

**CONTROL DE CALIDAD Y ESTIMACION DE RENDIMIENTOS DEL
CONCRETO DE LA OBRA “CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACION”**



LUCY LORENA CEBALLOS DELGADO

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

**CONTROL DE CALIDAD Y ESTIMACION DE RENDIMIENTOS DEL
CONCRETO DE LA OBRA “CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACION”**



LUCY LORENA CEBALLOS DELGADO

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

**Director de Pasantía:
Ing. GERARDO ANTONIO RIVERA L.**

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

Agradecimientos

A Dios por regalarme la vida

A mi papá por ser un motor que me impulsa

A mi mamá por ser siempre incondicional

A mi hermana por brindarme su comprensión y cariño

A mi sobrinito por llenar mi vida de felicidad

A todos mis familiares que a pesar de la distancia me apoyaron

*A los verdaderos amigos con los que siempre compartí buenos
momentos*

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mi formación

*A todo el equipo de trabajo de la empresa donde realice mi pasantía
por estar siempre dispuestos a enseñar*

*Y a todas las demás personas que siempre creyeron en mí a pesar
de las circunstancias.*

¡ GRACIAS ¡

TABLA DE CONTENIDO

Contenido	Pag
1. INTRODUCCION	1
2. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO	2
2.1 RECURSOS PARA LA REALIZACION DEL PROYECTO	3
2.1.1 RECURSOS HUMANOS	3
2.1.1.1 Organización del personal que trabaja en la obra	3
2.1.2 RECURSOS FISICOS	4
2.2 DESCRIPCION ARQUITECTONICA	5
2.3 DESCRIPCION ESTRUCTURAL	5
2.3.1 EDIFICACIONES	5
2.3.2 PARQUEADEROS	6
2.3.3 ELEMENTOS ESPECIALES	7
2.3.3.1 Escaleras	7
2.3.3.2 Cámaras de Inspección	7
2.3.3.3 Sumideros	8
2.3.3.4 Bloques de contrapeso para la Torre grúa	8
3. CARACTERISTICAS GENERALES DEL CONCRETO	9
3.1 CONCRETO UTILIZADO EN LA OBRA	9
3.2 MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBRA LA ESTACION	9
3.2.1 CEMENTO	9
3.2.1.1 Especificaciones y Normas Técnicas para el Cemento	10
3.2.1.2 Almacenamiento del cemento	10
3.2.2 AGREGADO FINO	11
3.2.2.1 Especificaciones y Normas Técnicas para el Agregado Fino	11
3.2.2.1.1 Análisis Granulométrico de la Arena de Puerto Tejada	12
3.2.2.1.2 Propiedades Físicas y Químicas	13
3.2.2.2 Ubicación del Agregado Fino en la obra	13
3.2.3 AGREGADO GRUESO	13
3.2.3.1 Especificaciones y Normas Técnicas para el Agregado Grueso	14
3.2.3.1.1 Ensayos realizados a material de Ecocivil	14
3.2.3.1.2 Ensayos realizados a material de Conexpe	16
3.2.3.2 Ubicación del Agregado Grueso en la obra	18
3.2.3.3 Chequeo del tamaño máximo nominal	18
3.2.4 AGUA DE MEZCLA	19
3.2.5 ADITIVOS DEL CONCRETO	19
3.2.6 ADICIONES COMPLEMENTARIAS	20
4. REQUISITOS DEL CONCRETO PRODUCIDO EN OBRA	20
4.1 DOSIFICACION DE LA MEZCLA	20
4.2 RESISTENCIA DE DISEÑO	21

5. PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LOS ELEMENTOS EN CONCRETO REFORZADO	21
5.1 PROCESO CONSTRUCTIVO DE COLUMNAS Y PANTALLAS	22
5.1.1 COLOCACION DEL ACERO DE REFUERZO	22
5.1.2 ENCOFRADO	22
5.1.3 MEZCLADO	24
5.1.4 TRANSPORTE Y COLOCACION DE LA MEZCLA	25
5.1.5 VIBRADO	26
5.1.6 DESENCOFRADO	27
5.1.7 CURADO	27
5.2 PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS LOSAS ALIGERADAS	28
5.2.1 ENCOFRADO	28
5.2.2 COLOCACION DEL ACERO DE REFUERZO	28
5.2.3 INSTALACION DE ELEMENTOS ALIGERANTES	30
5.2.4 INSTALACIONES ELECTRICAS	31
5.2.5 INSTALACIONES SANITARIAS	31
5.2.6 INSTALACIONES HIDRAULICAS	32
5.2.7 MEZCLADO DEL CONCRETO	33
5.2.8 VACIADO DEL CONCRETO	33
5.2.9 VIBRADO DE LA LOSA	34
5.2.10 TERMINADO DE LA LOSA	34
5.2.11 CURADO	35
5.2.12 DESENCOFRADO	36
6. CONCRETO ESTAMPADO	37
7. COSTO DE PRODUCCION DEL CONCRETO EN OBRA	38
8. ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE LA PASANTIA	39
8.1 VERIFICACION DE CRONOGRAMAS DE AVANCE DE LA OBRA	39
8.2 CHEQUEO DE MANEJABILIDAD DE LA MEZCLA	43
8.3 PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO	44
8.4 ANALISIS DE RENDIMIENTOS TEORICOS Y REALES DEL CONCRETO EN OBRA	52
9. CONCLUSIONES	55
10. RECOMENDACIONES	57
11. BIBLIOGRAFIA	59

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Proyecto Conjunto Residencial La Estación</i>	2
<i>Figura 2. Organigrama Obra La Estación</i>	3
<i>Figura 3. Mezcladora</i>	4
<i>Figura 4. Vibrocompactador</i>	4
<i>Figura 5. Buldócer</i>	4
<i>Figura 6. Torre grúa</i>	4
<i>Figura 7. Pluma grúa</i>	4
<i>Figura 8. Placa Vibratoria</i>	4
<i>Figura 9. Campamento</i>	4
<i>Figura 10. Almacén</i>	4
<i>Figura 11. Planta arquitectónica piso tipo</i>	5
<i>Figura 12. Losa Aligerada con esterilla de guadua</i>	6
<i>Figura 13. Cimentación zona de parqueaderos</i>	6
<i>Figura 14. Formaleta para escaleras</i>	7
<i>Figura 15. Escaleras terminadas</i>	7
<i>Figura 16. Cámara de Inspección</i>	8
<i>Figura 17. Bloques de soporte para la Torre grúa</i>	8
<i>Figura 18. Cemento Argos Tipo I</i>	9
<i>Figura 19. Almacenamiento Cemento La Estación</i>	11
<i>Figura 20. Arena de Puerto Tejada</i>	11
<i>Figura 21. Gradación Arena Puerto Tejada</i>	12
<i>Figura 22. Triturado Ecocivil</i>	14
<i>Figura 23. Triturado Conexpe</i>	14
<i>Figura 24. Granulometría material suministrado por Ecocivil</i>	15
<i>Figura 25. Análisis Granulométrico material de Conexpe</i>	17
<i>Figura 26. Agua de Mezcla</i>	19
<i>Figura 27. Aditivos plastificantes usados en la preparación de la mezcla de concreto</i>	20
<i>Figura 28. Elementos empleados en la medición de proporciones en volumen suelto</i>	21
<i>Figura 29. Comienzo armado de una columna</i>	22
<i>Figura 30. Formaleta en madera</i>	24
<i>Figura 31. Montaje de formaletería manoportable</i>	24
<i>Figura 32. Descarga de la mezcla de concreto</i>	25
<i>Figura 33. Métodos de transporte de la mezcla de concreto</i>	25
<i>Figura 34. Colocación de concreto en las columnas</i>	26
<i>Figura 35. Vibrado de una columna</i>	27
<i>Figura 36. Pantallas terminadas</i>	27
<i>Figura 37. Curado con materiales sellantes</i>	27
<i>Figura 38. Sistema de soporte del encofrado de la losa</i>	28
<i>Figura 39. Armado de vigas</i>	29
<i>Figura 40. Verificación longitud de los traslapos</i>	29
<i>Figura 41. Colocación de panelas para garantizar recubrimiento</i>	30
<i>Figura 42. Instalación de casetones</i>	31
<i>Figura 43. Instalaciones eléctricas</i>	31
<i>Figura 44. Instalaciones sanitarias</i>	32
<i>Figura 45. Transporte del concreto a través de carretillas</i>	33
<i>Figura 46. Vaciado de concreto en losas</i>	33
<i>Figura 47. Vibrado en la losa</i>	34
<i>Figura 48. Acabado de la losa</i>	34
<i>Figura 49. Suministro de curado a vigas y zapatas de cimentación</i>	35
<i>Figura 50. Fisura debida a un curado inadecuado</i>	35
<i>Figura 51. Determinación del tiempo mínimo de desencofrado</i>	36

<i>Figura 52. Variedades de concreto estampado</i>	37
<i>Figura 53. Aplicación de color al concreto</i>	37
<i>Figura 54. Formaleta de caucho usada</i>	37
<i>Figura 55. Costos del concreto con y sin aditivo</i>	38
<i>Figura 56. Medida del asentamiento de una mezcla de concreto</i>	43
<i>Figura 57. Slump tomado a mezcla con plastificante</i>	44
<i>Figura 58. Prueba de Slump no valida</i>	44
<i>Figura 59. Toma de cilindros</i>	46
<i>Figura 60. Marcación de los cilindros</i>	46

1. INTRODUCCION

El Control de Calidad en cualquier ámbito social, sea este el constructivo, el industrial, el educativo etc...., no solo hace referencia a la idoneidad de los materiales o de los recursos con los que se cuentan; sean estos humanos, técnicos o financieros, sino que abarca como un todo los procesos productivos que tienen que sufrir estos recursos para transformarlos en un bien.

En el sector constructivo se tiene que trabajar con muchos materiales, y se tienen que llevar a cabo muchos procesos consecutivos, que son complementarios entre sí, y dependientes unos de otros, es decir que la eficiencia de un proceso depende del control y del buen manejo que se le haya dado a los procesos anteriores, lo que se verá reflejado a largo plazo en: optimización de los rendimientos, disminución del tiempo de trabajo, mayor economía de los proyectos, mayor calidad del bien logrado, y satisfacción personal por parte de quien realiza el trabajo y de quien lo recibe.

El Control de Calidad de un proyecto, empieza desde, la adecuada planificación de las actividades a desarrollar, seguida por la verificación de su debida ejecución, basándose en Normas y Especificaciones relacionadas con cada ámbito, seguida de revisiones posteriores a la finalización del proyecto.

1. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

El Conjunto Residencial la Estación, es una obra que ofrece alternativas de Vivienda, en modalidad de apartamentos e incluye obras de Urbanismo.

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

El promotor del proyecto es la Sociedad Inversiones y Desarrollos S.A, y la construcción la ejecuta el Consorcio AMT, que es una alianza de tres empresas relacionadas con el campo de la construcción. El proyecto está aprobado por la curaduría urbana N° 1, a través de la Licencia de Construcción # 3120 con vigencia de tres años.

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



Figura 1. Proyecto Conjunto Residencial la Estación

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

2.1 RECURSOS PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO

2.1.1 Recursos humanos

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

2.1.1.1 Organización del personal que trabaja en la obra



Figura 2. Organigrama Obra la Estación

2.1.2 Recursos físicos

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



Figura 3. Mezcladora



Figura 4. Vibrocompactador



Figura 5. Buldócer



Figura 6. Torre grúa



Figura 7. Pluma grúa



Figura 8. Placa vibratoria



Figura 9. Campamento



Figura 10. Almacén

2.2 DESCRIPCION ARQUITECTONICA

Los diseños arquitectónicos fueron realizados, enfocándose en el diseño de espacios prácticos y funcionales.

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

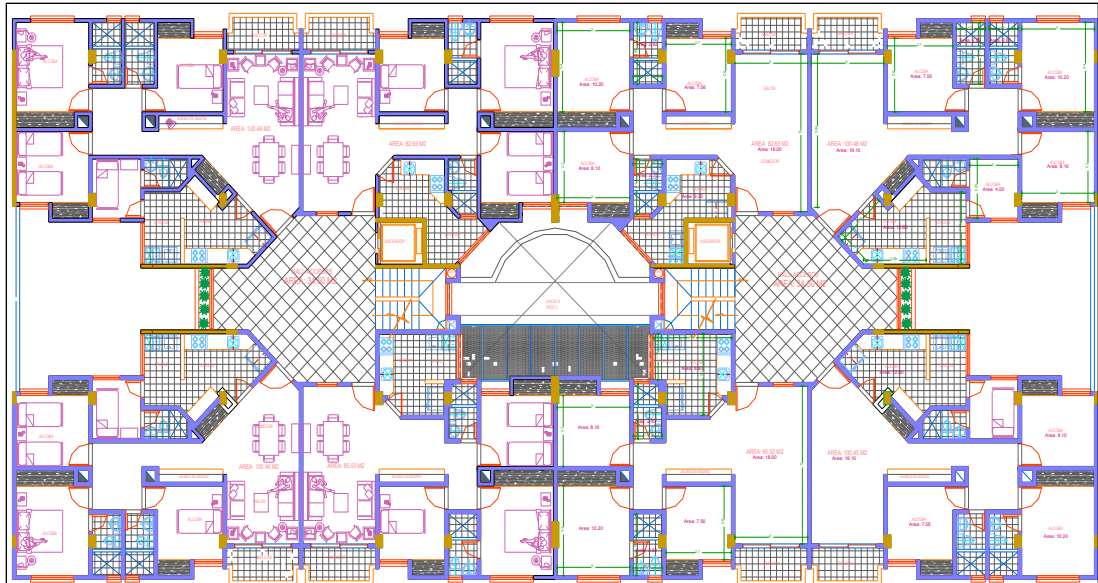


Figura 11. Planta arquitectónica piso tipo

2.3 DESCRIPCION DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

2.3.1 Edificaciones

La cimentación de cada edificio corresponde a pilotes fundidos in situ, con concreto Tremie¹, sobre los cuales se apoya la losa de cimentación de tipo aligerada, construida en concreto reforzado.

¹ Tremie: hace alusión al concreto vaciado mediante tuberías de acero hasta niveles subterráneos

El sistema estructural empleado en el diseño y construcción de dichas edificaciones es aporricado, es decir los elementos resistentes del sistema son vigas y columnas de concreto reforzado.

Las losas de entrepiso utilizadas son losas aligeradas con casetón en esterilla de guadua, que actúan estructuralmente como un diafragma. El material aligerante de la losa es de instalación permanente.



Figura 12. Losa aligerada con esterilla de guadua

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

Los sistemas de mampostería, que se emplean en la obra, tanto el divisorio entre espacios, construido con muros en ladrillo farol y columnetas, como la mampostería de fachada construida en ladrillo estructural visto, con sus respectivas dovelas, no cumplen ninguna función estructural.

2.3.2 Parqueaderos

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



Figura 13. Cimentación zona de parqueaderos

2.3.3 Elementos especiales

Entre los elementos que se fundieron, y que son especiales por sus características y respectivas funciones están:

2.3.3.1 Escaleras

Construidas con el fin de permitir el acceso interno a los apartamentos, desde la zona de parqueaderos hasta el séptimo piso y de acuerdo a las especificaciones de diseño, el concreto fue de una resistencia de 3000 PSI, se utilizó formaleta de madera para su construcción, la distribución de los peldaños se realizó, de acuerdo a lo estipulado en los planos arquitectónicos, con huella de 30 cm y contrahuella de 18 cm, que van sobre una losa inclinada.



Figura 14. Formaleta para escaleras



Figura 15. Escaleras terminadas

2.3.3.2 Cámaras de inspección

Estas son de sección circular, con paredes en concreto simple y placa de 20 cm en concreto reforzado y provistas de una tapa > 0.60m. Construidas para labores de inspección periódica y mantenimiento de los colectores de la Red de Alcantarillado. Las proporciones de la mezcla de concreto utilizada en la fundición de las cámaras fue 1:2 ½:3 medidas en volumen suelto.



Figura 16. Cámara de inspección

2.3.3.3 Sumideros

Son estructuras en concreto que sirven para recolectar las aguas lluvias provenientes de las cunetas. De acuerdo a los diseños estos son de sección rectangular. La proporción de la mezcla utilizada es 1:2 ½:3, medidas en volumen suelto.

El concreto destinado a las cámaras de Inspección como a los sumideros, se impermeabilizo con el objetivo de evitar filtraciones de agua.

2.3.3.4 Bloques de contrapeso para la torre grúa

Son bloques de concreto fundidos en proporciones 1:3:4 en volumen suelto, que no cumplen ninguna función estructural, sino que sirven de contrapeso a la torre grúa, esto con el fin de darle estabilidad a este equipo.



Figura 17. Bloques de soporte para la torre grúa

2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL CONCRETO

Lo ideal en el concreto es obtener una mezcla que se ajuste a los requerimientos de diseño de la estructura, y que además esta sea manejable, resistente, durable y económica. Para obtener una mezcla con las anteriores características es necesario tener en cuenta:

- ✓ **Calidad de los materiales.**
- ✓ **Optimo diseño de la mezcla**
- ✓ **Optimización de los procesos constructivos.**
- ✓ **Equipo técnico y humano adecuados**

3.1 CONCRETO UTILIZADO EN LA OBRA LA ESTACION

El concreto utilizado en la obra para la fundición de elementos estructurales es concreto reforzado, es decir que el concreto no actúa solo, para resistir las cargas, sino que se combina con el acero, para soportar los esfuerzos de tensión, tiene una resistencia de diseño $f'c = 3000$ PSI, dicho concreto se obtiene a través de mezcla mecánica realizada en la obra y con la colocación del acero, de acuerdo a los requerimientos establecidos en el diseño, se conforma el concreto reforzado.

3.2 MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBRA LA ESTACION

3.2.1 Cemento

El cemento utilizado es Cemento Argos tipo uno, presentación de sacos de 50 kilogramos, este tipo de cemento es el que se utiliza en obras de concreto en general, que no requieren propiedades físicas y químicas especiales.



Figura 18. Cemento Argos Tipo I

3.2.1.1 Especificaciones y Normas para el cemento

El cemento debe cumplir con las normas NTC 121 y NTC 321.²

Las anteriores Normas hacen referencia a las propiedades físicas y químicas que debe cumplir el cemento.

De acuerdo a esto, a continuación se presentan las especificaciones técnicas que manejan cementos argos, que cumplen las especificaciones propuestas por las normas y que además cumplen especificaciones propias de cementos argos que las utilizan como un control interno de calidad en el cemento que producen.

Especificaciones técnicas

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

Tabla 1. Especificaciones Técnicas cemento Argos³

3.2.1.2 Almacenamiento del cemento

El cemento en la obra se almacena en el sótano de uno de los edificios, los sacos se colocan sobre entarimados de madera, aislados de cualquier pared o soporte lateral que pueda impedir la libre circulación de aire, o que pueda generar algún tipo de humedad, esto con el fin de que el cemento no fragüe antes de tiempo ya que si esto ocurre puede perder parte de su resistencia. Los sacos están cubiertos bajo techo todo el tiempo, a excepción de unas pequeñas cantidades, que son los

² NSR 98. Capítulo C, párrafo C.3.2.1

³ Página www.argos.com

de consumo rápido, en el momento de la fundición



Figura 19. Almacenamiento Cemento La Estación

3.2.2 Agregado fino

En la obra se utiliza arena lavada de río, debe estar libre de materiales contaminantes e impurezas orgánicas. Esta tiene una buena gradación para proporcionar trabajabilidad y adherencia, a la mezcla. La arena con la que se trabaja en la obra es arena limpia de Puerto Tejada.

Figura 20. Arena de Puerto Tejada



3.2.2.1 Especificaciones y Normas para el Agregado Fino

Los agregados para el concreto deben cumplir con la norma NTC 174.⁴ Dicha norma hace referencia al análisis granulométrico y propiedades físicas y químicas que deben cumplir los agregados.

⁴⁴ NSR 98.Capitulo C. Parágrafo C.3.3.1

3.2.2.1.1 Análisis granulométrico de la Arena de Puerto Tejada

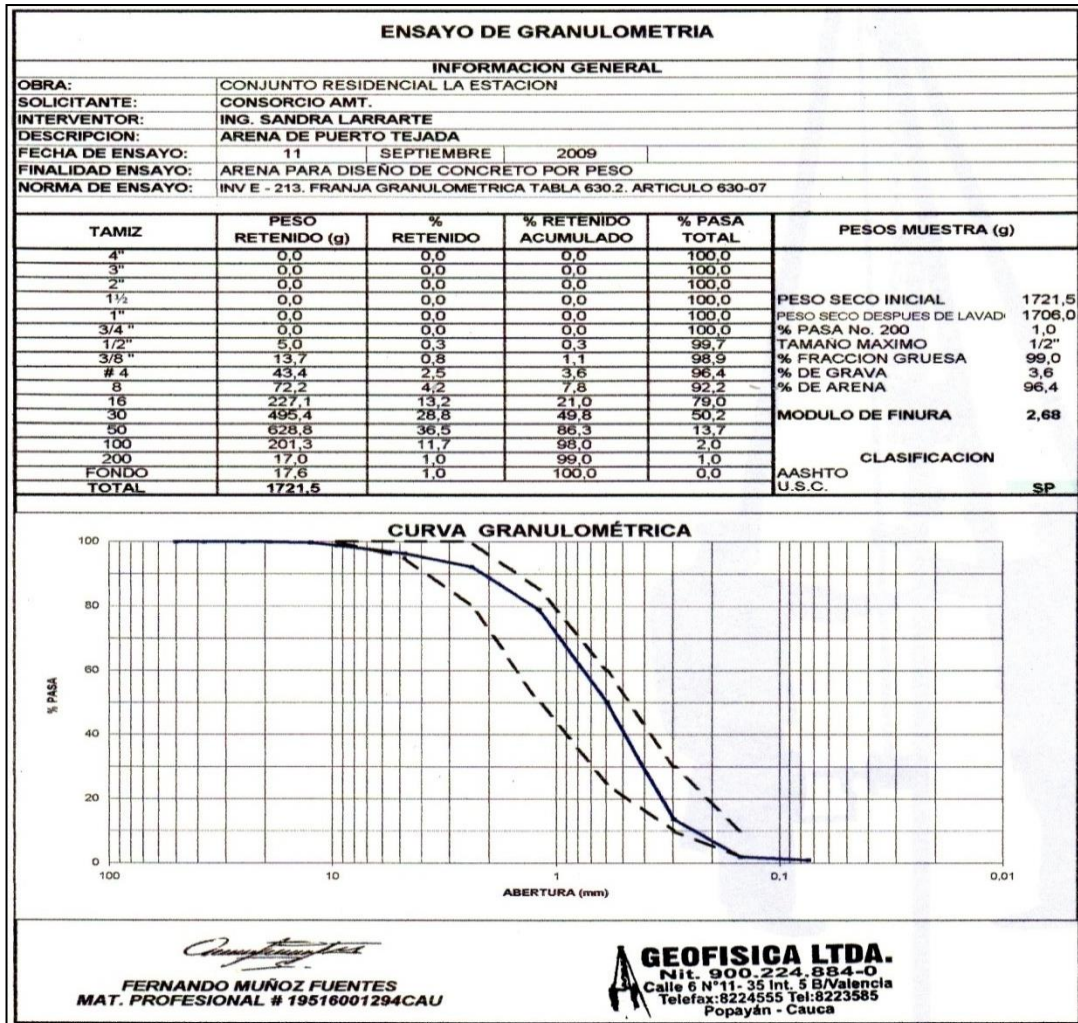


Figura 21. Gradación Arena Puerto Tejada

Analizando los resultados del ensayo granulométrico del material fino se puede clasificar, como arena mediana, ya que su modulo de finura que es igual a 2.68 se encuentra en el rango de [2.6 a 2.9], de donde se obtiene esta clasificación.

Además los tamaños se mantienen equidistantes de los límites superiores e inferiores de tamaños propuestos por las especificaciones.

3.2.2.1.2 Propiedades físicas y químicas del Agregado Fino utilizado

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LA ARENA DE PUERTO TEJADA				
Ensayo	Norma	Resultado	Especificación	Grado de aceptabilidad
Masa Unitaria Suelta	NTC-92	1.445g/cm ³	NO HAY ESPECIFICACION	ESTA EN UN RANGO ACEPTABLE
Materia Orgánica	INV E-212	Color de Referencia 3	Ensayo cualitativo	CUMPLE
Equivalente de Arena	INV E- 133	88%	>60%	CUMPLE
Gravedad Específica Bulk	INV E-222	2.607g/cm ³	NO HAY ESPECIFICACION	ESTA EN UN RANGO ACEPTABLE
Absorción	INV E-222	1.483%	NO HAY ESPECIFICACION	ESTA EN UN RANGO ACEPTABLE
Limpieza	INV E-214	1%	< =5%	CUMPLE

Tabla 2. Resultados Ensayos realizados a Arena de Puerto Tejada

3.2.2.2 Ubicación del Agregado Fino en la obra

La arena se ubica en un sitio cercano a donde está la mezcladora, se almacena de tal forma que se evite la segregación y evitando que esta se contamine con residuos de otros materiales. Siempre se descarga sobre excedentes de la misma para que no esté en contacto directo con el suelo.

3.2.3 Agregado Grueso

El agregado grueso utilizado procede de una cantera y posteriormente se somete a un proceso de trituración mecánica. El triturado usado en la obra fue suministrado por la empresa Ecocivil, para la construcción del primer edificio; en el momento se está utilizando triturado de la empresa Conexpe, el tamaño máximo del triturado es 3/4".



Figura 22. Triturado de Ecocivil



Figura 23. Triturado Conexpe

3.2.3.1 Especificaciones y Normas para el Agregado Grueso

Los agregados para el concreto deben cumplir con la norma NTC 174.⁵ A continuación se presentan los ensayos realizados al material proveniente de las dos fuentes, que han suministrado material a la obra.

3.2.3.1.1 Ensayos realizados a material de Ecocivil

En los siguientes informes se observa los resultados obtenidos de los ensayos realizados al agregado grueso suministrado por la Empresa Ecocivil.

En los resultados (Ver fig 24 y Tabla 3) se aprecia que el porcentaje de material que pasa el tamiz 200 es de 1%, por lo tanto se determina que el triturado está libre de finos y se considera como un material limpio y libre de polvo.

De acuerdo a lo establecido por la INV E-218, se realizó la prueba de resistencia en la máquina de los ángeles a los agregados, que es considerada como un indicador de la calidad del agregado

⁵ NSR 98.Capitulo C, Parágrafo C.3.3.1

Análisis granulométrico a material suministrado por la Empresa Ecocivil

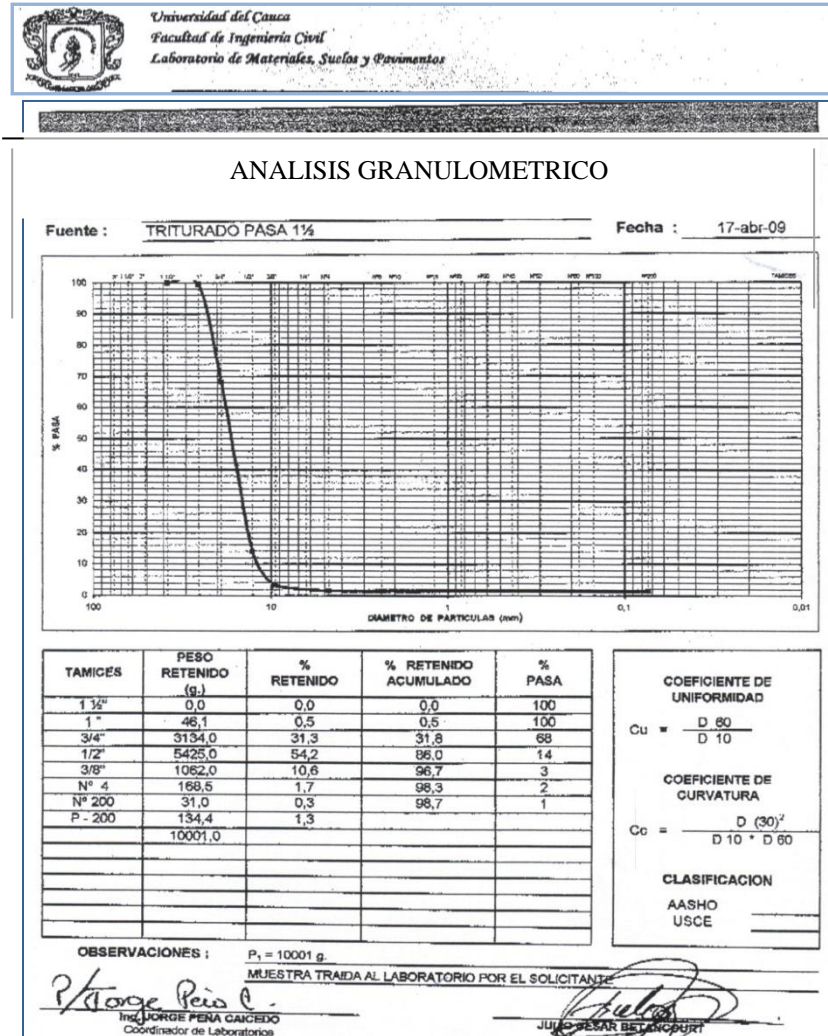


Figura 24. Granulometría material suministrado por Ecocivil

Propiedades físicas del triturado de Ecocivil

PROPIEDADES FÍSICAS DEL TRITURADO DE ECOCIVIL				
Ensayo	Norma	Resultado	Especificación	Grado de aceptabilidad
Desgaste en la Maquina de los Ángeles	INV E-218	5.7%	<=40%	CUMPLE
Ensayo de caras fracturadas	INV E-227	100%	>=60%	CUMPLE

Tabla 3. Resultados ensayos Triturado de Ecocivil

El resultado de la prueba de material de Ecocivil, dio como resultado un 5.7% de desgaste, que es considerablemente menor al valor máximo establecido en las especificaciones, cuyo límite es 40%. Lo cual significa que es un agregado de muy buena calidad, es decir permitirá obtener un concreto muy durable y resistente al uso.

En el ensayo de caras fracturadas se obtuvo un resultado de 100%, que permite que se genere una mayor fricción entre las partículas, lo cual permite que se obtengan resistencias altas, es necesario suministrar un vibrado adecuado de la mezcla, para garantizar un adecuado acomodamiento de las partículas.

3.2.3.1.2 *Ensayos realizados al material suministrado por la empresa Conexpe*

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

Análisis granulométrico material Conexpe

Del análisis granulométrico (Ver fig 25) se puede resumir que el material cumple con el tamaño requerido, además que por tener un porcentaje pasante del tamiz doscientos del orden de 1.3% se considera un material limpio.

Los siguientes resultados (Ver Tabla 4), permiten notar que las especificaciones de todos los ensayos se cumplen, a excepción, del resultado que arrojó el ensayo de resistencia al ataque de sulfatos, el cual aunque no cumple el valor planteado en la especificación, no se toma como un parámetro para rechazar el material.

Granulometria de Triturado de Conexpe

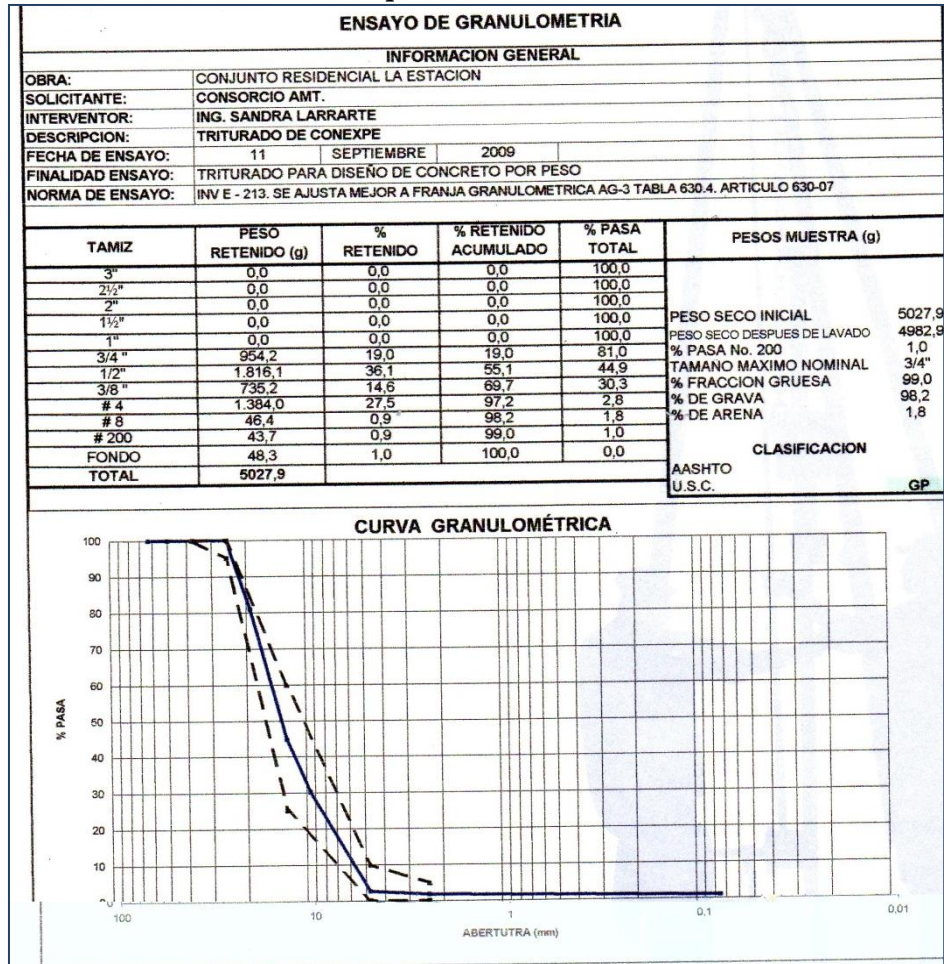


Figura 25. Análisis Granulométrico material de Conexpe

Propiedades físicas y químicas del material de Conexpe

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL TRITURADO DE CONEXPE				
Ensayo	Norma	Resultado	Especificación	Grado de aceptabilidad
Masa Unitaria Suelta	NTC-92	1.344g/cm ³	NO HAY ESPECIFICACION	ESTA EN UN RANGO ACEPTABLE
Desgaste en la Maquina de los Ángeles	INV E-218	28.8%	<=40%	CUMPLE
Índice de Aplanamiento	INV E-230	19.03%	25%	CUMPLE

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL TRITURADO DE CONEXPE				
Densidad Especifica Bulk	INV E-223	2.498g/cm ³	NO HAY ESPECIFICACION	ESTA EN UN RANGO ACEPTABLE
Absorción	INV E-223	2.4g/cm ³	<=4%	CUMPLE
Resistencia al Ataque de Sulfato de Sodio	INV E-220	19.13%	<=12%	NO CUMPLE

Tabla 4. Resultados ensayos triturado de la Empresa Conexpe

3.2.3.2 Ubicación del Agregado Grueso en la obra

El triturado se apila cerca a la mezcladora, separado del agregado fino, las partículas del agregado se agrupan de tal forma que se evite al máximo la segregación y la contaminación. La descarga se realiza sobre material sobrante con las mismas características, para evitar que el nuevo material se contamine al estar en contacto directo con el suelo.

3.2.3.3 Chequeo del tamaño máximo nominal

El tamaño máximo nominal del agregado no debe ser mayor que:

- (a) 1/5 de la dimensión menor entre los lados de las formaletas,
- (b) 1/3 del espesor de las losas,
- (c) 3/4 del espaciamiento libre mínimo entre las barras o alambres individuales del refuerzo, paquetes de barras o los tendones o ductos de preesforzado.⁶

Dado que el tamaño máximo del agregado grueso utilizado es 3/4", el TMN es 1/2", es decir 1.27 cm. Al realizar los chequeos se obtuvo:

$$\begin{array}{l}
 \text{(a) } 1/5 * 15\text{cm} = 3 \text{ cm} \\
 \text{(b) } 1/3 * 5 \text{ cm} = 1.67 \text{ cm} \\
 \text{(c) } 3/4 * 1.825 = 1.37
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{(a)} \\ \text{(b)} \\ \text{(c)} \end{array}} \right\} > 1.27\text{cm} \quad \text{OK!}$$

⁶ NSR 98. Capitulo C. Parágrafo C.3.3.3

3.2.4 Agua de Mezcla

El agua es un componente muy importante de una mezcla de concreto ya que se encarga; no solo de darle manejabilidad a la mezcla, sino también de hidratar el cemento, para que este desarrolle toda su resistencia. Además proporciona resistencia adicional a través del curado que se realiza al concreto endurecido.

En la obra se utilizó agua del acueducto de Popayán.



Figura 26. Agua de mezcla

3.2.5 Aditivos para concreto

Los aditivos plastificantes ayudan a mejorar la manejabilidad y manipulación del concreto en caso que se fundan elementos muy esbeltos, o muy reforzados. Muchos también tienen la propiedad de acelerar el fraguado, o retardarlo de acuerdo a las necesidades que se tengan.

Para la mezcla preparada en la obra se utilizó al principio Eucon 37 de la línea de plastificantes de Toxement, siendo un plastificante-acelerante, porque además de darle manejabilidad a la mezcla de concreto, ayudaba a acelerar el fraguado de la misma y permitía una mayor ganancia de resistencia del concreto a temprana edad, lo que generaba un mayor avance de obra, pero surgió la necesidad de dar mayor manejabilidad a la mezcla especialmente cuando se requería fundir columnas y pantallas que tenían secciones muy pequeñas y los asentamientos obtenidos, estaban oscilando entre 6 y 7cm, que combinados con el rápido endurecimiento de la mezcla dificultaba el vaciado, por esto, se optó por utilizar un

súper plastificante de la línea Sika denominado Sikafuid con su uso, se reducía aproximadamente en un 20% el agua de la mezcla, además de permitir que esta y fuese mucho más manejable, obteniéndose asentamientos entre 7 y 9cm.



Figura 27. Aditivo plastificante usado en la preparación de mezclas de concreto

3.2.6 Adiciones complementarias

El concreto producido en obra no requiere aire incluido, ni adición de puzolanas o cenizas volcánicas.

4. REQUISITOS DEL CONCRETO PRODUCIDO EN OBRA

4.1 DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA

La mezcla se realiza en base a proporciones en volumen suelto iniciales de 1:2:3, y de 1:2½: 2½., las cuales fueron encontradas, a través de mezclas diseñadas en el laboratorio. Para las anteriores proporciones se requieren entre 7 y 7.5 sacos de cemento por cada m³ de concreto.

La variación de las anteriores proporciones se da dependiendo de la esbeltez que tenga el elemento a fundir, utilizándose 1:2:3 para la losa aligerada, incluidas vigas y viguetas, y 1:2½: 2½, para columnas y pantallas con el fin de obtener una mayor manejabilidad de la mezcla y un mejor acabado del elementos fundido.

Para la medición de dichas proporciones se utilizan cajones de 0.33*0.33*0.33m si la mezcladora es de un saco, o carretillas enrazadas equivalentes a dos cajones, cuando la mezcla se realiza en una mezcladora de tres sacos.



Figura 28. Elementos empleados en la medición de proporciones en volumen suelto

4.2 RESISTENCIA DE DISEÑO

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

5. PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LOS ELEMENTOS EN CONCRETO REFORZADO

Prerrequisitos

- ★ Tener los diseños arquitectónicos y estructurales definidos, de surgir cambios en el transcurso de la construcción, pedir la debida revisión y aprobación del diseñador.
- ★ Tener establecido el diseño de la mezcla a emplear en la obra, de surgir variaciones realizar las pruebas en la obra, y verificar los resultados obtenidos.
- ★ Debe haber disponibilidad tanto de materiales, como de herramientas, y equipos suficientes que garanticen el cumplimiento de la programación de la obra.

★ Disponibilidad de personal suficiente e idóneo para realizar cada actividad.

a. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE COLUMNAS Y PANTALLAS EN CONCRETO REFORZADO

5.1.1 Colocación del Refuerzo

El suministro y la disposición del acero, se realizan de acuerdo a lo establecido en el diseño estructural, tanto para columnas como para pantallas.

En las columnas esta actividad, se realiza simultáneamente desde la cimentación del edificio, amarrando los aceros desde las vigas de la losa de cimentación, para las columnas del primer piso y luego se continúa traslapando las varillas para las columnas de niveles superiores.

El refuerzo en las pantallas se dispone de acuerdo a los requerimientos del diseño estructural, en estos se describen 5 tipos de pantallas, estas tienen una parrilla de $\frac{1}{2}$ " cada 15 cm, tanto en sentido horizontal como vertical, formando una malla de refuerzo; lo indicado anteriormente se realiza para las pantallas de rigidez y para las pantallas de los ascensores. Se chequea, que para todos los elementos estructurales se cumplan entre otras cosas, los diámetros de las barras, las separaciones entre estribos, y los traslapos para cada elemento.



Figura 29. Comienzo armado de una columna

5.1.2 Encofrado

Se realiza la cimbra o marcación de las dimensiones de las columnas y pantallas, y se chequean los ejes y alineamientos antes de colocar la formaleta.

La formaleta es una estructura temporal, debe ser resistente e indeformable, ya que servirá como molde y soporte al concreto durante el vaciado y su posterior fragüe, hasta que este cumpla una resistencia determinada.

La formaleta de las columnas está conformada por piezas de madera, que se ajustan con tensores, esta debe ser lubricada con algún tipo de desmoldante, para garantizar que el concreto no se adhiera a la formaleta y facilitar su retiro, una vez el concreto haya alcanzado una determinada resistencia.

El encofrado de uno de los cinco tipos de pantallas, descrito en los planos estructurales, se realiza con tableros de madera ajustada con tensores, en todas las demás pantallas se emplea formaleta de aluminio tipo manoportable⁷, para garantizar el espesor de la pantalla se utiliza un elemento metálico denominado distanciador o corbata, dicha formaleta tiene ventajas con respecto a la de madera en cuanto a la resistencia, a un menor tiempo de ensamblaje de sus piezas, y un mejor acabado en el elemento.

Estas piezas son igualmente lubricadas, con el fin de facilitar su remoción y evitar que el concreto se adhiera a la formaleta.

Antes de empezar el montaje de las piezas sean de madera o aluminio, se verifica que el acero de refuerzo este debidamente colocado especialmente centrado, para esto se utiliza los separadores (elementos de varilla 1/4") y que las instalaciones eléctricas, hidrosanitarias y a gas se hayan realizado. En la construcción de este tipo de elementos es muy importante garantizar su verticalidad, para esto se utilizan pesas, que pueden ser pequeños cilindros de concreto, o ladrillos que hacen la función de plomadas.

⁷ Manoportable: que una sola persona puede manipular



Figura 30. Formaleta en madera



Figura 31. Montaje de formaleta manoportante

5.1.3 Mezclado del Concreto

Una vez estén listas las formaletas de los elementos a fundir, se dispone a iniciar el proceso de mezclado, pero antes de iniciarlo, es muy importante verificar que se cuente con las cantidades suficientes de materiales, e informar al personal, la dosificación de los materiales que se va a manejar y como ellos deben hacer las respectivas mediciones de los materiales, ya que las proporciones que se utilizan para fundir todos los elementos estructurales y no estructurales son en volumen suelto.

Para la fundición de pantallas, al igual que para columnas, es necesario tener un adecuado control de la cantidad de agua que se le suministra a la mezcla, para llegar a un equilibrio entre manejabilidad y resistencia del concreto. Cada vez que se funden este tipo de elementos lo más importante es verificar que se adicione el aditivo en la dosificación requerida, y chequear que el asentamiento este, entre 7 y 9 cm y que la dosificación de los demás materiales sea la adecuada, para el caso, se adicionaba sikafluid equivalente al 1% del peso del cemento y se utilizaron proporciones 1:2 $\frac{1}{2}$:3 en volumen suelto.

En la obra se utilizó una mezcladora mecánica, tipo no basculante, cuya olla tiene una capacidad aproximadamente de 0.45m³, dicha olla o tambor es reversible y gira en una dirección para mezclar e invierte el sentido de rotación para descargar el concreto; su accionamiento es totalmente hidráulico. Una vez los materiales, están en la olla, el tiempo de mezcla aproximado, empleado es de 1 $\frac{1}{2}$ minutos que es el tiempo mínimo de mezcla de acuerdo a la NSR 98.

homogénea y uniforme y garantizar un adecuado recubrimiento de los agregados por la pasta de cemento.



Figura 32. Descarga de la mezcla de concreto

5.1.4 Transporte y Colocación de la mezcla

En la obra, generalmente se usa la torre grúa, como mecanismo para desplazar la mezcla de concreto desde su sitio de preparación hasta el sitio donde va a ser colocada, esta tiene la capacidad de hacer desplazamientos, tanto en forma horizontal, como en forma vertical, tiene por característica que se compone de cuerpos metálicos que se ensamblan unos a otros, dependiendo de la necesidad de altura requerida, logrando alcanzar una altura hasta de 38 m, y la longitud de su brazo alcanza los 30m. Posee 4 motores de carga y un motor de giro.

Una vez, preparada la mezcla, esta se vacía sobre un bache metálico con capacidad de 900kg, el recipiente se sujeta de un gancho en forma de garfio, que a su vez se sostiene por una polea, la cual permite el movimiento vertical del bache.



Figura 33. Métodos de transporte de la mezcla de concreto

Cuando la torre grúa estaba en mantenimiento, se utilizó como alternativa de transporte una pluma grúa, que únicamente realiza desplazamientos en forma vertical.

Dado que no es posible realizar el vaciado de concreto directamente del bache a las columnas y pantallas, por tener estas una sección pequeña respecto a las dimensiones del bache, el concreto se vaciaba inicialmente en un sitio cercano de la columna a fundir, se llevaba en carretillas y posteriormente era vaciado dentro de la formaleta a través de recipientes o de baches con salida lateral



Figura 34. Colocación de concreto en las columnas

El vaciado se realiza en forma continua hasta completar la fundición, de cada uno de los elementos estructurales.

5.1.5 Vibrado del Concreto

El tipo de compactación utilizado fue el vibrado interno, es decir se vibra directamente la mezcla de concreto y no se vibra desde la formaleta. Se utilizó un vibrador que funciona con un motor eléctrico monofásico, este produce la energía de vibración, y esta es transmitida al concreto a través de una manguera.

Esta era una actividad un poco dispendiosa para el personal, ya que la sección y la altura de las columnas no permiten llegar a la base de estas, para evitar que en esta zona se presente hormigüeo del concreto por falta de vibrado, hay necesidad de dar suaves golpes a la base de la formaleta con el fin de que se acomode mejor la mezcla.



Figura 35. Vibrado de una columna

5.1.6 Desencofrado

El desencofrado o retiro de la formaleta en las columnas y pantallas, se hace 2 días después de haber sido fundidas, de acuerdo a pruebas de resistencia realizadas.



Figura 36. Pantallas Terminadas

5.1.7 Curado

Para el curado de las columnas se utiliza las envolturas de los sacos de cemento humedecidos con el fin de que estos actúen como sellantes y eviten la pérdida del agua de mezclado. Este método es muy bueno ya que se logra cubrir casi en su totalidad la superficie de concreto expuesta.



Figura 37. Curado con materiales sellantes

El curado a las pantallas se realizaba mediante la aplicación de agua con una manguera al elemento recién fundido, es bueno si se aplica con constancia y uniformidad sobre toda la superficie de concreto.

5.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS LOSAS ALIGERADAS

5.2.1 Encofrado

El encofrado de la losa consiste en un juego de parales o puntales metálicos, también conocidos como “gatos” y sobre los cuales se apoyan cerchas metálicas, formando un sistema de soporte, para el entarimado se usa tableros de madera sobre los cuales, se arma y posteriormente se funde la losa. Las dimensiones de los tableros son 1.40*0.70 m.



Figura 38. Sistema de soporte del encofrado de la losa

Además los parales son arriostrados⁸ por tijeras o crucetas metálicas, ubicadas en forma de diagonales, en ambos sentidos, obteniéndose así la rigidez necesaria del sistema.

5.2.2 Colocación del refuerzo

Una vez terminada y nivelada la formaleta se inicia a colocar el refuerzo correspondiente a vigas y viguetas, el cual ha sido cortado y flejado en obra de

⁸ Arriostramiento: Acción que genera la rigidez necesaria, de resistir fuerzas horizontales, sin colapsar, ni deformarse sensiblemente. Asocreto 1998

acuerdo a los planos estructurales, esto es realizar los ganchos a las varillas principales y la elaboración de flejes o estribos. La descripción de cada uno de los elementos que forman la losa de acuerdo al diseño estructural se presenta a continuación:

Placa de recubrimiento: es una losa de 5 cm reforzada con una malla electrosoldada.

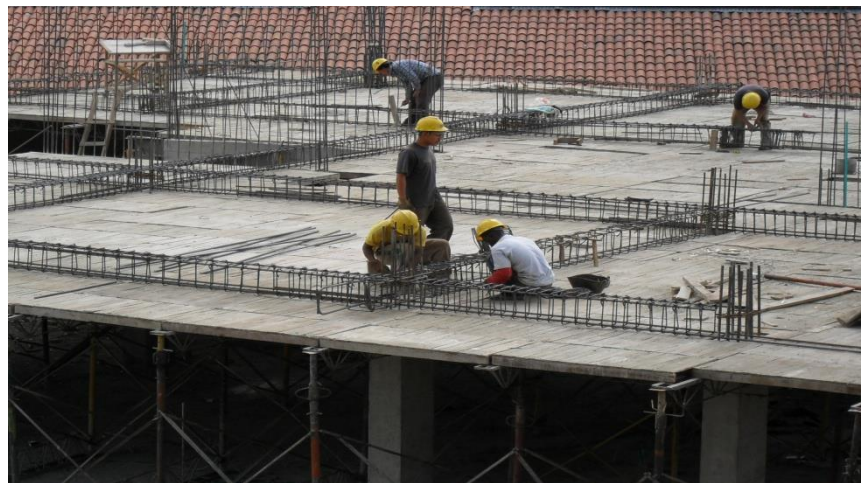


Figura 39. Armado de vigas

Al realizar la colocación de los aceros se debe respetar las distancias establecidas para la separación de barras y estribos, se verifica también los diámetros y las longitudes de traslapo de las barras.



Figura 40. Verificación longitud de los traslapos

A medida que se avanza en la colocación del refuerzo es necesario ir colocando “panelas”, o pequeños trozos de concreto, fabricados en obra y que se colocan entre la formaleta y el acero de refuerzo, esto con el fin de garantizar el recubrimiento necesario al acero, propuesto en el diseño.



Figura 41. Colocación de panelas para garantizar recubrimiento

5.2.3 Instalación de los elementos aligerantes

Los elementos aligerante para las losas, son casetones, elaborados en listones de madera y forrados con esterilla de guadua, estos sirven de formaleta para los nervios y viguetas, además sirve para disminuir la cantidad de concreto por metro cuadrado de losa, logrando también reducir el peso de la estructura. La ventaja de las losas aligeradas es que no solo reducen el peso propio de la estructura, sino que también es más económico al reducir el volumen de concreto. Sobre estos se coloca y se amarra el acero de retracción y fraguado.

Las dimensiones de los casetones varían de acuerdo a la planta estructural, su altura estándar es de 0.30 m.



Figura 42. Instalación de casetones

5.2.4 Instalaciones eléctricas

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



Figura 43. Instalaciones eléctricas

5.2.5 Instalaciones sanitarias

El proceso de construcción de estas instalaciones inicia con la localización y ubicación de cada uno de los puntos sanitarios y posteriormente se realiza el

ensamble de las tuberías y accesorios que forman la instalación. Tanto los diámetros, y los alineamientos se basan en los planos de diseño. Además se debe instalar los bajantes de aguas negras, tuberías de reventilación y bajantes de aguas lluvias.

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



Figura 44. Instalaciones sanitarias

5.2.6 Instalaciones hidráulicas

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

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

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

De acuerdo al diseño arquitectónico, existen unos espacios vacíos, comúnmente

llamados buitrones, estos son pasos en la losa de entrepiso donde se ubican los bajantes y tuberías, estos van desde el sótano hasta la cubierta.

5.2.7 Mezclado del concreto

La mezcla de concreto para las losas de entrepiso, se realiza de acuerdo a la dosificación requerida en volumen suelto que es de $1:2\frac{1}{2}:3$, para esta mezcla no se emplea ningún tipo de aditivo y se trabaja con asentamientos entre 4 y 5 cm. Generalmente, se efectúa en la mezcladora de tres sacos, y se transporta a través de la torre grúa

5.2.8 Vaciado del concreto

El vaciado del concreto se realiza directamente desde el bache de la torre grúa, sobre el sitio de fundición, dicho bache tiene una compuerta inferior de descarga.

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



Figura 45. Transporte del concreto a través de carretillas



Figura 46. Vaciado de concreto en losas

5.2.9 Vibrado de la losa

El vibrado de la losa se realiza simultáneamente con el vaciado del concreto y se emplea vibradores eléctricos, se debe tener en cuenta que estos equipos cumplan con los requerimientos necesarios en cuanto a diámetro y número de revoluciones. El personal encargado de esta labor debe tener experiencia ya que no puede exceder el vibrado de la mezcla ya que puede generar segregación de la mezcla



Figura 47. Vibrado en la losa

5.2.10 Terminado de la losa

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



Figura 48. Acabado de la losa

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

5.2.11 Curado

El curado consiste en aplicar a las losas, suficiente cantidad de agua, esparciéndola con una manguera, procurando humedecer la totalidad de la superficie de la losa. Este se aplica una vez el concreto ha endurecido y durante cuatro días.



Figura 49. Suministro de curado a vigas y zapatas de cimentación



Figura 50. Fisura debida a un curado inadecuado

5.2.12 Desencofrado

Consiste en el retiro de todo el conjunto de elementos que conforman la obra falsa, en nuestro caso las losas se inician a desencofrar a los cuatro días después de fundidas, esto se logra mediante un diseño de mezcla óptima y un estudio de la resistencia temprana del concreto. En la curva de control del concreto sin aditivos, (Ver fig 51) se muestra que al cuarto día se ha alcanzado la resistencia de diseño requerida para la losa por lo tanto es posible su desencofrado.

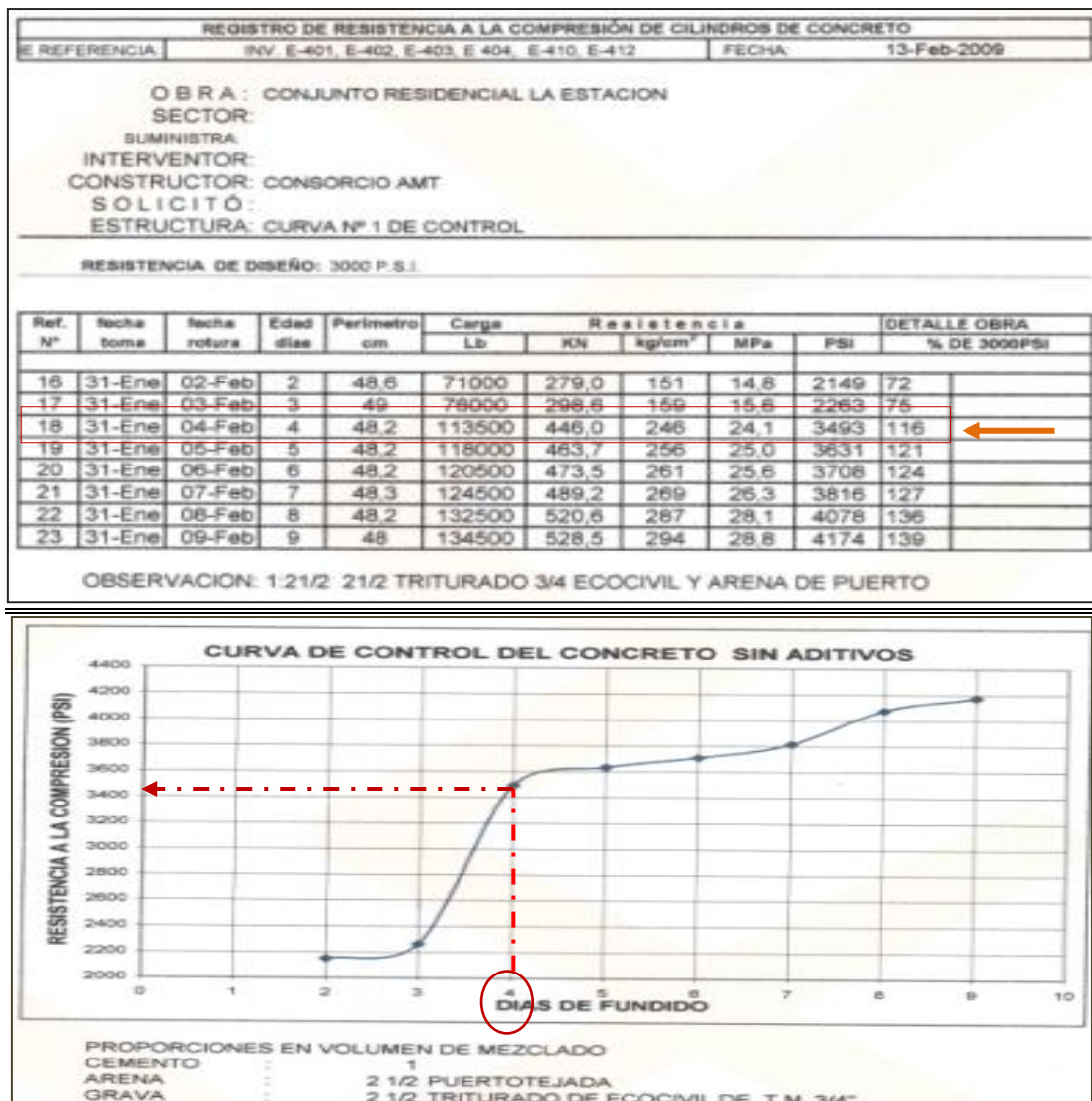


Figura 51. Determinación del tiempo mínimo de desencofrado

6. CONCRETO ESTAMPADO

En la obra se realizaron muestras de concreto estampado, como una posible alternativa, a implementarse en las zonas comunes. Esta opción es muy estética y da la posibilidad de generar varias formas y texturas, en el concreto, una vez este ha endurecido, logrando una área agradable y versátil en cuanto a su diseño.



Figura 52. Variedades de concreto estampado

El proceso constructivo consiste en la aplicación de una placa de caucho o formaleta, que le da la forma al estampado, la aplicación del color se efectúa sobre el concreto fresco, otro producto sirve de desmoldante, al día siguiente se debe lavar muy bien y una vez el concreto está seco se aplica con rodillo un producto que le da el acabado final, brillo y durabilidad.



Figura 53. Aplicación de color al concreto

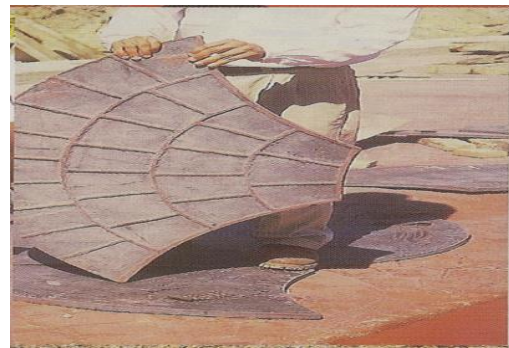


Figura 54. Formaleta de caucho usada

7. COSTO DE PRODUCCION DEL CONCRETO EN OBRA

El análisis de precios fue realizado para una dosificación de la mezcla de concreto en proporciones en volumen suelto 1:2½:3, considerando la mezcla de concretos con y sin aditivos y haciendo la comparación entre los costos de los materiales sin tener en cuenta la mano de obra y el equipo utilizado en su preparación.

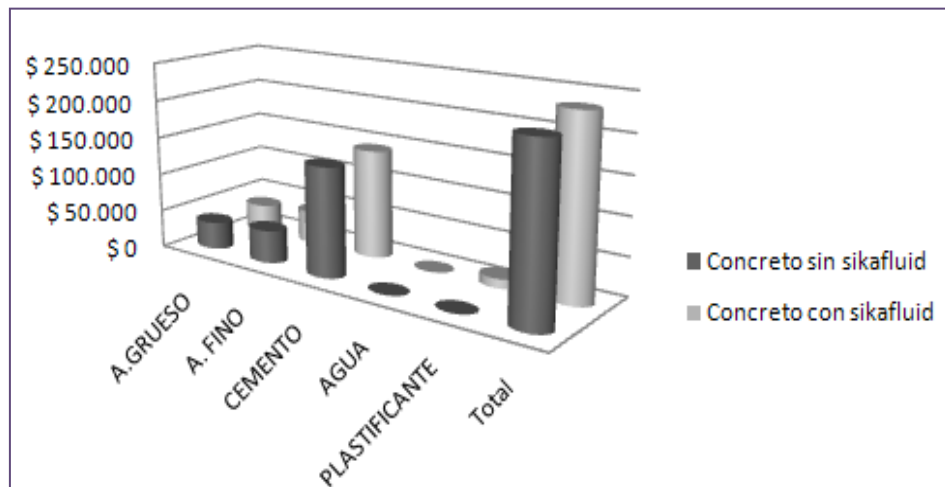


Figura 55. Costos de mezclas de concreto con y sin aditivos

Comparación de costos de mezclas con y sin plastificantes

Para el análisis de costos presentados a continuación es necesario tener en cuenta las cantidades de material, necesarias para la producción de un m³ de concreto para proporciones en volumen suelto 1:2½:3,⁹ y su valor unitario de acuerdo a lo anterior se tiene:

- ❖ Agregado Fino: 0.65m³/m³ concreto, \$45000 m³ de arena
- ❖ Agregado Grueso: 0.78 m³/m³ concreto, \$55000 m³ de triturado
- ❖ Cemento : 6.5 sacos/ m³ concreto, \$22000 cada saco
- ❖ Agua: 185 Litros/m³ concreto, \$0.55 /Litro
- ❖ Superplastificante Sikafliud: 6.5 Kilos/m³, \$12174 /m³ de concreto.

Cabe aclarar que dichas cantidades son aproximadas, ya que por ser proporciones en volumen suelto, puede surgir cierta variación en estas.

⁹Tomado del libro Concreto Simple. Ing Gerardo Rivera

+Materiales	Concreto sin sikafluid \$/m ³ concreto	Concreto con sikafluid \$/m ³ concreto
A.FINO	\$ 29.250	\$ 29.250
A. GRUESO	\$ 42.900	\$ 42.900
CEMENTO	\$ 143.000	\$ 143.000
AGUA	\$ 101,36	\$ 81.4
PLASTIFICANTE	0	\$ 12.174
Total	\$ 215.251,36	\$ 227.405.4

Tabla 6. Comparación de costos en pesos de mezclas con y sin aditivo

La reducción de agua que permite el plastificante es de 20% .Existe un sobre costo de \$12154.04 por metro cubico de concreto producido en obra con plastificante, esto se justica desde el punto de vista técnico, ya que logramos una buena manejabilidad, buena resistencia y un buen acabado de los elementos.

8. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA PASANTÍA

8.1 VERIFICACIÓN DE CRONOGRAMAS

Desarrolle el seguimiento a la programación y ejecución de la obra a través de la verificación de los cronogramas de obra establecidos al inicio de la obra, dicha programación fue realizada por el Consorcio AMT; constructor de la misma, en conjunto con la Interventoria.

Por mi parte la verificación de dichos cronogramas se inició a partir de la semana 16 de avance de la obra.

El balance general de dicha revisión, es que en ningún momento hubo retrasos en la ejecución de la obra, y en muchas ocasiones las actividades programadas se llevaron a cabo con anticipación de lo estipulado en el cronograma.

A continuación se presenta la Programación de la obra a partir de la semana 16 hasta la semana 22 de avance de la obra.

Tabla 7. Cronogramas de avance de Obra “Conjunto Residencial La Estación”

CONSTRUCCION CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACION			CONSTRUCTOR CONSORCIO AMT									TORRE D				
MESES			ABRIL				MAYO									
			SEMANA 16		SEMANA 17		SEMANA 18		SEMANA 19		SEMANA 20		SEMANA 21		SEMANA 22	
DESCRIPCION	UND	CANT	Abr-12	Abr-18	Abr-19	Abr-25	Abr-26	May-02	May-03	May-09	May-10	May-16	May-17	May-23	May-24	May-30
BASE Y PAVIMENTO	M2	795														
COLUMNAS DEL SOTANO INC PANTALLAS	ML	1496														
LOSA ALIGERADA PRIMER PISO	M2	892														
COLUMNAS PRIMER PISO INC PANTALLAS	ML	105,6														
LOSA ALIGERADA SEGUNDO PISO	M2	825														
COLUMNAS SEGUNDO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6														
LOSA ALIGERADA TERCER PISO	M2	825	PROGRAMADO													
			EJECUTADO													
COLUMNAS TERCER PISO INC PANTALLAS	ML	105,6														
LOSA ALIGERADA CUARTO PISO	M2	825														
COLUMNAS CUARTO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6														
LOSA ALIGERADA QUINTO PISO	M2	825														
COLUMNAS QUINTO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6														
LOSA ALIGERADA SEXTO PISO	M2	825														

CONSTRUCCION CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACION			CONSTRUCTOR CONSORCIO AMT										TORRE D			
MESES			JUNIO										JULIO			
			SEMANA 23		SEMANA 24		SEMANA 25		SEMANA 26		SEMANA 27		SEMANA 28		SEMANA 29	
DESCRIPCION	UND	CANT	May-31	Jun-6	Jun-7	Jun-13	Jun-14	Jun-20	Jun-21	Jun-27	Jun-28	Jul-4	Jul-5	Jul-11	Jul-12	Jul-18
LOSA ALIGERADA TERCER PISO	M2	825														
COLUMNAS TERCER PISO INC PANTALLAS	ML	105,6														
LOSA ALIGERADA CUARTO PISO	M2	825														
COLUMNAS CUARTO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6														
LOSA ALIGERADA QUINTO PISO	M2	825														
COLUMNAS QUINTO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6														
LOSA ALIGERADA SEXTO PISO	M2	825	PROGRAMADO													
			EJECUTADO													
COLUMNAS SEXTO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6														
LOSA ALIGERADA SEPTIMO PISO	M2	825														
COLUMNAS SEPTIMO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6														
LOSA ALIGERADA OCTAVO PISO	M2	825														
COLUMNAS OCTAVO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6														
VIGAS Y LOSA DE CUBIERTA	M2	97,27														

CONSTRUCCION CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACION			CONSTRUCTOR CONSORCIO AMT								TORRE C						
MESES			JULIO								AGOSTO						
			SEMANA 28		SEMANA 29		SEMANA 30		SEMANA 31		SEMANA 32		SEMANA 33		SEMANA 34		
DESCRIPCION	UND	CANT	Jul-6	Jul-12	Jul-13	Jul-19	Jul-20	Jul-26	Jul-27	Ago-2	Ago-3	Ago-9	Ago-10	Ago-16	Ago-17	Ago-23	
PILOTES EN CONCRETO 30 CMTS	ML	116															
LOSA DE CIMENTACION 60 CMT VIGAS	M2	577	PROGRAMADO														
			EJECUTADO														
BASE Y PAVIMENTO	M2	795			PROGRAMADO												
							EJECUTADO										
COLUMNAS DEL SOTANO INC PANTALLAS	ML	1496					PROGRAMADO										
						EJECUTADO											
LOSA ALIGERADA PRIMER PISO	M2	892										PROGRAMADO					
												EJECUTADO					
COLUMNAS PRIMER PISO INC PANTALLAS	ML	105,6													PROGRAMADO		
															EJECUTADO		
LOSA ALIGERADA SEGUNDO PISO	M2	825															
COLUMNAS SEGUNDO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6															

8.2 CHEQUEO DE MANEJABILIDAD DE LA MEZCLA

La manejabilidad es una propiedad del concreto en estado fresco, que hace referencia a la facilidad del concreto para ser colocado, vibrado y terminado sin que se pierda uniformidad de la mezcla; es decir que esta no sufra ni exudación ni segregación. En la obra mi labor en cuanto al control de la manejabilidad consistía en no solo estar pendiente de realizar los ensayos de manejabilidad como la prueba de slump y verificar que los asentamientos fuesen los requeridos para cada elemento fundido, sino también verificar: que se utilizaran los materiales adecuados, que el personal estuviera utilizando la dosificación adecuada y las cantidades requeridas de aditivo de ser este necesario, que se midieran las cantidades de material, ya estipulados para las proporciones en volumen suelto determinadas. Además debía estar haciendo un permanente control de los procesos de transporte, vaciado, colocación y curado del concreto descritos anteriormente en este informe.

Ensayo de medición de la manejabilidad

Una forma de medir la consistencia o fluidez de una mezcla del concreto es a través de la Prueba del cono o Slump (NTC 396). Este fue el ensayo de medición de manejabilidad empleado en la obra La Estación

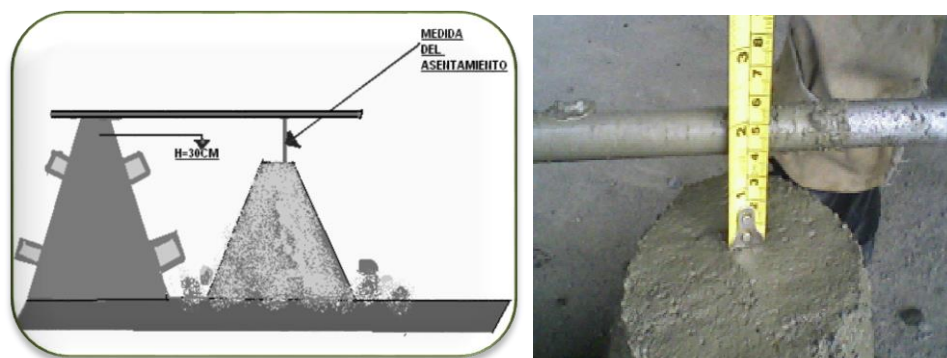


Figura 56. Medida del asentamiento de una mezcla de concreto con el Cono o Slump

Esta prueba se realizaba siempre que había fundición, con el fin de controlar la cantidad de agua adicionada a la mezcla, y que de esta forma no se fuera a alterar su resistencia. Siempre los resultados obtenidos en las mezclas preparadas en obra oscilaron en un rango entre 4 y 10 cm considerándose estas, como mezclas plásticas o de consistencia media.



Figura 57. Slump tomado a mezcla con plastificante

Si el resultado del slump es un desprendimiento pronunciado de la mezcla, significa que el procedimiento del ensayo que se realizó no fue el correcto, y que hubo fallas en este, como por ejemplo, un número inadecuado de golpes, o no aplicarlos con uniformidad sobre la superficie de las capas, pueden ser las causas de este efecto. En estos casos la prueba era repetida.



Figura 58. Prueba de slump no valida

8.3 PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

En Concreto Reforzado, tanto el acero, como el concreto tienen un papel muy importante en la asimilación de los esfuerzos que se van a presentar en la estructura, siendo el acero quien asume casi en su totalidad los esfuerzos de

Tensión, y dejando encargado al concreto de asumir los esfuerzos de Compresión.

Es por lo anterior que la Resistencia a la Compresión es uno de los parámetros más importantes para evaluar la calidad de un concreto.

Ensayo de Resistencia a la Compresión

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

En la Obra se realiza una toma de cilindros representativa de cada elemento, siendo estos losas, pantallas y columnas y se elaboran 3 cilindros, uno por cada edad de evaluación a los 7, 14, y 28 días respectivamente, aunque de acuerdo a la NSR 98, lo más recomendable es hacer 2 cilindros por edad para llevar así, un control estadístico de los resultados de resistencia a compresión obtenidos.

El modo de compactación depende a su vez del asentamiento requerido para la mezcla, usándose compactación con varilla si dicho asentamiento es mayor a 2.5 cm. Dado que uno de los requerimientos de la mezcla que se produce en la obra, es que esta sea de consistencia media o plástica, el modo de compactar los cilindros es apisonamiento con varilla. (Ver fig 59).

Una vez elaborados los cilindros en obra, Estos son referenciados, y retirados de sus moldes en un rango de 16 a 24 horas. Luego de este periodo se dejan inmersos en agua hasta ser llevados a Laboratorio.



Figura 59. Toma de cilindros



Figura 60. Marcación de los cilindros

En la obra se lleva un control interno de la toma de cilindros, dentro de mi labor en la pasantía, debía realizar el diligenciamiento de los formatos que se envían al laboratorio, en los que se debía especificar: fecha de toma de los cilindros numero de cilindros, sector de la estructura fundida con ese tipo de mezcla, la procedencia de los triturados, la dosificación empleada, y si se adicionaron o no aditivos.

En el Laboratorio cada cilindro se prueba en la máquina de ensayo, aplicando carga axial a cada cilindro, a una velocidad constante, hasta que estos fallen.

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

Tabla 9. Resistencias a la compresión “Conjunto Residencial La Estación”

Convenciones	
Resistencias a los 28 días ≥ 3000 PSI	
Resistencias a los 28 días < 3000 PSI	
Resistencias a edades diferentes de los 28 días	
Resultados de Resistencias pendientes	

RESUMEN DE RESISTENCIAS A COMPRESION DEL CONCRETO OBRA LA ESTACION

Fecha de Toma	Sector	Nº de Cilindros	Edad en días	Resistencia en PSI	% de Resistencia
27-Abr-09	pantalla nivel 3 eje 11 C-D	3	7	2483	83
			14	2405	80
			28	3210	107
	losa nivel 3	3	7	2514	84
			14	3409	114
			28	4107	137
28-Abr-09	losa nivel 4	3	7	2493	83
			14	3636	121
			28	4387	146
29-Abr-09	losa nivel 4 eje 4 entre A y B	3	7	2936	98
			14	3954	132
			28	4478	149
01-May-09	losa nivel 4 ejes 8-9	3	7	2308	77
			14	3345	111
			28	3741	125
08-May-09	pantallas piso 5	3	7	2135	71
			14	2193	73
			28	3476	116
12-May-09	losa nivel 5 ejes 1-3	3	7	3015	100
			14	3648	122
			28	4175	139
15- May-09	columnas ejes 1-3	3	7	1997	67
			14	2721	91
			28	3056	102
20-May-09	losa nivel 5 Ejes 7-8, C-D	3	7		
			14		
			28		

RESUMEN DE RESISTENCIAS A COMPRESION DEL CONCRETO OBRA LA ESTACION

Fecha de Toma	Sector	N de Cilindros	Edad en días	Resistencia en PSI	% de Resistencia
21-May-09	columnas nivel 5 ejes 5 y 6	3	7	2911	97
			14	3707	124
			28	4400	147
21-May-09	columnas nivel 5 ejes 5 y 6	3	7		
			14		
			28		
26-May-09	losa piso 6 sector eje 1-2	3	7		
			14		
			28		
28-May-09	losa 6 eje 3 y 4 entre C y D	3	7	3595	120
			14	3701	123
			28	4210	140
29-May-09	losa 6 eje 5 y 6 entre A y B	3	7	2556	85
			14	2762	92
			28	3575	119
30-May-09	pantallas nivel 7	3	7		
			14		
			28		
06-Jun-09	pantallas	3	7		
			14		
			28		
11-Jun-09	losa 7 sector 3 y 4	3	7		
			14		
			28		

RESUMEN DE RESISTENCIAS A COMPRESION DEL CONCRETO OBRA LA ESTACION

Fecha de Toma	Sector	N de Cilindros	Edad en días	Resistencia en PSI	% de Resistencia
16-Jun-09	losa 7 sector 6 y 8	3	7		
			14		
			28		
27-Jun-09*	losa 8, ejes 3 y 4	3	7	2435	81
			14	2945	98*
			28	2694	90*
30-Jun-09	losa 8 ejes 4 y 5 entre C y D	3	7	3303	110
			14	3066	102
			28	3697	123
08-Jul-09	columnas piso 8 ejes 9 y10	3	7	2234	74
			14	2613	87
			28	3184	106
13-Jul-09	losa cimentación torre C Eje 2 y3 entre ejes A y B	3	7	2137	71
			14	3881	129
			28	4464	148
15-Jul-09	columnas piso 8	3	7	3294	109
			14	3950	131
			28	4471	149
21-Jul-09	losa cimentación Torre C vigas ascensores	3	7	2606	87
			14	2688	90
			28	3220	107

Analizando los resultados obtenidos, de las resistencias a la Compresión del concreto en la obra Conjunto Residencial la Estación, se concluye que, todos los resultados han sido mayores a la resistencia de diseño, a excepción de uno, por lo tanto se cumple satisfactoriamente con la resistencia establecida por el calculista. En el caso del resultado de junio 27*, que presenta una variación irregular de la resistencia, alcanzando un porcentaje de resistencia de 98% a los 14 días, y se reduce a 90% a los 28 días, se concluye que el cilindro que fue ensayado a los 28 días no fue bien elaborado al realizar la toma de cilindros.

El nivel de resistencia para cada clase de concreto se considera satisfactorio si cumple simultáneamente los siguientes requisitos:

- (a) Que los promedios aritméticos de todos los conjuntos de tres resultados consecutivos de ensayos de resistencia, igualen o excedan el valor nominal especificado para f_c'
- (b) Que ningún resultado individual de los ensayos de resistencia (un ensayo es el promedio de resistencia de dos cilindros), tenga una resistencia inferior en 3.5 MPa, o más, a f_c' .¹⁰

De acuerdo a lo anterior y como verificación de las resistencias a compresión a los 28 días en el Conjunto Residencial La Estación y de acuerdo a lo estipulado en la Norma Sismo Resistente del 98 se tiene:

- (a) Los promedios aritméticos de las resistencias a compresión del concreto a los 28 días obtenidos de acuerdo al parágrafo C.5.6.2.3 numeral (a) fueron:

3902 PSI	4324 PSI	4202 PSI	3898 PSI	3797 PSI
3569 PSI	3877 PSI	3889 PSI	4062 PSI	3493 PSI
3322 PSI	3192 PSI	3782 PSI	4039 PSI	4052 PSI

En los anteriores resultados se puede apreciar que todos los resultados están por encima del valor de $f_c' = 3000$ PSI estipulado en los diseños estructurales del Conjunto Residencial la Estación por lo tanto se cumple el numeral (a) **OK!**

- (b) Para chequear el numeral (b) fue suficiente evaluar el valor más bajo de resistencia obtenido, ya que si este cumple, los demás también cumplirán: de acuerdo a lo anterior y teniendo en cuenta que $21 \text{ MPa} = 3000 \text{ PSI}$ se tiene $21 \text{ Mpa} - 3.5 \text{ Mpa} = 17.5 \text{ Mpa} = 2500 \text{ PSI}$ como el menor valor de resistencia obtenido fue igual a 2694 PSI, y este no es inferior a 2500 PSI obtenido mediante la aplicación del numeral (b), este resultado se considera dentro de la tolerancia permitida por la norma **OK!**

¹⁰ NSR 98. Capítulo C. Parágrafo C.5.6.2.3

8.4 ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS TEÓRICOS Y REALES DEL CONCRETO EN OBRA.

El siguiente es un análisis de rendimiento del concreto en obra que se realizó teniendo en cuenta:

- Dosificación : proporciones en volumen suelto 1:2:3
- Jornada Laboral Diaria de Fundición = 9.0 Horas

Considerándose además el cálculo del rendimiento teórico, basado en las cantidades de concreto a fundir sacadas de los diseños arquitectónicos y estructurales con la ayuda de Autocad, y considerando que el rendimiento real se basa en las cantidades de m² de losa fundidas para esa jornada de fundición.

Cálculo del rendimiento del concreto teórico y en obra

Análisis losa tipo (2, 3, 4, 5, 6.)

DATOS

Losa

Losa tipo aligerada

Espesor placa = 0.05 m

Altura de los nervios = 0.35 m

Altura casetones = 0.30 m

Concreto

Concreto preparado en obra

Capacidad aprox olla mezcladora= 0.45 m³

CALCULOS

Área total losa = 798.38 m²

Área total casetones = 563.74 m²

Volumen losa maciza (espesor = 0.35 m) = 279.43 m³

Volumen ocupado por casetones = 169.12 m³

Volumen losa a fundir = 110.314m³

Calculo de Rendimientos en (m³ Concreto/m² Área losa)

➤ Rendimiento teórico (m³ Concreto/m² Área losa)

$$\text{Rendimiento} = \frac{110.314}{798.380} = 0.15 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Para el análisis del rendimiento real se tomo como dato una cantidad de 266 sacos de cemento que fueron pedidos al almacén para esa jornada de fundición, y considerándose, que de acuerdo a las proporciones en volumen suelto, se gastarían 7 sacos de cemento por cada m³ de concreto. La cantidad de metros cúbicos de concreto estimada para una jornada de fundición se obtuvo dividiendo la cantidad de sacos total pedida al almacén, entre la cantidad de sacos estimados a gastar para un metro cubico de concreto producido con proporciones en volumen suelto 1:2:3.Obteniendose un resultado de 38 m³ en el día. El área de la losa se obtuvo de la medición del sector fundido en esa jornada, para un total de 197.90m²

➤ Rendimiento real (m³ Concreto/m² Área losa)

$$\text{Rendimiento} = \frac{38}{197.90} = 0.19 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Calculo de Rendimientos en (m³ Concreto/ Hora)

Para el cálculo de los rendimientos, medidos respecto al tiempo, se tuvo en cuenta los rendimientos teóricos y los rendimientos reales.

➤ Rendimiento teórico (m³ Concreto/ Hora)

$$\text{Rendimiento} = 4.09 \text{ m}^3/\text{Hora}$$

El rendimiento real se obtuvo de dividir los 38 m³ de concreto producidos en una jornada laboral de fundición de nueve horas.

➤ **Rendimiento real (m³ Concreto/Hora)**

$$\text{Rendimiento} = 4.2 \text{ m}^3/\text{Hora}$$

El análisis a los anteriores resultados indica que el rendimiento en m³/ hora teórico está calculado para una fundición de la losa en 3 días, siempre y cuando se cuente con todo el personal, el material y el equipo óptimo, dispuesto para esta actividad, y siempre y cuando las jornadas de fundición se lleven a cabo dentro de una adecuada normalidad.

9. CONCLUSIONES

- ★ El haber realizado mi trabajo de grado en su modalidad de pasantía fue una experiencia personal muy enriquecedora y gratificante, que me permitió no solo aprender de la Ingeniería aplicada, sino también de cómo debe realizarse el manejo del personal y de los diferentes grupos interdisciplinarios, para realizar un buen trabajo conjuntamente.
- ★ Fortalecí la concepción que tenía de que el diseño de una obra y la ejecución de la misma, no son independientes entre sí, sino que se complementan, y solo si se desarrollan conservando esta conexión se pueden obtener buenos resultados en la ejecución de un proyecto.
- ★ En cuanto al concreto que fue el tema en el que enfoqué mi pasantía, aprendí que un concreto producido en obra, puede alcanzar resistencias iguales o mayores a las propuestas en el diseño, siempre y cuando las mezclas se rijan por una adecuada dosificación, se trabaje con los materiales adecuados y se realice constante supervisión de las diferentes etapas que intervienen en el proceso de su elaboración.
- ★ Los aditivos favorecen de manera significativa la producción de concreto y aunque al analizar los costos de los materiales por m³ de concreto con aditivo. estos son mayores, a los costos de un concreto sin aditivo, es necesario considerar los beneficios extras que traen este tipo de adiciones, como son: la reducción en la cuantía de cemento, y la facilidad en la colocación y compactación, que permiten un mayor avance de la obra en un menor tiempo, lo cual repercute también en los costos del proyecto.

- ★ Dar indicaciones claras y precisas en todo momento, a todo el personal que trabaja en el proceso de fundición, es clave para que todos los procedimientos constructivos se realicen de forma adecuada, especialmente cuando la supervisión no se puede realizar en dos o más procesos constructivos a la vez, por ejemplo, en el momento de mezclado y posterior colocación en niveles superiores.

- ★ Los resultados obtenidos de los análisis de rendimiento del concreto en obra son subjetivos, ya que el proceso de fundición se puede ver alterado por muchas variables, y por lo tanto no es posible cuantificar los verdaderos consumos.

10. RECOMENDACIONES

- ☑ Es adecuado tener un mayor control del orden de llegada del cemento, para que se utilice de primero, el cemento que ha estado almacenado por más tiempo y no el que llega.
- ☑ Al realizar la descarga de material granular en la obra, evitar que se apile, formando pendientes muy grandes, ya que esto hace que el material se segregue es decir que las partículas más gruesas queden en la base.
- ☑ Evitar que el agua se contamine, debido a factores externos, como el lavado de herramientas.
- ☑ Realizar una limpieza más rigurosa de los encofrados antes de que los elementos sean fundidos, especialmente las losas, ya que pueden quedar pedazos de madera o de tubos, sobrantes de la instalación de la formaleta y de los ductos de transporte del cableado eléctrico respectivamente, que pueden generar discontinuidad en la homogeneidad del concreto, una vez este ha endurecido.
- ☑ Recordar de forma permanente a todo el personal encargado de realizar la mezcla, la proporción que se debe utilizar, y en que casos es necesario el uso de aditivos.
- ☑ Suministrar un curado más prolongado a todos los elementos de concreto, ya que es una práctica muy fácil de realizar, y que ayudara a que el concreto desarrolle toda su resistencia.

- ☑ Durante el tiempo que realicé mi pasantía el clima fue muy favorable para desarrollar el proceso de fundición, sin embargo cuando llegue la temporada invernal es necesario tener en cuenta:
 - ☑ Generar una base solida a cierta altura para hacer la descarga y posterior almacenamiento de los agregados que permita que estos no absorban agua del suelo, que pueda afectar la relación agua-cemento de la mezcla.
 - ☑ No hacer descarga de cemento, durante una lluvia.
 - ☑ En caso de requerir fundir durante el transcurso de una lluvia es necesario tapar con lonas o plásticos los agregados, con el fin de no aumentar agua a la mezcla. y que esto pueda sr contraproducente en las resistencias.

11. BIBLIOGRAFIA

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