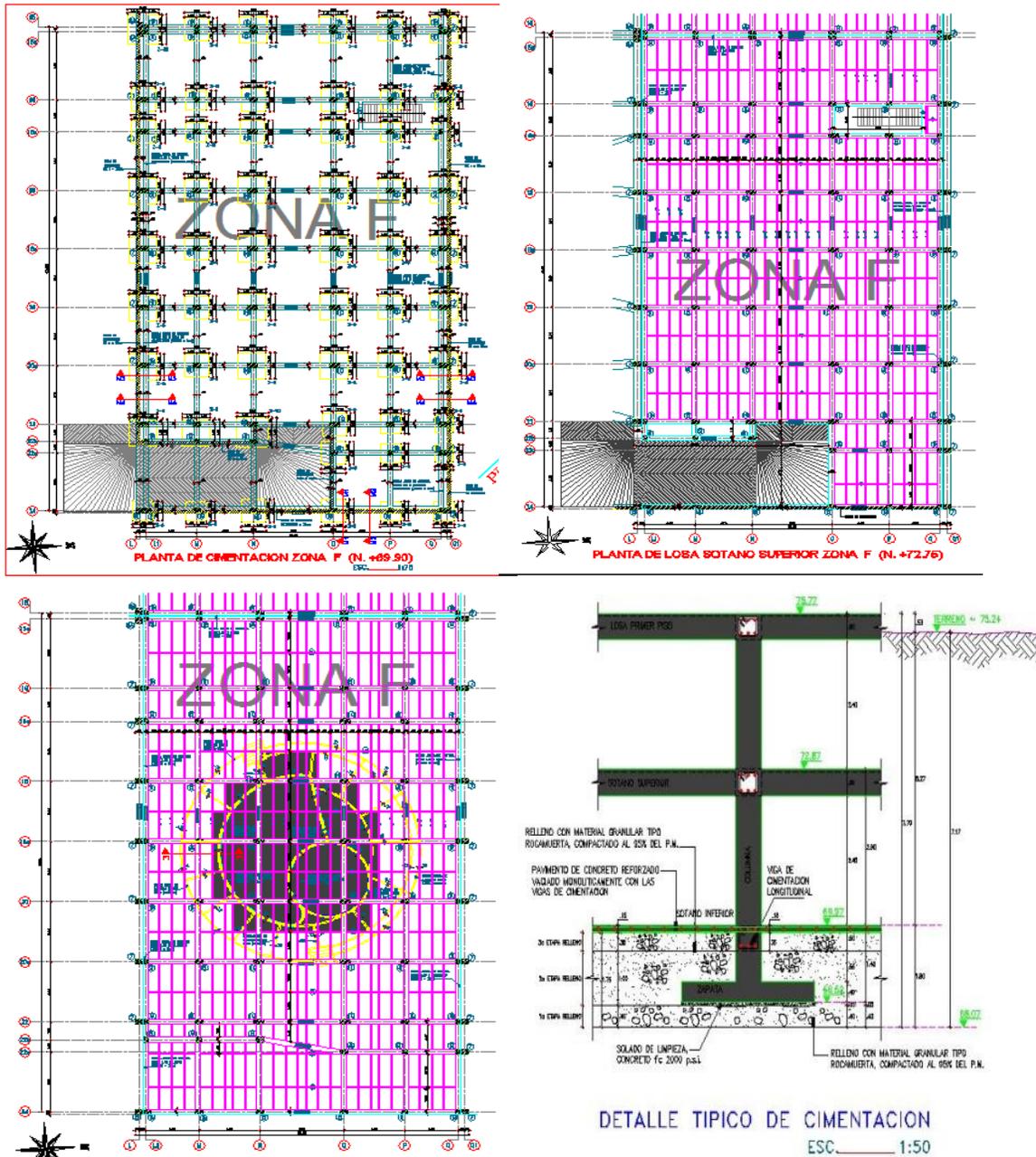


Figura 3. Diseño estructural parqueadero zona F.

Para el desarrollo de un proyecto de estructuras se debe llevar a cabo cinco etapas a saber: planteamiento general, diseño preliminar, evaluación de alternativas, diseño final y construcción, en la figura 4. se muestra este proceso.

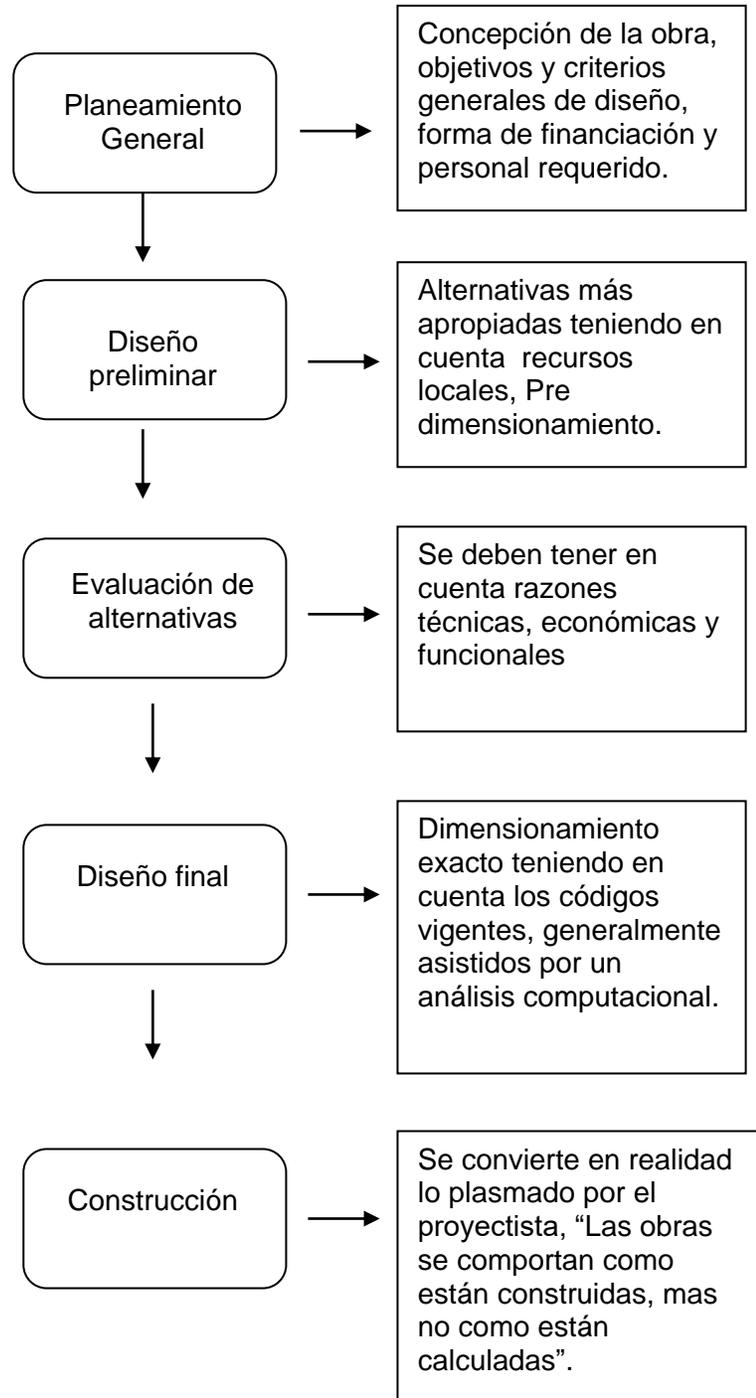


Figura 4. Etapas desarrollo proyecto de estructuras.

Se acostumbra a llamar pórtico, a una estructura reticular, cuya estabilidad y capacidad dependen en parte de la habilidad de una o más de sus uniones para resistir momentos. Sus elementos constitutivos están sometidos a fuerzas axiales, cortantes y momentos flectores, en ocasiones también se presenta torsión.

Se entiende como estructura reticular aquellas que están constituidas primordialmente por elementos en los que una de sus dimensiones es bastante mayor que las otras dos, y están conectados de tal manera que se forma una retícula o entramado y cuyos ejes están contenidos en un plano o en el espacio.

La razón por la cual el diseñador escogió este tipo de estructura es que sus elementos (vigas y columnas), permiten el paso vehicular ya que se pueden manejar las luces necesarias, además los sistemas reticulares permiten una fácil idealización, que consiste en reducirla a un modelo matemático que la represente de forma adecuada y permita estudiar analíticamente el comportamiento ante las cargas que está sometido.

### 8.1.1.1 Modificaciones en el diseño

Las siguientes modificaciones fueron realizadas por el ingeniero estructural Saúl Romero Ordóñez y el arquitecto Jaime Saavedra director de obra.

- Por razones económicas y funcionales del proyecto, la administración no considero conveniente fundir totalmente esta estructura, se considero construir el tramo comprendido entre los ejes L1-O y 24-15<sup>a</sup>, desde la cimentación hasta el primer piso. El corte se esquematiza separado por la línea roja en la figura 5.

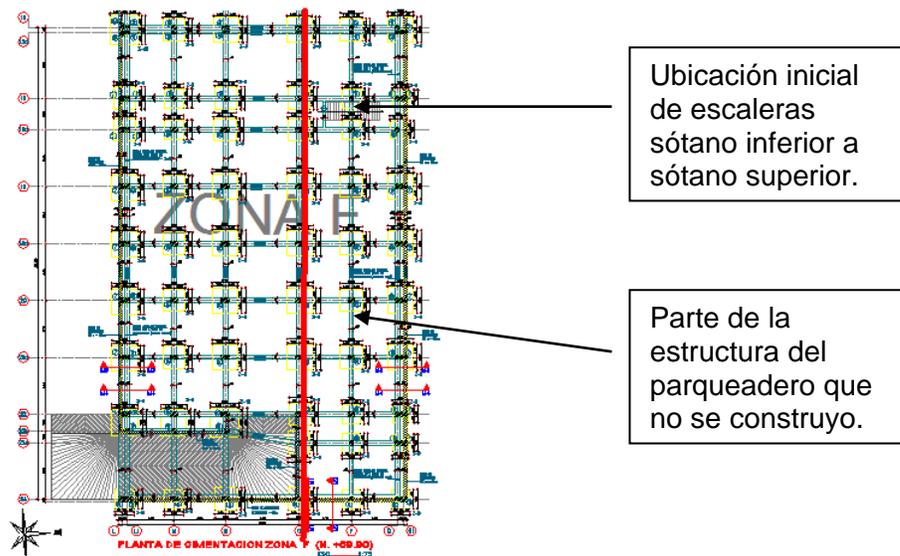


Figura 5. Área de corte en la estructura de parqueadero zona F.

No pude obtener las razones específicas en cuanto a los aspectos económicos que conllevaron a esta decisión, pero en cuanto a razones de funcionalidad se llego a la conclusión de que esta modificación iba a satisfacer las necesidades de aparcamiento de los futuros clientes.

Debido a este cambio, hubo la necesidad de cambiar la ubicación de las escaleras de acceso, así como la forma y ubicación de la piscina que estaba localizada en la losa del primer piso de esta estructura, estos cambios se indican en la figura 6.

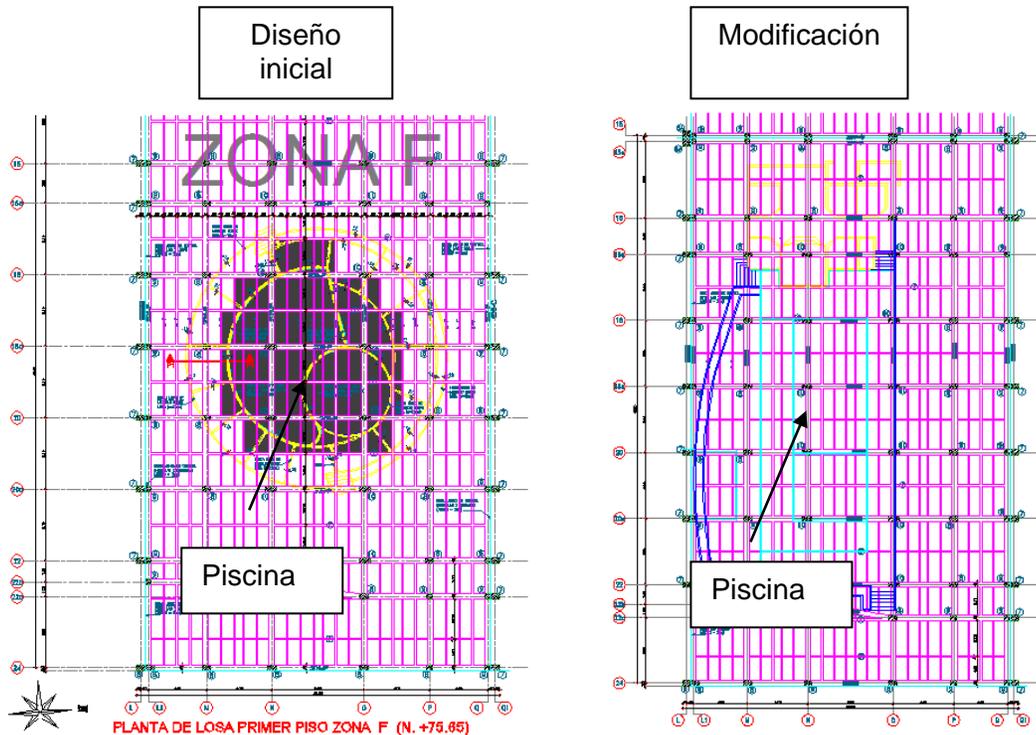


Figura 6. Modificaciones ubicación de piscina en losa del primer piso estructura zona F.

Esta modificación dio lugar a un cambio de refuerzo en las vigas perimetrales que soportan la losa de la piscina, además el calculista ordenó reducir los casetones ubicados en esta área 15 cm en altura, así como la construcción de 2 nuevas vigas y refuerzo por punsonamiento (malla superior e inferior de 3\*3 con varillas de 3/8", cada 20cm), en la losa como se esquematiza en las figuras 7<sup>a</sup>, 7b, 7c.

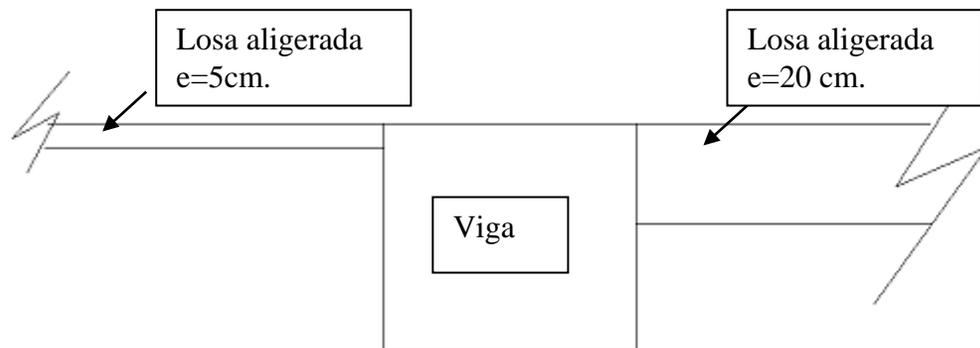


Figura 7<sup>a</sup>. Incremento espesor superior de losa.

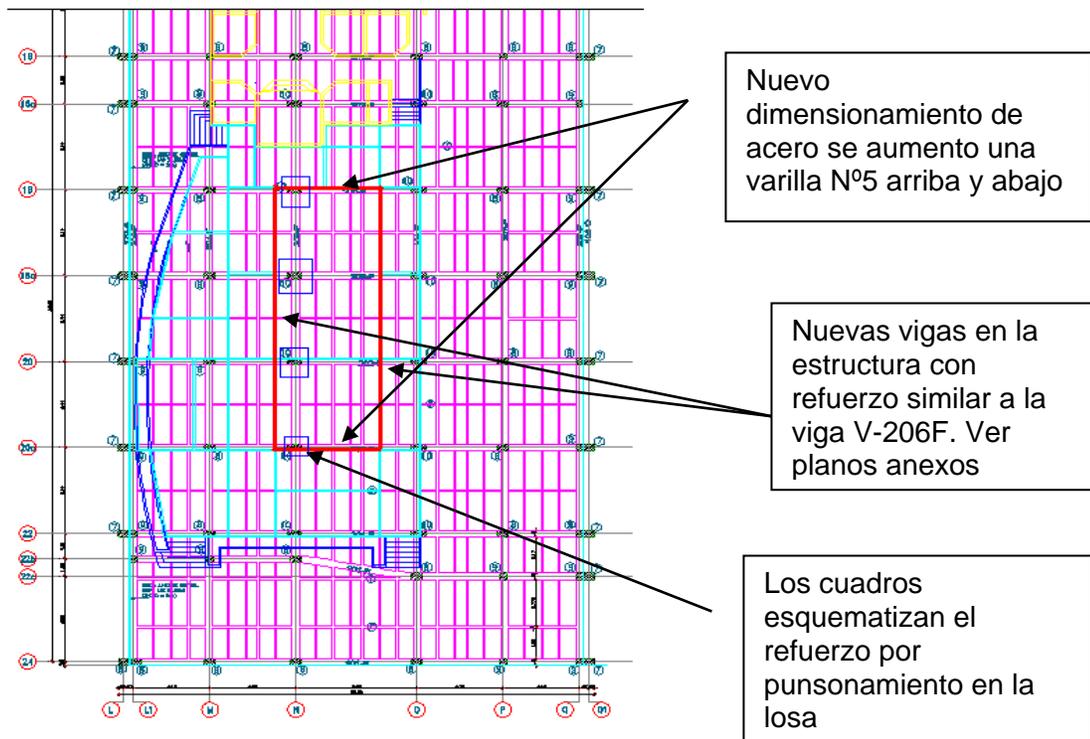


Figura 7b. Modificaciones en estructura de losa para piscina.

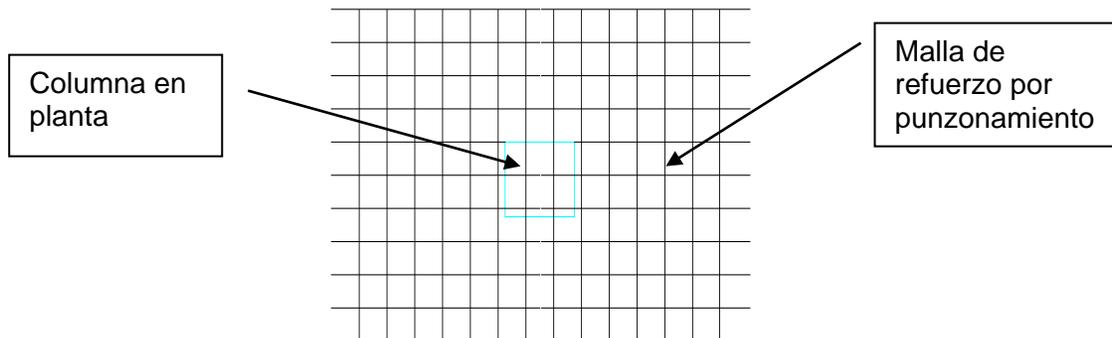


Figura 7c. Detalle refuerzo por punzonamiento.

### 8.1.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE LA ESTRUCTURA ZONA F.

En el proceso de desarrollo de un proyecto de construcción, la elaboración del presupuesto y la programación de obra juegan un papel fundamental, ya que establecen anticipadamente el costo y la duración del mismo, indispensables para determinar la viabilidad del proyecto.

Se observaron muchos desfases en el cronograma de actividades existente con respecto a la construcción de esta estructura (ZONA F), así como en la asignación de fechas y tiempos de ejecución, esto se debió en gran parte a dificultades en la asignación de recursos a la obra por problemas financieros, lo anterior condujo a un cambio radical en la forma de llevar a cabo las actividades ya que no se contaba con el personal planteado al comienzo y por esta razón la gerencia decidió comenzar las actividades con personal de

administración y con materiales obtenidos de acuerdo a los ingresos de la empresa dueña del proyecto INVERSIONES VELAR S.A.

En la figura 8 se presenta el cronograma que fue asignado a esta estructura al comienzo del proyecto, en el se puede observar que existía un gran atraso, por esta razón únicamente se lo tuvo en cuenta para comparar de manera general el rendimiento teórico propuesto con relación al rendimiento obtenido en obra.

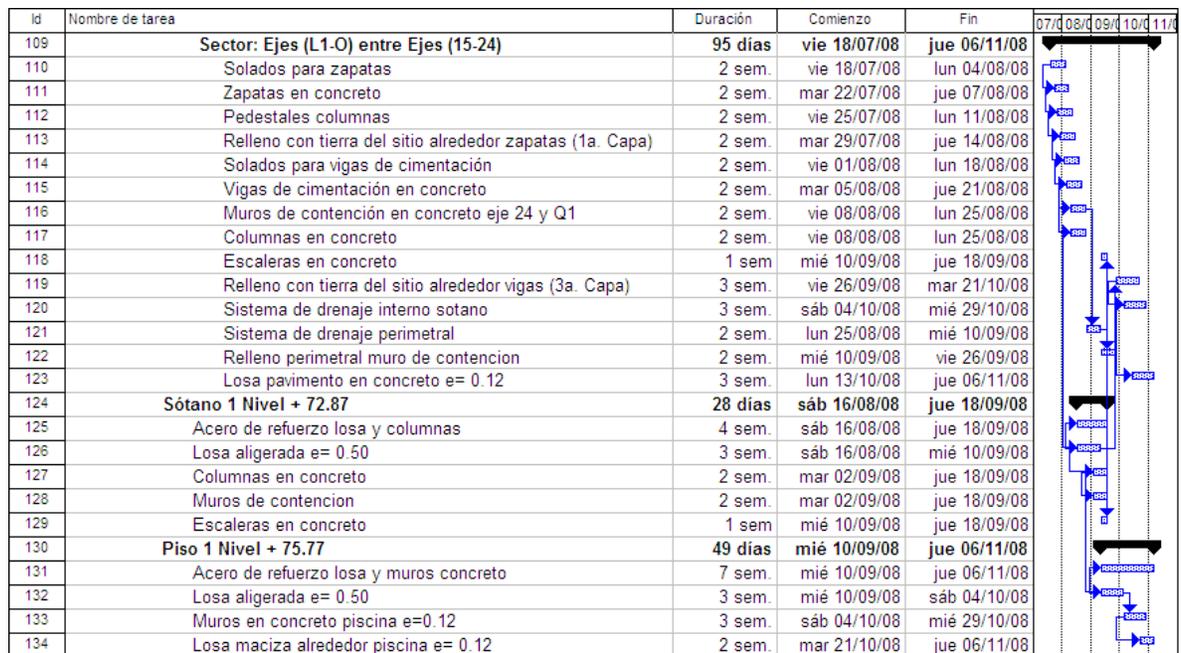


Figura 8. Cronograma teórico estructura zona F.

El personal de administración asignado a esta estructura consistió en un grupo de 19 personas a saber:

- 1 auxiliar de ingeniería
- 1 maestro de obra
- 3 oficiales
- 13 ayudantes

No existía un diseño de cuadrilla específico, la asignación de actividades se realizaba de acuerdo a los requerimientos de cada ítem, tanto los oficiales como los ayudantes no estaban únicamente preparados para una actividad específica y se les asignaron diversas tareas.

Las fechas de comienzo y terminación de dichas actividades nunca fueron replanteadas ni ajustadas a la situación actual, tampoco se pudo establecer un orden consecutivo en la ejecución de las mismas debido una variable disponibilidad de materiales necesarios, por esta razón únicamente se muestran las fechas de culminación.

En el cuadro 1 se indican las fechas de culminación y el rendimiento general de las actividades correspondientes a la construcción de la estructura de parqueadero.

Se calculó el rendimiento de la siguiente manera.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Cantidad de obra en concreto reforzado (m3)}}{\text{Tiempo de ejecución (días)}}$$

No se tienen en cuenta los elementos que no se construyeron con concreto reforzado.

<b>CUADRO DE CONTROL DE FECHAS</b>				
Obra: TORRE MISTRAL				
Inspector: Alonso Villacís Aguilera	FECHA DE INICIO: 23/09/08			
ACTIVIDAD	FECHA DE FINALIZACION	RENDIMIENTO GENERAL		
<b>2o. Sector: Ejes (L1-O) entre Ejes (15-24)</b>				
<b>Duración total= 129 días</b>				
Solados para zapatas	04/10/2008	4.2 m3/día		
Zapatas en concreto	07/10/2008			
Pedestales columnas	11/10/2008			
Relleno con tierra del sitio alrededor zapatas (1a. Capa)	24/10/2008			
Solados para vigas de cimentación	07/11/2008			
Vigas de cimentación en concreto	07/10/2008			
Muros de contención en concreto eje 24 y Q1	01/10/2008			
Columnas en concreto	24/10/2008			
Escaleras en concreto	19/01/2009			
Relleno con tierra del sitio alrededor vigas (3a. Capa)	11/20/2009			
Sistema de drenaje interno sótano	01/02/2009			
Sistema de drenaje perimetral	10/10/2008			
Relleno perimetral muro de contención	05/11/2008			
Losa pavimento en concreto e= 0.12	06/03/2009			
<b>Sótano 1 Nivel + 72.87</b>				
Acero de refuerzo losa y columnas	05/12/2008			
Losa aligerada e= 0.50	23/12/2008			
Columnas en concreto	18/01/2009			
Muros de contención	18/02/2009			
Escaleras en concreto	18/02/2009			
<b>Piso 1 Nivel + 75.77</b>				
Acero de refuerzo losa y muros concreto	06/03/2009			
Losa aligerada e= 0.50	20/03/2009			

Cuadro 1. Fechas de culminación actividades zona F.

Se puede calcular una relación entre el rendimiento teórico plasmado en la programación teórica inicial la cual indicaba un rendimiento general de 5.7 m<sup>3</sup>/día y el rendimiento real obtenido en la construcción 4.2 m<sup>3</sup>/día.

$$\text{Relación de rendimientos} = 4.2/5.7 = 0.737$$

Lo que indica que se ha obtenido una eficiencia del 73,7 % con respecto al rendimiento esperado en esta construcción.

### 8.1.3 DESCRIPCION DE MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

Existen 2 tipos de materiales a manejar en esta actividad, los primeros corresponden a materiales producidos por industrias cuya calidad la certifica el fabricante o proveedor con base a las exigencias de la normatividad vigente en el país, se verifico en estos materiales la cantidad, dimensiones y certificación de las especificaciones, los segundos corresponden a los fabricados en obra, en este caso la fabricación de concretos para las diferentes resistencias, por lo tanto las únicas pruebas que se realizaron en laboratorio fue la resistencia a compresión del concreto basados en la norma NTC 650, 673 y 504 y los resultados se encuentran en el anexo A1.

En el cuadro 2 se muestran los materiales tipo 1, descritos anteriormente que se utilizaron en la construcción de esta estructura.

<b>Materiales tipo 1* estructura zona F</b>			
<b>Material</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Proveedor y/o fabricante</b>	<b>Especificaciones</b>
Agregado grueso, arena y gravilla	3/4", gruesa, 3/8	Triturado arroyo hondo Minatruck	NTC 77,78,92 93,98,126,127,129 130,174,177,589
Cemento	portland tipo I (El diamante)	Cemex de Colombia (Cali)	NTC 30,33,117 121,107,108,110 184,225,297,321.
Acero	3/8",5/8",1/2",3/4",1"	Proaceros de occidente	NSR-98 C3,C3.5
Malla electro soldada	M-131 15x15 y M-221 15x15	Proaceros de occidente	NSR-98 C3,C3.5 C.5.4
Bloque de concreto	29x19x14 (cm.)	Alejandro López	NTC 247
Alambre de amarre negro	Nº 18	Proaceros de occidente	NTC 116
Base granular	1/2"	Minatruck	INV 213,125,126
Madera para formaletas	"-----"	Maderas la cincuenta	-----

Cuadro 2. Descripción de materiales y especificaciones tenidas en cuenta para la estructura de parquedero.

\* Se ha definido como materiales tipo 1 a los que el fabricante o proveedor garantizan las calidades exigidas.

A continuación se indican los materiales y el equipo utilizado en la ejecución de cada actividad correspondiente a la estructura de parqueadero zona F.

### Cimentación

En el cuadro numero 3 se indica el equipo y los materiales utilizados en esta actividad.

Equipo Utilizado	Materiales
Mezcladora de concreto de 1 ½ sacos de cemento (diesel).	Acero de refuerzo fy 420 Mpa.
Buggies.	Triturado de ½.
Tableros en madera.	Arena y triturado
Cuartones.	Cemento Portland tipo I Argos.
Herramienta menor	Agua.
Vibrador para concreto 8000 rpm	Puntillas
Mini cargador CASE 1845C con vibro Compactador.	Alambre de amarre.

Cuadro 3. Materiales y equipos utilizados en la cimentación de la estructura zona F.

### Losas sótano superior y primer piso

En el cuadro numero 4 se indica el equipo y los materiales utilizados en esta actividad.

Equipo Utilizado	Materiales
Tableros en madera.	Acero
Buggies.	Triturado de ½
Cerchas metálicas.	Arena gruesa proveniente río cauca
Acero de refuerzo	Cemento Portland tipo I
Malla de acero	Agua
Gatos metálicos.	Alambre de amarre.
Esterilla.	Plástico.
Varetas.	
Andamios metálicos	
Vibrador para concreto 8000 rpm	
Herramienta menor	

Cuadro 4. Materiales y equipos utilizados en las losas de la estructura zona F.

### Columnas

En el cuadro numero 5 se indica el equipo y los materiales utilizados en esta actividad.

Equipo Utilizado	Materiales
Buggies	Materiales.
Tableros en madera.	Bloque de concreto.
Herramienta menor	Acero.
Gatos metálicos	Gravilla.
Vibrador para concreto 8000 rpm	Arena.
	Cemento Portland tipo I.

Cuadro 5. Materiales y equipos utilizados en las columnas de la estructura zona F.

### Muros con dovelas

En el cuadro numero 6 se indica el equipo y los materiales utilizados en esta actividad.

Equipo Utilizado	Materiales
Buggies	Materiales.
Herramienta menor	Bloque de concreto.
	Acero.
	Gravilla.
	Arena.
	Cemento Portland tipo I.

Cuadro 6. Materiales y equipos utilizados en los muros de la estructura zona F.

### Almacenamiento de materiales

En toda construcción se debe contar con centros de acopio de materiales bien ubicados que faciliten su transporte a los sitios donde se van a utilizar, estos centros de acopio tienen la función primordial de evitar la acumulación de materiales a lo largo de la línea de construcción de la obra o en los alrededores de la misma ya que impiden la limpieza del área de trabajo así como el fácil y seguro tránsito de las personas.

En el cuadro 7 se mencionan los criterios de almacenamiento para los materiales utilizados en la construcción de la estructura de parqueadero.

Cemento	Se acondiciono una bodega provisional en el sótano de la zona A para almacenamiento de cemento, se mantuvo aislado de cualquier posible humedad.
Agregados	Se descargo la arena y triturado siempre en sectores cercanos a las zonas de fundición de concreto, siempre evitando que el material no corra riesgo de contaminación ni segregacion.
Acero de refuerzo	Se almacenaron en el sótano de la zona A, aislados de humedades que generen deterioro en el material
Cerchas y gatos metálicos	Se almacenaron en el sótano de la zona A, siempre protegidos de la intemperie.

Madera y esterilla	Se mantuvieron en la zona de elaboración de casetones, en lugares alejados de humedades excesivas.
Herramienta menor	Se dispuso un lugar en el campamento para guardar esta herramienta.

Cuadro 7. Criterios de almacenamiento de materiales.

### 8.1.4 PROCESO CONSTRUCTIVO ESTRUCTURA DE PARQUEADERO

Para la construcción de esta estructura utilizó una metodología tradicional con la fabricación de concreto, formaletas y encofrados en el sitio.

En la figura 9 se indican las resistencias de diseño para el concreto extraídas del plano estructural para los diferentes elementos.

#### RESISTENCIA DEL CONCRETO DE FUNDICION.

ZAPATAS, PILAS, VIGAS DE CIMENTACION, CONTRAPISOS,  
 MURO DE CONTENCION, COLUMNILLAS Y VIGAS TIPICAS DE  
 AMARRE SUPERIOR SOBRE MUROS DE LADRILLO:.....  
 .....f'c = 3.000 p.s.i.  
 LOSAS, VIGAS AEREAS ESTRUCTURALES Y ESCALERAS: ....  
 ..... f'c = 3.500 p.s.i.  
 COLUMNAS: ..... f'c = 4.000 p.s.i.

Figura 9. Resistencias de diseño para concreto

Para acero de refuerzo  $F_y = 60000$  PSI.

#### Construcción de cimentación estructura de parqueadero

La cimentación es el elemento constructivo que trasmite todas las cargas y sobrecargas del edificio y lo distribuye de manera apropiada en el suelo, Un cimiento mal construido es incapaz de cumplir tan importante misión, provocará un colapso en la obra. Es por lo tanto de primordial importancia para todo constructor saber cómo ha de proyectar y construir la cimentación adecuada a un edificio y a un terreno.

La cimentación de este edificio consiste en un sistema de zapatas aisladas, ubicadas a 7.25m. del nivel de primer piso debido a que es una estructura de sótano. El terreno en esta etapa se encontraba excavado y compactado con los materiales y densidades especificadas por el diseñador, en la figura 10 se esquematiza el detalle de cimentación.

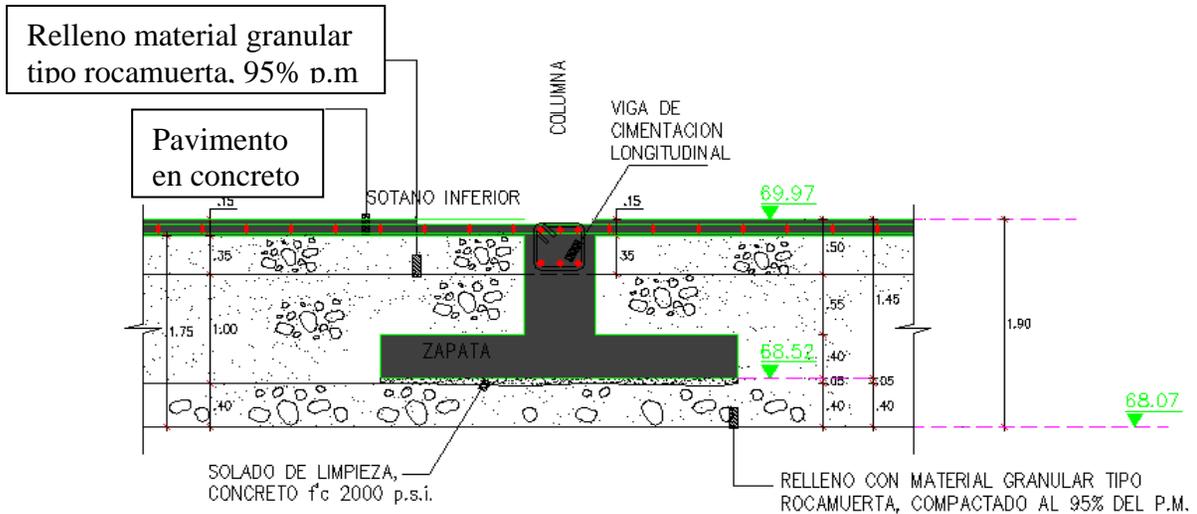


Figura 10. Detalle de cimentación estructura zona F.

Con respecto al abatimiento de aguas en este sector, en una etapa anterior a la construcción de esta estructura, se construyó un sistema de drenaje perimetral con tubería perforada de 6" y filtro de grava, los detalles del funcionamiento de este tipo de filtro se explicaran mas adelante.

La función de este sistema es evacuar las aguas lluvias y freáticas a un tanque de almacenamiento en concreto de capacidad para 8 m<sup>3</sup> y posteriormente ser bombeada hasta una caja de alcantarillado pluvial cercana. El tanque de almacenamiento forma parte del sistema de alcantarillado definitivo para el edificio.

En la figura 11 se esquematiza este sistema provisional.

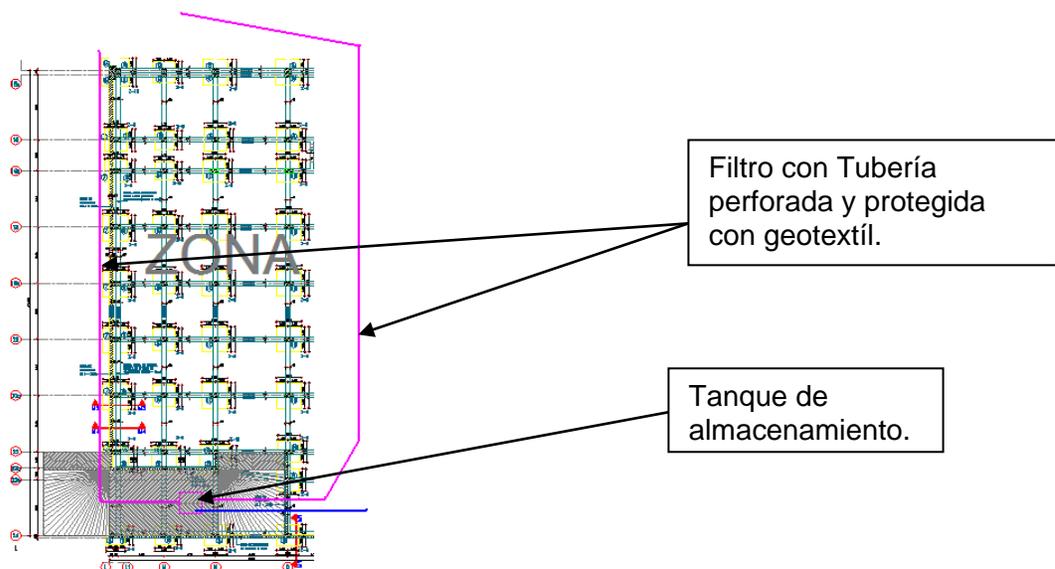


Figura 11. Sistema de drenaje provisional en el área de construcción del parqueadero

**Localización de ejes de cimentación.**

Como la estructura del edificio (Zona A), contigua a esta nueva estructura ya estaba construida, se usaron como referencia los ejes existentes en el edificio ya que coincidían con los ejes del área a construir, estos estaban marcados en las columnas adyacentes a la nueva estructura así que solo se tuvieron que proyectar a  $90^\circ$  y  $180^\circ$  como se esquematiza en la figura 12.

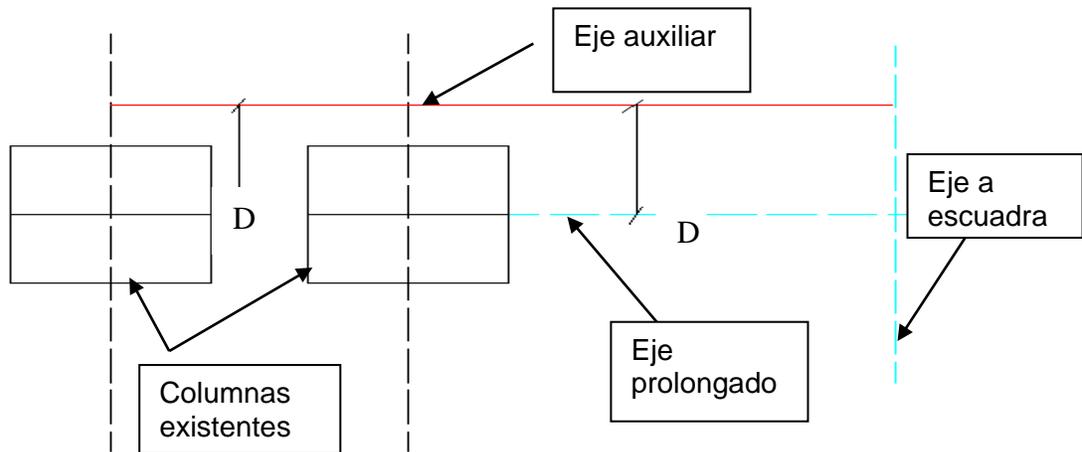


Figura 12. Localización de ejes estructura de parqueadero.

Para poder dar escuadra de una manera precisa sin equipo de topografía se utilizo el método del triángulo 3-4-5. Que consiste en marcar un hilo con las medidas mencionadas y templarlo formando un triángulo alineado con el eje de referencia (alineamiento 1-2), como se muestra en la figura 13.

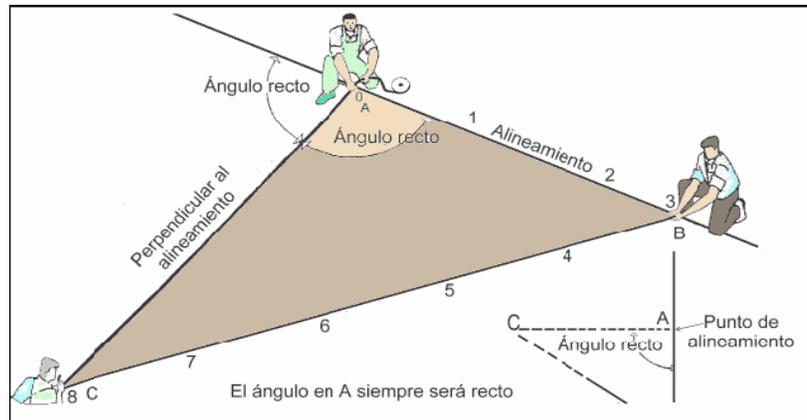
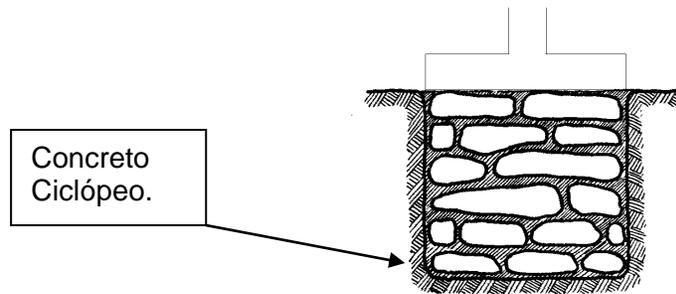


Figura 13. Método del triángulo 3-4-5.

**Excavación para construcción de zapatas**

El terreno ya se encontraba a nivel de cimentación para las zapatas pero se excavo de manera manual 40 cm. de espesor para fundir un apoyo en concreto ciclópeo dosificación 40% piedra y 60% en concreto con dosificación 1:2:3 en volumen, como se indica en la figura 14.



Concreto  
Ciclópeo.

Figura 14. Base para zapatas en concreto ciclópeo.

Para realizar la excavación hubo la necesidad de trasladar los niveles de la estructura del edificio contiguo. Una vez ubicado el punto de referencia se trasladaron los niveles de eje a eje con ayuda de una manguera de nivel como se muestra en la figura 15.



Figura 15. Transferencia de niveles por medio de manguera con agua.

Este proceso se realizó con una manguera transparente de 3/8 de pulgada y de unos 10 o 15 metros de longitud; se llenó con agua limpia y se revisó que la manguera no tenga escapes ni quebraduras. Se comenzó a pasar los niveles a partir del primer punto de referencia.

#### Armado de refuerzo en zapatas

Una vez se tubo nivelado el área de la zapata se colocó el refuerzo longitudinal y transversal previamente cortado y doblado de acuerdo al diseño el cual se indica en la figura 16.

CUADRO DE ZAPATAS						
TIPO	CANT.	DIMENSIONES (mts)			REFUERZO	
		A	B	t	TRANSVERSAL	LONGITUDINAL
Z-5	21	2.30	2.30	0.40	12#527 2.20	12#527 2.20
Z-6	20	2.00	2.00	0.40	10#524 1.90	10#524 1.90
Z-8	10	1.70	1.70	0.40	8#521 1.60	8#521 1.60
Z-9	4	1.50	1.50	0.40	7#518 1.40	7#518 1.40
Z-10	2	2.60	2.60	0.40	14#530 2.50	14#530 2.50

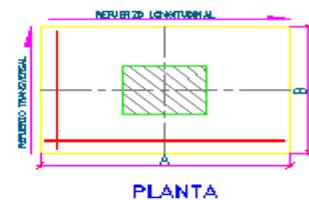


Figura 16. Cuadro de zapatas.

Posteriormente se armó el acero del dado de la columna con sus respectivos estribos de varilla dejando la longitud de anclaje del dado hacia los vértices de la zapata, se colocó el dado y se amarró con alambre recocido a la varilla de la parrilla de la zapata como se esquematiza en la figura 17.

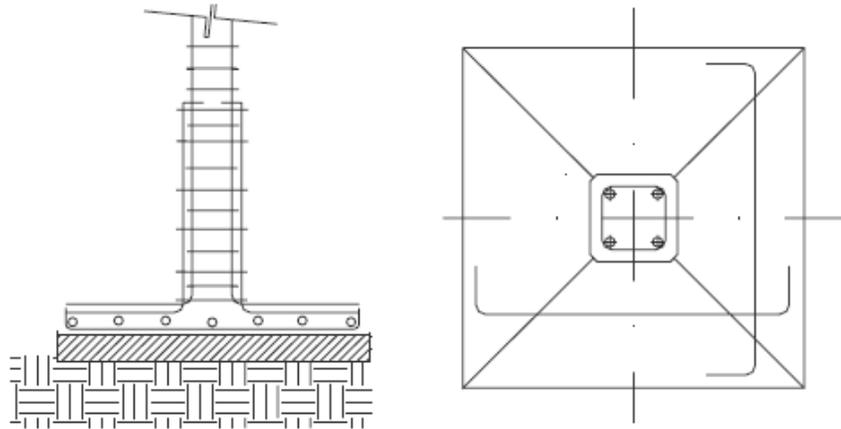


Figura 17. Colocación de acero vertical de la columna

Finalmente se colocó la totalidad de acero vertical de la columna hasta su altura final más el anclaje.

### **Fundición zapatas**

El primer paso fue armar el encofrado con tableros de madera de acuerdo a las dimensiones de cada zapata y garantizando estanqueidad de la misma para evitar segregación en el concreto, esto se logra reduciendo el espaciamiento entre los elementos del encofrado. Posteriormente se preparó concreto en el trompo mecánico con dosificación 1:2:3 en volumen.

Esta dosificación no fue obtenida en un diseño de mezcla al igual que ninguna de las dosificaciones utilizadas en los demás elementos de esta estructura, la dosificación utilizada fue producto de la experiencia del constructor en la elaboración de concretos con materiales de similares características, el agua de la mezcla se agrega con balde con una relación en peso inferior a 0.5 cuando los materiales están secos lo que equivale a 25 litros por cada saco de cemento, no se realizó ningún ajuste analítico por humedad de los agregados ni tampoco se verificó el asentamiento, la cantidad de agua de la mezcla se deducía de manera visual dependiendo de su consistencia basándose en la experiencia del maestro encargado.

El procedimiento para preparar concreto que se utilizó es el siguiente:

Se organiza un área limpia y cercana a los sitios de fundición en donde se colocó el material a utilizar es decir, arena, triturado y cemento necesario cuidando que estos materiales no se sometan a posibles contaminaciones y afecten las propiedades de la mezcla.

Se colocó primero una parte de los agregados gruesos y agua, haciendo girar el tambor de la mezcladora, luego se vierte el cemento, el resto del agua y arena, finalmente se agrega el agregado grueso restante, El mezclado debe continuarse por lo menos durante un minuto y medio después de que todos los materiales están en la mezcladora, más tiempo puede generar segregación.

El material a mezclar se mide en volumen con la ayuda de unos recipientes de madera de dimensiones 33cm X 33cm X33 cm. Como se muestran en la figura 18.



Figura 18. Recipientes de madera para dosificar la mezcla de concreto

El cemento debe estar aislado de posibles contactos con agua antes de la fabricación del concreto, por esta razón se debe colocar siempre sobre tableros o algún tipo de material que impida su contacto directo con el suelo como se muestra en la figura 19.



Figura 19. Sitio de mezcla de concreto.

El transporte de concreto hasta el lugar de la zapata se hizo con Buggies, teniendo la precaución de no agitar mucho la mezcla evitando así segregación de los materiales, una vez vertido el concreto en el encofrado, este se compacto por medio de un vibrador eléctrico cuya finalidad es reducir el contenido de aire en la mezcla, este vibrado debe hacerse siempre con mucha precaución ya que el sobre vibrado puede ocasionar segregación en la mezcla, el vibrado debe hacerse de manera vertical hasta que el concreto fluya y recubra el acero de refuerzo, con separación cada 60 cm. para en este caso y se debe suspender cuando aparezca un aviso de mortero en la superficie. Se fundieron las zapatas y posteriormente los pedestales hasta el nivel de vigas de cimentación de la estructura como se muestra en la figura 20.



Figura 20. Encofrado y fundición de zapatas en la estructura de parqueadero.

### **Relleno, compactación y Nivelación para vigas de cimentación**

El relleno que se necesitaba en esta etapa para llegar al nivel de vigas de cimentación era de 45cm. como se puede apreciar en la figura 9.

Se colocó el material de relleno en 2 capas de 25 cm utilizando el mini cargador y se compactó con un rodillo vibrador (accesorio del mini cargador),

La densidad del relleno no fue chequeada con ningún equipo de precisión, se asume que el suelo ha llegado a la densidad deseada cuando la disminución de su volumen después de varias pasadas del compactador es imperceptible a simple vista.

Para dejar el terreno a nivel para la construcción de las vigas de cimentación se trasladaron los niveles a través de los ejes con manguera de nivel como se explicó anteriormente.

### **Solados vigas de cimentación**

Se fundió un pequeño solado de limpieza de 5 cm de espesor en mortero con una dosificación 1:4 en volumen, esto se hace con el fin de obtener una superficie limpia y uniforme para trabajar más fácil sobre ella. En la figura 21 se observan algunos solados construidos.



Figura 21. Solados de limpieza zona F.

### Armado de refuerzo vigas de centradoras

Este tipo de vigas se utiliza para evitar los desplazamientos horizontales de las zapatas, es decir que es un elemento diseñado para soportar esfuerzos axiales (tracción y compresión), es importante recalcar esto ya que en muchas ocasiones se puede pensar que estos elementos son capaces de absorber momentos flectores.

Para poder colocar el refuerzo primero hubo la necesidad de cortar el acero con cizalla y doblarlo de acuerdo a las dimensiones y despieces indicados en los planos estructurales, el acero manejado en la obra tenía dimensiones de 6m. En la figura 22 se esquematiza una mesa dobladora similar a las que se utilizaron en esta obra.

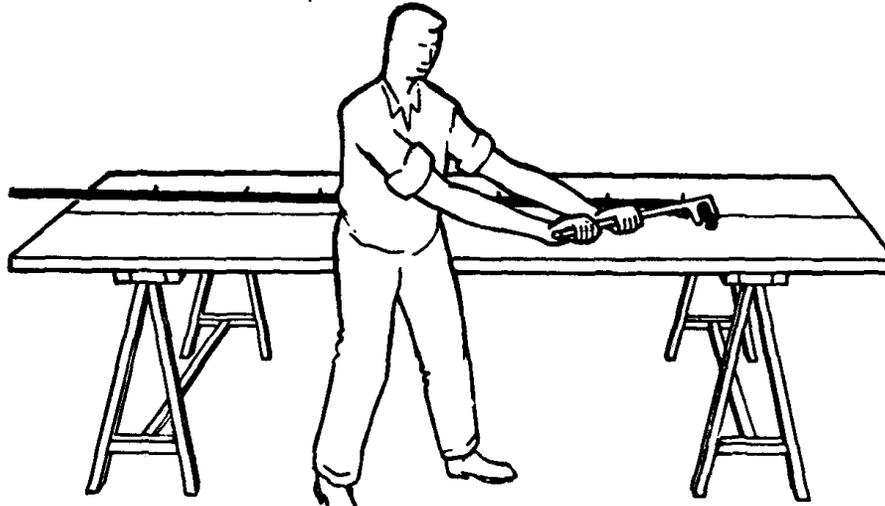


Figura 22. Mesa para doblar acero.

Se armó el refuerzo de las vigas centradoras de acuerdo al diseño estructural indicado en los planos como se indica en la figura 23.

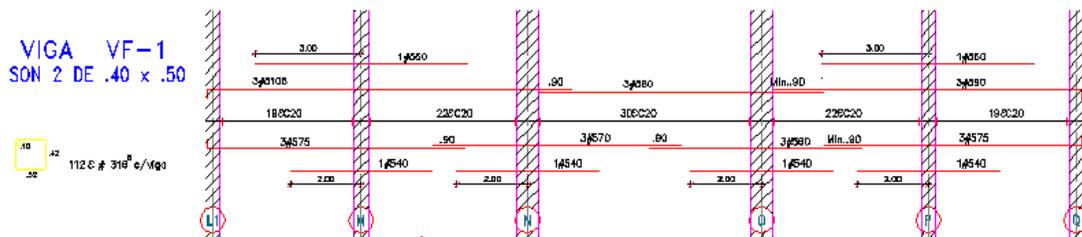


Figura 23. Ejemplo de despiece de una viga centradora.

Se deben garantizar las longitudes de desarrollo indicadas para evitar el deslizamiento de las barras en sitios críticos.

En la figura 24 se puede observar el armado de algunas vigas centradoras de la estructura de parqueadero.



Figura 24. Armado de vigas centradoras zona F.

### Encofrado de vigas de cimentación

Para armar el encofrado de estas vigas fue necesario fijar bien las maderas para que la presión del concreto no las separe, esto se logra arriostrando los tableros con longitudes menores a 50 cm como se muestra en la figura 25.

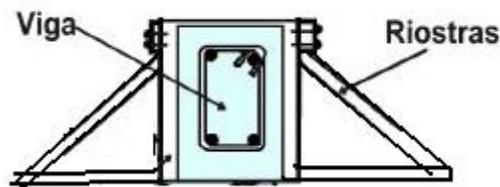


Figura 25. Encofrado para vigas centradoras.

Lo más importante en la construcción de un encofrado es asegurarse de proporcionarle al elemento las dimensiones para las cuales fue diseñado.

### Fundición de vigas centradoras

Las vigas centradoras se fundieron en concreto con dosificación 1:2:3 en volumen, el procedimiento para preparar y vaciar el concreto fue similar al indicado para fundición de zapatas concreto, no se chequearon asentamientos en la mezcla, ni se realizaron correcciones analíticas por humedad en los materiales.

Debido a la ubicación de estas vigas hubo la necesidad de colocar rampas provisionales con tableros y guaduas para poder acarrear el material hasta el sitio de vaciado, en la figura 26 se observa el vaciado en estas vigas.



Figura 26. Fundición de vigas de cimentación Zona F.

### Construcción de columnas estructura de parqueadero

Las columnas son elementos que se caracterizan geoméricamente por que una de sus dimensiones es mayor que las otras dos, la diferencia principal en este elemento es que priman las fuerzas de compresión cuya aplicación puede coincidir o ser paralela a su eje, generalmente también soportan flexión uni o biaxial y pueden estar sometidas a corte en el caso de los pórticos.

Las columnas reciben las cargas y sobrecargas aplicadas en las losas y en las vigas, posteriormente las transmiten a las zapatas y estas las distribuyen en el suelo.

Las columnas utilizadas en esta estructura son de tipo rectangular con estribos

### Armado de refuerzo en columnas estructura de parqueadero

El armado vertical de aceros en columnas se colocó de acuerdo a los planos en la etapa de armado de zapatas como se indicó atrás, posteriormente se cortaron y se doblaron los estribos necesarios indicados en los planos y se los amarró al refuerzo vertical con las distancias especificadas que se esquematizan en la figura 27.

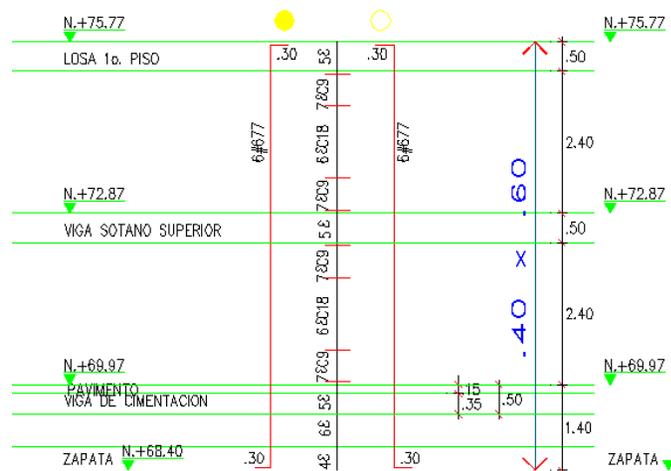


Figura 27. Distribución de refuerzo de una columna.

### **Encofrado de columnas**

El encofrado de los elementos verticales también se realiza con madera, para este tipo de encofrados es preferible utilizar formaletas metálicas.

El primer paso consiste en calcular las dimensiones de la columna, posteriormente se corta la madera para suplir esas dimensiones, se colocan 2 hileras paralelas a las tablas separadas por el espacio que se quiere dar al encofrado, se chequea la verticalidad por medio de plomadas y se acuña por los 4 lados. En la figura 28 se esquematiza el encofrado.

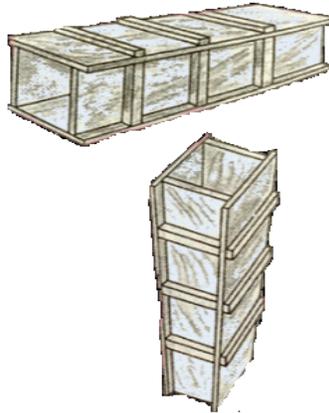


Figura 28. Encofrado en madera para columnas.

### **Fundición de columnas**

Para la fundición de columnas se prepara el concreto de manera similar a la mencionada para la fundición de zapatas con una dosificación en volumen 1:1.5:2.5, como se mencionó anteriormente esta dosificación no corresponde a un diseño analítico de mezcla si no que es producto de la experiencia del constructor.

### **Construcción de losas y vigas aéreas**

Las vigas son elementos estructurales con características geométricas similares a las columnas, cuya función principal es recibir las cargas y sobrecargas de las losas y transmitir las a otras vigas o directamente a las columnas, además de esto las vigas tienen una función sísmica muy importante ya que constituyen junto con las columnas los elementos resistentes ante fuerzas horizontales de sismo (cortantes, momentos y axiales.), además de ser los elementos que ayudan a proporcionar rigidez lateral.

Esta estructura utiliza vigas descolgadas las cuales se caracterizan por tener la carga apoyada sobre ella, el peralte de estas vigas contribuye en su resistencia a flexión.

Las losas son los elementos que hacen factible los pisos y techos en una edificación, estas tienen 2 funciones importantes desde el punto de vista estructural, la primera consiste en transmitir las cargas y sobrecargas hacia las vigas, la segunda está ligada a cargas sísmicas, ya que esta contribuye a que la estructura tenga un comportamiento uniforme en cada piso logrando que las deformaciones sean uniformes. Esta función de la losa resulta fundamental, ya que gracias a esto es posible partir del principio fundamental de deformación uniforme en cada piso, logrando así la unidad de la estructura

El tipo de losa utilizado en esta estructura es losa nervada, que consiste en un sistema de nervios separados a cierta distancia y unidos por una losa maciza de menor espesor, en la figura 29 se muestra el detalle de estas losas.

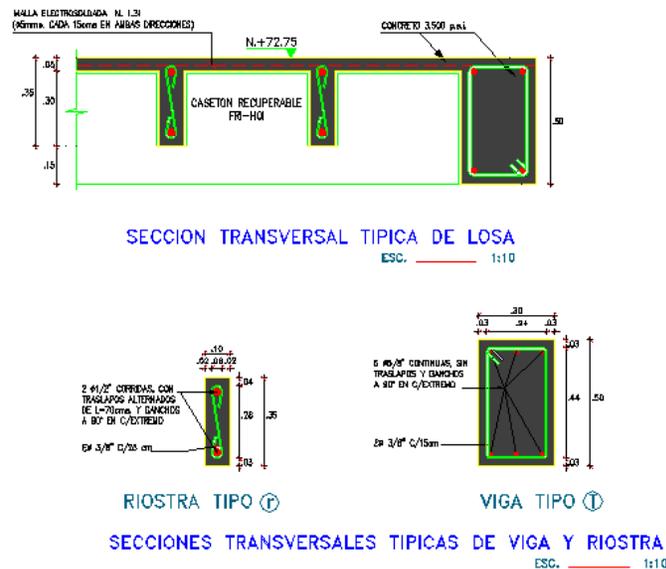


Figura 29. Detalle losa aligerada y viga.

### Encofrado de vigas y losa

Como se mencionó anteriormente el encofrado es la estructura temporal que sirve para darle al concreto su forma definitiva, 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, está constituido por el molde y los puntales (tacos).

Lo primero que se hizo fue determinar la dirección de carga de la losa, luego se pasaron niveles sobre las columnas a una altura de 1 m. y se trasladaron al enrase con manguera de precisión, posteriormente se colocó base granular para la primera losa, y se colocan tabloncillos en los pisos para evitar el hundimiento de los tacos metálicos, luego se pusieron las cerchas metálicas sobre los tacos perpendiculares a las columnas, teniendo como guía el nivel superior de enrase menos el espesor de los tableros, estos se fijan de manera segura para resistir las cargas del concreto, se coloca triple en la parte inferior de las vigas para garantizar estanqueidad y mejorar el acabado, se arma de la misma manera los soportes para las viguetas y casetones finalmente se ubican los casetones de acuerdo a los planos.

Los casetones fueron fabricados de acuerdo a las dimensiones indicadas en los planos con esterilla y madera en obra, posteriormente fueron recubiertos con plástico para brindar estanqueidad, mejorar el acabado y desencofrado.

Para el sótano superior, se armó primero el encofrado de las vigas aéreas y posteriormente el de la losa ya que su base estaba a un nivel superior que en las vigas, en la figura 30, se puede ver el encofrado de estas vigas.



Figura 30. Encofrado vigas sótano superior zona F.

### **Armadura de acero para vigas y losa**

Se cortó el acero de acuerdo a la indicación de los planos teniendo en cuenta los empalmes y traslapes, se amarró el acero longitudinal de las vigas y posteriormente los estribos, luego se colocó el acero para las viguetas.

Por último se colocó una malla electro soldada M 131, sobre la losa cuyo objetivo es asumir los esfuerzos causados por temperatura.

En la figura 31 se muestra la distribución de acero en la losa del sótano superior de la estructura de parqueadero.

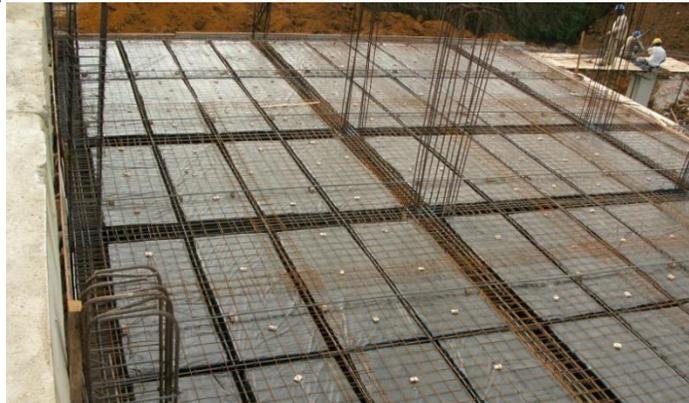


Figura 31. Distribución de refuerzo losa zona F.

### **Fundición de losa**

Para la fundición de las losas se preparó el concreto de manera similar a la mencionada para la fundición de zapatas con una dosificación en volumen 1:1.5:2.5, en volumen, como se mencionó anteriormente esta dosificación no corresponde a un diseño analítico de mezcla sino que es producto de la experiencia del constructor.

Como las losas se fundieron por tramos, siempre se terminaba la fundición a un tercio de la luz, esto se debe a que se genera una junta fría en el concreto con menor capacidad para asumir esfuerzos, en la figura 32 se puede observar este corte.



Figura 32. Fundición de losa sótano superior zona F.

### **Muros en bloque de concreto**

Se entiende como mampostería la elaboración de estructuras mediante la disposición ordenada de unidades de mampostería, cuyas dimensiones son pequeñas comparadas con las del elemento que se va a construir (muro para este caso).

Algunos de estos muros tendrán que soportar empuje de suelos.

Se armaron los muros en bloque de concreto con dovelas continuas para los muros del sótano inferior y con dovelas cada 60cm para los muros del sótano superior, refuerzo horizontal cada m. en la figura 33 se observa la construcción de uno de estos muros.



Figura 33. Muro sótano superior zona F.

### 8.1.5 DOSIFICACIONES PARA CONCRETO Y RESISTENCIAS DE DISEÑO

Dosificar una mezcla de concreto consiste en encontrar las proporciones más prácticas y económicas de los agregados, cemento y agua disponibles (en algunos casos aditivos), con el fin de obtener la manejabilidad, resistencia y durabilidad necesaria para la estructura.

En la construcción de esta estructura no se encontró ningún registro sobre análisis de diseño de mezclas en concreto para los materiales utilizados, se observó que el constructor usó dosificaciones basadas en su experiencia con materiales de tipo similar, esto no es muy adecuado debido a que a pesar de tenerse agregados similares, estos pueden presentar algunas variaciones desde el punto de vista químico en los agregados que pueden generar algunas diferencias en las propiedades finales del concreto.

#### Como influye la dosificación

La resistencia aumenta si se aumenta la cantidad unitaria de cemento y se deja igual todo lo demás. No obstante, se llega a un punto en el cual, por más que se siga aumentando la cantidad de cemento, la resistencia se mantiene sin variar, es decir se estabiliza en un techo de resistencia del cual no se puede pasar, dependiendo la mayor o menor altura de ese techo de las características de los otros materiales, condiciones de temperatura y humedad, etc.

Existe el peligro que al emplear mezclas muy ricas en cemento, pueden alcanzar valores excesivos la retracción y el calor de fraguado en las primeras edades.

Dosificar con asentamientos en Cono de Abrams superiores a 15 cm. Sin recurrir a un súper fluidificante, con el sólo arbitrio de tratar de mantener la resistencia compensando el exceso de agua con más cemento para mantener la relación agua/cemento, es un error, ya que si bien es muy probable que la resistencia en la probeta sea la correcta, en la estructura, especialmente en la parte superior de columnas y vigas, se producirá una gran exudación y el agua (al emigrar hacia la superficie del hormigón); formará infinitos canales capilares, especie de perforaciones verticales que debilitarán la estructura.

La dosificación de los agregados y las mezclas de estos que contribuyan a lograr una curva granulométrica continua y bien ubicada, dará un volumen mínimo de vacíos y por lo tanto una superficie específica menor, lo cual elevará la resistencia para la misma cantidad unitaria de cemento.

Según el constructor, las dosificaciones necesarias para obtener las resistencias indicadas en el diseño para esta estructura por el calculista de acuerdo a los materiales obtenidos para esta obra se muestran en el cuadro 8.

Tipo de elemento	F <sup>c</sup> (PSI)	Dosificación en volumen
Zapatas	3000	1:2:3
Vigas de cimentación	3000	1:2:3
Losas de entrepiso	3500	1:1.5:2.5
Vigas aéreas	3500	1:1.5:2.5
columnas	4000	1:1.5:2.5

Cuadro 8. Dosificaciones empíricas utilizadas para mezcla de concreto

Como se observa en el anterior cuadro, las vigas aéreas y losas se fundieron con la misma dosificación.

Con relación al contenido de agua este correspondió siempre a una relación A/C menor de 0.5, no se chequearon asentamientos durante la preparación de la mezcla, el contenido de agua varió de acuerdo a la humedad de los agregados y este ajuste se realizó de forma visual basado en la experiencia de los operadores.

### 8.1.6 TOMA DE MUESTRAS DE CONCRETO Y ANALISIS DE ENSAYOS

Para cualquier empresa constructora es de vital importancia poder controlar la calidad de sus concretos, para controlar esto normalmente se realizan ensayos de asentamientos basados en la norma NTC-396 y testigos de resistencia NTC-550 y 673.

Se tomaron muestras de concreto para los elementos de cimentación, columnas, losas y vigas aéreas, 6 cilindros por cada día intermedio de vaciado\*, la representatividad de estas muestras se indica en el cuadro 9 dependiendo del tipo de elemento.

Tipo de elemento	F' c (PSI)	Nº de cilindros por tomados durante el día *	Representatividad aproximada
Zapatas	3000	6	10 m3
Vigas de cimentación	3000	6	10 m3
Losas de entrepiso y vigas aéreas	3500	6	20 - 25 m3
Columnas	4000	6	5 m3

Cuadro 9. Numero de cilindros tomados y representatividad de la muestra

La NSR-98, indica que las pruebas de resistencia en concreto deben estar conformada de una pareja de cilindros por lo menos una vez por día y deben representar menos de 40m3.

La etapa más crítica en la valoración de la cantidad de hormigón por su resistencia es la obtención de la muestra. Un error en este punto hace a los resultados de los ensayos falsos e inútiles. Las muestras deben tomarse en la etapa media de mezclado de cada bachada, no es recomendable tomar el concreto para las muestras de los encofrados ya que aparte de la dificultad de tomar una porción representativa del material, el hormigón al estar en el encofrado ya sufrió manipulaciones, y puede tener agua de exudación o haber perdido agua de mezclado al contacto con encofrados secos, contener partes segregadas de la mezcla, etc.

Las muestras no fueron curadas con el fin de mantener la mayor representatividad de las condiciones reales ya que a los elementos construidos no se les realizó ningún procedimiento que garantice su humedad por lo menos los siguientes 7 días de su preparación como lo recomienda la NSR-98.

Desafortunadamente, la administración de la obra, solo permitió enviar algunas muestras de manera aleatoria al laboratorio, los resultados de estas muestras se indican describiendo el número de elementos, la edad que estas tenían en el momento del ensayo y su resistencia a la compresión como se muestra en el cuadro 10.

	5 días	7 días	14 días	18 días	28 días
Zapatas	No se enviaron muestras				
Vigas centradoras		174			
		176			
columnas			338		
			334		
		271			
		285			
			358		
			342		
	280				
	285				
Losa y vigas		205			
		307			
				286	
				283	
			306		
			304		
					304
					282

Cuadro 10. Resultados de resistencia a compresión en concreto obtenidos en el laboratorio en kg/cm<sup>2</sup>.

Los ensayos de laboratorio fueron realizados por la empresa SGENGENIERIA, según las exigencias NTC 650 – 673 – 504

En la figura 34 se observan los cilindros normalizados con los que se realizaron los testigos.



Figura 34. Cilindros para ensayos de concreto en elementos estructurales zona F.

En obra no se contó con el equipo necesario para medir la consistencia del concreto (cono slump), por esta razón esta prueba no se realizo para ningún elemento.

**Análisis de resultados**

Como se menciona anteriormente, no se enviaron al laboratorio la totalidad de las muestras tomadas, los resultados obtenidos indicados en el cuadro 10, se resumen en el cuadro 11, estos informes se encuentran en el anexo A1.

Tipo de elemento	F`c (PSI) De diseño	Edad (días)*	Resistencia real promedio (kg/cm2.)
Vigas de cimentación	3000	28	227.3
Losas de entrepiso y vigas aéreas	3500	28	330.3
columnas	4000	28	392.9

Cuadro 11. Resumen de resultados de resistencias de concreto

Los datos que se indican en esta tabla corresponden al promedio aritmético de los mismos.

Como se indica en el cuadro 8, tanto para columnas como vigas se utilizo la misma dosificación, así que se tomaron estos valores en un mismo conjunto, en la figura 35 se observan estos datos agrupados los cuales muestran una dispersión de 15.05 en términos de varianza lo cual se considera como dispersión media, la dosificación, la puesta en obra y el curado no se cuidaron para lograr concretos mas homogéneos, teniendo en cuenta que se trata de un concreto con la misma proporción de materiales.

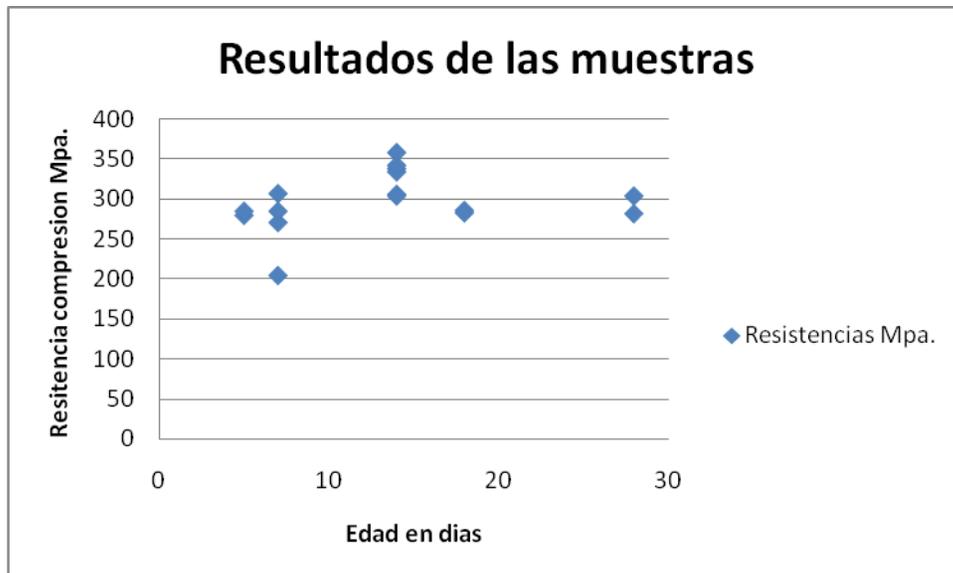


Figura 35. Resultados de ensayo a compresion estructura zona F.

Valor medio =  $\sum Xi/n = 361.58 \text{ Kg/cm}^2$

Desviación estándar

$$S = (\sum(X_i - X_m)^2 / n)^{1/2} = 54.45$$

$$V (\%) = (S / X_m) * 100 = 15.05\%, \text{ Coeficiente de variación expresado en porcentaje.}$$

Con base a este resultado se puede deducir que existe uniformidad media en el concreto, se ha llegado a esta conclusión con base en cuadro mostrado en el cuadro 12, obtenido del libro de concreto simple del ingeniero Gerardo Rivera López.

V (%)	Uniformidad del concreto	Condiciones normales en los que se obtiene
0 - 5	excelente	Condiciones de laboratorio.
5 - 10	muy bueno	Preciso control de materiales y dosificación por peso
10 -15	bueno	buen control de materiales y dosificación por peso
15 - 20	mediano	algún control de los materiales y dosificación por peso
20 -25	malo	algún control de los materiales y dosificación por volumen
mayor 25	muy malo	ningún control de los materiales y dosificación por volumen

Cuadro 12. Valores de coeficiente de variación y grado de uniformidad bajo diferentes condiciones de producción.

Con relación a las resistencias obtenidas, se observan porcentajes mayores a los especificados, esto ocurrió debido a que el constructor utilizó una dosificación empírica por encima de la requerida si se hubiera hecho un diseño de mezcla, lo cual hubiera optimizado el consumo de materiales en especial cemento y controlado de manera apropiada los asentamientos. Es decir, que a pesar de no haber tenido inconvenientes en las resistencias del concreto, se pudo llevar a cabo un procedimiento más riguroso logrando así mayor economía en su preparación.

Es conveniente recordar siempre que, aun cuando se hayan usado todos los equipos especificados y se hayan seguido los métodos estandarizados, todavía pueden ocurrir fallos inesperados.

### 8.1.7 CHEQUEOS EN ARMADO Y CONCRETO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES ZONA F

Como se ha mencionado, es de vital importancia que las construcciones cumplan con todos los requisitos de calidad y sus elementos queden constituidos de la manera más aproximada posible a los diseños, ya que esto garantizara a futuro su buen comportamiento ante las sollicitaciones previstas e imprevistas sobre la estructura. A continuación se explica en que consistieron los chequeos realizados en esta estructura, así como los criterios que se tuvieron en cuenta para realizar esta evaluación.

### Disposición de sitio de mezclado para concreto

Consiste en adecuar un sitio limpio y cercano al lugar de vaciado, el cual permita almacenar provisionalmente los materiales que se van a emplear ese día, alejados de posibles contaminaciones y evitar pérdidas excesivas de material, en esta etapa también se verifico el correcto funcionamiento del equipo mezclador.

### Calidad del cemento

Esta revisión consiste en inspeccionar el estado del cemento ya almacenado en obra, se debe garantizar que los sacos no estén húmedos ni rotos, el cemento alterado es fácil de reconocer a simple vista ya que presenta grumos y cambios en su color.

### Calidad de agregados

Consiste en verificar la granulometría de los agregados que llegan a la obra, este ensayo lo realiza la empresa proveedora y debe cumplir con las granulometrías exigidas para preparación de concreto especificadas, la granulometría de los agregados no deberá salir de las especificaciones para agregado grueso y arena indicadas en el cuadro 13.

Agregado grueso		Arena	
Tamiz que pasa	%	Tamiz que pasa	%
1" - 1/2"	100	3/8	100
1/2"	95 - 100	4	95 - 100
3/4"	25 - 60	8	80 - 100
Nº 4	0 - 10	16	50 - 85
Nº 8	0 - 5	30	25 - 60
		50	10 - 30
		100	2 - 10

Cuadro 13. Especificaciones de EMCALI para agregados gruesos y arenas en concreto

### Dosificación de la mezcla

Consiste en verificar la correcta proporción de los materiales durante la elaboración de la mezcla de acuerdo a las dosificaciones indicadas en el cuadro 8. Estas dosificaciones están dadas en volumen así que se realizo con los recipientes indicados en la figura 17. También es indispensable controlar el contenido de agua, no debe exceder una relación de A/C de 0.5, el ensayo que garantiza este contenido de agua es el del cono de Abrams, pero desafortunadamente no se contaban con el equipo para verificar esto. La cantidad de agua necesaria se verifico de forma visual dependiendo de la consistencia de la mezcla.

### Calidad del agua de la mezcla

El agua cumple 2 funciones importantes, la primera consiste en hidratar el cemento y la segunda en darle manejabilidad a la mezcla. Este chequeo consiste en verificar que el agua que se está utilizando para preparar el concreto no sea tomada de ninguna fuente diferente a la del acueducto de la obra, existen sistemas en la obra que canalizan aguas freáticas y lluvias, en un estudio de aguas de filtración en este sector se llego a la conclusión de que no son aptas para preparación de concreto debido a su acidez y contaminación. En el cuadro 14, se indican los parámetros que deben tenerse en cuenta en el agua para preparación de concreto tomados del libro del ingeniero Gerardo Rivera.

TIPO DE IMPUREZA	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO
Acidos orgánicos ( ácido sulfúrico )	10000 ppm
Aceite mineral ( por masa de cemento)	2 %
Agua con algas	no recomendable
Agua de mar:	
*para concreto no reforzado	35000 ppm
*para concreto reforzado o pretensado	no recomendable
Aguas sanitarias	20 ppm
Azúcar	500 ppm <sup>3</sup>
Carbonato de calcio y magnesio	400 ppm
Carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio	1000 ppm <sup>3</sup>
Cloruro de calcio	30000 ppm
Cloruro de magnesio	40000 ppm
Cloruros:	
*estructuras con bajo potencial de corrosión y condiciones secas	20000 ppm
*concreto pretensado	500 ppm
*estructuras con elementos galvanizados y de aluminio	1000 ppm
Hidróxido de potasio (por masa de cemento)	1.2%
Hidróxido de sodio ( por masa de cemento )	0.5%
Partículas en suspensión	2000 ppm
PH	6 - 8
Sales de hierro	40000 ppm
Sales de magnesio, estaño, zinc, cobre y plomo	500 ppm
Sulfato de magnesio	25000 ppm
Sulfato de sodio	1000 ppm
Sulfito de sodio	<b>100 ppm</b>
El contenido máximo de iones combinados de calcio, magnesio ,sodio, potasio, bicarbonato, sulfato, cloruro, nitrato y carbonato es 20000ppm	

Cuadro 14. Valores recomendados para el agua en mezclas de concreto Ing. Gerardo Rivera.

Se compararon las características del agua potable brindada por el sistema de abastecimiento en la ciudad de Cali con base a los parámetros exigidos por el decreto 475/98.

En el cuadro 15 se indican los valores exigidos para agua potable por el decreto 475/98 publicado en las normas RAS-2000

Normas de calidad del agua potable, según el Decreto 475/98

Características	Valor máximo Admisible	Procedimientos analíticos recomendados		Parámetros de comparación de la calidad de la fuente recomendados según el nivel calidad de la fuente			
		Norma técnica NTC	Standard Method ASTM	1. Aceptable	2. Regular	3. Deficiente	4. Muy deficiente
<b>MICROBIOLÓGICAS</b>							
Coliformes totales UFC/100 cc	0			X	X	X	X
Escherichia coli UFC/100 cc	0		D 5392			X	X
<b>ORGANOLEPTICAS Y FISICAS</b>							
PH	6.5 – 9.0		D 1293	X	X	X	X
Turbiedad UNT	5	4707	D 1889	X	X	X	X
Color verdadero – UC	15			X	X	X	X
Conductividad US/cm	50 – 1.000		D 1125	X	X	X	X
Sustancias flotantes	Ausentes			X	X	X	X
Olor y sabor	Ninguno		D 1292	X	X	X	X
<b>QUIMICAS CON EFECTOS ADVERSOS EN LA SALUD HUMANA</b>							
Fenoles totales – mg/L	0.001	4582	D 1783				X
Grasas y aceites– mg/L	Ausentes	3362	D 4281				X
Aluminio – mg/L	0.20		D 857				X
Nitratos – mg/L	10		D 3867				X
Nitritos – mg/L	0.1		D 3867	X	X	X	X
Antimonio – mg/L	0.005		D 3697				X
Arsénico – mg/L	0.01		D 2972				X
Bario– mg/L	0.5		D 4382				X
Cadmio – mg/L	0.003		D 3557				X
Cianuros totales – mg/L	0.1	1312	D 2036				X
Cobre – mg/L	1.0		D 1688				X
Cromo hexavalente – mg/L	0.01		D 1687				X
Mercurio – mg/L	0.001		D 3223				X
Níquel – mg/L	0.02		D 1886				X
Plomo – mg/L	0.01		D3559				X
Selenio – mg/L	0.01	1460	D 3859				X
Sustancias activas al azul de metileno– mg/L AB5	0.5		D 2330				X
<b>PLAGUICIDAS Y OTRAS SUSTANCIAS</b>							
Tóxicos tipo I– mg/L	0.001						X
Tóxico tipo II y III– mg/L	0.01						X
Baja toxicidad– mg/L	0.1						X
Trihalometanos totales– mg/L	0.1						X
<b>QUIMICAS CON EFECTO INDIRECTO SOBRE LA SALUD HUMANA</b>							
Alcalinidad total – mg/L	100		D 1067	X	X	X	X
Acidez – mg/L	50		D 1067	X	X	X	X
Dureza total– mg/L	160	4706	D 1126	X	X	X	X
Calcio– mg/L	60		D 511	X	X	X	X
Magnesio– mg/L	36		D 858	X	X	X	X
Cloruros– mg/L	250		D 512	X	X	X	X
Sulfatos – mg/L	250	4708	D 516	X	X	X	X
Hierro total– mg/L	0.3		D 1068	X	X	X	X
Manganeso	0.1		D 858			X	X
Fosfatos	0.2		D 515			X	X
Zinc	5		D 1691				X
Fluoruros (mg/L)	1.2		D 1179				X

Cuadro 15. Normas de calidad de agua potable decreto 475/98

De acuerdo a esto se puede decir que el agua distribuida por el sistema de abastecimiento de la ciudad de Cali es apta para preparar concreto.

### Toma de muestras

Es indispensable como se ha mencionado anteriormente poder determinar la calidad del concreto en cuanto a su resistencia, por esta razón esta verificación consiste en

garantizar que los testigos de concreto se realicen de acuerdo a las especificaciones ya mencionadas.

La resistencia del hormigón puede ser garantizada si las probetas para el ensayo por compresión son confeccionadas, protegidas y curadas siguiendo métodos normalizados. De este modo los ensayos de rotura por compresión sobre probetas normalizadas, sirven para determinar la calidad del hormigón. Si, en cambio, se permite que varíen las condiciones de muestreo, métodos de llenado, compactación, terminación y curado de las probetas, los resultados de resistencia que se obtengan en el ensayo respectivo, carecerá de valor, ya que no podrá determinarse si eventuales resistencias bajas son debidas a la mala calidad del hormigón o a las fallas cometidas durante las operaciones de preparación de las probetas, previas al ensayo.

Para obtener resultados dignos de confianza deberán seguirse las siguientes técnicas:

**Usar solamente moldes indeformables, no absorbentes, estancos y de materiales que no reaccionen con el cemento.** Las medidas para las obras corrientes son de 15 cm. de diámetro por 30 cm. de altura, con las tolerancias que fija la Norma. El tamaño máximo del agregado grueso no podrá superar  $1/3$  del diámetro del molde. Si parte del agregado grueso supera el valor del punto anterior, se podrá preparar la probeta con el hormigón que pase a través de un tamiz 37,5 mm. Antes de llenar los moldes, deberán ser colocados sobre una superficie horizontal, rígida y lisa. Deben hacerse por lo menos dos probetas por cada pastón que se quiera controlar por cada edad, generalmente 7 y 28 días.

**Toma de muestras:** se operará de acuerdo a las especificaciones de la Norma. Cada muestra se tomará de la mezcladora, después de haberse descargado los primeros a mediados de cada bachada. La muestra se tomará en un recipiente limpio no absorbente y estanco, y deberá ser totalmente remezclado en el mismo, antes del llenado de las probetas.

**Compactación con varilla:** la finalidad de compactar el hormigón en los moldes es la de eliminar los huecos que pueden quedar dentro de la masa por la diferente forma y tamaño de los componentes que, al disminuir la sección de la probeta, le hacen perder resistencia. Hay muchas personas que para compactar, la Norma establece el uso de la varilla con punta semiesférica para compactar el hormigón, ya que trabaja mejor por dos razones:

- a) Se desliza entre los agregados, en vez de empujarlos como lo hace una varilla de corte recto en la punta, con la cual quedan espacios huecos al ser retirada.
- b) Al retirar la barra, permite que el hormigón vaya cerrándose tras ella, lo que es facilitado por la punta redondeada.

**Llenado de las probetas y compactación del hormigón:** se procede al llenado de las probetas, colocando el hormigón en tres capas de aproximadamente  $1/3$  de la altura del molde, cada una. Una vez colocada cada capa se la compacta con 25 golpes de la varilla, uniformemente distribuidos sobre su superficie. En la primera capa, los 25 golpes deben atravesarla íntegramente pero sin golpear el fondo del molde. La compactación de la segunda y la tercera capas se hace atravesando totalmente cada una de ellas y penetrando aproximadamente 2 cm en la capa siguiente. El llenado de la última capa se hace con un exceso de hormigón.

Terminada la compactación de la capa superior, se golpean los costados del molde suavemente con una maza de madera o similar, a fin de eliminar macroburbujas de aire que puedan formar agujeros en la capa superior. Finalmente, se enrasa la probeta al nivel

del borde superior del molde, mediante una cuchara de albañil, retirando el concreto sobrante y trabajando la superficie hasta conseguir una cara perfectamente plana y lisa.

**Trato a dar a las probetas terminadas mientras quedan en obra:** las probetas deben dejarse almacenadas, sin desmoldar durante 24 horas, en condiciones de temperatura ambiente de  $21^{\circ}\text{C} + 6^{\circ}\text{C}$ , evitando movimientos, golpes, vibraciones y pérdida de humedad. Probetas que quedan en el lugar de trabajo varios días, a temperaturas variables, expuestas a pérdida de humedad, etc., darán resultados erróneos de resistencia, siempre más baja y de mayor variabilidad que aquéllas que han sido tratadas correctamente.

**Manejo y curado de las probetas una vez fraguado el hormigón:** después de 24 horas de confeccionadas, las probetas se desmoldan y transportan al laboratorio para su curado. Durante el transporte y manipuleo, las probetas deben ir acondicionadas para evitarles golpes y pérdida de humedad, así como variaciones grandes de temperatura.

### **Transporte adecuado de la mezcla**

Se deben reparar los accesos y recorridos para las carretillas dentro de la estructura, para que puedan entrar, maniobrar, descargar y salir sin impedimentos y en el menor tiempo posible, los accesos deben tener tramos regulares que impidan el movimiento excesivo de la mezcla.

### **Evitar segregación y exudación de la mezcla**

Se entiende por segregación, cuando los agregados se separan del resto del concreto ocasionando bajas resistencias y generando contracciones en el concreto para evitar esto se debe mezclar o más cerca posible de su posición final, no verterlo a alturas mayores de 1.5 m, evitar los altos revenimientos en la mezcla y nunca moverlo con vibrador de inmersión.

La exudaciones un tipo de segregación en la que parte del agua de la mezcla tiende a subir a la superficie del concreto recién colocado, esto se debe a que los componentes sólidos de la mezcla no pueden retener toda el agua de mezclado cuando se asientan en el fondo. Por causa de la exudación la superficie del concreto puede quedar demasiado húmeda y así el agua queda atrapada entre elementos superpuestos de concreto, y como resultado se obtiene un concepto poroso, débil y poco durable, esto generalmente ocurre cuando la mezcla es demasiado fluida.

### **Correcto vibrado**

Es la operación que hace llegar el concreto a su máxima compacidad, llenando perfectamente los encofrados y cubriendo totalmente las armaduras de refuerzo.

Las mezclas Duras y Plásticas (aproximadamente 5 y 10 cm. de asentamiento en el Cono de Abrams) deben compactarse con vibradores internos, de encofrado o de mesa. Las mezclas Blandas y Fluidas (aproximadamente 15 cm. y más de 15 cm. de asentamiento en el Cono de Abrams) se compactan normalmente con varilla o pisón. Para que los vibradores internos sean efectivos, la frecuencia de vibración será de por lo menos 7000 ciclos por minuto.

La vibración debe hacerse sumergiendo la aguja rápida y profundamente en dirección vertical y luego retirándola lentamente y con velocidad constante, también en vertical. Durante la vibración, debe evitarse todo movimiento de corrimiento transversal o inclinación de la vela fuera de la vertical. Los puntos de aplicación no deben estar separados más de 50 cm. entre sí a y su efecto puede apreciarse visualmente al aparecer

toda la superficie vibrada con una humectación brillante. Es preferible vibrar más puntos en menos tiempo, que menos puntos en más tiempo.

No debe introducirse la aguja del vibrador a menos de 10/15 cm. de la pared del encofrado, para evitar la formación de macroburbujas de aire y desplazamiento de la lechada de cemento hacia la misma.

### **Encofrados**

Como se menciona anteriormente, es indispensable que el encofrado garantice la estanqueidad de la mezcla, también debe tener las dimensiones exactas, deben ofrecer superficies regulares y continuas.

Los tacos y vigas metálicas que soportaran la losa, deben estar firmemente fijados.

### **Curado de concreto**

El curado tiene por objeto mantener el hormigón con la temperatura y humedad que resulten indispensables para el proceso químico de hidratación del cemento.

Hay distintos sistemas de protección que se emplean en especial en días calurosos y ventosos, para secar velozmente la superficie del concreto. Los más comunes son el uso de láminas de polietileno con las que se tapa o se envuelve el hormigón lo más herméticamente posible; o también la formación de membranas plásticas de curado, especie de pintura plástica (antisól) que se aplica con sopletes especiales.

El curado se hace directamente con agua, primero en forma de neblina para no dañar la superficie del hormigón, luego por rociado fino y después puede llegarse inclusive a la inundación, si el formato de la estructura y las condiciones de obra lo permiten. También se recurre a la formación de las membranas de curado siguiendo las indicaciones de los fabricantes.

Lo más importante del curado es que debe ser continuo, y abarcar desde pocas horas después del hormigonado hasta un número de días que depende de las condiciones atmosféricas. Para cemento Pórtland normal y temperaturas normales (16 a 25° C) el curado debe prolongarse durante 7 días como mínimo.

El curado inadecuado o la falta total de curado, incrementan el riesgo de fisuración plástica por contracción de fraguado y puede perderse hasta un 50% de la resistencia a compresión a 28 días con relación a la que tendría el mismo concreto con un curado correcto.

Con relación al concreto de elementos estructurales, a continuación se resumen los chequeos realizados en las actividades correspondientes.

En el cuadro 16, se registran los chequeos realizados en el concreto para zapatas de esta estructura.

<b>LISTA DE CHEQUEO PARA EL CONTROL DE CONCRETO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES ZONA F.</b>			
Obra:	Torres Mistral		
Inspector:	Alonso Villacís Aguilera		
Actividad General:	<b>Estructura de parqueadero</b>		
Actividad Específica:	Zapatas en concreto		
<b>MEDIDA DE CONTROL</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Disposición de sitio de mezclado para concreto.	X		
Calidad de cemento.	X		
Calidad de agregados.	X		
Dosificación de concreto.	X		
Calidad agua de mezcla.	X		
Toma de muestras.	X		No se envió ninguna muestra al laboratorio.
Transporte adecuado.	X		
Evitar segregación y exudación de la mezcla.	X		
Correcto vibrado.	X		
Encofrado estable y alineado.	X		
Correcto curado.		X	

Cuadro 16. Chequeos en el concreto para zapatas

En el cuadro 17, se registran los chequeos realizados en el concreto para vigas de cimentación.

<b>LISTA DE CHEQUEO PARA EL CONTROL DE CONCRETO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES ZONA F.</b>			
Obra:	Torres Mistral		
Inspector:	Alonso Villacís Aguilera		
Actividad General:	<b>Estructura de parqueadero</b>		
Actividad Específica:	Vigas de centradoras.		
<b>MEDIDA DE CONTROL</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Disposición de sitio de mezclado para concreto.	X		
Calidad de cemento.	X		
Calidad de agregados.	X		
Dosificación.	X		
Calidad de agua de mezcla.	X		
Toma de muestras.	X		
Transporte adecuado.	X		

Segregación de mezcla.	X		
Correcto vibrado.	X		
Formaleta estable y alineada.	X		
Correcto curado.		X	

Cuadro 17. Chequeos en concreto de vigas centradoras

En el cuadro 18, se registran los chequeos realizados en columnas de concreto.

<b>LISTA DE CHEQUEO PARA EL CONTROL DE CONCRETO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES ZONA F.</b>			
Obra:	Torres Mistral		
Inspector:	Alonso Villacís Aguilera		
Actividad General:	<b>Estructura de parqueadero</b>		
Actividad Específica:	Columnas en concreto		
<b>MEDIDA DE CONTROL</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Disposición de sitio de mezclado para concreto.	X		
Calidad de cemento.	X		
Calidad de agregados.	X		
Dosificación.	X		
Calidad agua.	X		
Toma de muestras.	X		
Transporte adecuado.	X		
Segregación de mezcla.	X		
Correcto vibrado.	X		
Formaleta estable y alineada.	X		
Correcto curado.		X	

Cuadro 18. Chequeos en columnas de concreto

En el cuadro 19, se registran los chequeos realizados en el concreto de losa aligerada y vigas aéreas.

<b>LISTA DE CHEQUEO PARA EL CONTROL DE CONCRETO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES ZONA F.</b>			
Obra:	Torres Mistral		
Inspector:	Alonso Villacís Aguilera		
Actividad General:	<b>Estructura de parqueadero</b>		
Actividad Específica:	Losa aligerada y vigas aéreas		
<b>MEDIDA DE CONTROL</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Disposición de sitio de mezclado para concreto.	X		

Calidad de cemento.	X		
Calidad de agregados.	X		
Dosificación.	X		
Calidad de agua.	X		
Toma de muestras.	X		
Transporte adecuado.	X		
Segregación de mezcla.	X		
Correcto vibrado.	X		
Formaleta estable y alineada.	X		
Correcto curado.		X	

Cuadro 19. Chequeos en losas de concreto

Con relación al uso de un sistema de curado para los elementos estructurales, ya sea por medio de uso de antisol, o por algún método tradicional conocido , se recalco tanto en administración como al personal encargado de la construcción su importancia pero nunca se pudo implementar un proceso adecuado.

A continuación se mencionan los criterios tenidos en cuenta para el chequeo en el armado de acero de la estructura de parqueadero:

**Material libre de defectos**

Esta revisión hace referencia a la inspección del material en cuanto a que no debe presentar ningún defecto de fabricación ni alguna fatiga ocasionada en el proceso de transporte o almacenamiento, la calidad del material la debe garantizar el proveedor con base a las normas indicadas en el cuadro 2.

**Aceros de despieces exactos a los indicados en el diseño**

Antes de cortar el material a los tamaños indicados en los planos, se deberá verificar las listas de despiece y los diagramas de doblado.

Las barras de refuerzo deberán ser dobladas en frío, de acuerdo con las listas de despiece.

Al ser colocado en la obra y antes de fundir el concreto, todo el acero de refuerzo deberá estar libre de polvo, óxido en escamas, rebabas, pintura, aceite o cualquier otro material extraño que pueda afectar adversamente la adherencia. Todo el mortero seco deberá ser quitado del acero. Las varillas deberán ser colocadas con exactitud, de acuerdo con las indicaciones de los planos, y deberán ser aseguradas firmemente en las posiciones señaladas, de manera que no sufran desplazamientos durante la colocación y fraguado del concreto.

La posición del refuerzo dentro de las formaletas deberá ser mantenida por medio de bloques de mortero.

**Acero asegurado de forma adecuada**

Las barras se deberán amarrar con alambre en todas las intersecciones, excepto en el caso de espaciamientos menores de treinta centímetros (30 cm), en el cual se amarrarán alternadamente.

Las barras deberán quedar colocadas de tal manera, que la distancia libre entre barras paralelas colocadas en una fila, no sea menor que el diámetro nominal de la barra, ni

menor de veinticinco milímetros (25 mm), ni menor de una y un tercio (1 1/3) veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

**Material no contaminado**

El acero deberá ser almacenado en forma ordenada por encima del nivel del terreno, sobre plataformas o largueros y deberá ser protegido, contra daños mecánicos y deterioro superficial, incluyendo los efectos de la intemperie y ambientes corrosivos. En el cuadro 20, se registran los chequeos realizados en el acero de refuerzo para la construcción de zapatas.

<b>LISTA DE CHEQUEO PARA EL CONTROL DE ACERO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES ZONA F</b>			
Obra:	Torres Mistral		
Inspector:	Alonso Villacís Aguilera		
Actividad General:	<b>Estructura de parqueadero</b>		
Actividad Específica:	Zapatas en concreto		
<b>MEDIDA DE CONTROL</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Material libre de defectos	X		
Aceros y despieces exactas al plano	X		
Distancia entre formaleta y acero	X		
Acero asegurado de forma adecuada	X		
Material no contaminado	X		
Número y distancias entre estribos correspondientes al diseño	X		

Cuadro 20. Control de acero en zapatas

En el cuadro 21, se registran los chequeos realizados en el acero de refuerzo para vigas centradoras.

<b>LISTA DE CHEQUEO PARA EL CONTROL DE ACERO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES ZONA F</b>			
Obra:	Torres Mistral		
Inspector:	Alonso Villacís Aguilera		
Actividad General:	<b>Estructura de parqueadero</b>		
Actividad Específica:	Vigas de cimentación en concreto		
<b>MEDIDA DE CONTROL</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Material libre de defectos	X		
Aceros y despieces exactas al plano	X		
Distancia entre formaleta y acero	X		
Acero asegurado de forma adecuada	X		
Material no contaminado	X		
Número y distancias entre estribos correspondientes al diseño	X		

Cuadro 21. Control de acero en vigas centradoras

En el cuadro 22, se registran los chequeos realizados en el acero de refuerzo columnas.

<b>LISTA DE CHEQUEO PARA EL CONTROL DE ACERO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES ZONA F</b>			
Obra:	Torres Mistral		
Inspector:	Alonso Villacís Aguilera		
Actividad General:	<b>Estructura de parqueadero</b>		
Actividad Específica:	Columnas		
<b>MEDIDA DE CONTROL</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Material libre de defectos	X		
Aceros y despieces exactas al plano	X		
Distancia entre formaleta y acero	X		
Acero asegurado de forma adecuada	X		
Material no contaminado	X		
Número y distancias entre estribos correspondientes al diseño	X		

Cuadro 22. Control de acero en columnas.

En el cuadro 23, se registran los chequeos realizados en el acero para losas y vigas aéreas.

<b>LISTA DE CHEQUEO PARA EL CONTROL DE ACERO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES ZONA F</b>			
Obra:	Torres Mistral		
Inspector:	Alonso Villacís Aguilera		
Actividad General:	<b>Estructura de parqueadero</b>		
Actividad Específica:	Losa aligerada y vigas aéreas		
<b>MEDIDA DE CONTROL</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Material libre de defectos	X		
Aceros y despieces exactas al plano	X		
Distancia entre formaleta y acero	X		
Acero asegurado de forma adecuada	X		
Material no contaminado	X		
Número y distancias entre estribos correspondientes al diseño	X		

Cuadro 23. Control de acero para losas y vigas.

## 8.2 SISTEMA DE ACUEDUCTO EXTERIOR

Los acueductos son sistemas de abastecimiento de agua potable, para satisfacer las necesidades fisiológicas, de salud, comodidad y bienestar de las personas.

### 8.2.1 DISEÑO

El diseño de cualquier componente del sistema de acueducto, debe contemplar la dinámica de desarrollo urbano prevista en el corto, mediano y largo plazo de las áreas habitadas y las proyectadas en los próximos años, teniendo en cuenta la utilización del suelo, la estratificación socioeconómica, factores ambientales entre otros.

El oficio 311-DIAA-pd-256-07 de EMCALI EICE ESP con fecha Mayo 31 de 2007 que contiene datos básicos de acueducto, establece que se requiere sistema especial de abastecimiento interno con tanque de almacenamiento.

El diseño lo realizó el ingeniero Guillermo Moreno Becerra, el cual se esquematiza en la Figura 36.

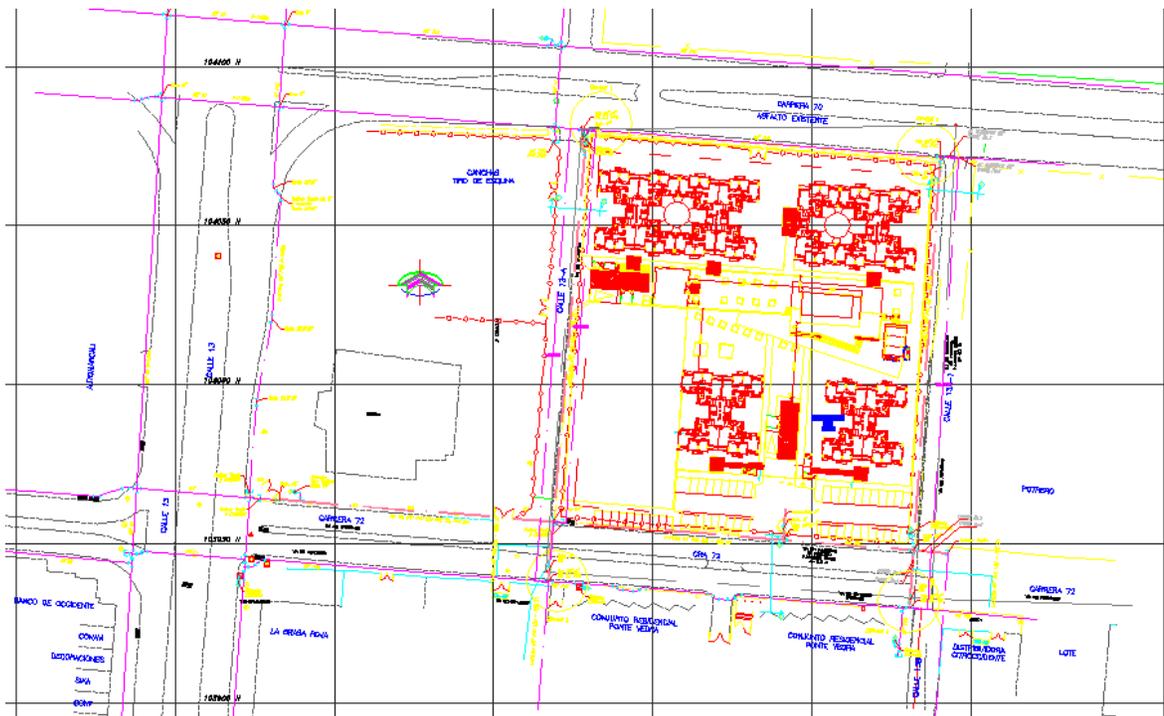


Figura 36. Malla existente sistema de acueducto y diseño red de acueducto externo proyecto Torres Mistral.

El sistema de acueducto debe satisfacer las necesidades de agua potable no solo para la torre 1, construida en esta etapa, sino para las siguientes 3 torres que se construirán a futuro, es decir deberán satisfacer las necesidades para un total de 248 apartamentos.

En la figura 37. Se esquematiza las conexiones a la red principal de acueducto.

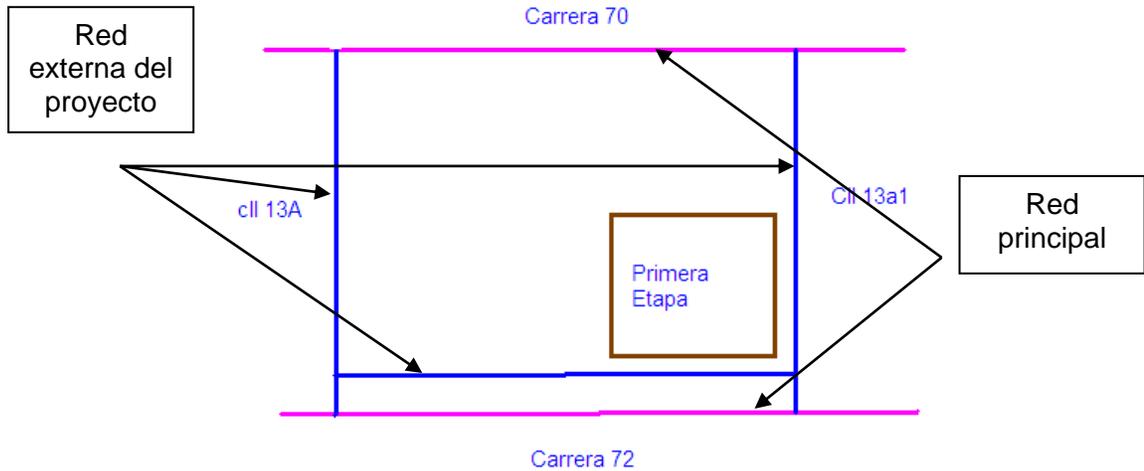


Figura 37. Esquema de la red de acueducto exterior.

En el diseño se muestra una red de acueducto con diámetro de 4", la cual se conecta a las redes principales en las carreras 72 y 70 con tubería de 8", el plano de este sistema se encuentra en el anexo B.

El diseño comprende la ubicación de 2 hidrantes, uno en la cll13a y otro en la cll 13<sup>a</sup>1. Para esta primera etapa del proyecto, se ha decidido únicamente instalar los tramos de tubería correspondientes a la cra. 72 y cll. 13<sup>a</sup>1.

### 8.2.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES RED DE ACUEDUCTO EXTERIOR

Se noto que en el cronograma general no aparecían especificadas las actividades correspondientes a la instalación de acueducto exterior, por tal razón ajuste un cronograma con base a la información proporcionada por los trabajadores de la obra y experiencias anteriores obtenidas por el arquitecto Jaime Saavedra director de obra.

Las actividades se dividieron en dos etapas, la primera corresponde a la instalación del tramo correspondiente a la cll 13<sup>a</sup>1 y la segunda al tramo correspondiente a la cra 72 y empalmes con la red principal.

Esta actividad se realizo con una cuadrilla de 7 personas distribuidas de la siguiente manera.

- 1 Supervisor
- 1 Maestro de obra
- 6 Ayudantes

En el cuadro 24 se muestra el cronograma efectuado para la instalación del acueducto exterior del proyecto torre mistral.

<b>CUADRO DE CONTROL DE FECHAS RED EXTERNA DE ACUEDUCTO</b>					
OBRA: TORRES MISTRAL					
INSPECTOR: Alonso Villacís Aguilera					
Actividad	FECHAS PROGRAMADAS		FECHAS REALES		Rendimiento
	Iniciación	Finalización	Iniciación	Finalización	
<b>cil 13<sup>a</sup>1</b>					
Excavación a mano	12/12/2008	17/12/2008	12/12/2008	17/12/2008	1.95 m <sup>3</sup> /h
Colocación lecho de filtro	17/12/2008	17/12/2008	17/12/2008	17/12/2008	8.87 m <sup>2</sup> /h
instalación de tubería y accesorios	18/12/2008	18/12/2008	18/12/2008	18/12/2008	17.75 ml/h
relleno y compactación	19/12/2008	20/12/2008	19/12/2008	20/12/2008	4.88 m <sup>3</sup> /h
<b>cra 72</b>					
Excavación a mano	18/02/2009	23/02/2009	18/02/2009	23/02/2009	1.71 m <sup>3</sup> /h
Colocación lecho de filtro	23/02/2009	23/02/2009	23/02/2009	23/02/2009	7.78 m <sup>2</sup> /h
instalación de tubería y accesorios	24/02/2009	24/02/2009	24/02/2009	24/02/2009	15.56 ml/h
relleno y compactación	25/02/2009	26/02/2009	25/02/2009	26/02/2009	4.28 m <sup>3</sup> /h
conexión red principal existente	16/03/2009	23/03/2009	16/03/2009	23/03/2009	---
revisión de interventoría EMCALI	25/03/2009	25/03/2009			---

Cuadro 24. Cronograma de actividades de la red externa de acueducto.

### 8.2.3 DESCRIPCION DE MATERIALES Y EQUIPO PARA LA INSTALACION DE ACUEDUCTO

En relación con las características de los materiales referentes que conforman las tuberías de conducción y las ventajas y desventajas se muestran en la tabla b.6.15, RAS-2000, generalmente deben tenerse en cuenta factores como resistencia a la agresividad del suelo, tipos de uniones, resistencias a los esfuerzos mecánicos tanto internos como externos, las características de comportamiento hidráulico y vida útil del proyecto.

En el cuadro 25 se muestran los materiales usados para la instalación de acueducto, así como sus especificaciones.

<b>Materiales utilizados red externa de acueducto</b>			
<b>Material</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Proveedor y/o fabricante</b>	<b>Especificaciones</b>
Tubería PVC	4"	Genfor, La casa del bombillo Nº 3 Pereira	NTC 2536,369,382
accesorios	Para 4" y 6 "	Genfor, La casa del bombillo Nº 3 Pereira	NTC 382
Arena de lecho	Arena gruesa*	mina truck	No especificado

Cuadro 25. Materiales utilizados en la instalación de acueducto

\*Para el lecho de arena de la tubería de acueducto, se utilizo el mismo tipo arena usada en la fundición de concreto.

### **Equipo Utilizado**

En el cuadro 26, se presenta el equipo utilizado para llevar a cabo la instalación de tubería de acueducto.

<b>Equipo Utilizado Acueducto</b>
Mini cargador CASE 1850C 57Hp
Buggies
Herramienta menor

Cuadro 26. Equipo para instalación de acueducto.

### **Almacenamiento de materiales**

Se mantuvo la tubería alejada de la intemperie por periodos de tiempo prolongados ya que los rayos ultravioleta (U.V.) afectan las propiedades del PVC, volviéndolos frágiles y vulnerables al impacto, se tuvo en cuenta que las tuberías estuvieran soportadas sobre toda su extensión y libre de incrustaciones o elementos que puedan llegar a rayar o fracturar la tubería, la campana de la tubería siempre se conservó libre de apoyo para no ocasionar deformaciones.

El sitio de almacenamiento de esta tubería se realizo en el interior del primer piso del edificio.

## **8.2.4 PROCESO CONSTRUCTIVO**

### **Localización**

La localización se realizo de acuerdo al plano de diseño, el cual indicaba que la red de tubería rodeaba el proyecto a una profundidad de 1.10 m, a 1.7m del paramento exterior.

Para localizar el eje de la tubería, se utilizo como referencia el paramento lateral del edificio el cual ya estaba construido, posteriormente se corrió 1.7 m. hacia el exterior del mismo y se clavaron estacas cada 20m, luego se amarro con hilo las cabezas de las estacas y se marco con cal, esto sirvió de guía para que los excavadores excavaran exactamente sobre el eje.

### **Excavación**

Se realizó la excavación de forma manual hasta una profundidad de 1.25 m. Para poder colocar posteriormente un lecho de arena de 15cm como se puede observar en la figura 38.



Figura 38. Excavación para tubería de acueducto exterior.

El suelo que se presentaba en este sector indicado en un estudio de suelos es un CL con capa vegetal y algunos escombros de construcción.

Se mantuvo un nivel aproximado de profundidad con manguera de nivel, lo importante en este tipo de excavaciones es tratar de brindar siempre una superficie estable y regular a la tubería. Para la elaboración de la zanja no se aseguraron las paredes con entibados debido a que el suelo presentaba una buena cohesión.

Se conservó un ancho mínimo de zanja de 45 cm, la cual fue suficiente para realizar las actividades necesarias.

### **Limpieza de la superficie de fondo**

En esta etapa se emparejó el suelo con pala para dar una superficie uniforme para luego colocar el filtro de arena y la tubería, no se realizó ningún tipo de compactación debido a esta profundidad el suelo se encontraba firme.

Para saber si el suelo de fondo tenía una buena compactación, el método de inspección que se usó fue colocar un balde lleno de agua en la zanja que está excavando, y con un pisón golpear bruscamente el terreno, alrededor del balde.

Si el terreno es compacto y duro, el agua permanecerá inmóvil, si el terreno es poco consistente el agua se agitará por la vibración que le comunica el terreno.

De todas formas, la tubería está ubicada sobre una zona verde y por esta razón no se aplicaron sobrecargas al suelo que en algún momento puedan dañar la tubería.

### **Colocación de lecho de arena**

Se colocó un lecho en arena gruesa de 15 cm, este tiene como objetivo dar una superficie uniforme a la tubería con el fin de aislarla de esfuerzos de flexión que puedan generarse por no tener apoyo continuo, la arena tuvo que ser acarreada desde el interior de la obra

con ayuda de un mini cargador, este lecho no fue compactado y no se tuvo ningún criterio sobre la densidad requerida para la arena.

### **Instalación de tubería y accesorios**

Se instalo la tubería de acueducto tal y como se especifica en el diseño con sus respectivos accesorios, la tubería utilizada es de unión mecánica, y su acople se realiza mediante campanas no soldadas, se ensambla por empuje mediante un empaque continuo, flexible de material elastomérico como se observa en la figura 39.



Figura 39. Tubería a presión de unión mecánica.

La principal ventaja de esta tubería, es que su fácil ensamble permite un mayor rendimiento.

El empate con la red principal se realizo por medio de un ingeniero contratista independiente Carlos Quezada y empleados capacitados de EMCALI.

### **Relleno y compactación**

Se relleno y compacto la zanja con material de sitio, la compactación se realizo con rana cada 30cm, no se tuvo ninguna especificación sobre la densidad a la cual se tenía que llegar, la compactación se realizo hasta que no se percibió a la vista alguna disminución de volumen en el material. Se tuvo en cuenta en todo momento de no vaciar en la zanga materiales que puedan generar algún esfuerzo punzante en la tubería.

### **Ensayos de presión**

Se realizo una prueba de presión hidrostática en la red para verificar su correcta instalación y prevenir futuras fugas de presión esta prueba la realiza interventoría de EMCALI con personal de su empresa.

### 8.2.5 CHEQUEOS EN INSTALACION RED EXTERNA DE ACUEDUCTO

A continuación se mencionan los criterios tenidos en cuenta para los controles llevados a cabo en la instalación de este acueducto.

#### **Correcto almacenamiento**

Esta verificación consiste en garantizar las condiciones mínimas exigidas por el fabricante para evitar posibles deterioros o fallos en la tubería debido a un almacenamiento inadecuado, el fabricante recomienda que la tubería este soportada en bloques de madera a una distancia no menor a 1.5 m entre apoyos, no deben apilarse alturas mayores a 1.5 m, no debe arrastrarse por el suelo ni arrojarse al suelo, no debe ser golpeada y debe alternarse campanas y espigos como se muestra en la figura 40.



Figura 40. Almacenamiento de tubería a presión.

#### **Verificar que la tubería y accesorios sean iguales a los indicados por el diseñador**

Consiste en verificar que la tubería y los accesorios entregados en obra, cumplan con las normas y especificaciones indicadas por el diseñador, es decir que la tubería debe tener un certificado de calidad (NTC) y sus diámetros deben corresponder a los exigidos.

#### **Limpieza de tubería y accesorios**

Se verificó que se mantuviera la tubería limpia hasta su instalación. Se evitó que se instalara la tubería sin seccionarse de posibles obstrucciones o contaminaciones en la red.

#### **Alineamientos y pendientes de diseño**

Consistió en verificar la correcta localización de la excavación de la tubería con respecto a su ubicación y profundidad, la tubería fue instalada de acuerdo a las indicaciones de los planos en cuanto a su posición.

#### **Suelos nocivos para la tubería:**

Durante la instalación de la tubería se tuvo en cuenta, que la tubería no quede sometida a esfuerzos punzonantes o sobre suelo inestable que pudiera generar daños a futuro.

**Correcto empalme entre tuberías y accesorios.**

Esta verificación consistió en garantizar que el personal encargado del ensamble de la tubería, siguiera las recomendaciones especificadas en el manual del fabricante, a pesar de que este tipo de tubería es fácil de ensamblar, se debe tener en cuenta que muchas veces que el personal puede no estar capacitado para esa labor específica.

A continuación en el cuadro 27. Se indica el resumen de los chequeos llevados a cabo en la instalación de la tubería de acueducto.

<b>CHEQUEOS EN INSTALACION DE RED DE ACUEDUCTO EXERNO</b>			
OBRA: TORRES MISTRAL			
INSPECTOR: Alonso Villacís Aguilera			
<b>CONTROLES</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Correcto almacenamiento	x		
Tubería igual a la indicada por diseñador	x		
Limpieza de tubería y accesorios	x		
Alineamientos y pendientes de diseño	x		
Suelos nocivos para la tubería	x		
Correcto empalme entre tuberías y accesorios	x		

Cuadro 27. Chequeos en la instalación del sistema de acueducto

## 8.3 SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO EXTERIOR

### 8.3.1 DISEÑO

El diseño de las redes externas de alcantarillado fue realizado por el ingeniero Guillermo Moreno Becerra, y comprende la instalación de tubería sanitaria y pluvial las cuales funcionan en un sistema independiente alrededor del lote del proyecto lo cual se esquematiza en la figura 41.

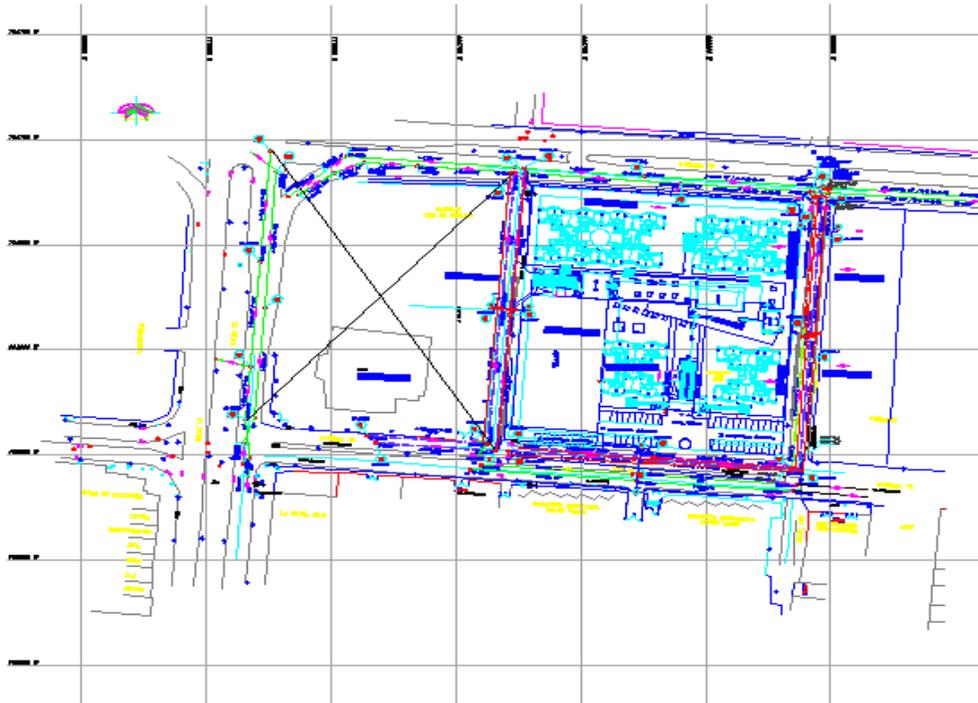


Figura 41. Redes de alcantarillado exterior.

La red de alcantarillado separado sobre la carrera 70 recibirá las descargas de aguas residuales de las redes secundarias que se diseñaron para la unidad residencial, Estas redes secundarias se diseñaron con base a los datos básicos expedidos por EMCALI mediante el oficio N° 311-DI-pd-258-07 del 31 de mayo del 2007.

La tubería para alcantarillado sugerida por el diseñador e instalada es tubería corrugada de pared interna lisa de unión mecánica para aguas residuales.

Los parámetros generales de diseño para el alcantarillado sanitario se definen a continuación:

Caudal de diseño = Q

$Q = Q_{MH} + Q_i + Q_{ce}$

$Q_{MH}$  = Caudal máximo horario

$Q_i$  = Caudal de infiltración

$Q_{ce}$  = Caudal por conexiones erradas  
 $Q_{MH} = F \times Q_m$   
 $F =$  Factor de relación =  $2.3/Q_m^{0.062}$   
 $Q_m =$  Producción media diaria  
Producción media de aguas residuales = 0.66 l/s/Ha  
 $Q_i = 0.18$  l/s/Ha  
 $Q_{ce} = 0.10$  l/s/Ha  
Diámetro mínimo = 8"  
Velocidad mínima recomendada a conducto lleno:  
Dos primeros tramos = 0.75 m/s  
Tramos siguientes = 0.6 m/s  
Velocidad máxima de diseño = 6m/s

Los parámetros generales de diseño para el alcantarillado pluvial se definen a continuación:

Caudal de aguas lluvias =  $C \times I \times A$ , Método racional para áreas urbanas menores de 200 Ha.

La intensidad se calculo de acuerdo con la siguiente expresión para la ciudad de Cali  
 $I = 401048.16 T_r^{-0.204518} / (t + 70.25)^{1.95} \times 1/0.36$

Las redes de alcantarillado pluvial se diseñaron adoptándose un periodo de retorno de tres (3) años.

Coeficiente de escorrentía = 0.8

Caudal de infiltración = 0.18 l/s/Ha

Diámetro mínimo = 10"

Velocidad mínima a conducto lleno = 0.75 m/s

Velocidad máxima a tubo lleno = 5 m/s

Tiempo de concentración para tramos iniciales = 6 minutos.

### Modificaciones en el diseño

Una de las observaciones importantes que se encontró al estudiar el diseño de esta red, es que las cámaras de inspección previas al empalme con las redes principales sobre la carrera 70, se encontraban diseñadas sobre el pavimento como se esquematiza en la siguiente figura 42.

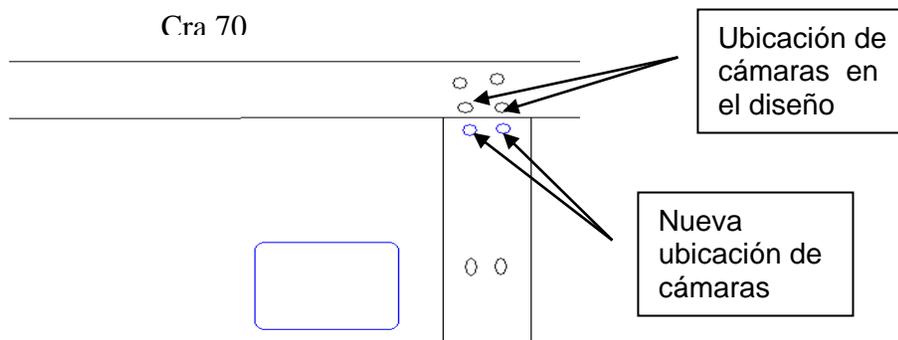


Figura 42. Esquema de ubicación de cámaras de inspección de alcantarillado.

Se discutió sobre la necesidad de cambiar la ubicación de estas cámaras debido a que su instalación implicaba intervenir la cra 70 por un lapso de tiempo mayor, lo cual no era necesario y dificultaba el proceso para adquirir los permisos y pólizas necesarias para realizar esta actividad.

Por lo anterior, se cambio la ubicación de las cámaras a la cll 13<sup>a</sup>1, como se esquematiza en la figura 42.

### 8.3.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES RED DE ALCANTARILLADO EXTERIOR

Al analizar el cronograma general de obra, se noto que tanto las fechas programadas como su duración no correspondían a las fechas actuales ni al personal con el que se contaba para realizar esta actividad, así que hubo la necesidad de establecer un nuevo cronograma y metodología, trabajo que me fue asignado, el cual se realizo con base a experiencias anteriores del personal encargado de esta actividad, la asesoría del arquitecto Jaime Saavedra y el rendimiento promedio de la máquina de excavación.

Este cronograma divide en 2 tramos el alcantarillado pluvial y en 2 tramos el alcantarillado sanitario, esto se debe a su ubicación y disponibilidad de maquinaria.

En el cuadro 28 se indica el cronograma efectuado para la instalación del alcantarillado pluvial de la cll 13<sup>a</sup>1.

<b>CUADRO DE CONTROL DE FECHAS RED EXTERNA DE ALCANTARILLADO</b>					
OBRA: TORRES MISTRAL					
INSPECTOR: Alonso Villacís Aguilera					
Actividad	FECHAS PROGRAMADAS		FECHAS REALES		Rendimiento
	Iniciación	Finalización	Iniciación	Finalización	
<b>Pluvial cll 13a1</b>					
Localización	06/01/2009	07/01/2009	06/01/2009	07/01/2009	29ml/h
Excavación de eje	08/01/2009	14/01/2009	08/01/2009	14/01/2009	5.3m3/h
Excavación de cámaras	15/01/2009	16/01/2009	15/01/2009	16/01/2009	1.17 m3/h
Colocación de lecho de filtro, nivelación	15/01/2009	17/01/2009	15/01/2009	17/01/2009	7ml/h
Instalación de tuberías y rectificación de nivelación	19/01/2009	22/01/2009	19/01/2009	24/01/2009	3.18ml/h
Fundición de cámaras de inspección	26/01/2009	29/01/2009	26/01/2009	29/01/2009	0.59m3/h
Entrega a interventoría de EMCALI	26/01/2009	26/01/2009	26/01/2009	26/01/2009	140ml/h

Relleno y compactación material importado	26/01/2009	26/01/2009	26/01/2009	26/01/2009	3.125m3/h
Relleno y compactación material de sitio seleccionado	27/01/2009	30/01/2009	27/01/2009	30/01/2009	8.4m3/h
Armado y fundición de losas y tapas para cámaras de inspección	15/01/2009	25/01/2009	15/01/2009	25/01/2009	0.21m3/h

Cuadro 28. Cronograma de instalación alcantarillado pluvial cll 13<sup>a</sup>1

En el cuadro 29 se indica el cronograma efectuado para la instalación del alcantarillado sanitario de la cll 13<sup>a</sup>1.

<b>CUADRO DE CONTROL DE FECHAS RED EXTERNA DE ALCANTARILLADO</b>					
OBRA: TORRES MISTRAL					
INSPECTOR: Alonso Villacís Aguilera					
Actividad	FECHAS PROGRAMADAS		FECHAS REALES		Rendimiento
	Iniciación	Finalización	Iniciación	Finalización	
<b>Sanitario cll 13a1</b>					
Localización	06/01/2009	07/01/2009	06/01/2009	07/01/2009	29ml/h
Excavación de eje	09/02/2009	16/02/2009	09/02/2009	16/02/2009	5.91m3/h
Excavación de cámaras	16/02/2009	18/02/2009	16/02/2009	18/02/2009	1.18m3/h
Colocación de lecho de filtro, nivelación	18/02/2009	20/02/2009	18/02/2009	20/02/2009	8.1ml/h
Instalación de tuberías y rectificación de nivelación	20/02/2009	23/02/2009	20/02/2009	23/02/2009	6.5 ml/h
Fundición de cámaras de inspección	25/02/2009	29/02/2009	25/02/2009	29/02/2009	0.59m3/h
Entrega a interventoría de EMCALI	23/02/2009	23/02/2009	23/02/2009	23/02/2009	130ml/h
Relleno y compactación material importado	23/02/2009	23/02/2009	23/02/2009	23/02/2009	2.86m3/h
Relleno y compactación material de sitio seleccionado	24/02/2009	02/03/2009	24/02/2009	02/03/2009	3.29m3/h
Armado y fundición de losas y tapas para cámaras de inspección	15/01/2009	25/01/2009	15/01/2009	25/01/2009	0.21m3/h

Cuadro 29. Cronograma de instalación alcantarillado sanitario cll 13<sup>a</sup>1

En el cuadro 30 se indica el cronograma efectuado para la instalación del alcantarillado pluvial de la cra 72.

<b>CUADRO DE CONTROL DE FECHAS RED EXTERNA DE ALCANTARILLADO</b>					
OBRA: TORRES MISTRAL					
INSPECTOR: Alonso Villacís Aguilera					
Actividad	FECHAS PROGRAMADAS		FECHAS REALES		Rendimiento
	Iniciación	Finalización	Iniciación	Finalización	
<b>Pluvial cra 72</b>					
Localización	06/01/2009	07/01/2009	06/01/2009	07/01/2009	29ml/h
Excavación de eje	08/01/2009	14/01/2009	08/01/2009	14/01/2009	4.1m3/h
Excavación de cámaras	15/01/2009	16/01/2009	15/01/2009	16/01/2009	1.17 m3/h
Colocación de lecho de filtro, nivelación	15/01/2009	17/01/2009	15/01/2009	17/01/2009	6.68ml/h
Instalación de tuberías y rectificación de nivelación	19/01/2009	22/01/2009	19/01/2009	24/01/2009	2.43 ml/h
Fundición de cámaras de inspección	26/01/2009	29/01/2009	26/01/2009	29/01/2009	0.23m3/h
Entrega a interventoría de EMCALI	26/01/2009	26/01/2009	26/01/2009	26/01/2009	107ml/h
Relleno y compactación material importado	26/01/2009	26/01/2009	26/01/2009	26/01/2009	2.35m3/h
Relleno y compactación material de sitio seleccionado	27/01/2009	30/01/2009	27/01/2009	30/01/2009	6.1m3/h
Armado y fundición de losas y tapas para cámaras de inspección	15/01/2009	25/01/2009	15/01/2009	25/01/2009	0.21m3/h

Cuadro 30. Cronograma de instalación alcantarillado pluvial cra 72.

En el cuadro 31 se indica el cronograma efectuado para la instalación del alcantarillado sanitario de la cra 72.

<b>CUADRO DE CONTROL DE FECHAS RED EXTERNA DE ALCANTARILLADO</b>					
OBRA: TORRES MISTRAL					
INSPECTOR: Alonso Villacís Aguilera					
ACTIVIDAD	FECHAS PROGRAMADAS		FECHAS REALES		Rendimiento
	Iniciación	Finalización	Iniciación	Finalización	
<b>Sanitario cra 72</b>					
Localización	06/01/2009	07/01/2009	06/01/2009	07/01/2009	29ml/h
Excavación de eje	09/02/2009	16/02/2009	09/02/2009	16/02/2009	3.21 m3/h
Excavación de cámaras	16/02/2009	18/02/2009	16/02/2009	18/02/2009	1.18m3/h
Colocación de lecho de filtro, nivelación	18/02/2009	20/02/2009	18/02/2009	20/02/2009	1.57m3/h
Instalación de tuberías y rectificación de nivelación	20/01/2009	23/01/2009	20/01/2009	23/01/2009	5.5 ml/h
Fundición de cámaras de inspección	25/02/2009	29/01/2009	25/02/2009	29/01/2009	0.23m3/h
Entrega a interventoría de EMCALI	23/02/2009	23/02/2009	23/02/2009	23/02/2009	110ml/h
Relleno y compactación material importado	23/02/2009	24/02/2009	23/02/2009	24/02/2009	1.21m3/h
Relleno y compactación material de sitio seleccionado	24/01/2009	02/03/2009	24/01/2009	02/03/2009	3.11m3/h
Armado y fundición de losas y tapas para cámaras de inspección	15/01/2009	25/01/2009	15/01/2009	25/01/2009	0.21m3/h

Cuadro 31. Cronograma de instalación alcantarillado sanitario cra 72.

### 8.3.3 DESCRIPCION DE MATERIAL Y EQUIPO

#### **Materiales utilizados en la instalación de alcantarillado**

Existen 2 tipos de materiales a manejar en esta actividad, los primeros corresponden a materiales producidos por industrias cuya calidad la certifica el fabricante o proveedor con base a las exigencias de la normatividad vigente en el país, se verifico en estos materiales la cantidad, dimensiones y certificación de las especificaciones, los segundos corresponden a los fabricados en obra, en este caso la fabricación de concretos para cámaras de inspección y losas de cámaras.

En el cuadro 32 se indican los materiales utilizados en esta actividad así como su proveedor y las especificaciones exigidas de acuerdo a la norma.

<b>Materiales tipo 1 red externa de acueducto</b>			
<b>Material</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Proveedor y/o fabricante</b>	<b>Especificaciones</b>
Tubería PVC	8", 12", 16"	Genfor alcantarillado corrugado, La casa del bombillo N° 3 Pereira	NTC 3722-1
Material importado Roca muerta		Mina Truck	INV E-220
Concreto	3000 PSI	Preparado en obra	----
Grava de filtro	Agregado grueso ½"	mina truck	----

Cuadro 32. Materiales utilizados en la instalación de alcantarillados proyecto Torre Mistral

### Equipo Utilizado

En el cuadro 33. Se indica el equipo utilizado en la instalación de la red de alcantarillado del proyecto Torres Mistral.

<b>Equipo Utilizado Alcantarillado</b>	<b>Proveedor</b>
Excavadora mecánica John Deere E410 cucharón de 0.21 m3	Ingeniero Jorge Parada
Equipo de Topografía	Equipo de la empresa
Mini cargador Case 1850 57Hp y accesorio de excavación	Equipo de la empresa
Volqueta capacidad 7m3	Equipo de la empresa
Formaleta Cámara tipo B	Equicol L.T.D.A.
Compactador Saltarín	Equicol L.T.D.A.
Compactador Rana	Equipo de la empresa
Herramienta menor	

Cuadro 33. Equipo utilizado en la instalación de alcantarillados,

### Almacenamiento de materiales

Se mantuvo el mismo criterio de almacenamiento de tubería de acueducto explicado en el numeral anterior.

### 8.3.4 PROCESO CONSTRUCTIVO ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO

Para la construcción de las redes de alcantarillado exteriores, se tuvieron en cuenta todas las recomendaciones encontradas en las normas RAS y norma EMCALI.

### Localización

Se localizaron los ejes correspondientes a los tramos de alcantarillados pluviales y sanitarios de acuerdo al diseño en el plano, se marcaron niveletas cada 5 m. y se marco el centro de la excavación con cal con el fin de dar una guía clara para el operador de la excavadora.

La localización y la nivelación se realizo con equipo topográfico, con base a las coordenadas indicadas en los planos aprobados por EMCALI. En la figura 42 se puede observar la manera como se marcó el eje de excavación.



Figura 42. Trazado de eje para excavación de alcantarillado.

### **Excavación de ejes y cámaras de inspección**

Para la excavación de las zanjas, se disponía de un eje marcado con cal durante todo el tramo, la profundidad de excavación se encontraba marcada cada 5 m. en estacas laterales, pero debido a la precisión en la excavación que se requería, fue necesario disponer de un nivel de precisión constantemente para poder verificar su profundidad con respecto a diseño.

El proceso de verificación de profundidad en las zanjas consistió en realizar las lecturas de cotas con ayuda de una mira y nivel, para luego compararlas con las lecturas teóricas que se indicaban en la cartera.

La excavación de la zanja se realizó a 15 cm por debajo de las cotas de batea de la red con el fin de darle espacio al lecho de grava sobre el cual se apoyó la tubería.

Debido a la buena cohesión observada en el suelo, no se considero realizar ningún tipo de entibado para evitar derrumbamientos, el tipo de suelo a excavar consistía en un suelo limo arcilloso CH y durante la instalación de alcantarillado no se observo ningún derrumbamiento.

Con relación a la profundidad, fue muy importante excavar con la mayor precisión posible debido a que el tipo de maquinaria que se empleo no podía regresarse a realizar una nueva excavación y cualquier error se debía corregir con herramienta menor.

La excavación sobre la cll 13ª se realizó con la retroexcavadora y para la cra 72. Se hizo con el accesorio excavador del mini cargador de la empresa.

En la figura 43 se puede observar la excavación realizada para el alcantarillado pluvial de la cra 13ª, también se observa que no se realizó ningún tipo de protección contra derrumbes.



Figura 43. Excavación alcantarillado pluvial cll 13ª1.

### **Limpieza y compactación**

Se limpio el fondo de la zanja y se compacto con rana hasta darle al fondo una superficie con pendiente en lo posible uniforme para la colocación del lecho de grava como lo indicaban las especificaciones.

La compactación sobre esta superficie no fue tema de preocupación en esta actividad ya que el suelo a esta profundidad se puede considerar compacto debido a la presión de aproximadamente 2.5m de suelo.

En la figura 44 se observa la zanja de alcantarillado posterior a su limpieza.



Figura 44. Limpieza de excavación alcantarillado pluvial cll 13ª1.

### **Colocación de lecho de filtro, nivelación**

Con la ayuda del nivel de precisión, se extendió una cuerda de nylon la cual marcaba el nivel de lecho de filtro, el cual se extendió a todos los tramos. El lecho de grava cubre la tubería hasta la mitad de la tubería como se muestra en la figura 45.

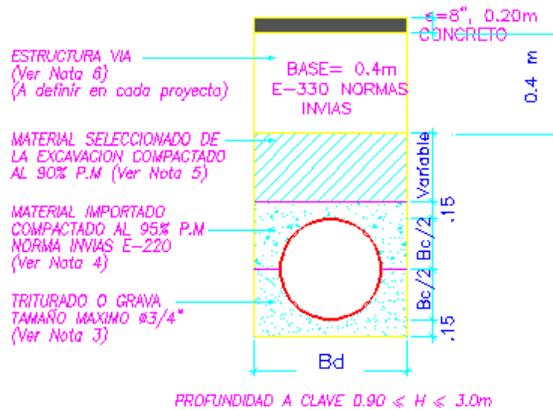


Figura 45. Detalle de cimentación de alcantarillado.

En la figura 46, se muestra la colocación de lecho de grava en la zanja de alcantarillado.



Figura 46. Colocación de lecho de filtro.

La función de este lecho de grava no solo es garantizar un apoyo continuo durante el entramado de la tubería para evitar posibles deflexiones y esfuerzos no contemplados, si no que a su vez este permite una mayor facilidad de evacuación de aguas de filtración en el suelo, evitando así posibles levantamientos de la tubería debidos a la presión de aguas freáticas.

### Instalación de tuberías y rectificación de nivelación

Se instalo la tubería en cada tramo con las cotas bateas correspondientes al diseño, al igual que su chequeo de nivel de campana a campana e intermedios, se siguió la metodología de instalación para tubería de alcantarillado corrugado genfor ubicando la campana de la tubería aguas arriba.

En la figura 47 se puede observar un el tramo de tubería pluvial instalado en la cll 13ª1.



Figura 47. Instalación tubería alcantarillado pluvial cli 13<sup>a</sup>1.

#### **Entrega a interventoría de EMCALI**

Se entregaron todos los tramos al ingeniero topógrafo interventor de EMCALI en donde se rectificó la correcta colocación de las redes de alcantarillado y se entregaron las carteras de nivelación.

#### **Relleno y compactación material importado**

Se hizo un relleno hasta una altura de 15 cm por encima de la tubería con material importado tipo roca muerta, especificado en el diseño.

Este material no fue compactado hasta verter la primera capa del relleno con material de sitio para no ocasionar daños en la tubería.

#### **Relleno y compactación material de sitio seleccionado**

Se relleno por capas aproximadamente de 30 cm, para los tramos de la cra 13<sup>a</sup>1, se relleno con un material importado de una obra vecina ya que el material de sitio presentaba mucha contaminación, el material de remplazo consistió en un limo CL, el cual se compacto a una densidad aproximada al 90% PM.

No se realizo ningún chequeo de densidad, se considero el material compactado cuando no se observaba ya ninguna disminución de volumen a medida que se pasaba el equipo compactador (Saltarín), en la figura 48 se muestra el proceso de compactación en las zanjas de alcantarillado.



Figura 48. Compactación de zanjas de alcantarillado.

### Fundición de cámaras de inspección

Se fundieron las cámaras de inspección, previamente se hizo el solado y la losa de cimentación, las cámaras tipo B se fabricaron con concreto 3000 PSI y las losas superiores con concreto 4000 PSI, los materiales y las dosificaciones usadas fueron las mismas que se usaron para la estructura de parqueadero.

Las cámaras tipo B son cámaras con dimensiones estandarizadas por la norma EMCALI y especificadas por los diseñadores de este tipo de redes para la ciudad de Cali, en la figura 49 se esquematiza este tipo de cámaras.

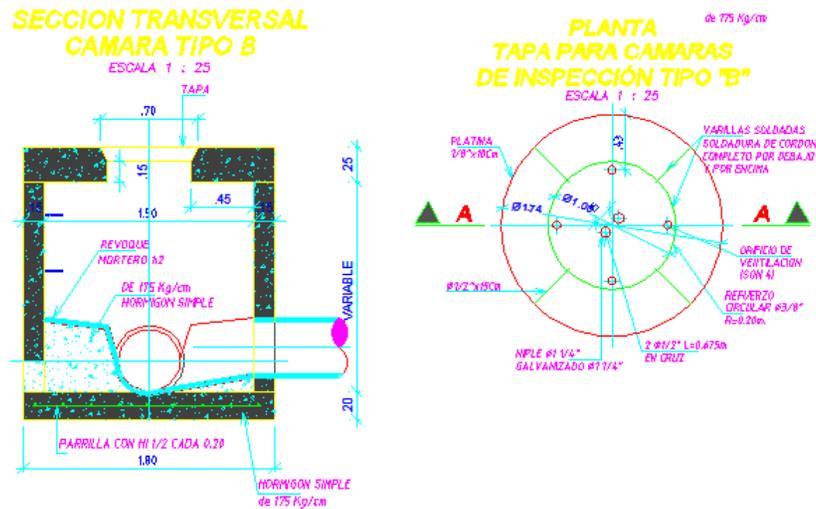


Figura 49. Cámara tipo B EMCALI.

El primer paso para la fundición de estas cámaras es fundir un pequeño solado de limpieza de 5 cm, posteriormente se armo una parrilla inferior con acero de 1/2" cada 20 cm, dejando unos pelos para la fundición del cilindro de aproximadamente 30cm como se esquematiza en la figura 50.



Figura 50. Losa inferior cámara de inspección tipo B alcantarillado pluvial cll 13ª1.

Finalmente se fundieron los cilindros de las cámaras, esto se realizó por tramos y no se uso la totalidad del anillo exterior de la formaleta, ya que se procuro hacer la excavación de tal manera que el suelo para esto como se indica en la figura 51.



Figura 51. Cámara de inspección tipo B alcantarillado Sanitario cll 13<sup>a</sup>.

Se fundieron los anillos de las cámaras hasta una cota de 25 cm. inferior de la cota de rasante de la vía para posteriormente ubicar las losas superiores con sus respectivas tapas.

#### **Fundición de losas superiores para cámaras de inspección**

Se fundieron las losas superiores con concreto 4000 PSI, usando los materiales y las dosificaciones indicadas para la estructura de parqueadero, esta labor se realizo dentro de la obra para posteriormente colocar las tapas sobre los cilindros de las cámara. En la figura 52 se muestran las losas fundidas en la obra.



Figura 52. Fundición de losas superiores para cámaras de inspección.

### **8.3.5 CHEQUEOS EN INSTALACION RED EXTERNA DE ALCANTARILLADO**

Como se ha mencionado a mencionado es de gran importancia poder controlar de alguna manera la construcción de cada una de las actividades llevadas a cabo con el fin de satisfacer las necesidades de manera precisa para las cuales fue construida.

A continuación se explican los criterios tenidos en cuenta para el control en el control en la instalación de este alcantarillado.

#### **Distancias mínimas entre alcantarillados y otras redes**

Esta verificación consiste en procurar mantener las distancias mínimas durante la construcción de las redes de alcantarillado con intersecciones con otras redes como son acueductos, gases entre otras, que puedan encontrarse durante su construcción.

#### **Profundidades de diseño**

Consiste en verificar de manera precisa con la ayuda de nivel de precisión, las profundidades de excavación, de lecho de grava y finalmente las cotas claves para las cuales fueron diseñados los diferentes tramos de alcantarillados y poderlos entregar de manera satisfactoria a interventoría de EMCALI.

#### **Drenaje constante**

Debido a que durante la instalación de la red de alcantarillado, las zanjas excavadas corren el riesgo de inundarse por aguas lluvias o de filtraciones, se debe contar con un sistema de drenaje que evite que dichas inundaciones levanten la tubería ya instalada o hagan colapsar las paredes de la excavación.

El sistema de drenaje consistió en una motobomba de 2", la cual solo se utilizó cuando el nivel del agua ascendía más de 15 cm sobre el piso de la excavación.

#### **Material de relleno adecuado y no contaminado**

Este control consistió en no disponer dentro del relleno ningún material contaminado con escombros de construcción o materia orgánica que posteriormente pueda generar hundimientos en la estructura posterior del pavimento, también se verifico la correcta compactación con saltarín en capas de 30cm de espesor aproximadamente, como ya se menciona anteriormente no se realizo ninguna prueba de densidad en laboratorio ni en sitio.

#### **Humedad controlada en materiales de relleno**

Como se ha observado en estudios anteriores en el laboratorio de suelos de la Universidad del Cauca, la humedad es un factor muy importante, en especial para suelos limo arcillosos para una óptima compactación y poder alcanzar la densidad deseada.

Este control consistió en verificar que los materiales no se encuentren saturados y limiten su capacidad de compactarse, desafortunadamente en obra no se pudo contar con ningún equipo ni personal que pudiera encargarse de mantener la humedad del suelo a aproximadamente 20%. El control que se realizo en el material se limito a realizar una inspección visual la cual no garantiza con precisión que dichas condiciones se cumplan.

### **Tubería igual a la indicada por el diseñador**

Consistió en verificar que la tubería instalada tenga los diámetros indicados para cada tramo, así como también debía estar exenta de posibles grietas y deformaciones excesivas causadas por dilatación de la misma.

Se verifico que la tubería tuviera su respectivo sello de calidad ICONTEC.

### **Señalización necesaria**

Este control consiste en verificar que los trabajadores en esta red aíslen a la comunidad que pueda circular por la zona de posibles accidentes que se puedan ocasionar debido a las zanjas y excavaciones realizadas. La norma EMCALI, tiene unas normas en cuanto a señalización que desafortunadamente en la obra no se pudieron cumplir a cabalidad debido a la falta de implementación necesaria, por esta razón este control se limito a mantener aislado con cintas reflectivas las zonas que podían representar algún riesgo como se indica en la figura 53.



Figura 53. Señalización construcción de alcantarillado

### **Nivelación de tubería y chequeo**

Este chequeo consistió en verificar de manera precisa (con tolerancia menor de 5mm)

Las cotas claves de la tubería instalada para poder dar entrega formal a interventoría de EMCALI. Este chequeo se realizo con equipo de nivelación.

### **Cámaras del tipo y localización indicadas en el diseño**

Consistió en verificar que las formaletas de las cámaras recibidas en la obra correspondan a las señaladas en los planos, también se corrobore la ubicación de las excavaciones para fundirlas, también se verifico que la dosificación de la mezcla de concreto se realice de acuerdo al cuadro 8.

En el cuadro 34 se resumen los chequeos realizados en la zanjas durante la instalación de esta red de alcantarillado.

<b>CHEQUEOS EN INSTALACION DE RED DE ALCANTARILLADO EXTERNO</b>			
OBRA: TORRES MISTRAL			
INSPECTOR: Alonso Villacís Aguilera			
<b>CONTROLES EN ZANJAS</b>	SI	NO	OBSERVACIONES
Distancias mínimas entre alcantarillados y otras redes	x		
Profundidades de diseño	x		
Drenaje constante		x	No siempre
Material de relleno adecuado y no contaminado	x		
Humedad controlada de materiales de relleno		x	

Cuadro 34. Resumen de chequeos para zanjas de alcantarillado

En el cuadro 35 se resumen los chequeos realizados durante la instalación de esta red de alcantarillado.

<b>CHEQUEOS EN INSTALACION DE RED DE ALCANTARILLADO EXTERNO</b>			
OBRA: TORRES MISTRAL			
INSPECTOR: Alonso Villacís Aguilera			
<b>CONTROLES EN INSTALACION</b>	SI	NO	OBSERVACIONES
Tubería igual a la indicada por diseñador y norma vigente	x		
Señalización necesaria		x	Se tuvieron precauciones
Nivelación de tubería y chequeo	x		
Cámaras con el diseño indicado en el plano	x		

Cuadro 35. Chequeos en tuberías y cámaras de inspección

## 8.4 SISTEMA DE DRENAJE SOTANO ZONA F

### 8.4.1 DISEÑO

El sistema de drenaje de este sótano consiste en una tubería perforada de 6" y unos ramales de tubería perforada de 4" cubierta por un material de filtro y geotextil, cuya finalidad es mantener el nivel freático debajo de las losas del sótano inferior, además de una red de tubería pluvial de 8" que recibirá aguas de los sumideros de la estructura más cercanos. El diseño se esquematiza en la figura 54.

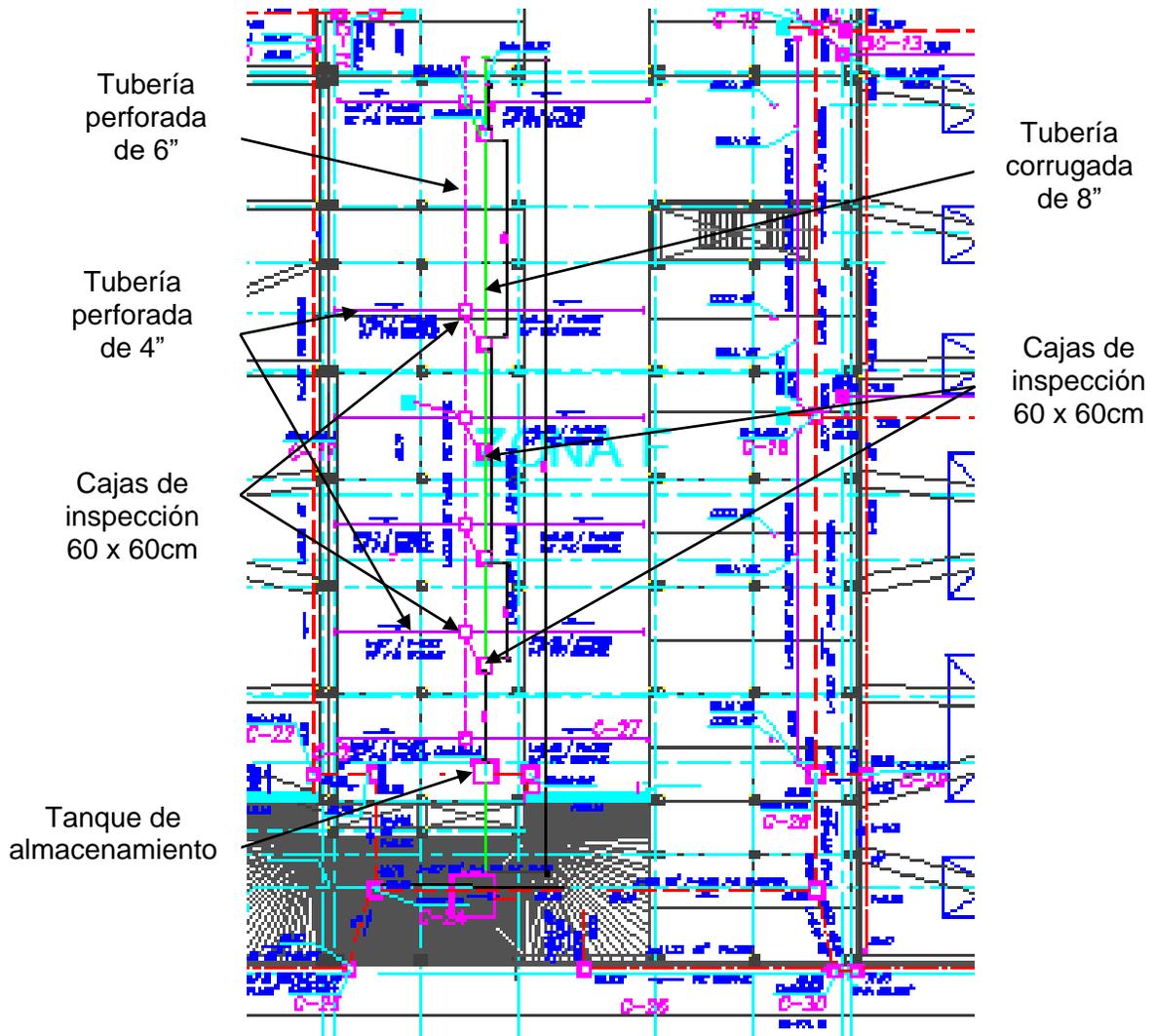


Figura 54. Drenaje Sótano Inferior zona F.

Este drenaje evacua las aguas canalizadas a un tanque de almacenamiento ya construido, para posteriormente ser bombeadas a la red de alcantarillado exterior. Tanto la tubería pluvial como la tubería perforada fue instalada con una pendiente de 0.7%

A pesar de que no se encontró en las memorias de diseño el caudal a evacuar en este sistema de drenaje se ha calculado de acuerdo a la formula de manning la capacidad de las diferentes tuberías instaladas.

En las figuras 55, 56 y 57 se puede observar el análisis de caudal evacuado por las tuberías instaladas en el sistema, para las tuberías perforadas, no se puede pensar en que estas trabajaran a tubo parcialmente lleno debido a las perforaciones superiores.

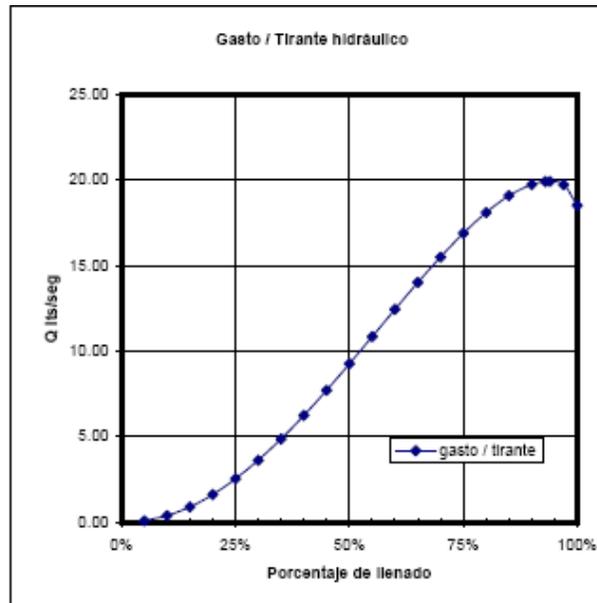


Figura 55. Caudal vs. % de llenado para tubería de 4"

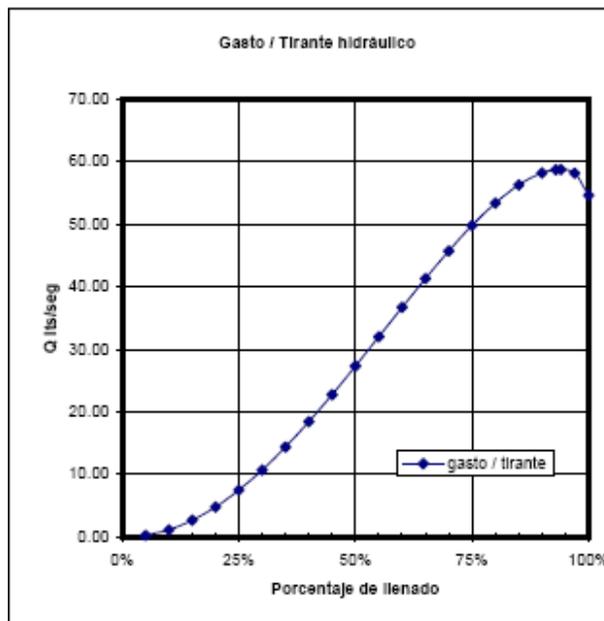


Figura 56. Caudal vs. % de llenado para tubería de 6"

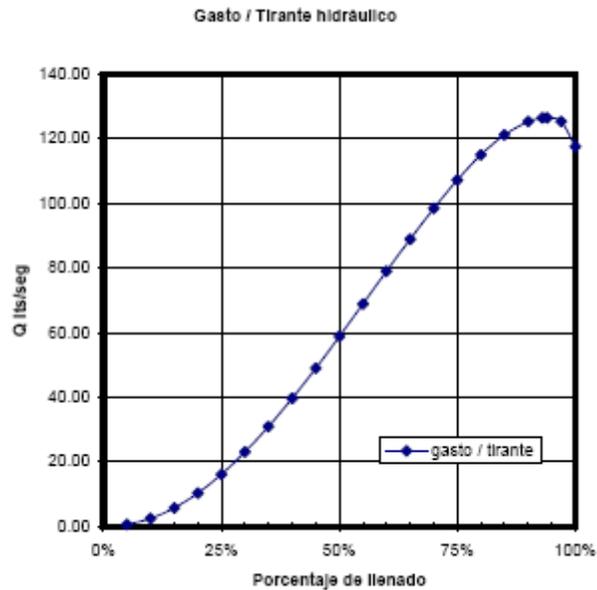


Figura 57. Caudal vs. % de llenado para tubería de 8"

De las anteriores graficas se puede concluir que el caudal máximo que se podría evacuar en la tubería pluvial de 8" es de 50 l/s, para drenar a no más de 50% de llenado del tubo. La tubería de 6" puede drenar un caudal de 29.75 l/s, trabajando al 50% de llenado del tubo, de esto se puede deducir que el sistema puede ser suficiente para evacuar la filtración de esta zona y los sumideros.

#### 8.4.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Al igual que en las anteriores actividades citadas, hubo la necesidad de crear un nuevo cronograma de actividades basado en la experiencia de los trabajadores en este tipo de actividades y la colaboración del arquitecto Jaime Saavedra.

Esta actividad se realizo con una cuadrilla de 6 personas distribuidas de la siguiente manera.

- 1 Supervisor
- 1 Maestro de obra
- 4 Ayudantes

En el cuadro 36 se muestra el cronograma seguido para la instalación de este drenaje.

<b>CUADRO DE CONTROL DE FECHAS RED DRENAJE SOTANO INFERIOR</b>					
OBRA: TORRES MISTRAL					
INSPECTOR: Alonso Villacís Aguilera					
	<b>FECHAS PROGRAMADAS</b>		<b>FECHAS REALES</b>		
<b>Actividad</b>	<b>Iniciación</b>	<b>Finalización</b>	<b>Iniciación</b>	<b>Finalización</b>	<b>Rendimiento</b>
Localización	03/02/2009	03/02/2009	03/02/2009	03/02/2009	60ml/h
Excavación de eje	04/02/2009	07/02/2009	04/02/2009	07/02/2009	1.1m3/h
Excavación de cámaras	07/02/2009	07/02/2009	07/02/2009	07/02/2009	0.275 m3/h
Instalación de Geotextil para tubería perforada	09/02/2009	09/02/2009	09/02/2009	09/02/2009	8.12 ml/h
Colocación de lecho de filtro, nivelación	09/02/2009	12/02/2009	09/02/2009	12/02/2009	6.64 ml/h
Instalación de tuberías y rectificación de nivelación y cerramiento de geotextil	12/02/2009	14/02/209	12/02/2009	14/02/209	6.5 ml/h
Fundición de cámaras de inspección	16/02/2009	19/02/2009	16/02/2009	19/02/2009	0.07m3/h
Tapas para cámaras de inspección	19/02/2009	19/02/2009	19/02/2009	19/02/2009	0.1 m3/h

Cuadro 36. Cronograma seguido para la instalación de drenaje sótano inferior.

### 8.4.3 DESCRIPCION DE MATERIALES Y EQUIPO

#### Materiales Utilizados

En el cuadro 37 se indican los materiales utilizados en esta actividad así como su proveedor y las especificaciones exigidas de acuerdo a la norma.

<b>Materiales red de drenaje sótano inferior</b>			
<b>Material</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Proveedor y/o fabricante</b>	<b>Especificaciones</b>
Tubería PVC de alcantarillado corrugado	6", 4", 8"	Gerfor, La casa del bombillo N° 3 Pereira	NTC 3722-1
Geotextil tejido NT 3000	Para 4" y 6 "	Pavco Cali	ASTM D 4751
Concreto	3000 PSI	Preparado en sitio	---
Grava	Agregado grueso 1/2"	mina truck	---

Cuadro 37. Materiales utilizados para instalación de red de drenaje.

**Nota:** No se conto con tubería perforada, así que se decidió usar una tubería de alcantarillado corrugado en PVC existente la cual se perforo con taladro y broca de 1/4" en la parte superior, separados cada 5 cm en 2 hileras como se muestra en la figura 58.

Las perforaciones se cortaron limpiamente de manera que no se restringiera la entrada de agua a través de ellas. Los tubos no podían estar perforados a menos de 100mm de cada extremo en cada tramo de tubo.

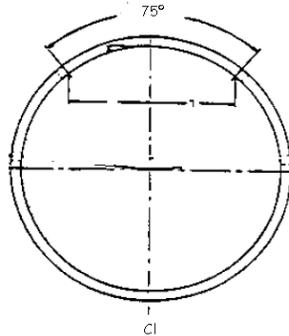


Figura 58. Esquema de perforaciones en tubería de drenaje

### Equipo Utilizado

En el cuadro 38 se resume el equipo utilizado para la instalación de esta tubería.

Equipo Utilizado red de drenaje sótano inferior
Mini cargador CASE 1845C
Compactador tipo rana
Taladro con broca 1/4"
Herramienta menor

Cuadro 38. Equipo para instalación de red de drenaje

### 8.4.4 PROCESO CONSRUCTIVO SISTEMA DE DRENAJE

A continuación se describe el proceso constructivo llevado a cabo para la instalación del drenaje

#### Localización red de drenaje

Se localizaron los ejes para la tubería pluvial y sanitaria de acuerdo al diseño, esto se realizo con plomadas y proyectando las distancias en los ejes existentes de la estructura de parqueadero con el método del triangulo (3, 4, 5), descrito anteriormente.

La nivelación se realizo con nivel de precisión y se tomo como altura de referencia (BM), un punto sobre las vigas centradoras de la cual ya se conocía su cota.

Una vez localizado los ejes con estacas y los puntos de cámara se amarro un hilo de estaca a estaca el cual se utilizo posteriormente para medir la profundidad de excavación.

#### Excavación

Se realizo la excavación en forma manual hasta las profundidades indicadas en los planos con las pendiente (-0.7%), la zanja tenía un ancho aproximado de 45 cm y una profundidad aproximada de 50 cm.

Para la excavación se inicio la excavación de la tubería pluvial y posteriormente para la tubería perforada, luego se realizaron las excavaciones para la tubería perforada ubicada en forma transversal.

La excavación se inicio desde el tanque de almacenamiento, esto debido a generar un drenaje constante en las zanjas que permitieran mantener parcialmente seca la excavación.

### **Limpieza y compactación**

Se proporciono una superficie regular en el fondo de las zanjar con el fin de darle cimentación adecuada a la estructura, la compactación de el fondo se realizo con rana y hasta no observar disminución de volumen en el material, no se realizo ninguna prueba de densidad.

### **Excavación de cámaras**

Se excavo el suelo en el lugar de las cámaras de tal manera que el suelo sirva como formaleta exterior de la misma, las cámaras tienen dimensiones internas de 60cm x 60cm y 10cm de espesor como se indica en la figura 59.

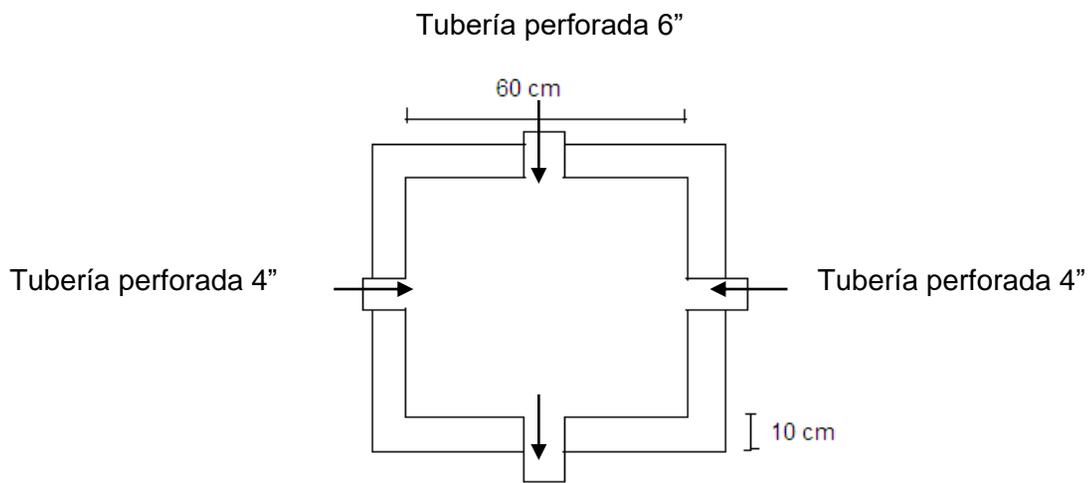


Figura 59. Detalle en planta cámara de drenaje

### **Colocación y nivelación lecho de filtro con geotextil**

Se coloco el lecho de grava sobre el geotextil de acuerdo al diseño teniendo en cuenta su pendiente y cota, el geotextil envuelve el material de filtro como se esquematiza en la figura 60.

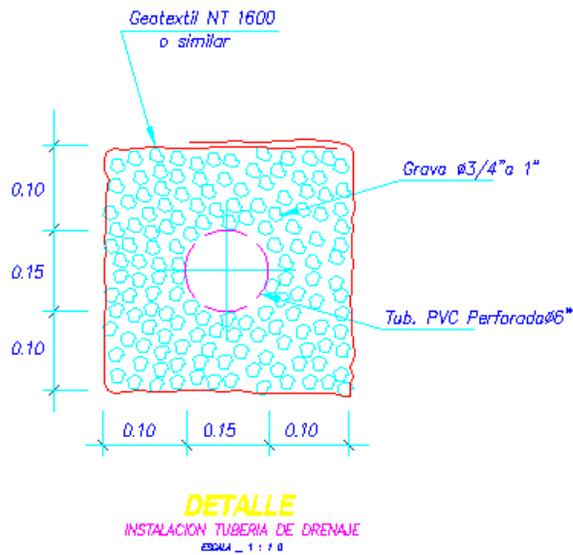


Figura 60. Detalle de instalación tubería de drenaje.

### Instalación de tubería

Se instaló la tubería de acuerdo a los planos de diseño con ayuda de un nivel de precisión para garantizar su correcta colocación en la figura 61 se puede observar un tramo instalado, se tuvieron precauciones similares a las usadas en la instalación de la tubería de alcantarillado exterior.



Figura 61. Drenaje con geotextil sótano inferior zona F.

### Relleno y compactación

Se rellenaron las zanjas con capas de 20 cm. aproximadamente, hasta la superficie de sub rasante para el piso, la compactación se realizó por medio de un compactador tipo saltarín hasta no observar disminución de volumen en el material, para este relleno no se realizó ninguna prueba de densidad, el suelo presente en este sitio correspondía a un limo arcilloso (MH).

### **Fundición cámaras de inspección**

Se fundieron las cámaras de inspección de acuerdo a los diseños con concreto 3000 PSI. Con materiales y dosificaciones similares para la fundición de la estructura de parqueadero como se indicó en el cuadro 8. En la figura 62, se puede observar el sistema de drenaje con sus cámaras terminadas.



Figura 62. Sistema de drenaje sótano inferior zona F.

### **8.4.5 CHEQUEOS EN INSTALACION SISTEMA DE DRENAJE SOTANO INFERIOR**

A continuación se mencionan los criterios tenidos en cuenta para garantizar la correcta instalación de esta red de drenaje.

#### **Tubería igual a la indicada por el diseñador**

Consiste como en los numerales anteriores en verificar que la tubería tenga su certificado de calidad ICONTEC, así como los diámetros instalados deben coincidir con los indicados en el diseño. Además para este sistema se verifico la organización y espaciamiento de las perforaciones con taladro como se indica en la figura 58.

#### **Geotextil adecuado**

Esta verificación consistió en verificar no solo que el geotextil sea de la referencia indicada (nt1600 o superior), si no que su instalación se realice tal y como se especifico anteriormente y se muestra en la figura 59.

El geotextil es de vital importancia para la instalación de tubería perforada, ya que este garantiza la eficiencia y durabilidad del filtro debido a su gran permeabilidad y la capacidad de retener el suelo en el exterior del sistema.

#### **Alineamientos y pendientes de diseño**

Este chequeo consistió en verificar con nivel de precisión el correcto pendientado del sistema, se verificaron las cotas clave de la tubería cada 5m.

#### **Materiales nocivos para la tubería**

Consiste en verificar que no haya por debajo o sobre la tubería partículas angulares o puntas que puedan generar esfuerzos punzantes que la dañen.

### Correcto empalme

En este chequeo se verifico que la tubería fuera ensamblada correctamente como se indica en el manual de instalación, se tuvieron en cuenta aspectos como la posición de la campana y el uso de grasa apropiada.

### Cámaras de inspección iguales a las del diseño

Consiste en verificar que las cámaras queden fundidas con las dimensiones y posiciones establecidas en el diseño así como la correcta preparación del concreto para una resistencia a la compresión de 3000 PSI

En el cuadro 39 se resumen los chequeos tenidos en cuenta para la instalación de esta red de drenaje.

<b>CHEQUEOS EN INSTALACION DE RED DE ALCANTARILLADO EXERNO</b>			
OBRA: TORRES MISTRAL			
INSPECTOR: Alonso Villacís Aguilera			
<b>CONTROLES</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Tubería igual a la indicada por diseñador		x	se adecuo la tubería perforada
Geotextil adecuado	x		
Alineamientos y pendientes de diseño	x		
Materiales nocivos para la tubería	x		
Correcto empalme	x		
Cámaras iguales a las del diseño	x		

Cuadro 39. Chequeos en sistema de drenaje sótano inferior

## 8.5 LOSAS TERRAZA PISO 12

### 8.5.1 DISEÑO

En el diseño arquitectónico de la torre 1, en un comienzo se tenía contemplado la construcción de un techo, el cual se cambio a losa de cubierta con el fin de proporcionar más espacio a la terraza del pent-house, y por esto no existía ningún diseño estructural de la misma. En la figura 63 se esquematiza la estructura en planta de la terraza.

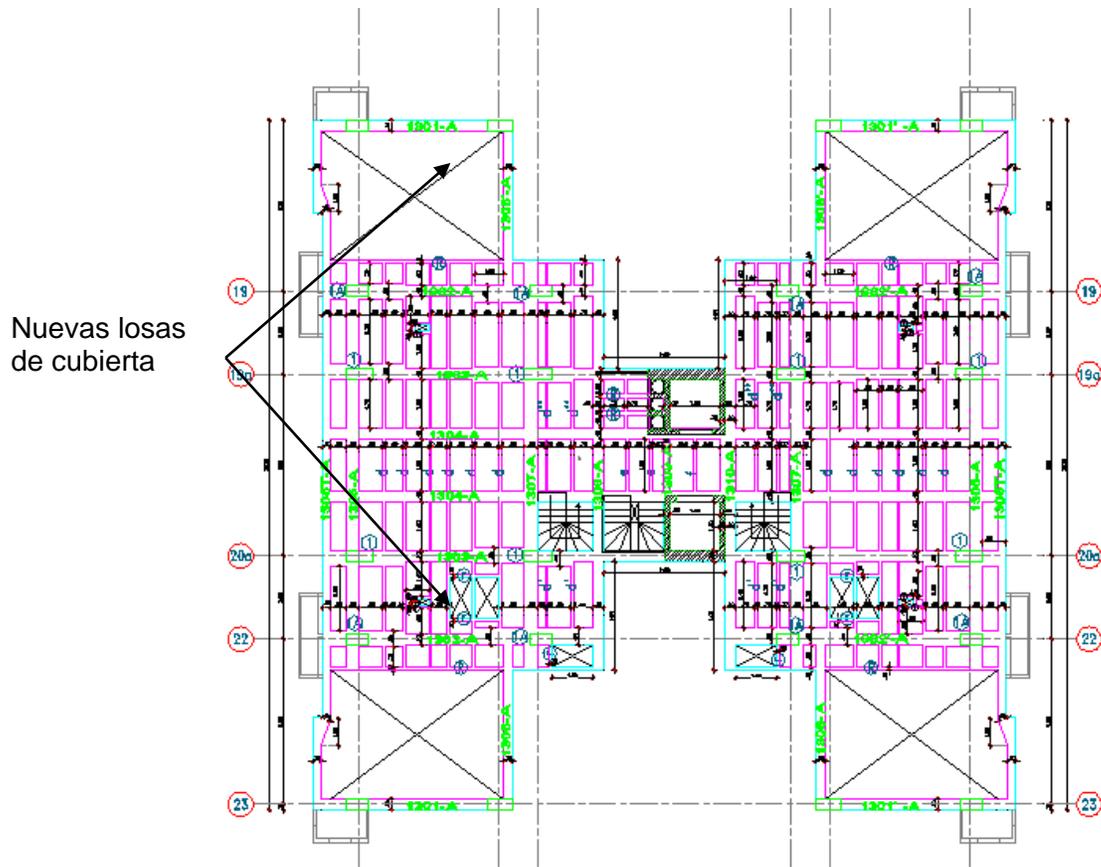


Figura 63. Planta terraza pent-house.

Después de analizar varias posibilidades de diseño, se llegó a la decisión de utilizar una losa en bloquelón, ya que permitía economía, facilidad en su construcción y es muy liviana, además las cargas que le aportaría el uso en esta edificación eran pequeñas. Esta decisión fue tomada por el arquitecto Jaime Saavedra y el diseño estructural lo realizaron ingenieros de la ferretería Mariano Herrera quienes suministraron los materiales para esta actividad.

Debido a que la estructura de terraza ya estaba fundida al momento de este cambio, hubo la necesidad de diseñar la forma de cargar esta losa a la estructura existente, para esto se decidió romper las vigas existentes para instalar esta nueva losa.

En la figura 64, se puede observar la disposición de armado de esta losa, los perfiles metálicos van separados dejando una luz libre de 80 cm para cargar el bloquelón..

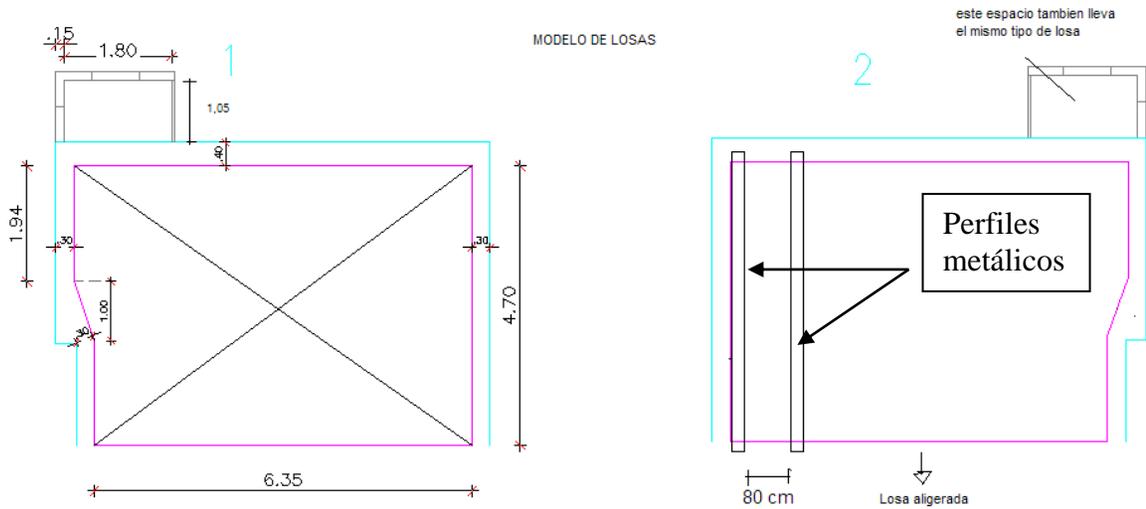


Figura 64. Modelo de losa para cubierta esquinas piso 12

En cuanto a la capacidad portante de estas losas, la empresa distribidora maneja la siguiente tabla de cálculo presentada en el cuadro 40.

LUZ (m)	Wu(kg-f/m <sup>2</sup> )				
	S=0.89m				
	e=4.0 cm	e=4.5 cm	e=5.0 cm	e=5.5 cm	e=6.0 cm
2.00	2711	2881	3050	3220	3389
2.10	2474	2628	2781	2935	3089
2.20	2266	2406	2546	2687	2827
2.30	2084	2212	2340	2468	2596
2.40	1922	2040	2158	2275	2393
2.50	1779	1887	1996	2104	2213
2.60	1651	1751	1851	1952	2052
2.70	1536	1629	1722	1815	1908
2.80	1433	1519	1606	1692	1779
2.90	1340	1420	1501	1582	1662
3.00	1255	1331	1406	1482	1557
3.10	1179	1249	1320	1391	1461
3.20	1109	1175	1241	1308	1374
3.30	1045	1107	1170	1232	1294
3.40	987	1045	1104	1163	1221
3.50	933	988	1044	1099	1154
3.60	884	936	988	1041	1093
3.70	836	886	936	985	1035
3.80	793	840	887	934	981
3.90	753	797	842	887	931
4.00	716	758	800	843	885
4.10	681	722	762	802	843
4.20	649	688	726	764	803
Luz máxima sin apuntalamiento (m)	2.5 m	2.5 m	2.5 m	2.5 m	2.5 m

Cuadro 40. Tabla de cálculo para losas en bloquelón.

Como se puede observar en el cuadro 40, la longitud máxima permisible es de 4.2 m, el espesor de la losa es de 6cm. así que la capacidad portante  $W_u$  es de 764 Kg-f/m<sup>2</sup>, la cual es suficiente para el uso de terraza contemplado en esta estructura.

El proveedor de esta losa se encargo de dar garantía sobre las luces que se manejaron, así como las recomendaciones de construcción para lo cual se conto con un manual de construcción.

### 8.5.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Debido a que esta actividad no estaba contemplada en el diseño general, no se encontró ningún cronograma que definiera la los tiempos de ejecución, así que me fue asignado implementar uno el cual realice teniendo en cuenta los criterios de los trabajadores de la obra con experiencia en este tipo de construcción y el arquitecto Jaime Saavedra.

En el cuadro 41 se presenta el cronograma seguido para la construcción de estas losas.

<b>CUADRO DE CONTROL DE FECHAS RED DRENAJE SOTANO INFERIOR</b>					
OBRA: TORRES MISTRAL					
INSPECTOR: Alonso Villacís Aguilera					
	<b>FECHAS PROGRAMADAS</b>		<b>FECHAS REALES</b>		
<b>Actividad</b>	<b>Iniciación</b>	<b>Finalización</b>	<b>Iniciación</b>	<b>Finalización</b>	<b>Rendimiento</b>
<b>Losas 1,2,3,4</b>					
Demolición de secciones de viga en concreto para perfil.	03//02/2009	07/02/2009	03//02/2009	07/02/2009	0.014m <sup>3</sup> /h
Instalación y soldado de perfil	09/02/2009	20/02/2009	09/02/2009	20/02/2009	0.38 perfiles/h
Colocación de bloque	11/02/2009	11/02/2009	11/02/2009	11/02/2009	94.5 bloques/h
Colocación malla electro soldada	12/02/2009	12/02/2009	12/02/2009	12/02/2009	14.31 m <sup>2</sup> /h
Fundición concreto	12/02/2009	17/02/2009	12/02/2009	17/02/2009	0.19m <sup>3</sup> /h

Cuadro 41. Cronograma seguido para la construcción de losas del piso 12

### 8.5.3 DESCRIPCION DE MATERIALES Y EQUIPO

#### Materiales Utilizados

En el cuadro 42 se indican los materiales utilizados para la fundición de las losas en bloquelón.

Materiales losas en bloquelón			
Material	Dimensiones	Proveedor y/o fabricante	Especificaciones
Perfil de acero tipo colmena	90mm x 130mm	Mariano Herrera	ISO 9001 -2000
Bloquelón Meléndez	80 x 17 x 8 (cm)	Mariano Herrera	-----
Malla electro soldada	Grafil 5mm 15x15	Mariano Herrera	NSR-98
Concreto	3000 PSI	En obra	----

Cuadro 42. Materiales utilizados en la construcción de losas en bloquelón

### Equipo Utilizado

En el cuadro 43 se indica el equipo utilizado en la construcción de las losas en bloquelón.

Equipo Utilizado red de drenaje sótano inferior
Taladro Percusor
Soldador
Herramienta menor

Cuadro 43. Equipo utilizado en la instalación de losas

### 8.5.4 PROCESO CONSRUCTIVO

Como se menciona anteriormente, las losas armadas en bloquelón o placa fácil tienen mucha ventaja a la hora de construir, esto se debe a que casi en su mayoría a excepción del concreto está compuesta por materiales prefabricados.

Además de su bajo costo es una estructura liviana (167 kg/m<sup>2</sup>) y de alta resistencia.

El sistema está compuesto por unos perfiles metálicos que soportan los bloques de arcilla cocida y conforman el sistema como se observa en la figura 65.

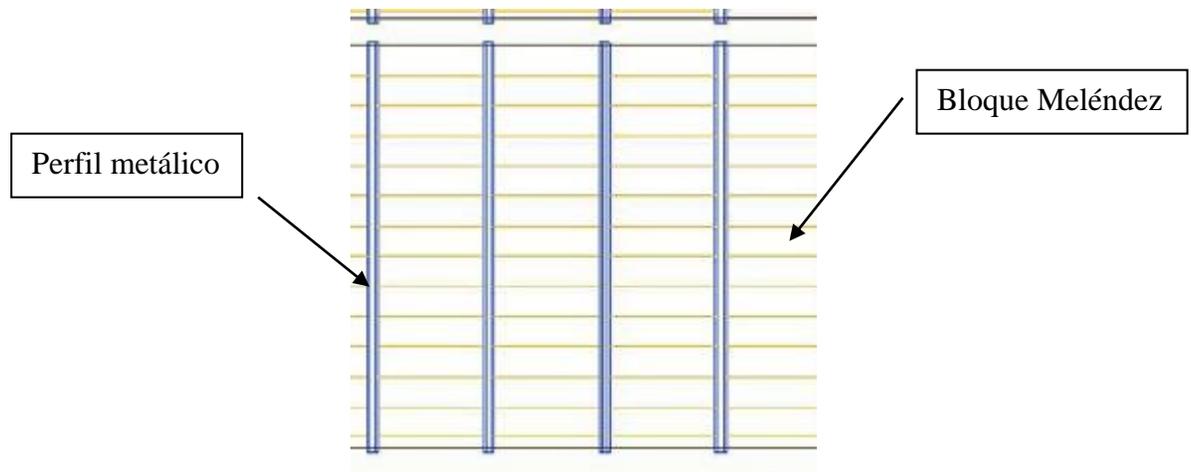
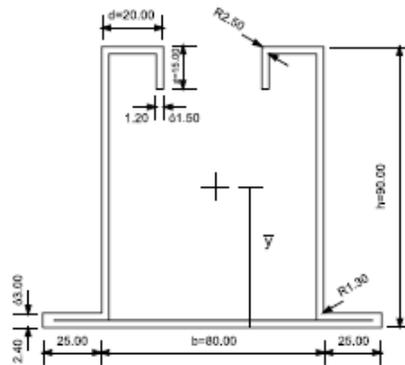


Figura 65. Esquema sistema bloquelón.

En la figura 66 se describe las dimensiones del perfil metálico.



CARACTERISTICAS

Dimensiones	h = 90 mm b = 130 mm
Peso	4.77 kg/ml
Espesor	1.5 mm
Rendimiento	1 ml/m <sup>2</sup>
Acabado	Negro Galvanizado
Calidad de Acero	Hot Rolled Pre-Galvanizado
Fy	min 36.000 psi
Luz Máxima	4.20 m (Negro) 3.80 m (Galvanizado)
Luz Máxima Sin Apuntalamiento	2.5 m

Figura 66. Perfil metálico de losa en bloquelón.

En la figura 67 se describen las dimensiones del bloque Meléndez.



CARACTERISTICAS DEL BLOQUELON	
Dimensiones	Largo 80cm, ancho 23cm y alto 8cm
Color	Terracota claro
Rendimiento	4.87 unidades/m <sup>2</sup>
Peso por unidad	11Kg
Peso de los bloquelones	53,57Kg/m <sup>2</sup>

Figura 67. Características del bloquelón

A continuación se describe el proceso constructivo llevado a cabo para la construcción de las losas en bloquelón de la terraza del piso 12.

**Demolición en secciones de vigas**

Se abrieron perforaciones de 20 x 20 cm en las vigas con el taladro percusor, para introducir los perfiles metálicos de las losas, estas perforaciones se hicieron dejando una distancia libre entre perfiles de 89 cm.

Debido a que la altura de construcción es considerable (12 pisos), para esta etapa hubo la necesidad de proteger al personal encargado de esta actividad con arneses muy bien asegurados.

Para taladrar los bordes exteriores de la losa se usaron andamios soportados dentro del apartamento para que el operador del taladro no tuviera que trabajar sobre la viga.

**Instalación de perfiles**

Se colocaron los perfiles metálicos soldados al refuerzo de las vigas, se soldó el perfil al acero de refuerzo de las vigas para asegurarlos, se uso cordón de soldadura E6013.

Debido a que el acero de refuerzo no permitía empotrar el perfil a una profundidad mayor de 5 cm, se realizo un corte en el perfil como se indica en la figura 68.

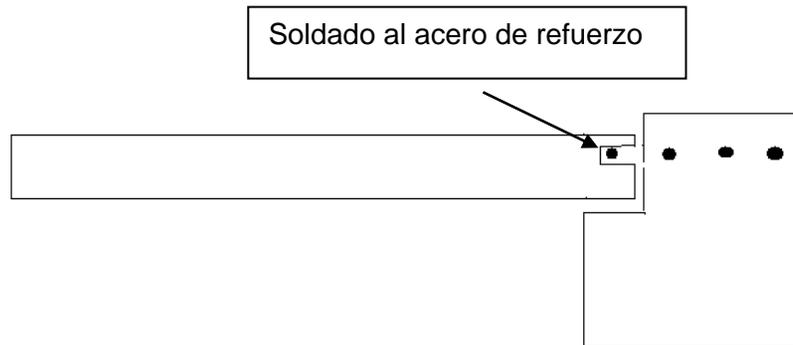


Figura 68. Detalle de corte en perfil metálico.

Con manguera de nivel, se garantiza que se dejara un recubrimiento sobre la losa de 6 cm, y la losa quedara al mismo nivel de la cara superior de la viga.

Como la luz es de 4.20, se apuntalo con gatos y cercha metálica en el medio de los perfiles con el fin de evitar deflexiones en la estructura.

En la figura 69 se pueden observar las perforaciones realizadas en las vigas para la instalación del perfil.



Figura 69. Perforaciones en vigas terraza pent-house.

#### **Instalación de bloquelón y malla electro soldada**

El bloquelón se coloca soportado en las alas del perfil metálico como se indico anteriormente, luego se extiende sobre la losa la malla electro soldada cuya finalidad es prevenir agrietamientos en el concreto.

En la figura 70 se puede observar la losa totalmente ensamblada.



Figura 70. Bloquelón y malla electro soldada terraza pent-house.

#### **Fundición de losa en concreto**

Se fundió la losa con concreto 3000 PSI, este concreto se fundió con materiales similares a los usados para la estructura de parqueadero y as dosificaciones indicadas en el cuadro 8.

El concreto se mezclo a mano, y se extendió de manera uniforme teniendo en cuenta de no acumular concreto sobre la losa y ocasionar daños en la misma, para permitir el tránsito sobre la losa se distribuyeron algunos tableros apoyados sobre los perfiles.

En la figura 71, se puede observar la losa de terraza terminada.



Figura 71. Losa terraza pent-house.

#### **8.5.5 CHEQUEOS EN LOSAS TERRAZA PENT-HOUSE**

Es importante en toda actividad de construcción, por simple que sea, establecer siempre algún método de control para poder garantizar la calidad de la misma, a continuación se

mencionan los criterios tenidos en cuenta para el control en la construcción de estas losas.

**Ubicación correcta de marcas para perforaciones**

Este chequeo consistió en verificar la profundidad de las perforaciones, para que el perfil metálico pueda sostenerse sobre una superficie uniforme en una longitud no inferior a 10 cm.

También se verifico con manguera de nivel las cotas de acabado de la losa con el fin de no tener que utilizar espesores mayores de concreto a la hora de realizar el recubrimiento.

**Correcto soldado de perfiles**

Debido a la escasa información que pude obtener sobre soldadura para este tipo de perfiles, solo se verifico la calidad del cordón utilizado, la cual esta descrita anteriormente y que todos los perfiles fueran soldados como se indico en la figura 68.

**Seguridad de los trabajadores**

Debido a que en la obra nunca fueron establecidas unas políticas claras en cuanto a la seguridad de los trabajadores, este chequeo consistió en no permitir bajo ningún punto de vista que los trabajadores estén sin un arnés de seguridad bien asegurado a la estructura del edificio.

**Limpieza de perforaciones**

Consiste en verificar que las perforaciones sobre las vigas estén completamente limpias antes de fundir el concreto y así poder lograr una junta más resistente, en estas perforaciones no se utilizo ningún tipo de epóxico.

**Colocación de bloquelón**

Consiste en verificar que los bloques instalados no estén quebrados, además que durante el ensamble no se camine sobre ellos ya que pueden quebrarse o provocar un accidente.

**Correcta dosificación de concreto**

Consistió en observar que al concreto se prepare de manera correcta como se ha descrito en los anteriores capítulos utilizando las dosificaciones indicadas en el cuadro 8. Para concreto 3000 PSI.

**Correcto vaciado de concreto.**

Consiste en verificar que no mezcle ni se almacenen sobre la losa grandes cantidades de mezcla, además en verificar la losa fundida cumpla con los espesores indicados.

En el cuadro 44. Se muestran el resumen de los chequeos realizados.

<b>CHEQUEOS EN INSTALACION DE LOSAS TERRAZA PENT-HOUSE</b>			
OBRA: TORRES MISTRAL			
INSPECTOR: Alonso Villacís Aguilera			
<b>CONTROLES</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Ubicación correcta de las perforaciones en vigas de concreto	x		

Correcto soldado de perfiles	x		
Seguridad de trabajadores	x		
Limpieza de perforaciones para fundir	x		
Colocación de bloquelón	x		
Correcta dosificación de concreto	x		
Correcto vaciado de concreto	x		

Cuadro 44. Resumen de chequeos realizados en losas.

## 8.6 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CLL 13ª1

Para esta estructura, la empresa realizo la pavimentación de media calzada, en vista que el proyecto vecino VILLA ALEGRA, por parte de la constructora BUENAVISTA, deberá realizar la otra parte de la calzada llegando al siguiente acuerdo.

La empresa INVERSIONES VELAR S.A. realizara las actividades correspondientes a:

Excavación

Mejoramiento de sub rasante con remplazo de material Roca muerta INV 220.

Colocación, extensión y compactación de sub base granular tipo INV 320.

Colocación, extensión y compactación de base granular INV 330.

La empresa BUENAVISTA realizara la carpeta asfáltica y los cordones.

### 8.6.1 DISEÑO

#### Diseño geométrico.

Se noto que a pesar de existir los planos aprobados para la ejecución de esta vía, no existía un plano del perfil de la misma, por tal razón hubo que ajustarlo de acuerdo a la norma EMALI y los requerimientos del proyecto.

Las cotas de los extremos del diseño las determinan las vías existentes.

En el cuadro 45 se presenta la cartera de cotas del pavimento en la cll 13ª1.

desde la 72 a 70	proyecto	
abscisa	cota eje de vía	Cota de borde
0	965.320	965.248
10	965.384	965.312
20	965.447	965.375
30	965.511	965.439
40	965.574	965.502
cambio pendiente 47.2	965.620	965.548
50	965.596	965.524
60	965.528	965.456
70	965.460	965.388
80	965.392	965.320
90	965.324	965.252
100	965.256	965.184
110	965.188	965.116
120.5	965.120	965.048

Cuadro 45. Cartera de pavimento cll 13ª1.

#### Diseño de pavimento

El estudio de suelos y diseño de pavimento lo realizo el Ingeniero Gustavo Adolfo Díaz Rojas, quien sugiere la siguiente estructura.

Carpeta asfáltica MDC – 2    100 mm.  
 Base granular BG – 1        200 mm.  
 Subbase granular SBG-1      310 mm.

Los suelos registrados en la zona de acuerdo con los límites clasifican con una capacidad del potencial de expansión entre bajo y alto, sin embargo los parámetros adicionales asociados como condiciones de humedad, expansión en el ensayo de CBR, define un comportamiento característico del potencial como bajo.

De acuerdo con lo anterior se determino estos suelos como capa de subrasante a la cual se le evaluó su respuesta mecánica mediante el ensayo de CBR, estas características se resumen en el cuadro 46.

Muestra Nº	Apique Nº	ubicación	Clasificación				% expansión	CBR sin saturar		CBR Saturado	
			USC	LL	LP	IP		Humedad	CBR	Humedad	CBR
1	1	cll 13a1		43	25	18	0.8	29	4.5	41	3
1	2	cll 13a1	CL-MH	45	27	18	0.9	25	5.1	39	3.7

Cuadro 46. Resumen de ensayos CBR

En la figura 72 se esquematiza la ubicación de los apiques realizador para los ensayos de suelos.

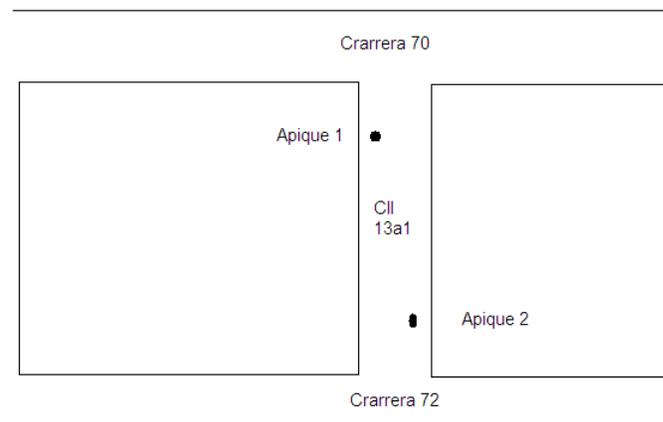


Figura 72. Ubicación de apiques

Los criterios de las metodologías de diseño definen un valor promedio de la evaluación de subrasante para la metodología AASHTO y un percentil mayor en la metodología racional, pero teniendo en cuenta que el menor de los valores de CBR se encontraba muy alejado de los demás, el diseñador considero conveniente estimar el menor valor con el objeto de ser más conservador. Definió el valor de CBR para diseño de 3%.

Nota: El proyecto vecino Villa Alegre, decidió remplazar el material de sub rasante del lado de su calzada hasta una profundidad de 1 m, La administración del proyecto Torres Mistral autorizo remplazar únicamente 30 cm.

Las razones por las cuales la administración del proyecto torres mistral no remplazo más de 30 cm en adecuación de subrasante, fue por las recomendaciones del diseño de

pavimento, como se indicó anteriormente estos suelos se utilizaron como capa de subrasante y el remplazo que se realizo fue únicamente por razones preventivas.

### 8.6.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Se implemento un nuevo cronograma con base a las nuevas cantidades de construcción, de acuerdo los requerimientos y con base a las actividades correspondientes a la empresa INVERSIONES VELAR S.A.

En el cuadro 47 se presenta el cronograma seguido para llevar a cabo esta actividad.

<b>CUADRO DE CONTROL DE FECHAS VIA CLL 13a1</b>					
OBRA: TORRES MISTRAL					
INSPECTOR: Alonso Villacís Aguilera					
Actividad	FECHAS PROGRAMADAS		FECHAS REALES		Rendimientos
	Iniciación	Finalización	Iniciación	Finalización	
Localización de eje	25/02/2009	26/02/2009	25/02/2009	26/02/2009	60.25m <sup>2</sup> /h
Cajeo de vía a niveles establecidos calzada Villa alegre	28/02/2009	04/05/2009	28/02/2009	04/03/2009	17.21 m <sup>3</sup> /h
Compactación subrasante villa alegre	04/03/2009	05/03/2009	04/03/2009	05/03/2009	40.2m <sup>2</sup> /h
Extensión y compactación subrasante en roca villa alegre	04/03/2009	14/03/2009	04/03/2009	14/03/2009	6.89m <sup>3</sup> /h
Cajeo de vía a niveles establecidos calzada Torres Mistral	14/03/2009	17/03/2009	14/03/2009	17/03/2009	7.23 m <sup>3</sup> /h
Extensión y compactación subrasante en roca Torres mistral	17/03/2009	19/03/2009	17/03/2009	19/03/2009	6.04 m <sup>3</sup> /h

Cuadro 47. Cronograma seguido para la construcción de la estructura de pavimento cll 13<sup>a</sup>1

Como se observa en el cuadro 47, mi intervención en esta actividad consistió en supervisar únicamente los ítems anteriores, existen actividades restantes correspondientes a la conformación de la subbase, base y carpeta asfáltica, para las cuales la empresa hasta ahora no ha fijado una fecha clara para la asignación de los recursos, así como la iniciación de las mismas.

### 8.6.3 MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

#### Materiales Utilizados

En el cuadro 48, se presentan los materiales utilizados en esta actividad así como su proveedor y las especificaciones requeridas.

<b>Materiales estructura de vía cll 13<sup>a</sup>1</b>			
<b>Material</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Proveedor y/o fabricante</b>	<b>Especificaciones</b>
Roca muerta		El Chocho	INV 220
Sub base SBG-1		Mina Truck	INV 320
Base BG-1		Mina Truck	INV 330

Cuadro 48. Materiales utilizados en estructura de pavimento cll 13<sup>a</sup>1

#### Equipo Utilizado

En el cuadro 49, se menciona el equipo utilizado en esta actividad así como el proveedor de las mismas.

<b>Equipo Utilizado estructura de vía cll 13<sup>a</sup>1</b>	<b>Proveedor</b>
Excavadora John Deere 510 D	Jorge Parada
Volquetas Capacidad 8 m3	Jorge Parada
Compactador de rodillo lizo	Equipo de la empresa
Bulldozer Caterpillar 4D	Equipo de la empresa
Equipo topográfico	Equipo de la empresa
Minicargador CASE 1850C	Equipo de la empresa
Accesorio de compactación vibratorio para el Minicargador 125D	Equipo de la empresa

Cuadro 49. Equipo utilizado para la conformación de subrasante.

### 8.6.4 PROCESO CONSTRUCTIVO

#### Localización de eje y bordes de calzada.

Con ayuda de un equipo de topografía y el plano de diseño en planta, se localizó el eje, no se encontró mucha dificultad en el proceso ya la vía está obligada a las calzadas existentes sobre la carreras 70 y 72. Se marco con cal tanto el eje como los extremos de la calzada con un sobre ancho de 0.4 m. para dar espacio a la conformación de los bordes, se colocaron estacas con niveles que marcaban la profundidad a la que se debía excavar y los linderos de la excavación se marcaron con cal.

#### Cajeo de la calzada.

Se cajeo la calzada del proyecto Villa Alegre con una profundidad de 1 m. Este cajeo se realizo con la ayuda de la excavadora mecánica y se transporto el material sobrante a un sitio autorizado que queda a 30min de la obra.

Para el lado de el proyecto Torres Mistral, se hizo el cajeo con bulldozer, ya que solo se remplazo 30 cm. de sub rasante y el equipo pertenecía a la empresa.

En la figura 73, se esquematiza el mejoramiento de la subrasante realizado en la calzada.

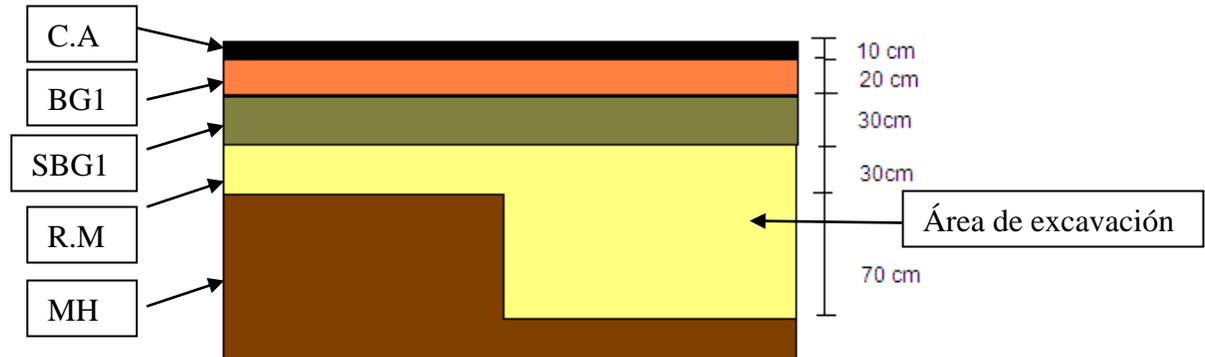


Figura 73. Estructura de pavimento flexible cll 13ª1.

#### Limpieza y compactación de subrasante

Una vez que la excavación quedo completa, se limpio con la pala de la retroexcavadora la superficie del suelo con el fin de proporcionar al material de remplazo una superficie regular. Se compacto toda la superficie Con un rodillo vibratorio pequeño, para seccionarse de posibles hundimientos en el suelo que puedan posteriormente afectar la estructura. En la figura 74, se observa la excavación realizada en la calzada.



Figura 74. Excavación de calzada

Esta compactación, debe garantizar por lo menos una densidad del 95% PM, desafortunadamente no se midió esta densidad en campo y únicamente se pudo confiar en la experiencia del operador, lo cual tendrá que verificarse mas adelante.

### **Extensión y compactación de material de remplazo tipo roca muerta**

Antes de colocar la primera capa se verifico que la superficie no mostrara hundimientos, agrietamientos o deformaciones, las cuales podrían generar fallas en la estructura.

La extensión de material se realizo con bulldozer, y se verifico constantemente los espesores de las capas (20cm – 30cm), una buena compactación logra un balance optimo en las características de la estructura como homogeneidad, baja compresibilidad, buena resistencia a cortante, permanencia de sus propiedades mecánicas en caso de saturación, y flexibilidad en caso de asentamientos diferenciales.

La densidad a la que debía llegar este material, es de 95% PM. Para estas actividades preeliminarias no se pudo contar con un laboratorista de suelos y por esta razón estas densidades fueron obtenidas a criterio de la experiencia del constructor y deberán ser rectificadas posteriormente.

### **Nivelación de la última capa.**

Se Extendió la ultima capa de roca y se nivelo con el fin de acercarse de manera precisa a las cotas necesarias de subrasante de acuerdo al diseño en perfil, como no se tiene una fecha fija para la iniciación de las siguientes actividades, es importante en conformar un desnivel trasversal (bombeo), para la protección de la misma.

La nivelación se realizo cada 10m y se dejo un bombeo aproximado de 2 %, con bulldozer, en la figura 75, se muestra la calzada con el material de remplazo.



Figura 75. Mejoramiento de subrasante cll 13<sup>a</sup>1.

## **8.6.5 CHEQUEOS REALIZADOS**

A continuación se mencionan los criterios tenidos en cuenta para el control de esta actividad.

### Localización y nivelación.

Consiste en verificar la correcta posición de los ejes del pavimento con respecto a los planos aprobados por las autoridades competentes, así como también la verificación de nivélelas colocadas previas a la excavación.

También se verifico los niveles de las capas del material a compactar y los niveles de subrasante definitivos para la construcción de la estructura de pavimento.

### Equipo en condiciones optimas de trabajo.

Consiste en revisar que los equipos a utilizar no presenten alguna dificultad técnica como escapes de aceites u otro fallo que puedan conllevar a un atraso en la obra y causar cambios en el presupuesto establecido.

### Material de remplazo apto

Consiste en garantizar que el material importado a la obra cumpla con las condiciones establecidas en la normatividad vigente, para este caso, se exigió a la empresa proveedora del material un ensayo que permita establecer sus propiedades y compararlas con las especificadas.

En el cuadro 50, se indican las especificaciones para este tipo de materia tomado de las normas INV 220.

CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUELOS SELECCIONADOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Zona de aplicación en el terraplén		corona núcleo cimiento	corona núcleo cimiento	núcleo cimiento
Tamaño máximo	E-123	75 mm	100 mm	150 mm
Porcentaje que pasa el tamiz de 2mm (No. 10)	E-123	≤ 80% en peso	≤ 80% en peso	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No.200)	E-123	≤ 25% en peso	≤ 35% en peso	≤ 35% en peso
Contenido de materia orgánica	E-121	0%	≤ 1%	≤ 2%
Límite líquido	E-125	≤ 30%	≤ 40%	≤ 40%
Índice plástico	E-126	≤ 10%	≤ 15%	-
C.B.R. de laboratorio (Nota 1)	E-148	≥10%	≥ 5%	≥ 3%
Expansión en prueba C.B.R.	E-148	0%	≤ 2%	≤ 2%
Índice de colapso (Nota 2)	E-157	≤ 2%	≤ 2%	≤ 2%
Contenido de sales solubles	E-158	≤ 0.2%	≤ 0.2%	-

Cuadro 50. Material para mejoramiento de subrasante INV. 220

### Compactación adecuada

Consiste en verificar que el equipo pase el número de veces necesarias para lograr la densidad deseada, en este caso 95% pm, en toda la longitud de la calzada, también que las capas de compactación no sean muy gruesas y se dificulte obtener una buena densidad.

Desafortunadamente en obra no se contó para esta primera etapa con personal encargado de realizar ensayos de densidad, esto se debe a que la administración no considero necesario establecer un control mas preciso en esta actividad ya que se trataba de una adecuación de subrasante.

### Chequeo de cotas de subrasante.

Consiste en determinar las cotas de diseño con las construidas en obra, para esta verificación se permitió una tolerancia de 2cm, para cada lectura.

### Prueba de densidad.

Consiste en comparar las densidades obtenidas en obra con las especificadas, estas pruebas deben realizarse en el sitio con personal capacitado.

En el cuadro 51. Se resumen los chequeos realizados.

<b>CHEQUEOS EN INSTALACION DE RED DE ESTRUCTURA VIA CLL 13A1</b>			
<b>OBRA: TORRES MISTRAL</b>			
<b>INSPECTOR: Alonso Villacís Aguilera</b>			
<b>CONTROLES</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
localización y nivelación	x		
Equipo en condiciones optimas de trabajo	x		
Material de Reemplazo apto.	x		
Compactación adecuada	x		
Chequeo de cotas de subrasante	x		
Prueba de densidad		x	No se ha realizado aun

Cuadro 51. Chequeos en remplazo de subrasante

## 8.7 CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

- La experiencia del personal, ha garantizado la correcta construcción en todas las actividades, se evidencia claramente que a un buen ingeniero lo debe respaldar un buen equipo de trabajo.
- La empresa contó todo el tiempo con proveedores serios tanto de alquiler de equipo como distribución de materiales, esto garantizo las calidades exigidas en la construcción y que las actividades se realizaran en el tiempo estipulado.
- La empresa conto con maquinaria propia lo que disminuyo muchos gastos por alquiler de las mismas.
- Por dificultades económicas se tuvo que reducir en varias ocasiones el personal de administración y la adquisición a tiempo de algunos materiales, esto obligo a cambiar el cronograma general de obra y adaptarlo a la situación.
- A pesar de exigir en obra algunas medidas de seguridad industrial, no se tenía un criterio común a la norma establecida.
- No hubo una dotación reglamentaria a los trabajadores de esta zona.
- El atraso en algunas ocasiones en la quincena de los trabajadores desmotivo el personal.
- La incorrecta información por parte de las empresas dueñas de redes exteriores existentes como Gases de Occidente, ocasionaron algunos inconvenientes en la construcción de la infraestructura externa.
- La falta de personal con criterio técnico, obligo a que se asignaran actividades adicionales al personal existente.
- A pesar de no contar con un control estricto de seguridad, el maestro encargado de esta obra exigió siempre el uso de algunos implementos.
- No se cumplieron en total algunos aportes de seguridad social.
- Los tipos de control (inspecciones) dependen de la confianza, la calidad, complejidad, envergadura del proyecto y el grado de equidad en la retribución económica.
- Para que la responsabilidad se mantenga correctamente establecida en el Contratista, los controles que establezca el mandante deben ser tales que no afecten su naturaleza y localización. La responsabilidad del controlador consiste en verificar la capacidad (medios, recursos, procedimientos de autocontrol) del contratista para dar cumplimiento a lo contratado y reafirmar en ésta la responsabilidad que le corresponde.
- Es necesario ajustar las actividades futuras a realizar a la situación económica actual de la empresa lo cual permitirá establecer tiempos reales de iniciación y finalización de las mismas con el fin de satisfacer los compromisos adquiridos.
- Se necesita mejorar las políticas de control en los trabajadores sobre seguridad industrial debido a que en muchas ocasiones se consideran exentos de riesgo.

- Fue una buena decisión haber realizado las actividades con personal por administración, los costos disminuyeron notablemente con relación a la ejecución de las mismas por contratistas externos.
- El constructor siempre debe estar alerta para que la obra quede de acuerdo a su diseño, pero esto no lo aparta de su responsabilidad y deberá cuestionar los diseños cuando lo considere indicado.
- A pesar de algunos inconvenientes económicos presentados durante los últimos meses, se logro culminar las actividades propuestas.
- Una pasantita le da la oportunidad al estudiante a involucrarse en un medio laboral poniendo en práctica todo lo aprendido durante el periodo universitario, lo cual permite no solo dar a conocer sus capacidades sino también conocer profesionales que enriquecen nuestra profesión; esto me ha permitido vincularme a la empresa con la cual empecé el trabajo de grado.

## BIBLIOGRAFIA

- ARENAS Lozano, Hugo León. Teoría de los Pavimentos. Universidad del Cauca, Facultad de Ingeniería Civil. Popayán: Editorial Universidad del Cauca.
- BETANCOURT, Luis Alejandro. Pavimentos Tecnología. Universidad del Cauca, Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Geotecnia. Popayán: Editorial Universidad del Cauca, 2003.
- BRAVO, Paulo Emilio. Diseño de Carreteras. Técnica y Análisis del Proyecto. Santafé de Bogotá D. C.: Impreso por Cargraphics S. A. – Imprelibros, Sexta Edición, Segunda impresión, 1998.
- DAS BRAJA M. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Internacional Thomson Editores, 2001.
- GOMEZ Otero, Israel. Diseño de Sistemas de Acueducto y Alcantarillado Basados en la Norma Técnica Colombiana RAS – 2000. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería. Cali: Multimedia PUJ, 2006.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Compendio – Tesis y Otros Trabajos de Grado. Bogotá: ICONTEC.
- INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Ministerio del Transporte, Especificaciones Generales de construcción de Carreteras. Santafé de Bogotá D. C.: Editorial de la escuela Colombiana de Ingeniería, 1998.
- JARAMILLO, Fredy. Programación y Control de Obras. Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Civil. Popayán: Editorial Universidad del Cauca, Junio 2000.
- LARA de Castillo, Benilda; CALDERON Ramírez, John; et al. Acueductos. Universidad del Cauca, Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. . Popayán: Editorial Universidad del Cauca, Agosto 1997.
- MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO, DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000. Sección II. Título B. Sistemas de acueducto. Bogotá D.C. Noviembre de 2000.
- MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO, DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000. Sección II. Título D. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales. Bogotá D.C. Noviembre de 2000.
- MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO, DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Reglamento técnico del sector de agua

potable y saneamiento básico RAS – 2000. Sección II. Título G. Aspectos Complementarios. Bogotá D.C. Noviembre de 2000.

- PAZ, Carlos Ignacio. Guía para Prácticas de Vías. Universidad del Cauca, Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Vías y Transporte. Popayán: Editorial Universidad del Cauca, 2000.
- RIVERA López, Gerardo Antonio. Concreto Simple. Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Civil. Popayán: Editorial Universidad del Cauca.

## ANEXOS

- A- Plano Estructurales Sótano Zona F.
- A1- Informes Muestras Enviadas al Laboratorio Estructura Zona F.
- B- Plano Red de Acueducto Exterior.
- C- Plano Red de Alcantarillado Exterior.
- D- Plano Drenaje Sótano Zona F.
- E- Plano Terraza Pent-House.
- F- Plano Diseño Geométrico de Vía.
- G- Alternativas de Diseño de Pavimentos.
- G1- Informe estudio de suelos.
- H- Carta de Intención.
- I- Carta de Aceptación Empresa Receptora.
- J- Certificado de Cumplimiento Intensidad Horaria Empresa.
- K- Resolución Aprobación Pasantía.