

**ASISTENCIA TECNICO-ADMINISTRATIVA PARA EL CUMPLIMIENTO DEL SISTEMA  
DE CONTROL DE CALIDAD EN OBRA EN LOS PROYECTOS CONJUNTO  
RESIDENCIAL ARAWAK Y CASA DE DON DAVID DE URBANAS S.A.**

**CARLOS ANDRÉS MENDOZA RODRÍGUEZ**

**JUAN PABLO GARCIA MENDOZA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2008**

**ASISTENCIA TECNICO-ADMINISTRATIVA PARA EL CUMPLIMIENTO DEL SISTEMA  
DE CONTROL DE CALIDAD EN OBRA EN LOS PROYECTOS CONJUNTO  
RESIDENCIAL ARAWAK Y CASA DE DON DAVID DE URBANAS S.A.**

**CARLOS ANDRÉS MENDOZA RODRÍGUEZ**

**JUAN PABLO GARCIA MENDOZA**

**Trabajo de grado realizado en la modalidad practica empresarial como requisito  
para obtener el titulo de Ingeniero Civil**

**DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADO**

**ING. WILFREDO DEL TORO**

Docente de Planta Escuela de Ingeniería Civil - U.I.S.

**TUTOR PRÁCTICA EMPRESARIAL**

**ING. JULIÁN MORA CHÁVEZ**

Director de Interventoria y Control de Costos -URBANAS S.A.-

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2008**

*A Dios por acompañar siempre mi camino  
A mis padres Edgar y Lucy por ser mi apoyo durante todo este camino,  
por brindarme su amor incondicional.  
A mis hermanas Laura y Rosa por estar siempre pendiente a mis pasos  
y mis problemas, por su cariño y comprensión  
A mis amigos con los que pasamos momentos duros y alegres, junto a  
ellos he aprendido cosas muy importantes para la vida.*

*JUAN PABLO*

*Este libro esta dedicado en primera letra a Dios.  
A mis padres, Ofelia y Carlos, por el cariño y la motivación diaria  
para crecer como persona, sin el apoyo de ellos jamás hubiera sido  
posible el desarrollo de mi profesión como estudiante.  
A mis hermanos, Alex y Lisseth por el soporte incondicional en la  
obtención de este logro.  
A todos mis amigos y compañeros por su apoyo siempre constante  
durante todos estos años de formación, por su compañía en las noches  
de estudio y permanente presencia en las buenas y malas experiencias  
diarias.*

*Carlos Andrés*

## **AGRADECIMIENTOS**

Un agradecimiento de todo corazón para cada una de nuestras familias por ser partícipes de este sueño por que nunca nos sentimos solos en este proceso, por que sienten nuestros triunfos como si fueran de ellos, gracias por ser base fundamental de este logro.

Gracias a Urbanas S.A. por permitirnos ser parte de su equipo de trabajo en sus obras a través de la práctica empresarial, al Ingeniero Julián Mora por esta oportunidad, a todos los profesionales de las obras, por estar abiertos a brindarnos todo su conocimiento y experiencia, gracias por exigirnos resultados y preocuparse por nosotros.

Al profesor Wilfredo Del Toro por aceptar dirigirnos en este proceso, por brindarnos toda su colaboración y ayuda su ayuda y colaboración en este proyecto.

A la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER por todo lo que representa en nuestras vidas desde el momentos que cursamos nuestro primer semestre.

Gracias a todos y cada uno de nuestros profesores por querer siempre excelencia en sus alumnos por que, además, de sus conocimientos, nos aportaron experiencia para facilitarnos las cosas en el campo laboral.

A todos nuestros grandes amigos y amigas que desde el principio nos demostrar apoyo incondicional, por acompañarnos en todos estos años.

A todos ellos:

**MUCHAS GRACIAS**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	21
1. INFORMACION DE LA EMPRESA	24
1.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA	24
1.2 DESCRIPCION GENERAL DE LA ACTIVIDAD EMPRESARIAL	25
1.3 MISIÓN	26
1.4 VISIÓN	26
1.5 POLÍTICAS DE CALIDAD	26
1.6 OBJETIVOS DE CALIDAD	27
2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS	28
2.1 CASA DE DON DAVID TORRE 2	28
2.2 MULTIFAMILIARES ARAWAK II ETAPA	33
3. CONTROL DE CALIDAD DE OBRA DESARROLLADO DURANTE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL	35
3.1 VERIFICACION DE FLEXOMETROS	35
3.2 PRUEBA DE ESTANQUEIDAD	37
3.3 PRUEBA DE PRESION HIDRAULICA	39
3.4 ENSAYO DE HERMETICIDAD	41
3.5 PRUEBA DE COMPRESION EN UNIDADES DE MAMPOSTERIA	44
3.6 ENSAYO DE ABSORCION	47
3.7 ASENTAMIENTO DEL CONCRETO	48
3.8 ELABORACION Y CURADO DE MUESTRAS DE CONCRETO EN OBRA	50
3.9 RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO	53
3.10 PRUEBA DE TENSION DE BARRAS DE ACERO	54
3.11 ENSAYO PARA EL MORTERO DE INYECCION	55
3.12 PRODUCTOS NO CONFORMES	56
3.11.1 Pasos a seguir cuando se presente un producto no conforme	57
4. CONTROL Y VALORACION DE RESULTADOS DE ENSAYOS OBTENIDOS EN LABORATORIO Y OBRA, BASADOS EN LAS NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS	58

4.1 VARIACIONES DEL CONCRETO	59
4.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO	60
4.3 METODOS DE ENSAYO	60
4.4 PRINCIPALES CAUSAS DE VARIACIONES DE LA RESISTENCIA	61
4.5 ANALISIS DE RESULTADOS DE RESISTENCIA	62
4.6 VARIACIONES DE LA RESISTENCIA DENTRO DEL ENSAYO	64
4.7 NORMAS DE CONTROL	66
4.8 CRITERIOS PARA LOS REQUISITOS DE RESISTENCIA	67
4.9 EVALUACION GRAFICA DE RESULTADOS	71
5. CONTROL DE CALIDAD REQUERIDO DURANTE LA OBRA BASADO EN LAS NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS	78
5.1 ANALISIS DE CONCRETOS	78
5.2 ESTADISTICA DEL CONCRETO	86
5.3 ANALISIS DE DISTRIBUCION DE DATOS	90
5.4 METODO ESTADISTICO DE CONTROL DE CALIDAD	93
5.4.1 Uso de graficas de control con base en el promedio de las desviaciones estandar.	93
5.4.2 Esclerometro.	96
5.4.3 Mallas de acero.	98
5.4.4 Barras de acero.	103
5.4.5 Mamposteria	107
5.4.6 Morteros.	109
5.4.7 Pruebas hidro-sani-gas (pruebas hidraulicas, sanitarias y de gas).	111
CONCLUSIONES	113
BIBLIOGRAFIA	115
ANEXOS	116

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura1. Foto maqueta proyecto	23
Figura2. Foto torre 2 en ejecución, torre 1 finalizada.	28
Figura 3. Apartamento Tipo A	29
Figura 4. Apartamento Tipo B	29
Figura 5. Apartamento Tipo C	30
Figura 6. Apartamento Tipo D	31
Figura 7. Apartamento Tipo E	31
Figura 8. Perspectiva torres.	26
Figura 9. Perspectiva torres.	33
Figura 10. Apto tipo 1.	29
Figura 11. Apto tipo 2.	29
Figura 12. Apto tipo 3.	33
Figura 13. Flexómetro midiendo dilatación.	31
Figura 14. Flexómetro en buen estado.	35
Figura 15. Uniones, Codos y "Y".	34
Figura 16. Equipos y materiales de soldadura.	38
Figura 17. Pendiente y recorrido horizontal.	34
Figura 18. Araña sanitaria bajo placa.	38
Figura 19. Flauta, manómetro, y bomba de presión.	39
Figura 20. Flauta para ejercer calibración manómetros.	35
Figura 21. Manómetro patrón.	40
Figura 22. Replanteo red hidráulica.	36
Figura 23. Recorrido tubería hidráulica.	40
Figura 24. Cámaras de aire en red interna.	41
Figura 25. Flauta para calibración de manómetros.	38
Figura 26. Manómetro de 60 Psi patrón.	43
Figura 27. Muro de mampostería no estructural.	39
Figura 28. Replanteo Apto en ladrillo H-10.	44

Figura 29. Lavado Ladrillo Gran Formato PV.	40
Figura 30. Ladrillo H-10, PH.	45
Figura 31. Muro mampostería exterior.	40
Figura 32. Muro mampostería interior.	45
Figura 33. Revisión de brechas y plomo.	42
Figura 34. Trazado de hilos.	47
Figura 35. Ladrillo Gran Formato para ensayo	43
Figura 36. Ladrillo Gran Formato PV.	48
Figura 37. Medición del Asentamiento.	44
Figura 38. Elaboración del ensayo.	49
Figura 39. Góndola Para vaciar concreto sobre columnas.	45
Figura 40. Columna recién fundida.	50
Figura 41. Fundida placa con bomba.	46
Figura 42. Fundida placa con bomba.	51
Figura 43. Vaciado concreto sobre bomba.	51
Figura 44. Moldes cilíndricos.	47
Figura 45. Elaboración de Moldes.	52
Figura 46. # De datos por intervalos vs. Resistencia.	62
Figura 47. Diagrama de secuencia del concreto.	63
Figura 48. Grafica Resistencia vs No de ensayos.	74
Figura 49. Grafica Resistencia vs No de ensayos	74
Figura 50. Gráfica de control. Limites de confianza para el valor de resistencia promedio	75
Figura 51. Grafica Resistencia vs No de ensayos, por criterio 2	76
Figura 52. Grafica Resistencia vs No de ensayos, por criterio 2	76
Figura 53. Limites de confianza para el valor de resistencia promedio	77
Figura 54. Resistencia grafica del concreto a varias edades.	89
Figura 55. Distribución de datos de frecuencia.	
87	
Figura 56. Distribución normal de datos.	92
Figura 57. Porcentajes de área bajo la curva de distribución normal.	93
Figura 58. Promedio y distribución de valores de resistencia.	95
Figura 59. Limites de control.	96

Figura 60. Esclerómetro	93
Figura 61. Uso del esclerómetro.	97
Figura 62. Datos de entrada-elección del tipo de malla.	99
Figura 63. Diámetro nominal del esfuerzo principal en la malla.	100
Figura 64. Análisis de esfuerzo a tracción en mallas.	100
Figura 65. Análisis de esfuerzo de fluencia en mallas.	101
Figura 66. Datos de entrada-elección del tipo de malla.	101
Figura 67. Relación de aéreas de la malla.	102
Figura 68. Requisito de esfuerzo cortante.	102
Figura 69. Requisito de fuerza en fluencia.	103
Figura 70. Carbono equivalente.	104
Figura 71. Datos de diámetro y esfuerzo de fluencia.	104
Figura 72. Resistencia a la tracción en barras de acero.	105
Figura 73. Porcentaje de alargamiento.	105
Figura 74. Áreas de acero.	106
Figura 75. Diámetro de barras de acero.	106
Figura 76. Dimensiones y Área de elementos de mampostería.	108
Figura 77. Resultados de resistencia.	108
Figura 78. Porcentaje de absorción de agua.	109
Figura 79. Tipo de mortero	109
Figura 80. Dosificación y Dimensiones de la probeta.	110
Figura 81. Resistencia a la compresión en morteros.	110

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Presiones para el ensayo de hermeticidad	43
Tabla 2. Propiedades físicas de las unidades de mampostería no estructural	47
Tabla 3. Propiedades físicas de las unidades de mampostería no estructural	48
Tabla 4. Requisitos para varillas compactadoras	52
Tabla 5. Factores para calcular la desviación estándar dentro del ensayo	64
Tabla 6. Porcentajes previstos de los ensayos con resultados por debajo de $F'c$ , en los cuales $\mu$ sobrepasa a $F'c$ por la cantidad señalada.	66
Tabla 7. Normas para el control del concreto	67
Tabla 8. Valores de $t$	69
Tabla 9. Resistencias a la compresión.	72
Tabla 10. Análisis estadístico.	73
Tabla 11. Método de la desviación estándar, por criterio 1.	73
Tabla 12. Método de la desviación estándar, por criterio 2.	75
Tabla 13. Especificaciones del Concreto	79
Tabla 14. Información de Elementos Estructurales	79
Tabla 15. Reporte de Resistencias de Concreto	80
Tabla 16. Información de Resistencias por Edades	81
Tabla 17. Inconsistencias con resultados mínimos de diseño	81
Tabla 18. Producto No Conforme	82
Tabla 19. Programación de Concretos	83
Tabla 20. Análisis Grafico de Resultados	84
Tabla 21. Conversión de Unidades	85
Tabla 22. Área y Volumen en Especímenes de Concreto.	85
Tabla 23. Datos de resistencia a la compresión de concreto para varias edades.	87
Tabla 24. Análisis estadístico.	88
Tabla 25. Distribución de frecuencias en datos de resistencia a 3 días.	90

Tabla 26. Límites de Resistencia dentro de la curva de distribución normal.	93
Tabla 27. Fórmulas de cálculo de los límites de control	93
Tabla 28. Factor para obtener límites de control	94
Tabla 29. Datos de entrada para el ensayo de esclerómetro.	98
Tabla 30. Lecturas Obtenidas del esclerómetro.	98
Tabla 31. Requisitos de verificación para el producto de acero terminado.	103
Tabla 32. Requisitos para ensayo de doblado.	107

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. IMPERMEABILIZACION MURO DE CONTENCIÓN	116
Anexo B. CRITERIOS CONTROL DE EJECUCION PARA CARPINTERIA DE ALUMINIO	118
Anexo C. CRITERIOS CONTROL DE EJECUCION CARPINTERIA DE ALUMINIO	120

## GLOSARIO

**ACELERANTE:** aditivo que acelera el proceso de endurecimiento del concreto, para obtener mejores resistencia a temprana edad.

**ADITIVO:** producto químico que se adiciona en baja proporción a la mezcla de concreto con el fin de modificar alguna de sus propiedades y adecuarlo al fin que se destine.

**CURADO:** Tratamiento que se da al concreto, mortero, etc. después de su colocación a fin de mantener húmedas sus superficies.

**DINTEL:** elemento estructural (en concreto o mampostería reforzada) que queda sobre el marco de las puertas.

**ESTANQUEIDAD:** es la posibilidad de crear una superficie por donde no acceda el agua al interior del material; es una exigencia a cumplir muy importante cuando se construye un edificio. Es por ello que debe prestarse atención en los puntos críticos que requerirán de tratamientos determinados. También se la denomina Barrera Impermeable.

**FRAGUADO:** cambio del estado fluido al estado rígido de una pasta de cemento, mortero o concreto, que implica pérdida de plasticidad.

**GÓNDOLA:** recipiente con que se transporta el concreto mediante la torre grúa.

**HORMIGONEO:** presencia de vacíos en el concreto debido al mal vibrado.

**HERMETICIDAD:** Es la capacidad que tiene un recinto para conservar el aire y el Gas, el ensayo de hermeticidad se hace con aire.

**MANOMETRO:** es un instrumento de medición que sirve para medir la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados.

**PASE:** espacio libre que se deja en el muro o placa con un tubo de diámetro mayor para posteriormente pasar un tubo a través del hueco que queda.

**OUTINORD:** tipo de formaleta utilizada especialmente para el sistema túnel, inventada en Francia con el fin de encontrar métodos mas eficientes para la construcción.

**PNC:** Producto No Conforme.

**SISTEMA TRADICIONAL:** sistema constructivo “in situ”, en el cual los principales elementos estructurales son columnas, vigas y placas aligeradas.

**SISTEMA TÚNEL:** sistema constructivo industrializado “in situ”, en el cual los principales elementos estructurales son muros de concreto y placas macizas reforzadas con malla electrosoldada. El sistema permite que se desencofre al día siguiente de la fundida, haciendo una rotación diaria de la formaleta.

**TUBERIA PVC:** El tubo de PVC es utilizado en las instalaciones domésticas, debido principalmente a la variedad de accesorios del sistema ( codos, manguitos de empalme, casquillos reductores, injertos, conexiones para desagües a bajante general, etc) con los que cuenta, como también su bajo peso y su rápida y fácil colocación.

**UNIDAD DE MAMPOSTERIA DE PERFORACION HORIZONTAL (PH):** Unidad cuyas celdas o perforaciones son paralelas a la cara o superficie en que se asientan en el muro.

**UNIDAD DE MAMPOSTERIA DE PERFORACION VERTICAL (PV):** Unidad cuyas celdas o perforaciones son perpendiculares a la cara o superficie en que se asientan en el muro.

## RESUMEN

**TITULO: ASISTENCIA TECNICO-ADMINISTRATIVA PARA EL CUMPLIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN OBRA EN LOS PROYECTOS CONJUNTO RESIDENCIAL ARAWAK Y CASA DE DON DAVID DE URBANAS S.A.\*.**

**AUTORES:** GARCIA MENDOZA Juan Pablo  
MENDOZA RODRIGUEZ Carlos Andrés\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Control de Calidad, Análisis Estadístico, Concreto.

### DESCRIPCION

En esta práctica el objetivo principal es ejercer un control de calidad que es requerido durante la obra, a manera mas especifica, se tiene que realizar un seguimiento a las diferentes actividades con tal de garantizar un producto que cumpla con todos los requisitos de calidad. Este seguimiento y control es ejecutado mediante la realización de pruebas y ensayos específicos para dichas actividades, por ejemplo, para el proceso de estructura se llevaron a cabo pruebas de asentamiento del concreto, pruebas de resistencia a la compresión, ensayo de esclerometría y pruebas de resistencia a la tensión de aceros; para la actividad de mampostería y pañetes, se realizo la prueba a la resistencia a la compresión en unidades de mampostería no estructural; para el proceso de instalaciones hidráulica, sanitaria y de gas se efectuaron pruebas de presión hidráulica, estanqueidad y de hermeticidad respectivamente para garantizar el optimo desempeño de dichas instalaciones.

Se realizo un análisis especial en el tema del concreto utilizado en obra, ya que es uno de los materiales o recursos más críticos debido a que define el normal desarrollo de la obra. El concreto es pedido en obra con especificaciones diferentes, para verificar los valores de resistencia esperados se efectúa pruebas de resistencia a la compresión para diferentes edades. Muchas veces se presenta en obra problemas con la resistencia a la compresión, por lo tanto se realizo un análisis estadístico para comprobar y saber con el valor de resistencia a los 3 días, el valor aproximado que tendremos de resistencia a los 28 días, este resultado es basado en graficas de tendencia, en porcentajes de avances de resistencia que arrojan los datos de resistencia presentada en obra. Sumado a esto se realizo una hoja de calculó que abarca los principales ensayos requeridos para el control de calidad en obra.

---

\* Proyecto de grado, Modalidad Práctica Empresarial

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela Ingeniería Civil, Wilfredo Del Toro.

## ABSTRACT

**TITULO: TECHNICAL ASSISTANCE ADMINISTRATIVE FOR THE IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM OF QUALITY CONTROL IN WORK IN THE PROJECTS SET RESIDENTIAL ARAWAK AND CASA DE DON DAVID 2 OF URBANAS SA\*.**

**AUTHORS:** GARCIA MENDOZA Juan Pablo  
MENDOZA RODRIGUEZ Carlos Andrés\*\*

**KEY WORDS:** Quality Control, Statistical Analysis, Concrete.

### DESCRIPTION

In this practice the main objective is to exercise a quality control that is required during the works, a more specific way, you have to keep track of the different activities in order to ensure a product that meets all quality requirements. This monitoring and control is executed by conducting specific tests and tests for such activities, for example, for the process of structure were carried out tests of the concrete settlement, evidence of resistance to compression and testing of tensile strength of steel; for the activity of masonry and pañetes, the test was performed to the compressive strength in units of non-structural masonry; for the process of hydropower facilities, health and gas tests were conducted hydraulic pressure, tightness and tightness respectively to ensure the optimum performance of such facilities.

It was made a special analysis on the issue of the concrete used in work because it is one of the most critical materials or resources because it defines the normal development of the work.

The concrete is called into work with different specifications, to verify the values of expected resistance are made tests of resistance to compression for different ages. Many times is presented in Works problems with the compressive strength, hence was performed a statistical analysis to see and know with the value of resistance to 3 days, the approximate value we will have resistance at 28 days, this result is based on graphs of trend, as a percentage of advances in resistance that the data show of resistance presented at work. Added to this was made a spreadsheet which covers major required tests for quality control at work.

---

\* Project grade, Modality Business Practice

\*\* Faculty of Physical and Mechanical Engineering, Civil Engineering School, Wilfredo Del Toro.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de una practica empresarial en el campo de la construcción es un desafío muy trascendental ya que este campo es uno de los mas representativos de la Ingeniería Civil, los conocimientos prácticos que se van a adquirir brindarán una herramienta para afrontar los retos a los que nos veamos enfrentados en el ejercicio profesional.

Durante la fase de pregrado se brinda conocimientos teóricos y técnicos en varias ramas de la ingeniería como lo son las Estructuras, Suelos, Aguas y Vías, donde se aportan aspectos y criterios fundamentales a la hora de afrontar los retos de la construcción, el cargo con el cual se ejecuto la practica es Auxiliar de Calidad en Obra, en toda obra se debe llevar un control de calidad de todas las actividades que se realicen en esta, por lo cual es necesario llevarlo y documentarlo en los respectivos formatos de control de calidad.

Por lo anterior, el presente proyecto describe las diferentes pruebas y ensayos realizados para cumplir con los requisitos de calidad, explicando la actividad y que controles se han debido realizar antes de llegar al momento de ejecutar dichos ensayos, a demás se realiza un análisis estadístico del concreto, donde se explican las variaciones de resistencia que este posea y las diferentes causas que generan estas, las empresas distribuidoras de concreto a veces utilizan estas variaciones para así lograr una mejor relación beneficio costo, ya que buscan una reducción de los costos que causa una variación en la mezcla, pero siempre buscando mantener las especificaciones de resistencia deseada, estas variaciones se deben aceptar siempre y cuando se busque producir concreto con la calidad deseada, además se construyo una hoja de cálculo donde se establece los principales ensayos que se realizan en obra, basándose en las Normas Técnicas Colombianas, en dicha hoja de calculo se le da una gran importancia al tema del concreto que es nuestro aporte principal, ya que es el material mas importante para el desarrollo de una obra ya que un buen comportamiento de este evita la generación de retrocesos que afectan el normal funcionamiento de esta.

Debido a que esta hoja de cálculo no abarca la totalidad de pruebas y ensayos realizados, se propone un complemento para así tener un completo control de calidad sistematizado, a pesar de no estar contemplados todos los ensayos, este proyecto brinda una herramienta importante para analizar el comportamiento del concreto en obra.

## 1. INFORMACION DE LA EMPRESA

### 1.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA

- **NOMBRE:** URBANIZADORA DAVID PUYANA URBANAS S.A.
- **DIRECCION:** Calle 30 N° 22-240 Av. El Campestre, Barrio Cañaveral

En el año 1923 el señor Alejandro Puyana Martínez, reactivo como urbanistas en compañía de hermanos y cuñados la firma Sucesores de David Puyana S.A., una de las más antiguas sociedades anónimas fundadas en Santander Colombia. Sus primeras construcciones fueron parte de las vías principales de la capital del departamento "Bucaramanga" y la urbanización del barrio Puyana, en los años 30 y 40as se asocio para desarrollar el barrio Sotomayor. A partir de 1946 se dio inicio a la administración de la compañía por parte de Don Armando Puyana Puyana, quien inició la construcción de la calle 42 con servicios de alcantarillado, acueducto y sardineles. En el año de 1949 con los activos y pasivos de la firma Sucesores de David Puyana S.A., y los mismos socios se constituyó Urbanizadora David Puyana S.A. (Urbanas), quien desde ese momento y por varias décadas hasta el día de hoy ha liderado importantes proyectos de desarrollo urbanístico y arquitectónico en Bucaramanga y su Área Metropolitana.

URBANAS S.A. es considerada como una organización líder y ampliamente reconocida en Santander a través de la construcción de viviendas, centros comerciales y obras de urbanismo que han contribuido al desarrollo económico de Bucaramanga y su área metropolitana durante el siglo XX y XXI, motivo por el cual debe estar preparada con herramientas de gestión que permitan optimizar sus procesos y productos para mantener y mejorar las ventajas competitivas de tal forma que se garantice la conformidad de sus clientes, es por ésta razón que actualmente maneja un Sistema de Gestión de la Calidad el cual se rige por la Norma Colombiana NTC ISO 9001:2000, para lo cual busca día a día mejorar y fortalecer su Sistema de Gestión de Calidad en miras de obtener nuevamente la certificación de gestión de calidad ICONTEC.

El Sistema de Gestión de Calidad establecido por URBANAS S.A., es una cobertura que se proyecta a demostrar y garantizar con calidad un producto ante los clientes y la comunidad en general, que favorece la planeación, aseguramiento, control y mejora de todos los procesos que se generan en la empresa, permitiendo una mejor organización en todas las dependencias. Toda mejora, redundando en un beneficio de la calidad final del producto, y de la satisfacción del consumidor, que es lo que pretende quien adopta la norma ISO 9001 como guía de desarrollo empresarial.

La empresa constructora Urbanas S.A. es consciente de que la implementación de un sistema de Gestión de Calidad según los lineamientos establecidos por la norma NTC-ISO 9001 versión 2000 es una necesidad para lograr cumplir con la visión y misión planteadas. Por tanto este sistema exige un soporte no solo en la parte administrativa de la empresa sino en su actividad principal que es la construcción. En razón a lo anterior se requiere del personal adecuado en obra para que desempeñe labores de apoyo junto al Ingeniero residente de forma que se garantice el cumplimiento de los requisitos de la norma.

## **1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTIVIDAD EMPRESARIAL**

URBANAS S.A. es considerada como una organización líder y ampliamente reconocida en Santander a través de la construcción de grandes edificaciones y obras de Urbanismo que han contribuido al desarrollo económico de Bucaramanga y su área metropolitana durante el siglo XX.

### **Principales Proyectos:**

Urbanismo: en los barrios Sotomayor, Puyana y Cabecera de Llano, incluyendo obras viales como la carrera 27 entre la puerta del Sol y Parque de los Niños, carrera 33 entre calles 56 y 34. Parte de la Urbanización de Pan de Azúcar, Cañaveral, Tejar Moderno, la urbanización industrial de Chimita y la autopista Bucaramanga- Floridablanca.

Vivienda de Interés Social: Barrio Campo Hermoso, El Poblado, El Rincón de Girón, Pan de Azúcar Bajo, y diversos programas con el instituto de Crédito Territorial.

Multifamiliares: Cabecera I, II, II etapas, Villa del Sol, Los Viñedos, Torres de Cañaveral I, II, Unidad Residencial Cabecera de Llano, Casa Hacienda, Hacienda Mayor, Casa de don David torre 1.

Construcciones a terceros: Universidad Autónoma de Bucaramanga Campus del Jardín, Polideportivo del barrio Terrazas, Facultad de Medicina Campus El Bosque. Universidad Santo Tomás edificio 25 años, Instituto Caldas, Cenfer, Almacenes Ley de cabecera y cañaveral.

Ruitoque Condominio: Proyecto a nivel internacional donde se desarrolla una de las mejores urbanizaciones del país y del mundo, ubicada en el área metropolitana en una exclusiva zona campestre.

### **1.3 MISIÓN**

Urbanizadora David Puyana S.A. “URBANAS” satisface a sus clientes en los requerimientos de espacios y terrenos para habitar, usar el tiempo libre y desarrollar actividades económicas e institucionales, proponiendo, comercializando y construyendo proyectos innovadores para la convivencia comunitaria, la preservación del medio ambiente y el mejoramiento social y económico del área metropolitana de Bucaramanga.

### **1.4 VISIÓN**

URBANAS S.A. en el 2010 mantendrá el liderazgo local, trascenderá el ámbito regional proyectando sus valores y compromisos, en el desarrollo de proyectos de construcción que abarquen todos los segmentos del mercado y que generen impacto en el desarrollo urbanístico.

### **1.5 POLÍTICAS DE CALIDAD**

URBANAS S.A. diseña, comercializa y construye edificaciones y obras de urbanismo, que cumplen los requisitos establecidos con el cliente, incluyendo los legales y reglamentarios, mediante el mejoramiento de sus procesos, el desarrollo de sus empleados y el

compromiso de los contratistas y proveedores para asegurar la satisfacción de sus clientes.

#### **1.6 OBJETIVOS DE CALIDAD**

1. Cumplir con la entrega de productos de acuerdo a los requisitos establecidos con el cliente.
2. Lograr el desarrollo de los proyectos de construcción en los tiempos programados, y según la utilidad estimada.
3. Cumplir con el desarrollo del control de calidad en Obra.
4. Obtener un alto desempeño por parte del recurso humano de la organización.
5. Asegurar la calidad de sus productos adquiridos y los servicios contratados.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS

### 2.1 CASA DE DON DAVID TORRE 2

Figura1. Foto maqueta proyecto.



Figura2. Foto torre 2 en ejecución, torre 1 finalizada.



El proyecto está ubicado en la Carrera 39 N° 44-125, en el predio identificado con el número 01-020322-0139/141/143-000 localizado en el Barrio Cabecera del Llano, del municipio de Bucaramanga.

El proyecto es un conjunto cerrado, que consta de una portería, dos torres de veinte pisos, de apartamentos, más tres niveles de parqueaderos, zona social, zonas de jardines y cancha deportiva.

Del primer piso al catorce se tienen cuatro apartamentos por piso y del piso quince al piso veinte, dos apartamentos por piso, todos y cada uno de los apartamentos tiene sus respectivos parqueaderos privados y su depósito.

El conjunto cuenta con parqueaderos privados y parqueaderos para visitantes.

La zona social consta de dos Piscinas, niños y adultos, Gimnasio dotado, Turcos y Saunas para damas y caballeros, Terraza de asoleamiento, Salón social, Cancha múltiple y la Casona, en la que encontramos: Oratorio, Sala de lectura, Salón para reuniones, dos B.B.Q. y Baños de damas.

Es una construcción basada en un sistema tradicional, el área total del terreno es 2824.73 m<sup>2</sup> área construida 19818.90 m<sup>2</sup>, área vendible 12491.8 m<sup>2</sup>, el número total de apartamentos es de 136, para la segunda torre son 68, con la siguiente distribución:

**Apartamento tipo A:** 28 apartamentos cada uno de 175.40 m<sup>2</sup> del piso 1 al 14.

Este apartamento consta de los siguientes espacios: Alcobas Principal con su Baño y Vestier, Dos Alcobas Auxiliares, Baño Auxiliar para las Alcobas, Estudio, Estar de TV, Baño Social, Sala, Comedor, Terraza, Cocina, Comedor de Confianza, Zona de Ropas, Alcobas de Servicio con su Baño.

Figura 3. Apartamento Tipo A



**Apartamento tipo B:** 10 apartamentos cada uno de 144.80 m<sup>2</sup> del piso 10 al 14.

Este apartamento consta de los siguientes espacios: Alcobas Principal con su Baño y Vestier, Dos Alcobas Auxiliares, Baño Auxiliar para las Alcobas, Estar de TV, Baño Social, Sala, comedor, Terraza, Cocina, Comedor de Confianza, Zona de Ropas, Alcobas de Servicio con su respectivo Baño.

La Alcobas Principal de los apartamentos 1003 y 1004 tienen terraza.

Figura 4. Apartamento Tipo B



**Apartamento tipo C:** 6 apartamentos cada uno de 299.20 m<sup>2</sup> hasta 311.00 M2 del piso 15 al 20.

Este apartamento consta de los siguientes espacios: Alcoba Principal, Baño Principal con Jacuzzi, Vestier, Dos Alcobas Auxiliares con sus respectivos Baños y Vestier, Baño Social, Estar TV, Bar, Sala, Salita, Terraza, Comedor, Cocina, Zona de Ropas, Alcoba de Servicio con su respectivo Baño.

El apartamento 1501 tiene dos terrazas adicionales.

Figura 5. Apartamento Tipo C

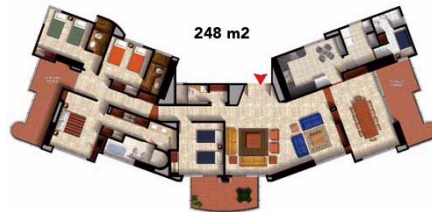


**Apartamento tipo D:** 6 apartamentos cada uno de 248.9 m<sup>2</sup> hasta 258.00 m2 del piso 15 al 20.

Este apartamento consta de los siguientes espacios: Alcoba Principal, Baño Principal con Jacuzzi, Vestier, - Dos Alcobas Auxiliares con sus respectivos Baños y Vestier, Baño Social, Estar TV, Sala, Salita, Terraza, Comedor, Cocina, Zona de Ropas, Alcoba de Servicio con su respectivo Baño.

El apartamento 1502 tiene dos terrazas adicionales.

Figura 6. Apartamento Tipo D



**Apartamento tipo E:** 18 apartamentos cada uno de 158.0 m<sup>2</sup> del piso 1 al 9.

Este apartamento consta de los siguientes espacios: Baño Principal, - Dos Alcobas Auxiliares, Baño Auxiliar, Baño Social con ducha, Estar TV, Estudio, Sala - Comedor, Cocina, Zona de Ropas, Alcoba de Servicio con su respectivo Baño.

Figura 7. Apartamento Tipo E



## ***ESPECIFICACIONES DE LA CONSTRUCCION***

### **ESTRUCTURA**

El sistema estructural de la torre es:

Las placas de los parqueaderos y primer piso son macizas de 20 centímetros de altura, con vigas principales y de borde descolgadas de altura 50 centímetros, en concreto reforzado de 4.000 psi.

Las placas de la torre (Aptos) es sistema tradicional, aligeramiento removible, recubrimiento de 5 centímetros, vigas principales, de amarre y de borde en concreto reforzado de 4.000 psi

Toda la estructura se levanta sobre columnas y dos pantallas correspondientes a los fosos de los ascensores en concreto reforzado de 5.000 psi.

La estructura fue diseñada según las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Ley 400 de 1997.

## **INSTALACIONES SANITARIAS**

Los desagües de los parqueaderos son independientes, construidos en tubería PVC sanitaria hasta las cajas de inspección.

Los desagües de los pisos superiores están construidos en tubería PVC sanitaria que hacen su entrega por medio de bajantes al sistema pozos los que a su vez recogen las aguas de la torre y la entregan al sistema de alcantarillado público. El sistema de desagües es por medio de un alcantarillado combinado.

## **INSTALACIONES HIDRAULICAS**

Las Instalaciones hidráulicas son en tubería PVC presión. La conexión a la red principal es en tubería de dos pulgadas (2") y su punto de empalme se encuentra frente a la portería del conjunto, allí está el medidor general. Desde el punto de empalme el agua ingresa al tanque subterráneo (ubicado en el costado sur del proyecto) y de él se bombea al tanque elevado de cada torre, desde el cual, por gravedad se alimentan los sótanos y

los pisos 1° al 15°; del piso 16° al 20° por equipo hidroneumático se alimentan por presión constante.

Cada apartamento cuenta con un medidor en diámetro de media (1/2") del 1° al 14° piso, y los pisos del 15° al 20° en diámetro de 3/4".

## 2.2 MULTIFAMILIARES ARAWAK II ETAPA

Esta obra se encuentra ubicada en la calle 157 transversal 154 (a 300 metros de la facultad de medicina UNAB), sobre la colina mas alta que mira al valle de río frío.

Figura 8. Perspectiva torres.



Figura 9. Perspectiva torres.



Comprende la Construcción de 96 apartamentos ubicados en las torres 5 y 6. Cada torre conformada por doce pisos cada uno con 48 apartamentos distribuidos así: 24 apartamentos Tipo A ubicados del piso 1-12 con un área de 66.95 m<sup>2</sup>, 18 apartamentos Tipo B ubicados del piso 1-9 con un área de 74.37 m<sup>2</sup> y 6 apartamentos Tipo C ubicados del piso 10-12 con un área de 77.41 m<sup>2</sup>.

Figura 10. Apto tipo 1.



Figura 11. Apto tipo 2.



Figura 12. Apto tipo 3.



En cuanto a obras de urbanismo interno cuenta con una estructura de parqueaderos que consta de: semisótano, y terraza conectados por rampas de acceso, con capacidad para 112 espacios de parqueo; además de la construcción de un punto fijo de acceso de 6 pisos dotados con dos ascensores y escaleras en espiral para llegar desde la portería a los diferentes niveles de parqueadero; construcción de una zona social que comprende una edificación donde se ubican el Tanque de Almacenamiento, el Salón Social y el Gimnasio, terminando con la construcción de una piscina y una cancha de juegos.

Obras de urbanismo externo como muros de cerramiento, andenes y empedradización de la zona expuesta al público (Calle 157)

El Sistema de construcción utilizado es tipo túnel industrializado (Outinord), el cual es un proceso estructural conformado por muros y placas macizas en concreto reforzado mediante mallas electro-soldadas de alta resistencia, fundidos monolíticamente in-situ mediante el uso de formaletas de grandes dimensiones en lámina que forman semitúneles, es un sistema sencillo, rápido y económico; pero no por esto de menor calidad, al contrario requiere de una supervisión técnica constante y de un Sistema de Calidad organizado que permita obtener los mejores resultados.

### 3. CONTROL DE CALIDAD DE OBRA DESARROLLADO DURANTE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

Para cada actividad que se ejecuta en obra se ejerce un control específico, con el fin de cumplir la política de calidad de la empresa, debido a que URBANAS es una empresa certificada por ICONTEC, es necesario realizar un seguimiento y verificación de las actividades, por lo tanto es de gran importancia ejercer los controles, diligenciando a su vez los respectivos formatos que dejan por escrito la ejecución de tal control, para que al momento de una auditoría se tenga constancia de que los controles de calidad se ejercieron cabalmente, para este fin es importante realizar pruebas y ensayos que se explican a continuación.

#### 3.1 VERIFICACION DE FLEXOMETROS

Figura 13. Flexómetro midiendo dilatación.



Figura 14. Flexómetro en buen estado.



El flexómetro es un instrumento de medición similar a una cinta métrica, con la particularidad de que está construido en chapa metálica flexible debido su escaso espesor, dividida en unidades de medición, y que se enrolla en espiral dentro de una carcasa metálica o de plástico. Algunas de estas carcasas disponen de un sistema de freno o anclaje para impedir el enrollado automático de la cinta, y mantener fija alguna medida precisa de esta forma.

Se suelen fabricar en longitudes comprendidas entre uno y cinco metros, y excepcionalmente de ocho o diez metros. La cinta metálica está subdividida en centímetros y milímetros. Es posible encontrarlos divididos también en pulgadas.

Esta verificación se realiza cada tres meses en la obra con el fin de ejercer un control sobre los aparatos de medición que utilizan las personas en la obra, ya sea ingenieros, personal de administración, oficiales, ayudantes, contraamaestres y contratistas.

Esta verificación es muy importante por muchos aspectos, ya que un flexómetro en mal estado puede causar un error que conlleva a un reproceso o a un PNC (Producto No Conforme) y así generar sobre costo en la ejecución de la obra.

En el caso de estructura es importante tener un flexómetro en buen estado ya que con estos se toman plomos a columnas y placas, longitudes de vigas y viguetas, entre otras actividades; para lo que tiene que ver con mampostería y pañetes, estos juegan un papel importante en el replanteo de muros ya que en este replante se definen las dimensiones de alcobas, baños, vanos de closet y ventana; en lo que corresponde al proceso de enchape de muros y pisos ya que se toma la longitud del muro y con esta se distribuyen las losas y a la vez se define la longitud de los chazos que se necesiten.

Un flexómetro en mal estado no se le puede permitir la utilización en la obra, y el dueño, esta obligado a entregarlo en el momento de la revisión.

Esta medición se rige bajo un formato establecido denominado CTR-FO-30, que se llama LISTADO DE VERIFICACION DE FLEXOMETROS, en el cual aparecen los siguientes ítems, fecha, Responsable, las tres lecturas que se realizan, el rango de medición, promedio, Marca del flexómetro, Cargo y Observaciones; los flexómetros en mal estado son decomisados y los que estén en buen estado llevarán el distintivo de que fue revisado.

### **3.2 PRUEBA DE ESTANQUEIDAD**

La prueba de estanqueidad debe ser aplicada a los sistemas de desagüe, al realizarse se debe verificar que todos los puntos que estén abiertos sea necesario taponados provisionalmente. Esta prueba se realiza a la red sanitaria con el fin detectar posibles fugas de manera temprana y no cuando los apartamentos estén habitados y ya la red este en funcionamiento, es requisito que toda la red interna del apartamento este completamente cargada de agua.

Una prueba consiste en llenar de agua hasta un nivel inicial toda la araña o red sanitaria de un apartamento poniendo especial cuidado en los puntos sanitarios de 4 pulgadas de diámetro, a los sifones de cocina y ropas, estos últimos de diámetro 2 pulgadas; siendo mas específicos los puntos sanitarios que se revisan son los ubicados en baño principal, baño auxiliar, baño de emergencia, baño de servicio, sifón de cocina y zona de ropas.

La tubería de estar cargada como mínimo 2 horas, al momento de llenar los bajantes se marca con lápiz de color el nivel inicial de agua, tomando un nivel inicial, luego de dos horas se verifica que el nivel final sea igual al nivel inicial, en caso contrario no se recibe el ensayo y se prosigue a ubicar la posible fuga, repararla, para luego repetir la prueba, la norma con la cual se rige es la NTC 1500 numeral 8.12.

Antes de realizar a este ensayo, se debe ejercer un control sobre las actividades necesarias para llegar a este. El replanteo de estos puntos sanitarios es muy importante debido que el sistema de construcción es tipo tradicional, con placas aligeradas, por lo que es necesario dejar pases antes de fundir placa para luego prolongar la tubería horizontal por debajo de esta, por lo tanto es de gran importancia llevar acabo un seguimiento al replanteo de estos puntos sanitarios.

Figura 15. Uniones, Codos y "Y".



Figura 16. Equipos y materiales de soldadura.



Luego se debe ejercer la verificación de pendientes de la tubería, teniendo en cuenta que la pendiente de la tubería sanitaria debe ser tal que garantice su capacidad para evacuar el caudal de diseño, con una velocidad comprendida entre 0.6 m/s y 5 m/s\*; además hay que verificar que la tubería sanitaria que en este caso esta conectada bajo placa tenga su respectivo tapón de limpieza, ya que por norma debe haber un tapón de limpieza en su extremo inicial, en cada cambio de dirección y uno en cada tramo de 12 m o fracción, aunque en tramos donde la tubería tenga menos de 1.5 metros se pueden omitir\*\*.

Los tapones de limpieza se deben instalar de tal forma que sean fácilmente accesibles y ubicados de forma que cumplan con su objetivo de instalación.

Figura 17. Pendiente y recorrido horizontal.



Figura 18. Araña sanitaria bajo placa.



Es importante exigir a la empresa que suministra los materiales utilizados en la instalación de la red sanitaria que los materiales sean de diámetro interno liso y uniforme, cumpliendo con las especificaciones establecidas por las normas que rigen a cada material, a demás,

el certificado de calidad de los lotes de tubería utilizados en obra, los certificados de calidad deben ser verificados ya que en muchos casos los lotes no corresponden a los lotes de tubería instalada en obra.

Cabe resaltar que en una tubería o red sanitaria las uniones se hacen con codos de 45 grados o utilizando "Y". El total de pruebas proyectadas a ejecutar en la obra CASA DE DON DAVID TORRE 2 son 68 Pruebas de Estanqueidad; mientras que para el conjunto residencial ARAWAK son

### 3.3 PRUEBA DE PRESION HIDRAULICA

Se realizan dos pruebas por apartamento, la primera se ejecuta antes de aplicar mortero de piso y la siguiente después de mortero, ósea antes de enchape de pisos. Los equipos que se requieren para efectuar esta prueba son, Una bomba de presión hidráulica, un manómetro de presión de 160 PSI, la presión requerida o establecida por la norma es 145 PSI, aunque en la obra se dejan los manómetros cargado a 150 o 160 PSI, ya que las fugas que se pueden encontrar a 145 PSI, no son las mismas que dejando el manómetro a 150 o 160 PSI.

Figura 19. Flauta, manómetro, y bomba de presión.



Antes de efectuar este ensayo se debe calibrar los manómetros utilizados por la empresa contratista. Esta calibración consiste en armar una flauta que se compone de un manómetro patrón proporcionado por URBANAS, una bomba de presión, y los manómetros utilizados en la prueba, la medida de presión en el manómetro patrón es la

que manda y los demás manómetros no pueden tener una desviación mayor al 2%; complementando dicha calibración, la empresa contratista se compromete a entregar certificados de calibración de dichos manómetros.

Figura 20. Flauta para ejercer calibración manómetros.



Figura 21. Manómetro patrón.



Según la NTC 1500 una vez terminada una sección o un sistema total de agua fría o caliente, debe ser probada su hermeticidad bajo una presión de agua no menor a los 1000 Kpa, lo cual equivale a 145 PSI\*, La tubería debe soportar la presión durante un periodo de 4 desde el momento que se tome la medida de presión inicial, para mayor confiabilidad de la prueba es recomendado retirar la bomba del lugar o sellar la flauta con cinta pegante, al cabo de las cuatro horas se verifica la presión final y se compara con la inicial, no se acepta la prueba si la presión disminuye mas de 2 % de la presión inicial, ya que este es el grado de tolerancia permitido por la norma.

La red hidráulica interna se encuentra embebida en la placa, por lo que antes de fundir placa es necesario verificar el replanteo de los puntos hidráulicos ya que un mal replanteo puede generar retrocesos debido a que la red no quedaría funcional.

Figura 22. Replanteo red hidráulica.



Figura 23. Recorrido tubería hidráulica.



Como revisión adicional se debe verificar que a la red interna del apartamento se le hayan dejado cámaras de aire, que estas se encuentren en un lugar accesible y cada una tenga un dispositivo para restaurar el aire en caso de que la cámara de aire resulte anegada por agua.

Figura 24. Cámaras de aire en red interna.



En obra se realizó una prueba adicional que fue antes de fundir placa, para verificar que no hubiera fuga antes de esto, ya que se presenta muy seguido debido a la colocación de la malla electro soldada, por el movimiento de los obreros mientras arman la placa entre otras actividades que pueden generar cualquier tipo de fugas, todo esto se hace para beneficio de la obra ya que se evitan muchos daños en la placa que traen como consecuencia la ejecución de resanes, El objetivo primordial es evitar que cuando la tubería hidráulica este presionada se encuentren fugas ya que sería inevitable levantar enchapes, ya sea de muro o de piso. El total de pruebas proyectadas a ejecutar en la obra CASA DE DON DAVID TORRE 2 son 2 por apartamentos para un total de 136 pruebas de presión hidráulica; mientras que para el conjunto residencial ARAWAK son

### **3.4 ENSAYO DE HERMETICIDAD**

Este ensayo es el ultimo paso a realizar de una serie de revisiones que se realizan para este proceso, para el replanteo de los puntos de gas se debe verificar que las montantes sean instaladas en ductos ventilados para así evitar la acumulación de gas si se produjera

un escape, seguido a esto se debe hacer una revisión visual del recorrido de la instalación para determinar la correcta ubicación y altura de los puntos de gas, esto cuando los se halla levantado la mampostería del apartamento a probar; un aspecto demasiado importante es la comprobación de ventilación de los recintos donde se ubicaran los gasodomésticos.

La tubería utilizada para esta actividad es tubería de cobre rígida sin costura, esta debe cumplir unos requisitos muy importantes expuestos en la norma NTC 2505 numeral 4.1.2 **Tuberías metálicas** y en la NTC 3944. Los accesorios utilizados para efectuar las conexiones correspondientes deben permitir que el suministro de gas se haga en condiciones de hermeticidad, para la tubería de cobre rígida dichos accesorios deben cumplir con las normas ANSI B 16.18 o ANSI B 16.22.

En cada apartamento hay dos válvulas de cierre, una que esta antes del punto de la secadora ubicada en la zona de ropas y la otra antes del punto de la estufa ubicada en la cocina, se debe verificar que estas válvulas sean de cierre rápido, la red de gas estará sometida a una presión que esta en un rango de 6.9 Kpa (1 Psi) a 862 Kpa (125 Psi), por lo tanto dichas válvulas deben cumplir con lo establecido en la NTC 3538.

Antes de ponerse a servicio, la instalación de gas debe someterse a una prueba de hermeticidad, este ensayo se realiza a temperatura ambiente con aire y antes de instalar los medidores, reguladores y artefactos de consumo (Secadora, estufa).

Es de gran importancia la calibración de los manómetros que se van a utilizar para este ensayo, dicha calibración se realiza armando una flauta compuesta por los manómetros a utilizar y por un manómetro patrón proporcionado por URBANAS en este caso, la desviación de medidas entre los manómetros y el manómetro patrón no debe superar el 2%. Para cargar la tubería se utilizara un compresor de aire; luego se debe verificar que las válvulas de cierre ubicadas dentro de los apartamentos estén abiertas.

Figura 25. Flauta para calibración de manómetros.



Figura 26. Manómetro de 60 Psi patrón.



El ensayo consiste en cargar la tubería de aire hasta lograr la presión requerida para este ensayo luego de llegar a dicha presión se procede a tomar una lectura inicial, la presión y el tiempo requerido de la prueba esta regido por la norma NTC 2505 y se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. Presiones para el ensayo de hermeticidad

Presión de operación en la tubería	Presión mínima de ensayo	Tiempo mínimo de ensayo
$P < 13,8 \text{ kPa}$ ( $P < 2 \text{ Psi}$ )	34,5 kPa ( 5 Psi )	15 min
$13,8 \text{ kPa} < P < 34,5 \text{ kPa}$ ( 2 Psi < P < 5 Psi )	207 kPa ( 30 Psi )	1 h
$34,5 \text{ kPa} < P < 138 \text{ kPa}$ ( 5 Psi < P < 20 Psi)	414 kPa ( 60 Psi )	1 h

Para el caso de la red de Gas interna de los apartamentos se va a cargar a una presión de 30 Psi por lo tanto el ensayo tendrá una hora de duración, los manómetros a utilizar tendrán una capacidad máxima de 60 Psi cumpliendo lo que establece la norma NTC 2505 la cual establece que los manómetros empleados deben ser tales que la presión de ensayo se encuentre entre el 25% y el 75 % de su rango de medición; cabe anotar que no se acepta ninguna disminución en la presión para que sea aceptada la prueba, es decir, para que se considere que el sistema es hermético, en caso de no cumplir se deben arreglar los escapes existentes y repetir la prueba. El total de pruebas proyectadas a

ejecutar en la obra CASA DE DON DAVID TORRE 2 son 68 Ensayos de Hermeticidad; mientras que para el conjunto residencial ARAWAK.

### 3.5 PRUEBA DE COMPRESION EN UNIDADES DE MAMPOSTERIA

Figura 27. Muro de mampostería no estructural.



Figura 28. Replanteo Apto en ladrillo H-10.



Toda unidad de mampostería debe cumplir con unos requisitos mínimos de resistencia, en las obras se trabaja con unidades de mampostería no estructural, que corresponden a muros divisorios, y a unidades de mampostería exterior o de fachada, las unidades de mampostería interior son las que se usan para muros divisorios, ya que estas solo soportan su propio peso y no están expuestas a la intemperie, esto no quiere decir que no puedan estar en los muros exteriores siempre y cuando tengan un acabado de protección, como este caso es el pañete de fachada; las unidades de mampostería interior utilizadas son unidades de perforación horizontal (PH), mientras que las unidades de mampostería exterior son de perforación vertical (PV).

Esta prueba se llama específicamente Resistencia Mecánica a la Compresión, es basada en la norma NTC 4205, la resistencia mínima requerida en unidades de ladrillo de perforación horizontal entre los cuales hacen parte ladrillo H-10, H-7, H-15 es 30 Kg./cm<sup>2</sup> este valor debe salir del promedio de resistencia de 5 unidades con una aceptación de un 5 % por debajo del valor requerido.

Figura 29. Lavado Ladrillo Gran Formato PV.



Figura 30. Ladrillo H-10, PH.



Para la unidades de perforación vertical el valor de resistencia se calcula dividiendo la carga de rotura o de falla por el área neta de la sección perpendicular a la carga, descontando el área de las celdas y perforaciones, el valor de resistencia requerido es para unidades de perforación vertical entre los cuales se encuentra el Ladrillo gran formato es de 140 Kg./cm<sup>2</sup>, dicho valor debe salir del promedio de 5 unidades de ladrillo.

Figura 31. Muro mampostería exterior.



Figura 32. Muro mampostería interior.



La frecuencia de este ensayo es de una muestra cada 5000 unidades de ladrillo, una muestra esta constituida por 5 unidades de ladrillo.

Es muy importante que el laboratorio encargado de realizar los ensayos entregue los registro de calibración de los equipos utilizar.

El número de pruebas a realizar son:

Para ladrillo H-10: 48

Para ladrillo H-15: 3

Para ladrillo H-7: 1

Para ladrillo GF: 78

Para esta actividad se llevo una revisión adicional que consiste en llevar un control de ejecución para esta, verificando varias actividades que juntas complementan el proceso, los criterio de control de ejecución llevados para la mampostería interior son.

Verificación de replanteo, cuando se realizo la parte estructural de la obra se trazaron unos ejes, estos eran la guía principal para la ubicación de columnas, dimensiones de estas y de la placa a fundir. Por lo tanto estos ejes son la herramienta principal y de más cuidado para realizar el replanteo de los apartamentos, la verificación visual y a medida del eje no se debe dejar a un lado.

Luego de haber ubicado los ejes, lo que sigue es colocar hilos para empezar a distribuir la primera hilada de ladrillo en sucio, la primera hilada es la base de todo el proceso ya que si esta queda bien, las distribuciones del apartamento lo quedaran, es necesario entonces realizar una revisión de medidas y escuadras muy detenida para esta primera hilada.

Seguido a esto se levantan los muros interiores, para luego realizar una ultima revisión de escuadras, plomos de los muros, tamaño de los vanos (ventanas) y espesores de la brecha que no puede ser mayor de 2 cm, es la ultima oportunidad de detectar errores de replanteo ya que detectarlos cuando el apartamento este empañetado generaría retrocesos en la obra. Un aspecto importante es exigir que luego de terminado el proceso, el contratista realice una limpieza del sitio.

Figura 33. Revisión de brechas y plomo.



Figura 34. Trazado de hilos.



Tabla 2. Propiedades físicas de las unidades de mampostería no estructural

TIPO	Resistencia mínima a la compresión Pa (Kgf/cm <sup>2</sup> )		Absorción de agua máxima en %			
			Interior		Exterior	
	Prom 5U	Unidad	Prom 5U	Unidad	Prom 5U	Unidad
PH	3,0 (30)	2,0 (20)	17	20	13,5	14
PV	14 (140)	10,0 (100)	17	20	13,5	14
M	14 (140)	10,0 (100)	17	20	13,5	14

### 3.6 ENSAYO DE ABSORCION

Las unidades de mampostería deben cumplir con los requisitos de absorción de agua en 24 horas de inmersión que se dan en la tabla mostrada a continuación, la norma NTC que regula esta prueba es la NTC 4025 y la NTC 4017, el porcentaje mínimo de la resistencia a la absorción de un promedio de 5 unidades es de 5% y el porcentaje máximo de resistencia debe ser de 13.5 %; la norma indica que si el promedio de absorción de las unidades de mampostería es mayor que el establecido, es necesario acudir a un análisis termo diferencial, para demostrar si la temperatura de cocción es suficiente o no, y así evitar la rehidratación de la unidad cuando la pieza este a la intemperie.

El laboratorio encargado de realizar el ensayo debe presentar los registros de calibración y certificados de calidad de las máquinas con las cuales realizan la prueba, en total se ensayaron 78 muestras.

La frecuencia de este ensayo es una muestra cada 5000 unidades de ladrillo, esta prueba solo se realiza al ladrillo gran formato por se parte de la mampostería de fachada.

Figura 35. Ladrillo Gran Formato para ensayo.



Figura 36. Ladrillo Gran Formato PV.



Tabla 3. Propiedades físicas de las unidades de mampostería no estructural

TIPO	Resistencia mínima a la compresión Pa (Kgf/cm <sup>2</sup> )		Absorción de agua máxima en %			
			Interior		Exterior	
	Prom 5U	Unidad	Prom 5U	Unidad	Prom 5U	Unidad
PH	3,0 (30)	2,0 (20)	17	20	13,5	14
PV	14 (140)	10,0 (100)	17	20	13,5	14
M	14 (140)	10,0 (100)	17	20	13,5	14

### 3.7 ASENTAMIENTO DEL CONCRETO

Todo concreto vaciado en obra se le realiza un ensayo de asentamiento, para ser registrado en el formato, luego es registrado en el recibo suministrado por la empresa distribuidora del concreto en el cual se verifica el numero de sello y si las propiedades del concreto que trae el camión que suministra el concreto coinciden con las pedidas por la obra, en la obra normalmente se piden concretos que lleguen con asentamientos de 6 y de 4 pulgadas normalmente.

Los aparatos y herramientas utilizadas para la realización de este ensayo son, el molde, la varilla compactadora, y un flexómetro.

El molde debe cumplir con unas especificaciones técnicas proporcionadas por la norma NTC 396 en su ítem 4.1, el calibre de este debe ser No 16; este molde tiene forma de un tronco de cono de 203 mm de diámetro en la base mayor, 102 mm en la base menor y 305 mm de altura, este molde tiene agarraderas para que el tomador del asentamiento lo

sujete con los pies, para realizar este ensayo el cono debe estar limpio de residuos de asentamientos anteriores; la varilla compactadora es de acero, y tiene una longitud de aproximadamente 60 cm, también es necesario tener una superficie horizontal bien nivelada para descargar sobre esta el molde.

Figura 37. Medición del Asentamiento.



Figura 38. Elaboración del ensayo.



El procedimiento para realizar el ensayo es el siguiente, cuando el camión llega a la obra el conductor pone a girar el trompo para que la muestra quede uniforme, luego se descarga sobre una carretilla el primer contenido de concreto para ser llevado al lugar de la toma de asentamiento, la superficie donde se va a efectuar la prueba debe ser una superficie plana, húmeda y no absorbente, luego el tomador de muestras sujeta con los pies el molde y lo llena en tres capas, cada una es un tercio de la capacidad del molde, cada capa se compacta dándole 25 golpes de la varilla compactadora, al llenar la tercera capa se enrasa el molde con la varilla compactadora, inmediatamente después se retira el molde, levantándolo cuidadosamente durante 5 o 7 segundos, después de esto se mide el asentamiento, determinando la diferencia entre la parte superior del molde y la superficie superior de la muestra, el valor de asentamiento puede tener una diferencia de máximo una pulgada del valor especificado, así , si se pidió un concreto de 6 pulgadas se puede aceptar que el ensayo este en 5 o 7 pulgadas.

El ensayo no se acepta si ocurre un derrumbamiento de la muestra, por lo tanto si ocurre esto es necesario repetir el ensayo, otra causal de repetir el ensayo es si el valor de asentamiento tiene mas de una pulgada de diferencia al especificado, para tal caso, se repite el ensayo y se promedian los dos valores de asentamiento, si al repetir este ensayo no se cumple con el requisito de asentamiento, es necesario devolver el camión de

concreto a la planta y registrar lo sucedido como un producto no conforme en el formato de PNC.

### **3.8 ELABORACION Y CURADO DE MUESTRAS DE CONCRETO EN OBRA**

En la obra se requieren concretos de varias especificaciones y varios valores de resistencia mínima, a los cuales se les debe realizar un control estricto para garantizar la calidad de los productos generados por estos concretos ya sean zapatas, vigas, placas, columnas, piso entre otros.

A continuación se muestra un resumen de las especificaciones de concreto utilizado y para que se utilizaron.

Para fundir piso de sótano 3 se utilizo con concreto de resistencia 21 MPa (3000 Psi) con tamaño de agregado de  $\frac{3}{4}$ " y asentamiento 6 pulgadas.

Para fundir columnas de sótanos se utilizo concreto de 28 MPa (4000 Psi) con tamaño de agregado de  $\frac{3}{4}$ " y asentamiento 6 pulgadas.

Columnas de la Torre se utilizo concreto de 35 MPa (5000 Psi) con tamaño de agregado  $\frac{3}{4}$ " y asentamiento 6 pulgadas.

Figura 39. Góndola Para vaciar concreto sobre columnas.      Figura 40. Columna recién fundida.



Para placa maciza de parqueaderos y para placa aligerada de torre se utilizo concreto de 28 MPa (4000 Psi) con tamaño de agregado  $\frac{3}{4}$ " y asentamiento 6 pulgadas.

Figura 41. Fundida placa con bomba.



Figura 42. Fundida placa con bomba.



Para Muros de Contención se utilizó concreto de 28 MPa (4000 Psi) con tamaño de agregado  $\frac{3}{4}$ " y asentamiento 6 pulgadas.

Para el concreto con especificaciones de 28 MPa y de 21 MPa se toman 8 muestras, dos para ensayar a los 7 días, 2 a los 14, 2 a los 28 y dos a los 56 días en el caso que no se llegue a la resistencia deseada a los 28 días.

Para el concreto con especificaciones de 35 MPa se toman 10 muestras, dos para ensayar a los 3 días, 2 a los 7, 2 a los 14, 2 a los 28 y dos a los 56 días en el caso que no se llegue a la resistencia deseada a los 28 días.

Figura 43. Vaciado concreto sobre bomba.



El procedimiento llevado a cabo para la elaboración de la muestra se describe a continuación; cuando el camión de concreto llega a la obra, se le toma el asentamiento, después de cumplir con la prueba de asentamiento descargado, luego de que se haya

vaciado una cantidad considerable, se descarga sobre una carretilla concreto para tomar las muestras, esta es llevada por el TOMO ( Tomador de muestras) hasta su lugar de elaboración, los materiales requeridos para la realización de esta son: moldes cilíndricos, varilla compactadora, martillo, herramientas pequeñas, estos materiales deben cumplir con la norma NTC 550.

**Moldes cilíndricos:** Los moldes son de acero ya que es un material no absorbente y no reacciona con el concreto. Estos tienen una base de metal, con dispositivos para fijarla, de manera que su parte plana quede perpendicular al eje. Antes de descargar concreto sobre los moldes, se les aplica acpm para que no se pegue el concreto.

Figura 44. Moldes cilíndricos.



Figura 45. Elaboración de Moldes.



**Varilla Compactadora:** Esta es de acero, lisa; la norma NTC 550 en el numeral 4.4 establece que los diámetros de la varilla y su longitud para diferentes diámetros del molde.

Tabla 4. Requisitos para varillas compactadoras

DIMENSIONES DE LA VARILLA			
Diámetro del cilindro, mm	Diámetro de la varilla, mm	Longitud de la varilla, mm	Números de golpes/ capa
< 150	10	300	25
150	16	600	25
200	16	600	50
250 ó mayores	16	600	75

**Martillo:** El martillo utilizado para no dejar la muestra porosa, es de mango o cabeza de caucho, y según norma debe tener un peso aproximado de 0.6 Kg con una desviación de 0.2 Kg, así que puede pesar 0.8 o 0.4 Kg.

**Herramientas pequeñas:** La herramienta mas utilizada es el palustre utilizado para descargar el concreto sobre el molde.

Las muestras son fundidas y se dejan fraguar dentro del molde en posición vertical, la altura que posee la muestra es 300 mm y tiene un diámetro de 150 mm, el numero de golpes que se le dan por capa es 25, la varilla compactadora tiene un diámetro de 16 mm y una longitud de 600 mm. El molde se llena en tres capas cada una con sus respectivos 25 golpes, luego de los 25 golpes por capa se enrassa la ultima capa para darle un acabado fino a la muestra, la norma acepta depresiones del molde hasta de 3 mm, luego de esto empieza el curado de la muestra, a este se le da inicio después de 24 horas a partir del momento que se desencofra se introduce la muestra, es necesario marcar la muestra para no tener confusiones, como por ejemplo CDD2 y el numero de la muestra. Inmediatamente es desencofrada la muestras se realiza el curado final, este consiste en almacenar los cilindros en un ambiente húmedo, con agua sobre la superficie de los cilindros, esta agua debe estar libre de cualquier tipo de ácido, la temperatura de la pila de agua debe estar entre los 21 y 25 grados centígrados sobre la superficie del cilindro.

### **3.9 RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO**

Este ensayo es regido por la norma NTC 673, consiste en la aplicación de una carga axial de compresión a cilindros moldeados a una velocidad preescrita hasta que suceda la falla. La resistencia a la compresión del cilindro se calcula dividiendo la carga o fuerza máxima alcanzada sobre el área transversal de la muestra. La norma NTC 673 numeral 4.2 establece que los resultados de este ensayo se usan como base para el control de calidad, y lo mas importante es que de este resultado depende si el concreto utilizado en obra cumple las especificaciones mínimas establecidas, es importante destacar que la persona y en especial la maquina con la cual se realiza el ensayo debe estar certificada, esta persona debe tener como mínimo una certificación que diga Técnico de Laboratorio de Concreto, Nivel 1, mientras que la maquina de ensayo debe tener un certificado de calibración de acuerdo con la NTC 3341, esta debe operar eléctricamente y aplicar la carga de forma continua; el porcentaje de error no debe exceder el 1% de la carga indicada.

Los concretos se envían al laboratorio para saber su resistencia a los 3, 7, 28 y en algunas ocasiones a 56 días, las muestras se sacan de la pila justa antes de ser enviadas a ensayar, el transporte es un factor muy importante y que un golpe que tenga el cilindro antes de ser probado puede afectar seriamente la resistencia de este, por lo tanto se verifica que se aplique una gran cantidad de aserrín para crear una capa protectora, por debajo de los cilindros, por los lados de estos también se aplica aserrín con tal de que algún golpe entre los cilindros cause alguna falla en el materias; al llegar al laboratorio las muestras son llevadas hacia la maquina para ser ensayada, pero antes la persona encargada verifica que la referencia de las muestras enviadas, correspondan a las recibidas, luego se ensaya el cilindro y se anotan los resultados para la respectiva elaboración del informe.

### **3.10 PRUEBA DE TENSION DE BARRAS DE ACERO**

Las barras de acero utilizadas en obra tienen una resistencia a la fluencia de mínimo 420 MPa (60000 psi), a las barras de acero se le efectuaron varios controles de calidad, empezando por la llegada de estas a la obra, el envió de muestras para la realización de la prueba de resistencia a la tracción y por ultimo se realizo una tarea de supervisión en el armado de vigas, columnas y placas. Al llegar el acero a la obra se verificó que el resalte de las barras cumpliera con los detalles que deben tener las barras corrugadas, según la norma NTC 2289 las barras deben tener las iniciales del país de origen, el nombre o logo del fabricante, el numero de designación que es el diámetro de la barra, así, si la barra es de 1 pulgada, el numero de designación debe ser 8, debe indicar el tipo de acero, la letra W significa en este caso que la barra es de acero corrugado, y la S significa acero liso, por ultimo y muy importante, la barra debe tener la designación de fluencia mínima. Luego de verificar el marcado de las barras de acero se paso a la verificación de los certificados de calidad, de cada colada o lote de acero que llega, cabe destacar que las barras son fabricadas principalmente por coladas continua, en dicho certificado de calidad se deben estipular las propiedades físicas como la resistencia a la tracción, el porcentaje de elongación y las propiedades químicas como la cantidad de carbono manganeso fósforo azufre silicio. Otro control importante es la prueba de resistencia a la tracción, a laboratorio se envía una muestra cada 100 toneladas que equivalen a 100000 kilos de

acero, una muestra corresponde a dos varillas de longitud de 60 cm de cada diámetro, es decir, 2 varillas de 3/8", 2 de 1/2", 2 de 5/8", 2 de 3/4", y dos de 1".

El laboratorio donde se ensayan las muestras de acero debe proporcionar los registros de calibración del equipo donde se ensayan las muestras. En total se realizaron 10 ensayos de tracción para la obra Casa de Don David 2, y para el proyecto Multifamiliares Arawak se realizaron 5 ensayos.

Como se especificaba anteriormente se realizaron actividades de supervisión que consistían, en verificar aceros de vigas columnas, y placa; corroborando que los despieces establecidos en los planos se cumplan en el armado del acero de refuerzo, verificación de traslapes, verificación de longitudes de las barras, diámetros, longitud de viguetas, espaciamiento y número de estribos sencillos, estribos dobles, espaciamiento de espirales en el caso de las columnas, y un punto de gran importancia es verificación de dimensiones de vigas principales, vigas de borde, columnas y fosos de ascensor.

### **3.11 ENSAYO PARA EL MORTERO DE INYECCION**

El mortero de es utilizado en mampostería, este es una mezcla de materiales cementantes, agua, y agregados con un alto grado de fluidez con el fin de facilitar su colocación, este ensayo no reproduce exactamente las condiciones de exposición física y de curado del mortero de inyección, pero se somete a los testigo a unas condiciones de absorción muy similar a las del mortero en el muro. Cabe anotar que los resultados del ensayo de las muestras tomadas directamente desde el muro no se debe comparar a los resultados obtenidos bajo este método. Las muestras tomadas para realizar el ensayo por este método deben estar comprendida por tres especímenes para cada edad del ensayo deseada. Un requisito fundamental es que el mortero de inyección debe tener un asentamiento de 20 cm y de 28 cm según la norma NTC 396; la resistencia mínima requerida a la compresión a los 28 días debe ser de 10 Mpa y la toma de muestras se realizara de acuerdo a la NTC 4043.

### 3.12 PRODUCTOS NO CONFORMES

En obra generalmente se presentan no conformidades, que en pocas palabras es debido a un incumplimiento de un requisito, en obra se deben cumplir unos indicadores, entre los que se encuentra el tiempo programado por proyecto, este consiste en medir el grado de cumplimiento de la programación de la obra, cuando este indicador supera los 12 días de atraso durante un mes, se estaría cumpliendo un requisito, lo cual generaría un PNC que debe ser registrado en el software; el otro indicador es el de cumplimiento de calidad que no significa mas que cumplir con el desarrollo del programa de control de calidad por obra, este indicador debe estar en un 100%, el no estarlo generaría una no conformidad. En obra es constante no conformidades debido a valores bajos de resistencia de los concretos, ensayos de barras de acero que no cumplen con la fluencia mínima, unidades de mampostería que no cumplen con la resistencia a la compresión mínima, todas estas situaciones generan productos no conformes debido a que no cumplen con requisito, que en este caso es las Normas Técnicas Colombianas, a estos PNC se les dan tratamientos diferentes, ya que para productos no conformes de obra se llena en el Formato Producto No Conforme en obra MYM-FO-01, mientras que las no conformidades que afectan otros procesos además del de construcción es necesario crear una solicitud en el software creado por URBANAS S.A. la realización de esta solicitud es de gran importancia debido a que en estas se expresan las causas de la no conformidad, las acciones correctivas a realizar, cabe destacar que ante una no conformidad potencial es necesario crear una acción preventiva en dicho software de calidad.

Existen varios tipos de acciones correctivas cuando se genera un PNC, las cuales se definen a continuación:

**REPROCESO:** Acción tomada sobre un producto no conforme para que cumpla con los requisitos.

**REPARACIÓN:** Acción tomada sobre un producto no conforme para convertirlo en aceptable para su utilización prevista.

**RECLASIFICACIÓN:** Variación de la clase de un producto no conforme, de tal forma que sea conforme con requisitos que difieren de los indicados.

**CONCESIONES:** Acción tomada para utilizar o liberar un producto que no es conforme con los requisitos especificados.

**DESECHO:** Acción que se toma sobre un PNC para impedir su uso inicialmente previsto.

### **3.11.1 Pasos a seguir cuando se presente un producto no conforme**

1. Identificar el Producto No Conforme (PNC), el cual puede ser generado en cualquier proceso o proyecto y registrarlo de manera precisa y clara en el Formato respectivo cuando sea de la obra o en el software de calidad.
2. Si el funcionario que detectó el PNC tiene la autonomía y autoridad necesaria sobre dicho producto, definir la disposición a seguir, la cual pueden ser: reproceso, reparación, concesión, reclasificación, rechazo o cualquier acción necesaria para evitar su utilización.
3. Si la complejidad del PNC no permite que el funcionario que lo identificó determine la disposición a seguir comunicar al Jefe Inmediato o al funcionario que tenga la autoridad para analizar dicho producto y definir la disposición pertinente a seguir.
4. Describir la acción tomada para corregir dicho PNC definiendo el responsable de ejecutarla, y para los casos que sea necesario establecer la fecha límite de realización de esta acción.
5. Verificar que la acción tomada fue adecuada para volver el producto conforme de acuerdo a los requisitos establecidos y dejar registro en el Formato de PNC en obra o en el Software de calidad según corresponda.
6. Verificar que la acción tomada fue adecuada para volver el producto conforme de acuerdo a los requisitos establecidos y dejar registro en el Formato de PNC en obra o en el Software de calidad según corresponda.
7. Cuando el producto no conforme es detectado por el cliente de URBANAS se determina el impacto de la no conformidad y define la acción a seguir volviendo al numeral 1.

#### **4. CONTROL Y VALORACION DE RESULTADOS DE ENSAYOS OBTENIDOS EN LABORATORIO Y OBRA, BASADOS EN LAS NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS**

El propósito de los ensayos de resistencia del concreto es el de determinar el cumplimiento de una especificación de resistencia y el de medir su variabilidad.

El concreto, que es una masa endurecida de materiales heterogéneos, está sujeto a la influencia de numerosas variables. Las variaciones de sus componentes así como los procedimientos seguidos durante la dosificación, el mezclado, el transporte, la colocación y el curado pueden ocasionar sin ninguna duda variaciones en la resistencia del concreto. Además de las variaciones mencionadas anteriormente en el concreto mismo, también se introducen variaciones en los ensayos por efecto de la fabricación, por el procedimiento de ensayo y por el tratamiento de las muestras de ensayo en obra especialmente.

Las variaciones en la resistencia del concreto deben aceptarse, pero para producir concreto de calidad adecuada, se debe mantener un estricto control, adicionalmente se deben interpretar y emplear apropiadamente los resultados de los ensayos y considerar sus limitaciones.

El control apropiado se logra por medio del empleo de buenos materiales, una correcta dosificación y mezclado de los mismos, por los buenos procedimientos de transporte, colocación, curado y realización de los ensayos. Aunque la compleja naturaleza del concreto impide una completa homogeneidad, una variación excesiva de su resistencia significa un inadecuado control. El mejoramiento del control puede permitir una reducción en los costos del concreto, puesto que la resistencia promedio se puede acercar más a los requisitos de la especificación.

La resistencia no es necesariamente el factor mas critico en la dosificación de las mezclas de concreto puesto que otros factores, tales como la durabilidad, pueden exigir relaciones agua-cemento mas bajas que las necesarias para cumplir los requisitos de resistencia, en esos casos la resistencia es necesariamente superior a las exigencias estructurales. Sin embargo, en esas circunstancias los ensayos de resistencia son valiosos puesto que con

la dosificación de mezclas previamente establecida, las variaciones en la resistencia indican variaciones en otras propiedades.

Las muestras de ensayo indican la resistencia potencial, más que la resistencia real del concreto en una estructura, para que tengan significado agregado, las conclusiones sobre la resistencia de concreto, deben derivarse de un modelo de ensayos del cual puedan estimarse las características del concreto con exactitud razonable, es decir, ensayos insuficientes conducirán a conclusiones no confiables.

Los procedimientos estadísticos no solo proporcionan medios valiosos para la evolución de los resultados de los ensayos de la resistencia, sino que la información derivada de dichos procedimientos sirve también para mejorar los criterios y las especificaciones del diseño.

La siguiente información trata brevemente las variaciones que ocurren en la resistencia del concreto y presenta procedimientos estadísticos que son útiles en la interpretación de estas variaciones con respecto a los criterios y especificaciones requeridas. Para que estos procedimientos estadísticos sean válidos, los datos deben procederse de muestras obtenidas en el desarrollo de un plan de muestreo al azar, diseñado para reducir la posibilidad de que aquella persona que vaya a hacer el ensayo, escoja las muestras. El muestreo aleatorio significa que existe la misma probabilidad de elegir cualquiera de las muestras, para que esta condición sea segura, la elección debe hacerse por medio de algún mecanismo objetivo tal como una tabla de números al azar por ejemplo. Si el seleccionador de las muestras se basa solo en su propio criterio, es muy probable que su inclinación invalide los resultados que se analizan en los procedimientos presentados a continuación.

#### **4.1 VARIACIONES DEL CONCRETO**

La magnitud de las variaciones en la resistencia de las muestras de ensayo de concreto depende del adecuado control de los materiales, de su fabricación y de la realización de los ensayos. Las diferencias en la resistencia pueden ser originadas por dos causas fundamentales distintas, como las diferencias en la resistencia producidas por las

propiedades de la mezcla de concreto y de sus componentes y las diferencias aparentes en la resistencia producidas por las variaciones propias del ensayo.

#### **4.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO**

Para nadie es un secreto que la resistencia del concreto depende en gran medida de la relación agua/material cementante. El primer criterio que debe considerarse al momento de producir concreto de resistencia constante, es una relación agua/cemento constante, ya que la cantidad de cemento y de agua adicionada puede ser medida con toda exactitud, pero el problema de mantener una relación de ese tipo constante es principalmente, el de corregir la cantidad variable de humedad libre presente en los agregados.

La homogeneidad del concreto, depende de la variabilidad de los agregados, del cemento y de los aditivos en el empleado, puesto que estos contribuyen a las variaciones de la resistencia real del concreto. La temperatura del concreto fresco influye en la cantidad de agua necesaria para lograr la consistencia adecuada y por consiguiente a la variación de su resistencia. Las prácticas de construcción pueden ocasionar variaciones en la resistencia debida a un mezclado inadecuado, a una mala compactación, a los retrasos de colocación y a una ausencia o deficiencia en su curado.

#### **4.3 METODOS DE ENSAYO**

Los ensayos del concreto pueden incluir o no todas las variaciones en la resistencia del concreto preparado en el sitio, dependiendo de cuales variables se han producido después de haberse elaborado las muestras de ensayo, por otra parte, las diferencias en el muestreo, fabricación, curado y ensayo de las muestras, pueden indicar variaciones de la resistencia que no existen en el momento de la estructura. Sin necesidad alguna se castiga en muchas oportunidades el proyecto cuando son excesivas las variaciones que se originan en esta situación, los métodos de ensayo apropiados reducen estas variaciones y los procedimientos de ensayo descritos en las Normas Técnicas Colombianas deben ser cumplidos estrictamente, es necesario utilizar maquinas adecuadas y bien calibradas que garanticen la precisión de los resultados.

#### **4.4 PRINCIPALES CAUSAS DE VARIACIONES DE LA RESISTENCIA**

##### **Variaciones de las propiedades del concreto**

- Cambios en la relación agua/material cementante:
  - ≡ Deficiente control de agua.
  - ≡ Excesiva variación de humedad en el agregado.
- Variación en la cantidad de agua:
  - ≡ Granulometría del agregado, absorción y forma de la partícula.
  - ≡ Propiedades de los cementantes y los aditivos.
  - ≡ Contenido de aire.
  - ≡ Tiempo de entrega y temperatura.
- Variaciones en las características y proporciones de los componentes:
  - ≡ Agua
  - ≡ Agregado
  - ≡ Cemento
  - ≡ Adiciones
  - ≡ Aditivos
- Variación en el transporte, la colocación y la compactación.
- Variación en la temperatura y el curado.

##### **Diferencias en los métodos de ensayo**

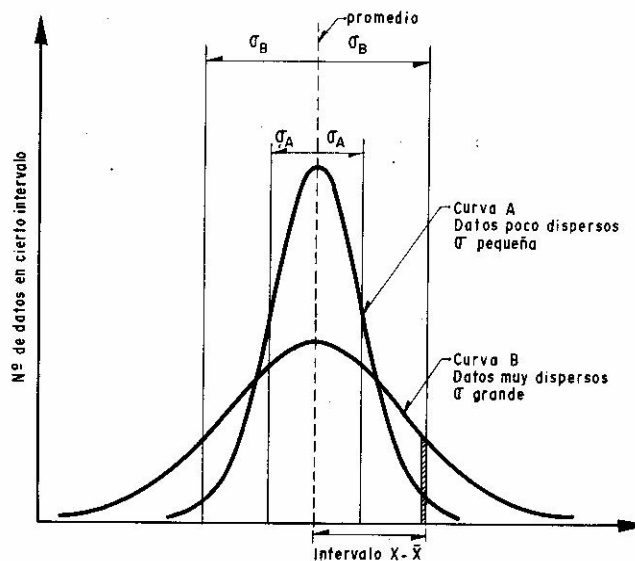
- **Procedimientos incorrectos en el muestreo**
  - ≡ Variaciones debidas a las técnicas de elaboración de las muestras.
  - ≡ Manejo y curado de cilindros recién elaborados.
  - ≡ Moldes de calidad deficiente.
- Cambios en el curado:
  - ≡ Variación en la temperatura.
  - ≡ Humedad variante.
  - ≡ Retraso en el traslado de los cilindros al laboratorio.
- Procedimientos de ensayo deficientes.
- Refrentado de los cilindros.
- Ensayos de compresión.

#### 4.5 ANALISIS DE RESULTADOS DE RESISTENCIA

Para obtener el máximo de información, debe efectuarse una cantidad suficiente de ensayos con el objeto de conocer la variación en el concreto elaborado y permitir la utilización de los procedimientos estadísticos apropiados que serán empleados en la interpretación de los resultados de los ensayos. Los procedimientos estadísticos proporcionan la mejor herramienta para que de tales resultados se determine la resistencia y la calidad potencial del concreto y se expresen los resultados de la manera más útil posible.

Se debe asumir que la resistencia de las muestras de ensayo de concreto en proyectos controlados (proyectos con un buen control de calidad), cae dentro de un patrón similar a la curva de distribución normal de frecuencia, donde los valores de la resistencia estarán agrupados cerca a la media y la curva será alta y estrecha para un buen control de datos. A medida que aumentan las variaciones dentro de los resultados de resistencia, los valores se apartan de la media y la curva se vuelve baja y alargada, mostrando una dispersión de datos, lo que indica claramente un mal control y manejo en la consecución de resultados. Lo anterior se puede ver en la grafica siguiente:

Figura 46. # De datos por intervalos vs. Resistencia.



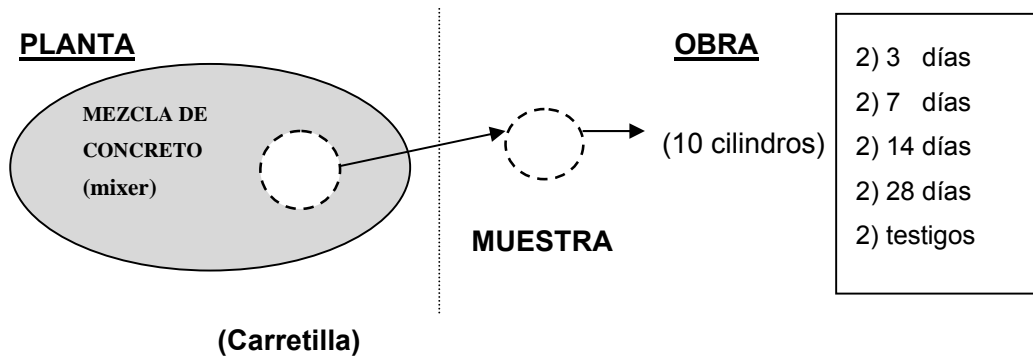
Como las características de estas curvas se pueden definir matemáticamente, es posible calcular ciertas funciones útiles de la resistencia de la siguiente manera:

- **Promedio  $\mu$ :** Es la resistencia promedio de todos los ensayos individuales.

$$\mu = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

Donde  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ , son los resultados de las resistencias de los ensayos individuales y  $n$  es el número de total de ensayos efectuados, donde un ensayo se define como la resistencia promedio de todos los cilindros de la misma edad elaborados de una muestra tomada de una mezcla de concreto, (mínimo 2 cilindros).

Figura 47. Diagrama de secuencia del concreto.



- **Desviación estándar  $\sigma$ :** Es la medida de dispersión de datos generalmente reconocida, es la raíz cuadrada media de la desviación de las resistencias, con relación a su promedio.

$$\sigma = \left( \frac{(x_1 - \mu)^2 + (x_2 - \mu)^2 + \dots + (x_n - \mu)^2}{n - 1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Esta función estadística es conocida como la desviación estándar y puede considerarse como el radio de giro alrededor de la línea de simetría del área bajo la curva de distribución normal de frecuencia de los datos de resistencia.

- **Coeficiente de variación V:** La desviación estándar, expresada como un porcentaje de la resistencia promedio

$$V = \frac{\sigma}{\mu} \times 100$$

- **Rango R:** El rango es la función estadística que se obtiene restando el menor de un conjunto de números del más alto del grupo. El rango dentro del ensayo se calcula restando la resistencia menor de la resistencia mayor del grupo de cilindros, cuyos resultados se promedian para obtener un ensayo.

#### 4.6 VARIACIONES DE LA RESISTENCIA DENTRO DEL ENSAYO

La variación en la resistencia del concreto dentro de un ensayo, se obtiene calculando la variación del grupo de cilindros elaborados de una muestra de concreto tomada de una mezcla determinada. Es importante asumir que tal muestra de concreto es homogénea y que cualquier variación entre cilindros compañeros, elaborados de una muestra determinada, es ocasionada por variaciones en la fabricación, el curado y el ensayo.

Tabla 5. Factores para calcular la desviación estándar dentro del ensayo

NUMERO DE CILINDROS	d2	1/d2
2	1,128	0,8865
3	1,693	0,5907
4	2,059	0,4857
5	2,326	0,4299
6	2,534	0,3946
7	2,704	0,3698
8	2,847	0,3512
9	2,970	0,3367
10	3,078	0,3249

Una sola mezcla de ensayo de concreto no proporciona los datos suficientes para el análisis estadístico y se requieren cilindros compañeros de por lo menos 10 mezclas de concreto, con el fin de establecer valores confiables para el Rango promedio. La desviación estándar dentro del ensayo y el coeficiente de variación pueden calcularse de la siguiente manera:

$$\sigma_1 = \frac{1}{d_2} \times R_{prom}$$

Ecuación 1

$$V_1 = \frac{\sigma_1}{\mu} \times 100$$

Ecuación 2

Donde:

**$\sigma_1$**  = Desviación estándar dentro del ensayo.

**$V_1$**  = Coeficiente de variación dentro del ensayo.

**$1/d_2$**  = Constante dependiente de la cantidad de cilindros promediados para producir un Ensayo. (Tabla1)

**$R_{prom}$**  = Rango promedio dentro de grupos de cilindros compañeros.

**$\mu$**  = Resistencia promedio.

Ejemplo: Si se considera un rango promedio de 1.36 Mpa y un promedio de resistencias de 29.71 Mpa, para un conjunto de datos de 45 ensayos conformados por dos cilindros de prueba cada uno, de un concreto de 21 mpa industrializado a la edad de los 28 días, es posible calcular las variaciones dentro del ensayo de la siguiente forma utilizando las ecuaciones 1 y 2:

$$\sigma_1 = (1/ d_2) \times R_{prom}$$

$$\sigma_1 = (0.8865) \times 1.36$$

$$\sigma_1 = 1.21 \text{ Mpa}$$

Ahora,

$$V_1 = (\sigma/\mu) \times 100$$

$$V_1 = (1.21/29.71) \times 100$$

$$V_1 = 4.07\%$$

#### 4.7 NORMAS DE CONTROL

La tabla siguiente muestra la variabilidad que puede esperarse de los ensayos de resistencia a la compresión en proyectos u obras sujetos a diferentes grados de control. Estos valores no se aplican a otros ensayos de resistencia.

Tabla 6. Porcentajes previstos de los ensayos con resultados por debajo de  $F'c$ , en los cuales  $\mu$  sobrepasa a  $F'c$  por la cantidad señalada.

RESISTENCIA PROMEDIO $\mu$	% PREVISTO DE ENSAYOS CON RESULTADOS POR DEBAJO DEL NIVEL DE REFERENCIA	RESISTENCIA PROMEDIO $\mu$	% PREVISTO DE ENSAYOS CON RESULTADOS POR DEBAJO DEL NIVEL DE REFERENCIA
$F'c + 0,10 \sigma$	46,0	$F'c + 1,60 \sigma$	5,50
$F'c + 0,20 \sigma$	42,1	$F'c + 1,70 \sigma$	4,50
$F'c + 0,30 \sigma$	38,2	$F'c + 1,80 \sigma$	3,60
$F'c + 0,40 \sigma$	34,5	$F'c + 1,90 \sigma$	2,90
$F'c + 0,50 \sigma$	30,9	$F'c + 2,00 \sigma$	2,30
$F'c + 0,60 \sigma$	27,4	$F'c + 2,10 \sigma$	1,80
$F'c + 0,70 \sigma$	24,2	$F'c + 2,20 \sigma$	1,40
$F'c + 0,80 \sigma$	21,2	$F'c + 2,30 \sigma$	1,10
$F'c + 0,90 \sigma$	18,4	$F'c + 2,40 \sigma$	0,80
$F'c + \sigma$	15,9	$F'c + 2,50 \sigma$	0,60
$F'c + 1,10 \sigma$	13,6	$F'c + 2,60 \sigma$	0,45
$F'c + 1,20 \sigma$	11,5	$F'c + 2,70 \sigma$	0,35
$F'c + 1,30 \sigma$	9,70	$F'c + 2,80 \sigma$	0,25
$F'c + 1,40 \sigma$	8,10	$F'c + 2,90 \sigma$	0,19
$F'c + 1,50 \sigma$	6,70	$F'c + 3,00 \sigma$	0,13

Tabla 7. Normas para el control del concreto

<b>VARIACION DENTRO DEL ENSAYO</b>					
<b>CLASE DE OPERACIÓN</b>	<b>Coefficiente de Variación para diferentes clases de control, en %</b>				
	<b>Excelente</b>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Pobre</b>
Ensayo de control en el campo	por debajo de 3,0	de 3,0 a 4,0	de 4,0 a 5,0	de 5,0 a 6,0	por encima de 6,0
Mezclas de ensayos de laboratorio	por debajo de 2,0	de 2,0 a 3,0	de 3,0 a 4,0	de 4,0 a 5,0	por encima de 5,0
<b>VARIACION TOTAL</b>					
<b>CLASE DE OPERACIÓN</b>	<b>Desviación estándar para diferentes clases de control, Mpa (psi)</b>				
	<b>Excelente</b>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Pobre</b>
Ensayo de construcciones en General	por debajo de 2,5 (357)	de 2,5 a 3,5 (357 a 500)	de 3,5 a 4,0 (500 a 571)	de 4,0 a 5,0 (571 a 714)	por encima de 5,0 (714)
Mezclas de ensayos de laboratorio	por debajo de 1,5 (214)	de 1,5 a 1,7 (214 a 243)	de 1,7 a 2,0 (243 a 286)	de 2,0 a 2,5 (286 a 357)	por encima de 2,5 (357)

Una vez conocidos los valores estadísticos de desviación estándar y coeficiente de variación dentro del ensayo y a su vez reconociendo la clase de operación llevada a cabo para la obtención de resultados, es posible de acuerdo a la tabla anterior clasificar el control de calidad que se lleva a cabo (excelente, muy bueno, bueno, aceptable y pobre) y tomar las decisiones correspondientes para cada caso específico.

#### **4.8 CRITERIOS PARA LOS REQUISITOS DE RESISTENCIA**

La resistencia de los cilindros de concreto es la forma mas común para determinar la calidad del concreto utilizado en la construcción de una estructura. Debido a la posible

diferencia entre la resistencia de los cilindros de prueba y la capacidad de carga de una estructura, no es conveniente confiar en datos de resistencia incorrectos.

El número de ensayos con resistencias inferiores a la deseada es más importante en el cálculo de la capacidad de carga de las estructuras de concreto que la resistencia promedio obtenida. No es práctico sin embargo especificar una resistencia mínima ya que, aun cuando exista un buen control de calidad, siempre cabe la posibilidad de resistencia más bajas que esta. También es claro que los cilindros de prueba pueden no representar al concreto en cada parte de la estructura. En las ecuaciones de diseño, se proporcionan innegablemente factores de seguridad que permiten desviaciones con respecto a la resistencia específica, sin poner en peligro obviamente la seguridad de la estructura.

El criterio definitivo que permite una cierta probabilidad de que los ensayos caigan por debajo de la resistencia de diseño, es la decisión del diseñador, quien se basa en el conocimiento interno de las condiciones que tienen la mayor probabilidad de ocurrir durante la construcción. El Código Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes, proporciona directrices al respecto.

Para llevar a buen término los requisitos de comportamiento de resistencia, la resistencia promedio del concreto debe ser superior a la resistencia de diseño trabajada por el diseñador. El excedente de resistencia depende de la variabilidad esperada de los resultados de los ensayos, ya sea por variaciones dentro de los componentes intrínsecos del concreto o por variaciones propias al momento de la fabricación, curado y transporte de las muestras, tal como se expresa con un coeficiente de variación o una desviación estándar y de la proporción admitida según las normas de control de ensayos con resultados menores que los indicados en el nivel de resistencia.

Los valores de resistencia para determinar la desviación estándar o el coeficiente de variación deben representar un conjunto de por lo menos 30 ensayos consecutivos hechos sobre el concreto producido bajo condiciones semejantes a las previstas en la obra. En general, los cambios de materiales y de procedimientos en la elaboración de las muestras de concreto para ensayos, tienen un efecto más grande en el nivel de

resistencia promedio que en la desviación estándar o el coeficiente de variación. Comúnmente los cambios importantes incluyen cambio en el tipo y marca de cemento, en los aditivos, la fuente y uniformidad de los agregados, el diseño de las mezclas, la dosificación, el mezclado, la entrega o los ensayos.

La resistencia promedio  $F'_{cr}$ , requerida para cualquier diseño, puede ser calculada por medio de las ecuaciones siguientes, dependiendo de si se utiliza el coeficiente de variación o la desviación estándar.

$$F'_{cr} = \frac{F'c}{(1-tV)}$$

$$F'_{cr} = F'c + tV$$

$F'_{cr}$  = Resistencia promedio requerida para la mezcla.

$F'c$  = Resistencia especificada de diseño.

$t$  = Constante que depende de la proporción de ensayos que pueden caer debajo de  $F'c$ .

$V$  = Valor pre-estimado del coeficiente de variación.

$\sigma$  = Valor de la desviación estándar pre-estimada.

Tabla 8. Valores de t

PORCENTAJE DE ENSAYOS QUE CAEN DENTRO DE LOS LIMITES $\mu \pm t\sigma$	PROBABILIDAD DE QUE CAIGAN POR DEBAJO DEL LIMITE INFERIOR	t
40	3 en 10	0,52
50	2,5 en 10	0,67
60	2 en 10	0,84
68,27	1 en 6,3	1,00
70	1,5 en 10	1,04
80	1 en 10	1,28
90	1 en 20	1,65
95	1 en 40	1,96
95,45	1 en 44	2,00
98	1 en 100	2,33
99	1 en 200	2,58
99,73	1 en 741	3,00

La cantidad en el cual la resistencia promedio de una mezcla de concreto  $F'_{cr}$  debe exceder  $F'_c$  depende de los criterios que se utilicen en las especificaciones de un proyecto en particular.

### **CRITERIO No.1**

**Una proporción máxima especificada de ensayos de resistencia individuales aleatorios a los cuales se les permite caer por debajo de la resistencia de diseño  $F'_c$ .**

La NTC 3318 (ASTM C94) ,para el concreto en estructuras diseñadas mediante el método de resistencia ultima, se recomienda que no mas del 10% de los ensayos de resistencia, tengan valores inferiores a la resistencia especificada de diseño  $F'_c$ .

Para un control de calidad muy bueno, tal como lo indica una desviación estándar de 2.92 Mpa para un conjunto de datos de 45 ensayos de dos cilindros promedio cada uno, de un concreto de 3000 psi industrializado, utilizando la ecuación 3 y la tabla 4, se obtiene la siguiente información sobre la resistencia promedio:

$$F'_{cr} = F'_c + t\sigma$$

$$F'_{cr} = 21 + 1.28 \times 2.92$$

$$F'_{cr} = 24.74 \text{ Mpa}$$

Como resultado para un buen diseño estructural de resistencia 21 Mpa la mezcla de concreto debe estar proporcionada para una resistencia promedio no menor a 24.74 Mpa.

Ahora, para un coeficiente de variación igual a 9.8% y utilizando la ecuación 4, se obtiene lo siguiente:

$$F'_{cr} = F'_c / (1-tV).$$

$$F'_{cr} = 21 / (1-1.28 \times 0.098).$$

$$F'_{cr} = 24.01 \text{ Mpa}.$$

Utilizando esta formula y estos datos, la mezcla de concreto debe estar proporcionada para una resistencia no menor a 24.01 Mpa.

## **CRITERIO No.2**

**Una cierta probabilidad de que un ensayo de resistencia individual elegido al azar sea mas bajo que una cantidad fijada por debajo de  $F'c$ .**

Este enfoque se utiliza en las especificaciones (ACI 318-71) para estipular que la probabilidad de un resultado de ensayo aleatorio inferior a  $(F'c - 3.5)$  Mpa debe ser de 1 en 100 (1%).

Para una desviación estándar de 2.92 Mpa como en el ejemplo anterior y utilizando la ecuación 3 se obtiene:

$$F'_{cr} = F'c + t\sigma$$

$$F'_{cr} = (21-3.5) + 2.33 \times 2.92$$

$$F'_{cr} = 24.30 \text{ Mpa}$$

Como resultado la mezcla de concreto debe estar proporcionada para una resistencia promedio no menor a 24.30 Mpa.

Ahora, para un coeficiente de variación del 9.8% y utilizando la ecuación 4 se obtiene:

$$F'_{cr} = F'c / (1-tV)$$

$$F'_{cr} = (21-3.5) / (1-2.33 \times 0.098)$$

$$F'_{cr} = 22.68 \text{ Mpa}$$

## **4.9 EVALUACION GRAFICA DE RESULTADOS**

Los siguientes son datos obtenidos de laboratorio, de resistencias a la compresión de cilindros de concreto ensayados a una edad de 28 días de un concreto de 3000 psi (210 Kg/cm<sup>2</sup>) industrializado.

DATO 28 DIAS (MPA)		PROMEDIO	RANGO
1	31,67	31,15	1,04
	30,63		
2	27,77	28,18	0,81
	28,58		
3	35,63	34,61	2,05
	33,58		
4	31,06	30,69	0,75
	30,31		
5	29,76	30,39	1,26
	31,02		
6	28,59	28,43	0,33
	28,26		
7	32,25	31,51	1,48
	30,77		
8	36,41	34,89	3,05
	33,36		
9	26,31	25,84	0,94
	25,37		
10	29,14	27,66	2,97
	26,17		
11	28,36	31,10	5,47
	33,83		
12	29,34	29,49	0,29
	29,63		
13	32,20	32,13	0,15
	32,05		
14	27,75	26,78	1,95
	25,80		
15	27,99	27,52	0,95
	27,04		
16	30,61	30,45	0,32
	30,29		
17	31,43	31,56	0,25
	31,68		
18	29,48	29,17	0,62
	28,86		
19	27,53	26,88	1,30
	26,23		
20	31,49	30,65	1,68
	29,81		
21	33,43	33,84	0,82
	34,25		
22	31,93	32,90	1,93
	33,86		
23	32,19	33,15	1,91
	34,10		
24	32,69	30,87	3,64
	29,05		
25	28,36	27,82	1,08
	27,28		
26	29,48	29,56	0,16
	29,64		
27	31,61	31,78	0,33
	31,94		

28	24,69	24,20	0,99
	23,70		
29	30,13	30,70	1,13
	31,26		
30	33,11	32,87	0,49
	32,62		
31	26,54	25,95	1,19
	25,35		
32	29,03	28,55	0,96
	28,07		
33	26,17	25,84	0,66
	25,51		
34	25,06	25,37	0,62
	25,68		
35	31,14	28,97	4,35
	26,79		
36	30,71	31,59	1,75
	32,46		
37	25,91	26,66	1,49
	27,40		
38	33,50	33,97	0,93
	34,43		
39	25,24	25,59	0,69
	25,93		
40	25,01	24,60	0,83
	24,18		
41	28,10	28,71	1,22
	29,32		
42	32,61	31,70	1,83
	30,78		
43	31,08	31,63	1,10
	32,18		
44	31,83	32,55	1,43
	33,26		
45	29,67	28,65	2,05
	27,62		

Tabla 9. Resistencias a la compresión.

El análisis estadístico de esos datos de resistencia es el siguiente:

Tabla 10. Análisis estadístico.

21 MPA INDUSTRIALIZADO		
DATO ESTADISTICO		UNIDAD
No. DATOS	90	und
PROMEDIO ( $\mu$ )	29,71	Mpa
DESVIACION ( $\sigma$ )	2,92	Mpa
COEF. VARIACION	9,84%	%
MINIMO	23,70	Mpa
MAXIMO	36,41	Mpa
RANGO PROMEDIO	1,36	Mpa

Utilizando el criterio número 1 se obtiene la siguiente información:

Tabla 11. Método de la desviación estándar, por criterio 1.

METODO DE LA DESVIACION ESTANDAR		
Desviación ( $\sigma$ ):	2,92	mpa
Control de Calidad:	Muy Bueno	
F'c:	21,0	mpa
Valor de t: (tabla)	1,28	
F'cr:	24,74	mpa
$\mu + t\sigma$ :	33,45	mpa
$\mu - t\sigma$ :	25,97	mpa

METODO DEL COEFICIENTE DE VARIACION		
(V):	9,8%	
Control de Calidad:	Bueno	
Resist-diseño F'c:	21,0	mpa
Valor de t: (tabla)	1,28	
F'cr:	24,03	mpa
$\mu + t\sigma$ :	33,45	mpa
$\mu - t\sigma$ :	25,97	mpa

Graficas de control. Relación resistencia individual de la mezcla vs resistencia promedio requerida para la mezcla.

Figura 48. Grafica Resistencia vs No de ensayos.

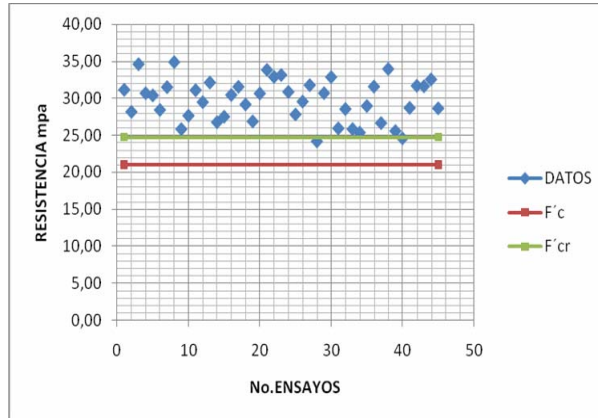


Figura 49. Grafica Resistencia vs No de ensayos.

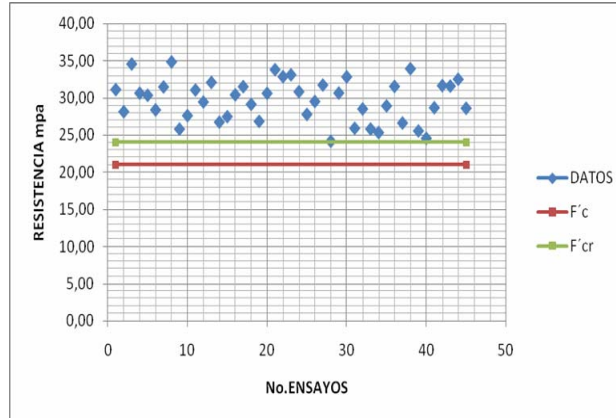
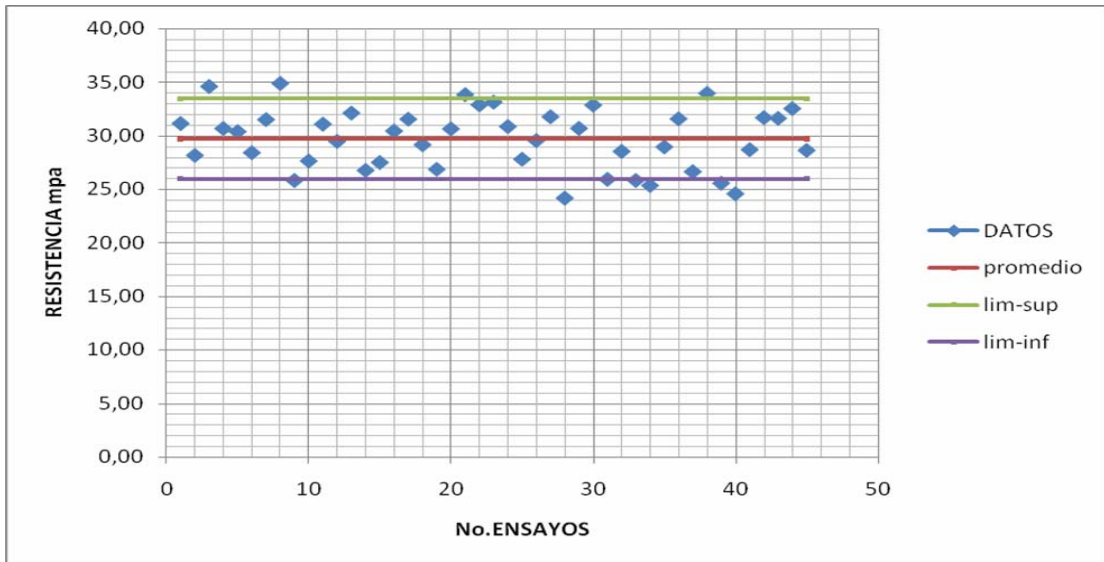


Figura 50. Gráfica de control. Límites de confianza para el valor de resistencia promedio



Ahora, utilizando el criterio número 2 se obtiene la siguiente información de los datos relacionados anteriormente:

Tabla 12. Método de la desviación estándar, por criterio 2.

**METODO DE LA DESVIACION ESTANDAR**

<b>Desviación (<math>\sigma</math>):</b>	2,92	mpa
<b>F'c:</b>	21,0	mpa
<b>Valor de t: (tabla)</b>	2,33	
<b>F'cr:</b>	24,31	mpa
<b><math>\mu + t\sigma</math> :</b>	36,52	mpa
<b><math>\mu - t\sigma</math> :</b>	22,90	mpa

**METODO DEL COEFICIENTE DE VARIACION**

<b>(V):</b>	9,84%	
<b>F'c:</b>	21,0	mpa
<b>Valor de t: (tabla)</b>	2,33	
<b>F'cr:</b>	22,71	mpa
<b><math>\mu + t\sigma</math> :</b>	36,52	mpa
<b><math>\mu - t\sigma</math> :</b>	22,90	mpa

Graficas de control. Relación resistencia individual de la mezcla vs resistencia promedio requerida para la mezcla.

Figura 51. Grafica Resistencia vs No de ensayos, por criterio 2

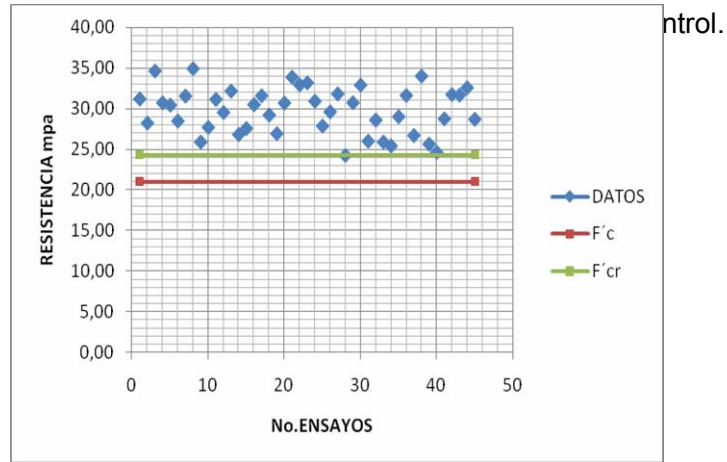


Figura 52. Grafica Resistencia vs No de ensayos, por criterio 2

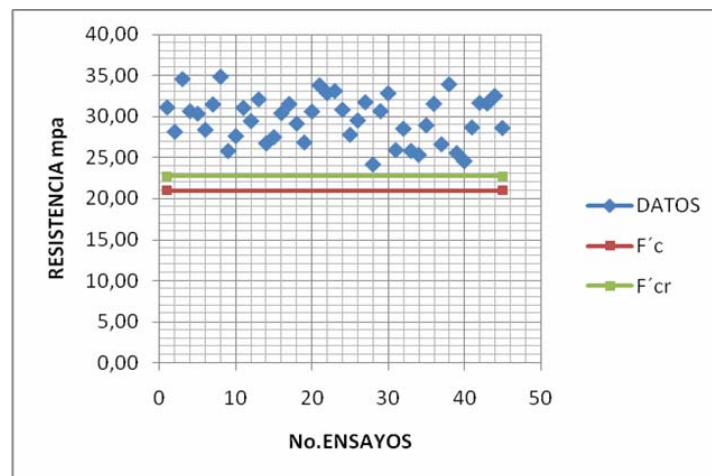
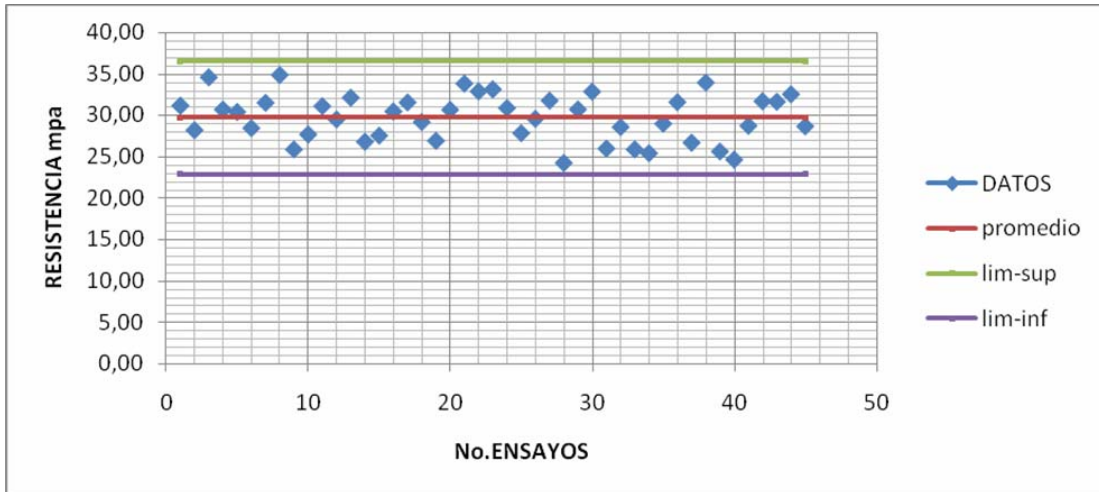


Figura 53. Límites de confianza para el valor de resistencia promedio



Estas graficas muestran claramente dentro de los dos métodos empleados para el análisis estadístico, la agrupación de los datos de ensayo, datos ubicados por encima de la resistencia promedio y más aun por encima de la resistencia de diseño optada para el elemento estructural. Además graficas que muestran el intervalo de confianza que debe existir para que los resultados de resistencia de la mezcla estén de acuerdo al diseño planteado para el proyecto.

## **5. CONTROL DE CALIDAD REQUERIDO DURANTE LA OBRA BASADO EN LAS NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS**

El control de calidad efectuado en obra no es más que un manejo adecuado de los requerimientos mínimos establecidos en las Normas Técnicas Colombianas, llevados de la mano con la experiencia que puedan llegar a aportar los profesionales del proyecto sobre el manejo de las diferentes actividades de construcción, actividades que generan un valor agregado en el producto final a entregar.

Diferentes normas aparecen como respaldo para evaluar los distintos procedimientos de ejecución, control y análisis de resultados en ensayos de materiales propios para la obtención de un producto dentro de los mejores estándares de calidad para la obra, ensayos a compresión para concretos y mampostería, ensayos de tracción para barras y mallas de acero, pruebas de hermeticidad, hidráulicas y sanitarias etc., son algunos de ellos, es así, como básicamente se llevan a feliz término las políticas de calidad y el desarrollo del plan calidad propio de cada empresa.

### **5.1 ANALISIS DE CONCRETOS**

La siguiente presentación es un cuadro de control y registro de resultados a compresión de cilindros de concreto elaborados en obra, donde se muestran características propias del tipo de concreto utilizado para los diferentes elementos estructurales, además se realiza un análisis gráfico de resistencias y una programación por edades de cilindros a ensayar en el laboratorio.

Tabla 13. Especificaciones del Concreto

IND	TIPO DE CONCRETO	F'c	SLUMP (pulg.)	AGREGADO
1	INDUSTRIALIZADO 1	21 MPA	5+/-1"	3/4"
2	INDUSTRIALIZADO 2	28 MPA	8+/-1"	1/2"
3	PLASTICO 1	21 MPA	6+/-1"	3/4"
4	PLASTICO 2	28 MPA	6+/-1"	3/4"
5	BOMBEABLE 1	17.5 MPA	5+/-1"	3/4"
6	BOMBEABLE 2	21 MPA	5+/-1"	3/4"
7	BOMBEABLE 3	24.5 MPA	5+/-1"	3/4"
8	BOMBEABLE 4	28 MPA	5+/-1"	3/4"
9	BOMBEABLE 5	35 MPA	5+/-1"	3/4"
10	NORMAL 1	17,5 MPA	4+/-1"	3/4"
11	NORMAL 2	21 MPA	4+/-1"	3/4"
12	NORMAL 3	28 MPA	4+/-1"	3/4"
13	PAVICRETO	41 MPA	3+/-1"	1"

La información contenida en este cuadro refleja la especificación, agregado y asentamiento del concreto utilizado en el proyecto, estos datos son definidos por los profesionales civiles de la obra junto al contratista encargado de suministrar el concreto (Cementos ARGOS, CEMEX, HOLCIM, etc.), basados básicamente en criterios de manejabilidad para cada tipo de fundida en el sitio, y así, evitar contrariedades futuras con respecto al manejo y recibido del concreto.

Tabla 14. Información de Elementos Estructurales

ELEMENTO	RESISTENCIA DE DISEÑO	No. PROBETAS
PILAS CICLOPEO CIMIENTOS	210 KG/CM <sup>2</sup> NORMAL	NA
CIMENTACION (ZAPATAS Y VIGAS)	210 KG/CM <sup>2</sup> BOMBEABLE	8 CILINDROS
PANTALLAS - TUNEL	280 KG/CM <sup>2</sup> INDUSTRIALIZADO	10 CILINDROS
PLACA - TUNEL	210 KG/CM <sup>2</sup> INDUSTRIALIZADO	10 CILINDROS
COLUMNAS - TRADICIONAL	350 KG/CM <sup>2</sup> BOMBEABLE	10 CILINDROS
PLACA - TRADICIONAL	210 KG/CM <sup>2</sup> BOMBEABLE	10 CILINDROS
COLUMNAS PUNTO FIJO	280 KG/CM <sup>2</sup> NORMAL	8 CILINDROS
ESCALERAS	210 KG/CM <sup>2</sup> NORMAL	8 CILINDROS
MURO DE CONTENCIÓN	210 KG/CM <sup>2</sup> BOMBEABLE	8 CILINDROS
TANQUES HIDRAULICOS	280 KG/CM <sup>2</sup> PLASTICO	10 CILINDROS
VIAS EN CONCRETO	420 KG/CM <sup>2</sup> PAVICRETO	6 VIGAS
MUROS DE CERRAMIENTO	210 KG/CM <sup>2</sup> NORMAL	8 CILINDROS
ANDENES	175 KG/CM <sup>2</sup> NORMAL	NA

Esta información de resistencia es suministrada por el ingeniero calculista (diseñador estructural), y viene suministrada en los planos correspondientes para cada tipo de elemento estructural, además, el número de especímenes de concreto para evaluar el control de calidad del material contratado en obra, es definido por algún profesional del proyecto, teniendo en cuenta la necesidad de conocer o no, los resultados de compresión de las probetas a temprana edad (3 días), para una oportuna toma de decisiones con respecto al desencofrado y posterior colocación de pines de apoyo en el elemento fundido.

Tabla 15. Reporte de Resistencias de Concreto

INFORMACION PRELIMINAR DE LA MUESTRA			
MUESTRA NUMERO	FECHA DE MUESTRA	ELEMENTO	UBICACIÓN
685	08-01-08	PLACA	TO-1 APTO ESTUDIO 1203-1204
		PLACA PTO FIJO	TO-2 N+14,40

IND	F <sup>c</sup> ESPERADA (28 DIAS)	SLUMP Pulgadas	TRAZABILIDAD
1	INDUSTRIALIZADO 1 21 MPA	6,0	53446092

Aquí esencialmente se coloca la información básica de la muestra de concreto tomada en obra, definiéndose el número consecutivo de ensayo, la fecha del mismo, su ubicación dentro del elemento estructural correspondiente, el índice<sup>1</sup> de resistencia que fue definido en la Tabla 1, para cada tipo de concreto empleado en el proyecto, el asentamiento y el número de remisión de cada envío de mezcla a la obra; con esta información se garantiza la trazabilidad de la muestra, llegado el caso de tomar una decisión correspondiente a un inconveniente que se presente con relación a una baja resistencia.

<sup>1</sup> con este índice colocado en la casilla correspondiente que muestra la tabla 3, se define automáticamente en la casilla (F<sup>c</sup> esperada 28 días), el tipo de concreto utilizado en la fundida, son números que están amarrados a la información de la mezcla.

Tabla 16. Información de Resistencias por Edades

RESISTENCIA ESPERADA 3D:		50%	RESISTENCIA ESPERADA 7D :		70%
F <sup>c</sup> OBTENIDA	F <sup>c</sup> OBTENIDA	%F <sup>c</sup> OBTENIDA	F <sup>c</sup> OBTENIDA	F <sup>c</sup> OBTENIDA	%F <sup>c</sup> OBTENIDA
MPA (3 DIAS)	MPA (3 DIAS)	MPA (3 DIAS)	MPA (7 DIAS)	MPA (7 DIAS)	MPA (7 DIAS)
15,43	14,87	70,81%	22,21	22,55	107,36%
14,31			22,88		
15,65	17,78	63,50%	24,17	23,42	83,63%
19,91			22,66		

La información aquí expresada, no es más, que los resultados de resistencia obtenidos de un laboratorio externo de ingeniería civil, que actúa totalmente independiente a los intereses tanto de la obra como del proveedor de concreto, los diferentes resultados vienen dados por edades<sup>2</sup> y en familias de dos cilindros de concreto por edad.

El análisis de datos esta constituido primero por el promedio de las dos especímenes de concreto por edad, seguido del resultado porcentual que representa ese promedio con relación a la resistencia de diseño utilizada para ese elemento estructural.

Cada vez que el dato de resistencia promedio este por debajo del valor mínimo de resistencia definido previamente por el departamento de calidad del proveedor de concreto, el análisis de esos valores hace que las casillas correspondientes a esos lugares cambien de color, dando a conocer que algo esta mal con los resultados de resistencia a compresión de las probetas, como a continuación se muestra:

Tabla 17. Inconsistencias con resultados mínimos de diseño

RESISTENCIA ESPERADA 3D:		50%	RESISTENCIA ESPERADA 7D :		70%
F <sup>c</sup> OBTENIDA	F <sup>c</sup> OBTENIDA	%F <sup>c</sup> OBTENIDA	F <sup>c</sup> OBTENIDA	F <sup>c</sup> OBTENIDA	%F <sup>c</sup> OBTENIDA
MPA (3 DIAS)	MPA (3 DIAS)	MPA (3 DIAS)	MPA (7 DIAS)	MPA (7 DIAS)	MPA (7 DIAS)
11,86	11,94	56,86%	14,59	13,94	66,36%
12,02			13,28		

<sup>2</sup> Las edades expresadas en la tabla son 3, 7, 14, 28 y 56 días si es necesario.

Como se puede observar en la Tabla 5, el resultado porcentual de resistencia a compresión no cumple con la resistencia mínima esperada para esa edad (7 días), evidenciando un problema de diseño en la mezcla de concreto.

Tabla 18. Producto No Conforme

RESISTENCIA ESPERADA 28D :		100%	PNC
F <sup>c</sup> OBTENIDA	F <sup>c</sup> OBTENIDA	%F <sup>c</sup> OBTENIDA	
MPA (28 DIAS)	MPA (28 DIAS)	MPA (28 DIAS)	
31,67	31,15	148,33%	NO
30,63			

La obtención o no de un producto no conforme en obra con relación a la resistencia a la compresión de una muestra de concreto, depende exclusivamente de los resultados del ensayo efectuado a la edad de los 28 días<sup>3</sup>, si estos están por debajo de la resistencia de diseño requerida para el elemento estructural, aparece en la casilla de PNC la palabra SI, y dependiendo de la gravedad de la no conformidad (de la resistencia a esa edad), se toma la decisión mas conveniente para la situación, ya sea enviar los testigos<sup>4</sup>, realizar pruebas no destructivas ( esclerómetro y ultrasonido), o en ultima instancia realizar pruebas destructivas (extracción de núcleos) en el elemento de concreto, todo esto siempre y cuando sea posible.

---

<sup>3</sup> Es a esta edad donde el proveedor del concreto garantiza que sus productos alcanzaran la resistencia de diseño requerida en obra.

<sup>4</sup> La pareja de especímenes ensayada a los 56 días

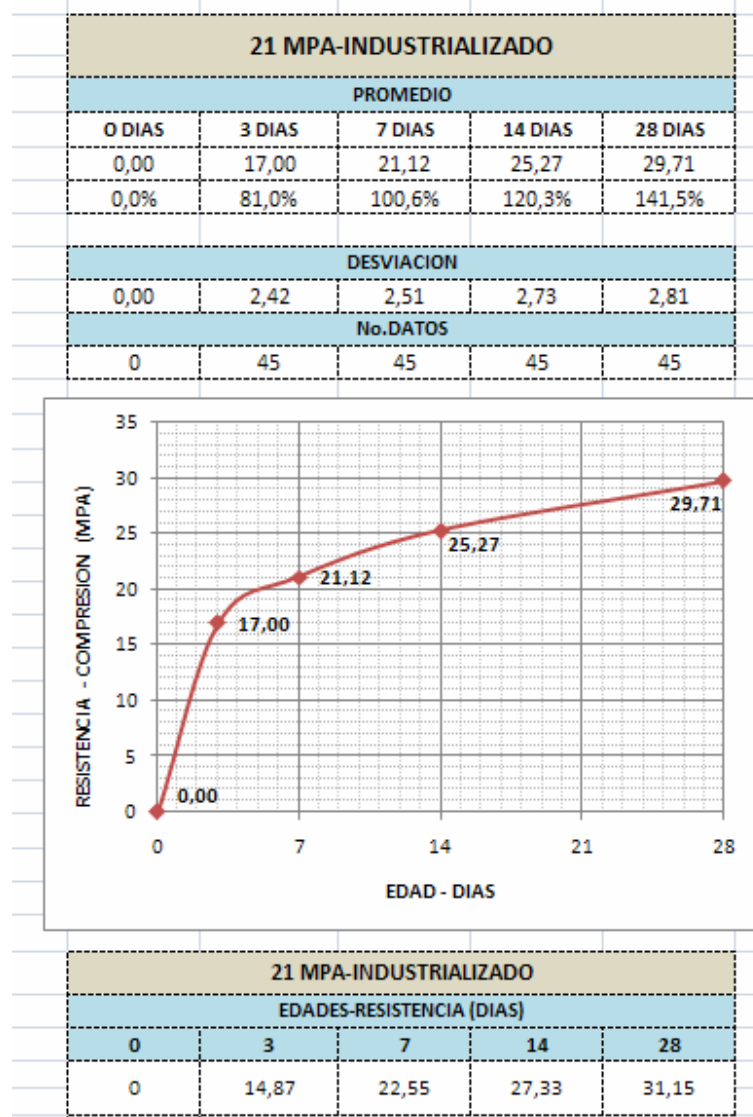
Tabla 19. Programación de Concretos

<b>PROGRAMACION DE CONCRETOS</b>					
<b>ENSAYOS</b>					
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	<b>ENSAYO 3 DIAS</b>	<b>ENSAYO 7 DIAS</b>	<b>ENSAYO 14 DIAS</b>	<b>ENSAYO 28 DIAS</b>	<b>ENSAYO 56 DIAS</b>
08-01-08	11-01-08	15-01-08	22-01-08	05-02-08	04-03-08
09-01-08	12-01-08	16-01-08	23-01-08	06-02-08	05-03-08
09-01-08	12-01-08	16-01-08	23-01-08	06-02-08	05-03-08
09-01-08	12-01-08	16-01-08	23-01-08	06-02-08	05-03-08
09-01-08	12-01-08	16-01-08	23-01-08	06-02-08	05-03-08
09-01-08	12-01-08	16-01-08	23-01-08	06-02-08	05-03-08
10-01-08	13-01-08	17-01-08	24-01-08	07-02-08	06-03-08

Una vez fijada la información básica de varias muestras de concreto, es posible conocer mediante esta tabla las fechas correspondientes de los diferentes ensayos a compresión para cada espécimen de concreto elaborado en obra, esto es una ayuda muy útil para realizar una adecuada programación y control de muestras a ensayar en laboratorio.

La frecuencia de envío de probetas a ensayar queda a criterio de los profesionales en obra, teniendo en cuenta los servicios prestados por el laboratorio de ingeniería civil (uso de pila de curado, transporte adecuado de los especímenes a ensayar etc.), estas son decisiones que se toman para cada caso específico, dependiendo de la necesidad de conocer los resultados en un momento dado.

Tabla 20. Análisis Grafico de Resultados



Siempre que se insertan nuevos datos de resistencia sobre un tipo de concreto específico, concreto de 21 MPA – industrializado en este caso, la tabla de calculo elabora un análisis estadístico de datos, donde se calcula el promedio y la desviación estándar de los valores de resistencia y se puede conocer el comportamiento evolutivo de resultados a compresión de diferentes edades, todo esto expresado en una grafica de control como la que aparece en la tabla 8.

Esta información sirve de ayuda para tener una idea próxima de la resistencia de una mezcla a una edad temprana<sup>5</sup>, tiempo donde es significativo evaluar la resistencia del espécimen para tomar decisiones propias sobre el encofrado que se está utilizando para los diferentes elementos fundidos en obra.



Como anexo a la hoja de evaluación de datos a compresión de especímenes de concreto, se presentan dos tablas de uso práctico para el manejo de resultados y la solución de operaciones propias y características en la valoración del concreto, la primera son tablas de conversión de unidades muy utilizadas en la descripción de resultados y la segunda no es más que un manejo de dimensiones de los cilindros de concreto, área y volumen de las probetas realizadas en obra.

Tabla 21. Conversión de Unidades

CONVERSION DE UNIDADES			
<b>UNIDADES DE LONGITUD</b>		<b>UNIDADES DE AREA</b>	
1	METROS		M <sup>2</sup>
100	CENTIMETROS		CM <sup>2</sup>
1000	MILIMETROS		MM <sup>2</sup>
39,37007904	PULGADAS		PDA <sup>2</sup>
3,28083992	PIES		PIE <sup>2</sup>
<b>Convertir</b>	<b>Borrar</b>	<b>Convertir</b>	<b>Borrar</b>
<b>UNIDADES DE FUERZA</b>		<b>UNIDADES DE PRESION</b>	
1000000	N	21	MPA
1000	KN	214,1999969	KG/CM <sup>2</sup>
101936,7969	KG-FUERZA	3045,817871	PSI (LB/PDA <sup>2</sup> )
224809	LB-FUERZA	438596,5	LB/PIE <sup>2</sup>
<b>Convertir</b>	<b>Borrar</b>	<b>Convertir</b>	<b>Borrar</b>

<sup>5</sup> Edad cercana a las 16 horas o a un día de fundido el elemento estructural.

Tabla 22. Área y Volumen en Especímenes de Concreto.

AREA Y VOLUMEN			
DATOS DE ENTRADA			
		MILIMETROS	
	2	METROS	
		METROS	
		CENTIMETROS	
		MILIMETROS	
		PULGADAS	
		PIES	
ALTURA:		METROS	
AREA:	3,141592654	METROS	CUADRADOS
VOLUMEN:	0	METROS	CUBICOS

## 5.2 ESTADISTICA DEL CONCRETO

Un concepto muy importante que hay que tener en cuenta actualmente es que los métodos de diseño estructural en concreto son probabilísticos. Al ser el concreto un material heterogéneo, esta sujeto a la variabilidad de sus componentes, así como a las dispersiones adicionales por las técnicas de elaboración, transporte, colocación y curado en obra.

Una vez recibidos los datos de resistencia a la compresión suministrados por el laboratorio de ingeniería civil, es útil y siempre conveniente llevarlos al contexto de un análisis estadístico, valido para la toma de decisiones y evaluación de resultados en el diario proceso de toma de muestras y mejoramiento continuo.

Estos son algunos resultados de laboratorio a distintas edades de resistencia a la compresión de especímenes de concretos elaborados y curados en obra:

Tabla 23. Datos de resistencia a la compresión de concreto para varias edades.

DATO	DATOS DE ENTRADA (MPA)				
	0	3 días	7 días	14 días	28 días
1	0	14,87	22,55	27,33	31,15
2	0	12,30	20,81	24,87	28,18
3	0	18,02	17,24	26,58	34,61
4	0	14,03	19,94	24,98	30,69
5	0	14,57	18,46	26,48	30,39
6	0	16,55	20,84	27,79	28,43
7	0	15,29	23,32	26,63	31,51
8	0	18,55	24,08	30,26	34,89
9	0	14,47	17,25	22,83	25,84
10	0	16,11	21,67	23,31	27,66
11	0	18,76	25,40	29,61	31,10
12	0	18,27	22,05	24,52	29,49
13	0	18,01	21,51	23,68	32,13
14	0	10,94	17,61	23,21	26,78
15	0	15,20	16,60	19,84	27,52
16	0	18,68	24,06	27,68	30,45
17	0	18,60	22,09	26,45	31,56
18	0	17,78	23,37	25,04	29,17
19	0	17,80	20,21	23,02	26,88
20	0	18,87	21,20	25,78	30,65
21	0	19,53	23,94	26,53	33,84
22	0	19,97	24,66	29,32	32,90
23	0	19,44	24,15	28,27	33,15
24	0	16,62	23,82	27,88	30,87
25	0	17,64	18,62	22,87	27,82
26	0	18,24	21,06	26,85	29,56
27	0	17,84	24,71	29,11	31,78
28	0	20,15	23,05	25,50	24,20
29	0	18,07	19,39	24,20	30,70
30	0	18,29	21,98	27,87	32,87

DATO	DATOS DE ENTRADA (MPA)				
	0	3 días	7 días	14 días	28 días
30	0	18,29	21,98	27,87	32,87
31	0	15,37	18,08	22,89	25,95
32	0	19,56	19,19	24,70	28,55
33	0	18,59	21,01	24,01	25,84
34	0	17,11	17,98	19,29	25,37
35	0	16,22	21,12	24,29	28,97
36	0	15,45	20,70	23,12	31,59
37	0	13,42	17,97	23,03	26,66
38	0	16,15	26,07	30,71	33,97
39	0	15,40	18,35	23,35	25,59
40	0	13,97	17,36	20,35	24,60
41	0	18,44	23,68	24,02	28,71
42	0	17,67	21,10	23,07	31,70
43	0	14,08	19,00	21,12	31,63
44	0	15,88	22,20	26,93	32,55
45	0	17,59	21,19	28,01	28,65

El siguiente es el análisis estadístico de los datos anteriores.

Tabla 24. Análisis estadístico.

DATO ESTADISTICO	21 MPA-INDUSTRIALIZADO				
	0 DIAS	3 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
No. DATOS	0	45	45	45	45
MEDIA	0	16,85	21,12	25,27	29,71
MEDIA (%)	0,0%	80,2%	100,6%	120,3%	141,5%
DESVIACION	0	2,13	2,51	2,73	2,81
VARIANZA	0	4,53	6,30	7,47	7,87
MEDIANA	0,0	17,64	21,12	24,98	30,39
COEF. VARIACION	0,0	0,13	0,12	0,11	0,09
COEF. ASIMETRIA	0,0	-0,69	-0,02	-0,06	-0,15
CURTOSIS	0,0	0,01	-0,97	-0,43	-0,85
MINIMO	0	10,94	16,60	19,29	24,20
MAXIMO	0	20,15	26,07	30,71	34,89
SUMA	0	758	951	1137	1337

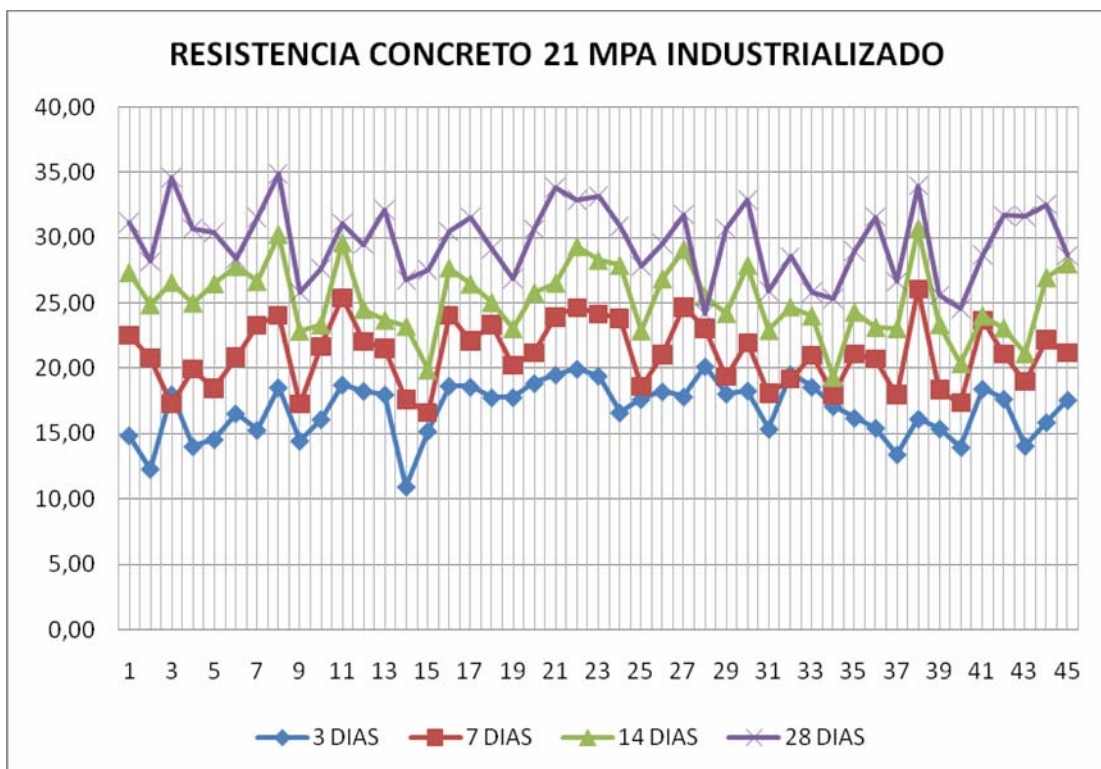
**Coefficiente de variación:** Entre menor sea el número del coeficiente de variación más concentrados alrededor del promedio estadístico van a estar los valores de resistencia, y

si el valor de variación es mayor los datos van a estar mas dispersos de la media, dificultando el juicio de toma de decisiones.

**Coefficiente de asimetría:** Este coeficiente valora la tendencia de los datos en una curva, si el coeficiente es positivo (+), la tendencia de los datos es mayor y si por el contrario el coeficiente es negativo (-), la tendencia de los datos es menor, mostrando una buena correspondencia de resultados.

Esta grafica muestra claramente la relación de resistencia a diferentes edades (3,7,14 y 28 días) de cilindros de concreto, elaborados en obra y ensayados en un laboratorio externo de ingeniería civil, que actúa como un tercero entre el proyecto y el proveedor de concreto.

Figura 54. Resistencia grafica del concreto a varias edades.



Aquí se puede observar la evolución de resistencia de cada espécimen muestreado de concreto, así como el margen general de resistencia (en MPa) donde se sitúan estos concretos.

### 5.3 ANALISIS DE DISTRIBUCION DE DATOS

La resistencia del concreto bajo condiciones controladas sigue con gran aproximación el comportamiento de la distribución probabilística Normal.

Tabla 25. Distribución de frecuencias en datos de resistencia a 3 días.

3 DIAS (MPa)	3 DIAS (Kg/cm <sup>2</sup> )	FREC.	RANGO	DISTRIBUCION NORMAL
10,94	111,5	1	110-120	0,0039
12,30	125,4	1	120-130	0,0191
13,42	136,8	1	130-140	0,0510
13,97	142,4	5	140-150	0,0748
14,03	143,1			0,0780
14,08	143,5			0,0802
14,47	147,5			0,1001
14,57	148,6			0,1056
14,87	151,6	6	150-160	0,1216
15,20	155,0			0,1388
15,29	155,9			0,1431
15,37	156,7			0,1470
15,40	157,0			0,1484
15,45	157,5			0,1508
15,88	161,9	6	160-170	0,1688
16,11	164,3			0,1765
16,15	164,6			0,1774
16,22	165,3			0,1793
16,55	168,8			0,1856
16,62	169,5			0,1863
17,11	174,5	3	170-180	0,1860
17,59	179,3			0,1766
17,64	179,9			0,1749

Este es un análisis de frecuencia de datos de resistencia a la compresión de especímenes de concreto, donde se toman los datos y se encasillan dentro de intervalos definidos arbitrariamente, desde el mínimo al máximo de los valores definidos para la observación, allí se relaciona el número de valores de resistencia que caen dentro del rango especificado y se realiza la gráfica correspondiente.

Figura 55. Distribución de datos de frecuencia.

17,67	180,2	14	180-190	0,1740
17,78	181,3			0,1705
17,80	181,5			0,1698
17,84	181,9			0,1682
18,01	183,6			0,1617
18,02	183,7			0,1613
18,07	184,2			0,1592
18,24	185,9			0,1516
18,27	186,3			0,1500
18,29	186,5			0,1491
18,44	188,0			0,1420
18,55	189,1			0,1365
18,59	189,6			0,1342
18,60	189,6			0,1339
18,68	190,4	6	190-200	0,1297
18,76	191,2			0,1255
18,87	192,4			0,1194
19,44	198,2			0,0896
19,53	199,1			0,0851
19,56	199,4			0,0836
19,97	203,6	2	200-210	0,0642
20,15	205,5			0,0563

En esta gráfica se puede observar un comportamiento aproximado a una distribución normal de probabilidad.

**Ecuación Distribución Normal (Campana de Gauss).**

$$Y = \left( \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \right) e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2}$$

### Ecuación

Donde:

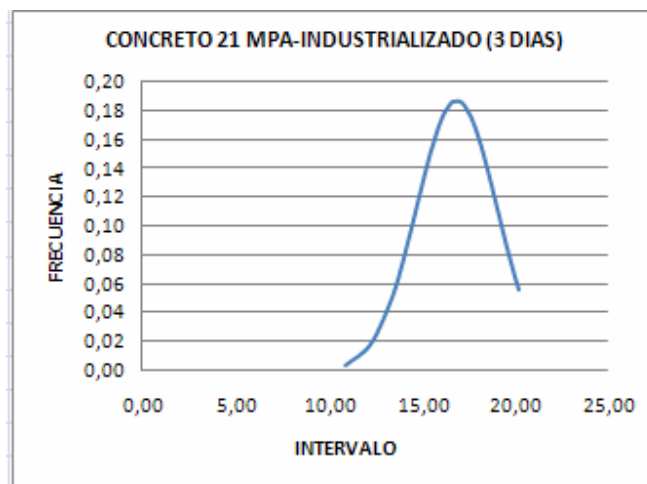
$\mu$  = Promedio de los resultados de resistencia obtenidos de laboratorio.

$\sigma$  = Desviación estándar obtenida de los resultados de resistencia.

X = Dato de resistencia del ensayo.

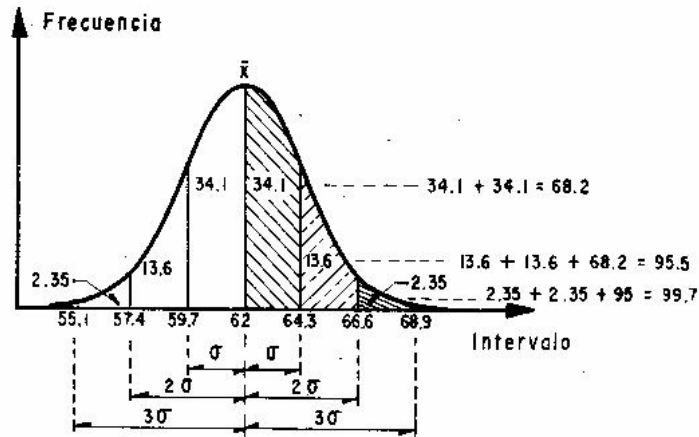
Una propiedad importante de la curva de distribución normal es que, independientemente de su forma, si se lleva a ambos lados del promedio el valor de la desviación estándar se obtiene un área parcial que representa un porcentaje fijo de los datos de la muestra.

Figura 56. Distribución normal de datos.



Si se lleva a ambos lados del promedio una desviación estándar, el área bajo la curva encajada dentro de este rango, representa el 68.2% de los valores de resistencia, es decir, que el 68.2% de los datos de resistencia del concreto en estudio está comprendido entre:  $\mu \pm \sigma$ . Así mismo, se analizan los datos si se llevan a ambos lados del promedio dos y tres desviaciones estándar, representando el 95 y el 99.7% de la totalidad de valores de resistencia simultáneamente.

Figura 57. Porcentajes de área bajo la curva de distribución normal.



Para la información presentada, se obtiene lo siguiente:

Tabla 26. Límites de Resistencia dentro de la curva de distribución normal.

PORCENTAJE	RESISTENCIA MPA
$\mu - \sigma$ (68,2%) $\mu + \sigma$	14,72      18,98
$\mu - 2\sigma$ (95,5%) $\mu + 2\sigma$	12,59      21,11
$\mu - 3\sigma$ (99,7%) $\mu + 3\sigma$	10,46      23,23

## 5.4 METODO ESTADISTICO DE CONTROL DE CALIDAD

**5.4.1 Uso de graficas de control con base en el promedio de las desviaciones estandar.** Este control estadístico se basa esencialmente en el uso práctico de graficas de inspección, donde se definen gracias a valores estadísticos previamente establecidos límites de revisión, límites que no son más que parámetros que dan pautas en la evaluación de resultados y toma de decisiones.

Tabla 27. Formulas de cálculo de los límites de control

Límite Superior	$LS = \mu + A\sigma$
Límite Inferior	$LI = \mu - A\sigma$

Donde:

$\mu$ = Promedio de los resultados de resistencia obtenidos de laboratorio.

$\sigma$ = Desviación estándar obtenida de los resultados de resistencia.

A= Factor estadístico para el calculo de los limites de control basados en el promedio de la desviación estándar.

Tabla 28. Factor para obtener limites de control

NUMERO DE OBSERVACIONES	FACTOR (A)	NUMERO DE OBSERVACIONES	FACTOR (A)
2	3,76	22	0,66
3	2,39	23	0,65
4	1,88	24	0,63
5	1,60	25	0,62
6	1,41	30	0,56
7	1,28	35	0,52
8	1,17	40	0,48
9	1,09	45	0,45
10	1,03	50	0,43
11	0,97	55	0,41
12	0,93	60	0,39
13	0,88	65	0,38
14	0,85	70	0,36
15	0,82	75	0,35
16	0,79	80	0,34
17	0,76	85	0,33
18	0,74	90	0,32
19	0,72	95	0,31
20	0,70	100	0,30
21	0,68		

Una vez conocido el número de muestras a someter al método estadístico, podemos conocer el valor del parámetro estadístico correspondiente para el cálculo de los límites para cada edad del concreto especificado.

Para los valores de resistencia vistos anteriormente (45), se tiene un valor de la tabla igual a 0.45, con el cual procedemos a calcular con ayuda del promedio y la desviación estándar los valores numéricos de los límites de control, para los resultados de resistencia a 3 días, así:

- Limite Inferior =  $16.85 - 0.45 \times 2.13 = 15.89$  Mpa.
- Limite Superior=  $16.85 + 0.45 \times 2.13 = 17.81$  Mpa.

Esto quiere decir que los valores de resistencia a los 3 días, deben variar dentro de este intervalo de resistencia, sin querer afirmar que los valores por debajo de esta medida estadística de control sean necesariamente desechados o simplemente no tenidos en cuenta, al contrario estos valores son causa de estudio y análisis para ajustar las técnicas de muestreo, elaboración de muestras y proceso de diseño en las mezclas.

Siempre que se haga este tipo de control sobre diferentes tipos de mezclas a diferentes edades, se debe tener en cuenta, los valores mínimos de resistencia proporcionados por la fabrica distribuidora de concreto, ya que necesariamente el promedio de esas resistencias no esta por debajo del mínimo establecido, si no por el contrario, puede ser un valor muy por encima de este y puede llevarnos a cometer errores de apreciación de datos que se encuentren por debajo del limite inferior de control.

Las graficas relacionadas a esta información son las siguientes:

Figura 58. Promedio y distribución de valores de resistencia.

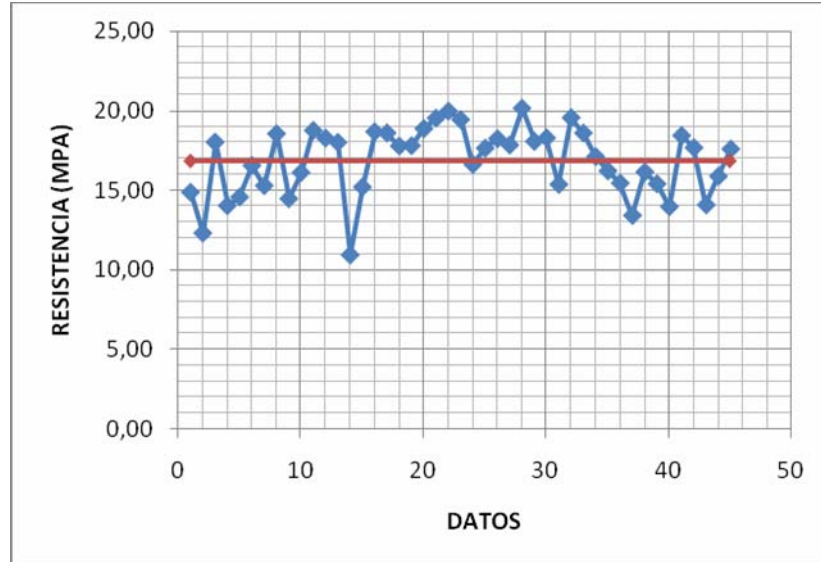
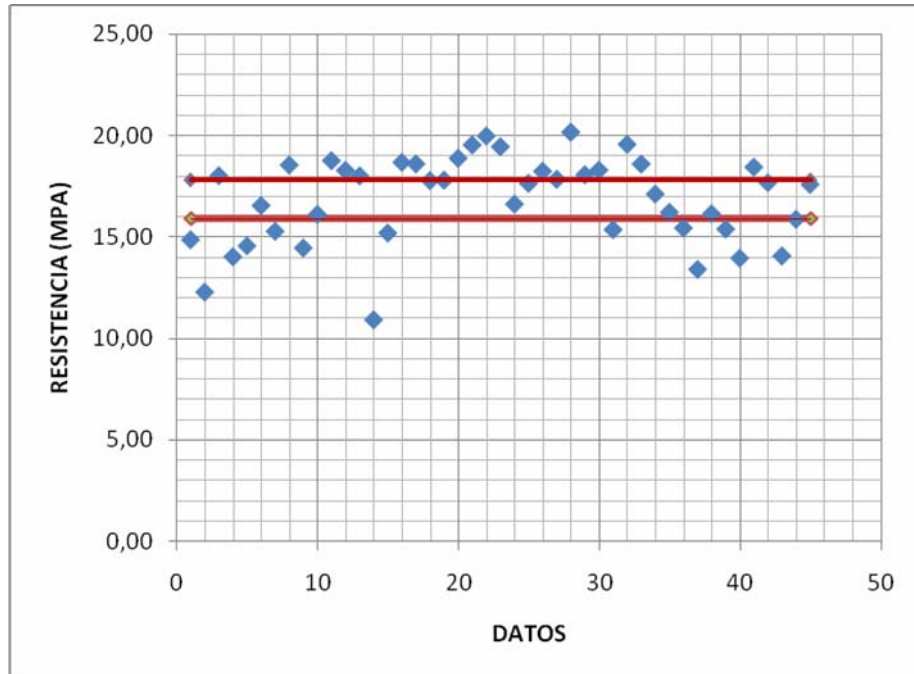


Figura 59. Límites de control.



Por ejemplo esta grafica muestra los límites de control para una mezcla de concreto de 21 MPa, a una edad de ensayo de 3 días, como se puede ver hay resultados de resistencia por debajo de la línea inferior de control, no necesariamente son desechables tales resultados, debemos analizar cual es el requerimiento mínimo de resistencia para esta edad y ver que tan distante de este valor se encuentra el promedio de los resultados verificados. Una vez realizado esto podemos tomar la decisión más conveniente para garantizar un buen control de calidad de los procesos desarrollados en obra.

**5.4.2 Esclerometro.** El ensayo de rebote del esclerómetro, es una prueba no destructiva, que se fundamenta básicamente en una comparación de resultados de dos elementos estructurales sometidos a su uso.

El ensayo parte conociendo la resistencia a la compresión de un elemento patrón<sup>6</sup>, el cual es sometido al método de su aplicación que consiste en golpear el elemento estructural con un instrumento como el de la figura 18, donde el aparato arroja un número que no es mas que un valor patrón de resistencia para cada elemento de concreto.

Figura 60. Esclerómetro



Figura 61. Uso del esclerómetro.



Los golpes que se hacen con el esclerómetro, deben realizarse sobre una superficie completamente libre de imperfecciones y a una distancia no menor de 10 cm entre golpe.

Así mismo se trata el elemento, el cual va a ser objeto de estudio, es el elemento que no ha alcanzado su resistencia de diseño a determinada edad, este se compara directamente con el elemento patrón mediante una regla de tres.

Es bueno aclarar que los elementos implicados en la prueba del esclerómetro (el elemento patrón y el elemento a comparar), tienen que ser dos elementos fundidos en las mismas circunstancias, es decir, fundidos con el mismo tipo de concreto, el mismo día, que el esclerómetro sea trabajado en la misma posición durante el ensayo que sean dos elementos similares (dos muros, dos columnas, dos placas, etc.), así se puede obtener un buen resultado al momento de emplear el método no destructivo.

---

<sup>6</sup> Elemento el cual se conoce su resistencia que necesariamente cumple con la resistencia promedio de diseño para una edad específica: 3, 7,14 y 28 días de fundido el elemento estructural.

Tabla 29. Datos de entrada para el ensayo de esclerómetro.

NUMERO	ELEMENTO ESTRUCTURAL			RESISTENCIA	EDAD	RESISTENCIA
	TIPO	UBICACIÓN	ELEMENTO	ESPERADA	ENSAYO	ALCANZADA
				F'c (28 d)	(Dias)	(Mpa)
1089	PANTALLA	TO-6 APTO 803 EJE A	PATRON	28,0 MPA	14 d	22
15/08/2008						78,6%
1090	PANTALLA	TO-6 APTO 803 EJE C	A COMPARAR	28,0 MPA	14 d	
15/08/2008						

Esta tabla habla tanto del elemento patrón como del elemento a comparar, mostrando características propias y similares de los elementos a comparar.

Tabla 30. Lecturas Obtenidas del esclerómetro.

POSICION	LECTURAS OBTENIDAS										NUMERO	PROMEDIO	RESISTENCIA
	ESCL.	ESCLEROMETRO											DATOS
→	22	20	20	22	20	21	20	18	22	20	30	21,13	22
	22	22	22	21	22	21	18	24	18	22			78,57%
	20	20	23	22	23	20	26	21	22	20			
→	24	20	22	25	22	21	22	24	21	18	30	21,57	22,45
	20	18	22	21	26	18	20	20	24	24			80,18%
	23	24	24	18	24	18	22	21	18	23			

Después de tomar las diferentes lecturas con el esclerómetro, se realiza un promedio de lecturas para los dos elementos y conocida la resistencia alcanzada por el elemento patrón, se calcula la resistencia aproximada que puede tener el elemento implicado en la comparación.

**5.4.3 Mallas de acero.** El control de calidad que se debe tener en cuenta para las mallas de acero electro soldadas utilizadas en la obra, precisa un análisis y validación de resultados de ensayos a tracción, a fluencia y esfuerzo cortante en la soldadura, de

muestras tomadas por cada 100 toneladas de acero que entran al proyecto y son utilizadas en el esfuerzo estructural de los diferentes elementos.

**5.4.3.1 Valoración de resultados de esfuerzo a tracción en mallas de acero electro soldadas.** El análisis de resultados en mallas de acero comienza con la individualización del tipo de malla que se va a ensayar en el laboratorio, que corresponde a la variedad de malla existente en las especificaciones de diseño y a la caracterización propia del recurso (nomenclatura de la malla, separación de los alambres, identificación del alambre de refuerzo principal y el alambre de refuerzo secundario, etc.), todo esto con el fin de concluir el valor numérico del área fundamental para el calculo de la resistencia.

El cálculo del área corresponde al diámetro real medido en el laboratorio.

Figura 62. Datos de entrada-elección del tipo de malla.

TIPO DE MALLA	Ø NOMINAL
UNIDAD	ALAMBRE LONG.
I-1	
I-2	
I-3	
P	
S-1	
S-2	
S-3	

TIPO DE MALLA	Ø NOMINAL
UNIDAD	ALAMBRE LONG.
I-1	
(15 x 15)	
(10 x 5)	
(10 x 10)	
(10 x 15)	
(15 x 10)	
(15 x 15)	
(15 x 20)	
(20 x 15)	
(20 x 20)	

Figura 63. Diámetro nominal del esfuerzo principal en la malla.

TIPO DE MALLA	Ø NOMINAL	Ø (mm) NOMINAL	AREA (mm <sup>2</sup> )
UNIDAD	ALAMBRE LONG.	ALAMBRE LONG.	REF. LONG.
I-1	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">                     5,5 mm                      6,0 mm                      6,5 mm                      7,0 mm                      7,5 mm                      8,0 mm                      8,5 mm                      9,0 mm                 </div>	5,86	26,970
(15 x 15)			

Una vez sometidos los alambres en el laboratorio al ensayo de tracción, se puede conocer el valor de fuerza máxima resistida por estos y proceder al cálculo de resistencia de cada espécimen que hace parte del muestreo, (4 ejemplares en este caso para el tipo de malla que se está considerando), dividiendo dicha fuerza por el área del alambre que representa el refuerzo principal en la malla.

Se calcula el promedio de resistencia de las muestras y ese valor se somete a los requerimientos mínimos expresados en la norma, promedio que no puede ser inferior a un valor de resistencia de 550 MPa.

Figura 64. Análisis de esfuerzo a tracción en mallas.

FUERZA MAXIMA (N)	RESISTENCIA MAXIMA (MPa)	RESISTENCIA PROM. (MPa)	PORCENTAJE	REQUISITO NORMA
17889	663,3	676,2	122,9%	CUMPLE
18400	682,2			
18412	682,7			
18248	676,6			

De igual manera se procede con el análisis del esfuerzo a la fluencia en mallas de acero, donde se calculan los esfuerzos individuales apoyados en el área del alambre ya definida, y se promedian los valores de las muestras, confrontando ese valor con el requisito

establecido en la norma, que no puede estar por debajo de un valor de esfuerzo de 485 MPa.

Figura 65. Análisis de esfuerzo de fluencia en mallas.

FUERZA EN FLUENCIA (N)	ESFUERZO EN FLUENCIA (MPa)	RESISTENCIA PROM. (MPa)	PORCENTAJE	REQUISITO NORMA
16755	621,2	614,5	126,7%	CUMPLE
16223	601,5			
16793	622,6			
16520	612,5			

**5.4.3.2 Valoración de resultados de esfuerzo cortante en soldadura en mallas de acero electro soldadas.** Otro criterio de gran importancia que se debe valorar en mallas de acero electro soldadas, tiene que ver con la resistencia al esfuerzo cortante en la soldadura, criterio que se define en primera instancia identificando el tipo de malla y los alambres de acero que de ella hacen parte, así como la separación entre estos y el numero total de ensayos elaborados para cada muestreo.

Figura 66. Datos de entrada-elección del tipo de malla.

TIPO DE MALLA UNIDAD	NUMERO ENSAYOS
I-1	4
(6 x 5) mm	
(6 x 6) mm	4
(6 x 5) mm	
(6 x 6) mm	
(7 x 5) mm	
(8 x 5) mm	
(5 x 5) mm	

Entre los datos que merecen control de calidad, se encuentra la relación de áreas entre los diámetros longitudinales y transversales que hacen parte de la composición física de la malla, el requisito de la norma solicita que siempre que el diámetro menor de los dos sea igual o superior a 5.5 mm, la relación de área del alambre menor y el alambre mayor es

igual o mayor al 40%, y si por el contrario el menor de los dos diámetros no alcanza el valor de 5.5 mm, no es aplicable el requisito de la norma para la pareja de alambres involucrados en la malla.

Figura 67. Relación de aéreas de la malla.

DIAMETRO (mm) ALAMBRE LONG.	DIAMETRO (mm) ALAMBRE TRASV.	AREA (mm <sup>2</sup> ) ALBRE. LONG.	AREA (mm <sup>2</sup> ) ALBRE. TRASV.	RELACION AREAS At/AI	REQUISITO NORMA > 40%
5,86	4,92	26,970	19,012	70,5%	NO APLICA

El valor promedio mínimo del esfuerzo cortante medido en Newton, según norma no deberá ser menor de 241, multiplicado por el área en milímetros cuadrados del alambre de mayor diámetro de la malla, en donde el alambre de menor diámetro no puede ser menor a 5.5 mm, en caso diferente el requisito de la norma no tiene aplicación.

Figura 68. Requisito de esfuerzo cortante.

CARGA (N)	PROMEDIO CARGA (N)	REQ. NORMA 241*A_màx
6300	6504	NO APLICA
6666		
6721		
6329		

Las mallas que presenten una diferencia por encima o por debajo del 40% en su relación de alambres, por norma deben cumplir un requisito que supone que la resistencia promedio mínima para el esfuerzo cortante en la soldadura debe ser 3600 newton, siempre y cuando el alambre de menor diámetro entre los dos sea igual o mayor a 5.5 mm, si por el contrario el alambre de menor diámetro es inferior a 5.5 mm, el requerimiento de la norma habla de evaluar la resistencia a la soldadura con un esfuerzo cortante no menor a  $0.25 \times A \times F_y$ , donde A es el área de la sección transversal del alambre mas pequeño y  $F_y$ , no es otra cosa que la resistencia a la fluencia del alambre.

Figura 69. Requisito de fuerza en fluencia.

FUERZA EN FLUENCIA (N)	FZA.-FLUENCIA PROM. (N)	ESFUERZO FLUENCIA (Mpa)	REQ. ESFUERZO CORTANTE	REQUISITO NORMA
16755	16572,8	871,7	4143	CUMPLE
16223				
16793				
16520				

**5.4.4 Barras de acero.** El control de calidad en barras de acero corrugado utilizado en elementos estructurales, aplica esencialmente a la evaluación de resultados de ensayos a tracción, composición química, fluencia e índice de alargamiento en especímenes de acero tomados cada 100 toneladas de material llegado al proyecto.

Dos son los criterios de evaluación que se deben controlar en las barras de acero, primero se debe hacer un análisis de su composición química y segundo un análisis de sus propiedades mecánicas.

La composición química de las barras de acero corrugado, no es más que un análisis de verificación del producto ya terminado que representa cada colada del mismo, donde los porcentajes determinados por la norma no deben exceder los presentados en la siguiente tabla:

Tabla 31. Requisitos de verificación para el producto de acero terminado.

ANÁLISIS DE VERIFICACION PARA PRODUCTO TERMINADO					
ELEMENTO	%C	%Mn	%P	%S	%Si
% MAXIMO	0,33	1,56	0,043	0,053	0,55

Estos valores garantizan el cálculo del carbono equivalente en cada colada de acero, cumpliendo con el requerimiento de ese elemento que representa un valor agregado en el diseño de estructuras que soportan fuerzas sísmicas, sobretodo en esta parte del territorio colombiano.

Figura 70. Carbono equivalente.

$\%C.E. = \%C + \%Mn/6 + Cu/40 + \%Ni/20 + \%Cr/10 - \%Mo/50 - \%V/10$						
%C	%Mn	%Cu	%Ni	%Cr	%Mo	%V
0,2	1,2	1,8	0,9	0,4	0,02	0,03
<b>%C.E. =</b>				0,5266	OK	

Las especificaciones de la norma hablan de un porcentaje de carbono equivalente no mayor a 0.55%, para cumplir bondadosamente con las características sísmicas de este lado del territorio nacional.

Por otra parte la valoración en el control de las propiedades mecánicas de la barras de acero, encaminan a evaluar criterios de resistencia y esfuerzo, comenzando por definir el numero de ensayos por cada barra muestreada, y conociendo el diámetro nominal de la misma.

Figura 71. Datos de diámetro y esfuerzo de fluencia.

TIPO DE BARRA (Pulgada)	AREA BARRA (mm <sup>2</sup> )	ESFUERZO INFERIOR DE FLUENCIA			ESFUERZO SUPERIOR DE FLUENCIA		
		(N/mm <sup>2</sup> )	%	REQUISITO	(N/mm <sup>2</sup> )	%	REQUISITO
		472,91	112,6%	OK	477,66	88,5%	OK
3/8	71,26	469,62	111,8%	OK	487,96	90,4%	OK
1/2		475,36	113,2%	OK	476,62	88,3%	OK
5/8							
3/4							
7/8							

Los datos de entrada con respecto al esfuerzo de fluencia tanto inferior como superior son obtenidos de laboratorio y evaluados con la norma de la siguiente manera:

- El esfuerzo inferior de fluencia no debe ser menor a 420 Mpa.
- El esfuerzo superior de fluencia no debe ser menor a 540 Mpa.

La carga máxima soportada en tensión por la barra de acero, es el criterio más importante en la valoración de los resultados de laboratorio y se desarrolla en la tabla de programación como sigue:

Figura 72. Resistencia a la tracción en barras de acero.

CARGA MAXIMA (N)	RESISTENCIA A LA TRACCION			CONDICION (1.25* f'Y)		
	(N/mm)	%	REQUISITO	REQUISITO	%	
45421,9	637,4	115,9%	OK	591,1	OK	107,5%
46023,4	645,9	117,4%	OK	587,0	OK	106,7%
45398,4	637,1	115,8%	OK	594,2	OK	108,0%

Donde conocidos los resultados de carga máxima, se calcula el esfuerzo a tracción que sale de dividir este valor por el área de sección transversal de la barra e inmediatamente después puesto a valoración con los requerimientos de la norma, donde el valor de resistencia a la tracción no debe ser menor a 550 Mpa, además que el esfuerzo a tracción debe ser igual o mayor a 1.25 el esfuerzo a la fluencia.

Por ultimo y no menos importante esta el índice de alargamiento, característica propia para cada tipo de barra que nos representa el comportamiento elástico del acero en el momento que empieza a trabajar como refuerzo de un elemento sometido a diferentes clases de fuerzas.

Figura 73. Porcentaje de alargamiento.

PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO MINIMO		% ALARGAMIENTO		
No. DE DESIGNACION DE BARRAS	%	%	% NORMA	REQUISITO
2,3,4,5,6	14	17,02	14	OK
7,8,9,10,11	12	16,16		OK
14,18	10	16,87		OK

Además la hoja de programación cuenta con dos tablas útiles en la evaluación de cálculo de áreas de acero relacionadas con barras de diferentes calibres, así como un cálculo de diámetro recomendado por los diferentes proveedores de acero en el mercado.

Figura 74. Áreas de acero.

BARRAS DE ACERO					
3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
0,713	1,267	1,979	2,850	3,879	5,067
3	1	1	1		
8,23			centímetros cuadrados		

Este cálculo no es más que una estimación de áreas por cada número de barras correspondiente a un diámetro ya definido, en donde terminada la disposición individual de áreas, se realiza la sumatoria de las mismas, determinando la medida exacta en centímetros cuadrados. Sirviendo como herramienta en el análisis de diseño de refuerzo para algún tipo de estructura de concreto.

Figura 75. Diámetro de barras de acero.

$\varnothing = 12,74 \times (\text{Peso}/\text{Longitud})^{1/2}$		
Longitud :	100	mm
Peso :	44,5	gramos
Diámetro ( $\varnothing$ ):	8,4986	mm

Esta tabla trabaja la fórmula ahí especificada, donde el diámetro de la barra de acero corrugada, depende directamente de su peso y su longitud, peso que es recomendado conocer por medio de un peso de granero y longitud normalmente trabajada de un metro de dimensión.

Algo que no se tiene mucho en cuenta con respecto a las recomendaciones técnicas presentes en la norma para este elemento, es el requisito para el doblamiento de barras de acero en obra, es muy común usar en el momento de figurar acero diámetros menores a los recomendados para el ejercicio, aquí se presenta una tabla donde especifica los diámetros adecuados de los mandriles de figurado para cada tipo de barra.

Tabla 32. Requisitos para ensayo de doblado.

DESIGNACION	DIAMETRO DEL MANDRIL PARA DOBLAMIENTO A 180°
3,4,5	3d*
6,7,8	4d
9,10,11	6d
14,18	8d

\* d= Diámetro nominal de la probeta.

El diámetro esta expresado en octavos de pulgada.

**5.4.5 Mampostería.** Los requerimientos establecidos por la norma tienen que ver con la mampostería estructural y la mampostería no estructural, donde el análisis de resultados se remite a la resistencia a la compresión y el porcentaje máximo de absorción de agua permitido en los bloques.

Para este caso, se expone un análisis de resultados para una mampostería no estructural de perforación horizontal, es decir, sus perforaciones o huecos ubicados paralelamente a la hilada de mampostería que conforma el muro.

Una vez escogidos los 5 bloques de mampostería a ensayar, se registran sus dimensiones (alto, largo y ancho), y su descripción dentro del rango de diferentes clases de bloques que existan en el proyecto, así mismo se reconocen las fechas de llegada del material a la obra y ensayo correspondiente. Inmediatamente después se define el área que influye en el cálculo del esfuerzo a compresión del elemento, de la mano con el dato de carga máxima soportada obtenido en el laboratorio.

Figura 76. Dimensiones y Área de elementos de mampostería.

MUESTRA	DESCRIPCION	ALTO (cm)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )
1		20,6	10,3	31,5	324,45
2	HUECO No.5	20,6	10,2	31,7	323,34
3	HUECO No.6	20,7	10,6	32,1	340,26
4	BLOQUE No.1	20,3	10,3	31,1	320,33
5	BLOQUE No.2	20,4	10,6	31,9	338,14
	BLOQUE No.3				
	BLOQUE No.4				

El cálculo de la resistencia a la compresión consiste en una simple división de la fuerza máxima soportada por el elemento y el área correspondiente al modo de uso de la mampostería, donde dicho valor es sometido a los requisitos mínimos de la norma, que para este caso específico de una mampostería no estructural exige una resistencia no menor a 30 Kg/cm<sup>2</sup>, para el promedio del conjunto de los 5 bloques ensayados o 20 Kg/cm<sup>2</sup>, para cada elemento individual.

Figura 77. Resultados de resistencia.

CARGA (Kn)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )	CONDICION NORMA	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )	CONDICION NORMA
115,8	11804,3	36,38	OK	36,93	OK
130,7	13323,1	41,20	OK		
111,8	11396,5	33,49	OK		
117,1	11936,8	37,26	OK		
120,4	12273,2	36,30	OK		

Otro criterio de importancia en el control de calidad de la mampostería tiene que ver con la cantidad de agua que puede llegar a absorber cada bloque, este análisis se hace tomando el valor de peso seco y peso húmedo del espécimen que se va a ensayar y simplemente se relacionan entre si, obteniendo el porcentaje de agua almacenado por cada elemento individual de mampostería. Este dato se compara con el máximo dato de almacenamiento requerido por la norma que es el 14 %.

Figura 78. Porcentaje de absorción de agua.

MUESTRA	DESCRIPCION	PESO SECO (Kg)	PESO HUMEDO (Kg)	ABSORCION (%)	CONDICION NORMA	ABSORCION (%)	CONDICION NORMA
1		2031	2243	10,44%	OK		
2	HUECO No.5	4788	5082	6,14%	OK	9,66%	SI
3	HUECO No.6	7581	8306	9,56%	OK		
4	HUECO No.8	2694	2975	10,43%	OK		
5	BLOQUE No.1	2367	2644	11,70%	OK		
	BLOQUE No.2						
	BLOQUE No.3						
	BLOQUE No.4						

De esta manera se controlan y registran los resultados de mampostería, quedando solamente el criterio de cada profesional para la toma de decisiones ayudado con este tipo de valoración.

**5.4.6 Morteros.** El control de calidad y verificación de resultados en morteros, tiene que ver con la resistencia mínima a la compresión de estos, donde todos sus resultados tienen que caer por encima del menor valor especificado por la norma y ajustarse totalmente a la frecuencia de ensayos estimada por los profesionales en obra.

Como se ha visto en los demás registros de ensayos, para el mortero es indispensable en su muestreo conocer su ubicación, la fecha de toma, así como el tipo de mortero que se está utilizando como material pegante en la mampostería, ya que esto último define demás características propias en su análisis. El análisis de resultados, tiene en cuenta dos tipos de morteros: el mortero de pega y el mortero de inyección.

Figura 79. Tipo de mortero

MUESTRA	UBICACIÓN	FECHA DE TOMA	NUMERO DE PROBETAS	TIPO DE MORTERO	RESISTENCIA SOLICITADAS
12	TO-5 APTO 703 COCINA-BAÑO PPAL-AUX. FRISO IMPERMEABILIZADO	21-09-08	3	MORTERO DE PEGA MORTERO DE INYEC	7,5 Mpa

Una vez definido el tipo de mortero, se hace la valoración pertinente de acuerdo a las especificaciones de la norma, donde dice que para un mortero de pega la resistencia

mínima ala compresión es de 7.5 Mpa y para un mortero de inyección la resistencia no debe ser menor a 10 Mpa, esto lo hace directamente la hoja de calculo, especificando simplemente el tipo de mortero a muestrear.

Otras características en el registro se llevan si el mortero es un mortero de inyección, cuales son, el asentamiento y las dimensiones del encofrado que se utiliza para elaborar la muestra a ensayar.

Figura 80. Dosificación y Dimensiones de la probeta.

DOSIFICACION	ASENTAMIENTO (mm)	DIMENSIONES PROBETA (mm)	DOSIFICACION	ASENTAMIENTO (mm)	DIMENSIONES PROBETA (mm)
1:2	250	50.8 x 101.6 ( 2"x4" )	1:3	250	50.8 x 101.6
1:3					75 x 75 x 150
1:4					50.8 x 101.6 ( 2"x4" )
1:5					76.2 x 152.4
1:6					
1:7					

El valor del asentamiento requerido debe estar entre 200 y 280 mm.

Figura 81. Resistencia a la compresión en morteros.

FECHA DE ENSAYO	EDAD	RESISTENCIA (Mpa)	% RESISTENCIA	
			55,1%	
28-09-08	7	4,13	50%	OK

Dependiendo de la edad a la que se realice el ensayo, es conveniente definir valores mínimos de cumplimiento en la resistencia, ya que la norma especifica resistencia solamente a los 28 días, y es por eso que la tabla muestra un porcentaje de evolución en la resistencia y un porcentaje mínimo de cumplimiento para cada edad en que se realice el ensayo.

El buen control y manejo de los resultados, son herramientas muy útiles en la definición de criterios para obtener claridad en el desarrollo y evolución de la resistencia en los morteros.



**5.4.7 Pruebas hidro-sani-gas (pruebas hidráulicas, sanitarias y de gas).** Las pruebas hidráulicas, sanitarias y de gas, son ensayos internos que se realizan por casa o apartamento, donde no es para nada complicado saber si la prueba cumple o no con las especificaciones mínimas de la norma, basta con realizar revisiones visuales en manómetros y tuberías para saber si existen fugas (de agua o de gas), causantes de la no conformidades en los productos a entregar al propietario.

Figura 82. Registro de pruebas Hidro-Sani-Gas

LOCALIZACION		PRUEBA	FECHA inicial de PRUEBA		LECTURA inicial		FECHA final de PRUEBA		LECTURA final		CONDICION PRUEBA	PNC
TORRE	APTO		dia	Hora	numero	und.	dia	Hora	numero	und.		
1	101	SANITARIA	15-09-08	10:02	0,0	niv	15-09-08	16:14	0,0	niv	OK	
		HIDRAULICA	20-09-08	08:07	150	psi	20-09-08	12:07	146	psi	NO	X
		GAS	02-10-08	15:23	5	psi	02-10-08	15:46	5	psi	OK	

Siempre que una de las pruebas no cumpla con las especificaciones de la norma, inmediatamente se genera una no conformidad (PNC = Producto No Conforme), donde hay que entrar a solucionarla, desarrollando nuevamente la prueba.

Figura. Solución a la no conformidad.

## CONCLUSIONES

- El conocimiento adquirido realizando esta practica es muy importante debido a que se complementa lo aprendido en la universidad, ya que se unen los aspectos teóricos, técnicos y prácticos, a demás, la experiencia adquirida en la obra bajo la realización de varios procesos, como lo es, estructura, mampostería y frisos, y acabados es vital para nuestro desarrollo como profesional.
- Es absolutamente necesario realizar o llevar a cabo un control del sistema de gestión de calidad en el campo de la construcción ya que este ayuda a crear una notable conformidad de los clientes hacia el producto a entregar, a demás un control llevado a cabo de forma constante evita la creación de productos no conformes que a su vez generan reprocesos y que terminan afectando el normal funcionamiento de la obra.
- Realizar un análisis estadístico sobre el concreto, nos ayuda a conocer el comportamiento de este, siendo una herramienta de gran ayuda para el control de calidad que se le realiza al concreto, gracias a que cuando se tenga un resultado dudoso, es decir, un valor por debajo de la resistencia esperada para una edad específica, nos podemos basar en esta para la toma de dediciones.
- Basándonos en la Norma Técnica Colombiana se elaboro una hoja de calculo que incluye los ensayos y pruebas que se llevan a cabo en obra, con el fin de realizar una valoración y control de los resultados recibidos de los laboratorios para el caso de las pruebas que lo requieran y de los recibidos en la propia obra, para tener una herramienta de apoyo y seguimiento de las actividades realizadas en obra.
- se obtuvo un manejo eficaz en la Toma de decisiones, gracias a la frecuente consulta sobre las normas técnicas colombianas y demás documentos relacionados con los requerimientos mínimos que se deben tener en cuenta para



la realización y control de las diferentes actividades que generan valor agregado para el proyecto.

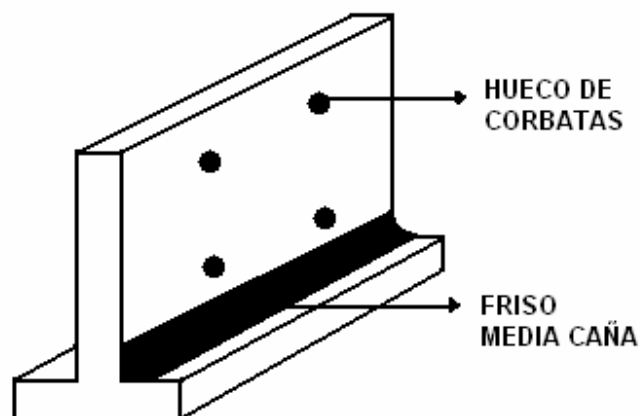
## BIBLIOGRAFIA

- ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas. NTC -2 Ensayo a tracción para materiales metálicos. Método de ensayo a temperatura ambiente. Bogotá, D.C. 1995-11-29.
- ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas. NTC 396 Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto. Bogotá, D.C. 1992-01-15.
- ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas. NTC 454 Concreto fresco. Toma de muestras. Bogotá, D.C. 1998-09-23. ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas. NTC 550 Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra. Bogotá, D.C. 2000-06-21.
- ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas. NTC 673 Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros normales de concreto. Bogotá, D.C. 2000-06-21.
- ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas NTC 1500 Código Colombiano de Fontanería. Bogotá D.C.
- Plan de calidad Obra MULTIFAMILIARES ARAWAK URBANAS S.A. y Obra CASA DE DON DAVID 2 S.A NTC – ISO 9001: 2000.
- ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas. NTC 2275, Procedimiento recomendado para la evaluación de los resultados de los ensayos de resistencia del concreto.
- Normas Colombianas de Construcciones Sismorresistentes, NSR-98 Título C: Concreto estructural. Santa Fé de Bogotá, 1998.
- Código Colombiano de Fontanería, NTC 1500.
- Norma RAS 2000.

## ANEXOS

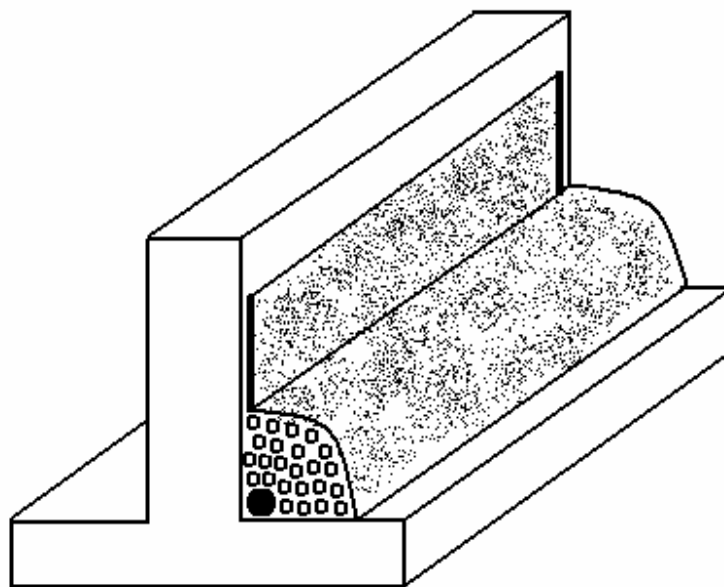
### Anexo A. IMPERMEABILIZACION MURO DE CONTENCIÓN

- Se funde el cemento, y se procede a realizar el Muro de Contención.
  1. Excavar hasta llegar al pegue entre cemento y muro.
  2. Retiro de escombros y limpieza.
  3. Lavar muro con jabón y cepillo, retirando la tierra, barro y concreto, haciendo descole para que el agua salga.
  4. Realizar un friso media caña en mezcla entre pegue de muro y cemento.



5. Los huecos dejados por las corbatas de la formaleta se escarifican y se resanan con mezcla y adelcristal de Toxement.
6. Realizar resanes en el resto del muro por defecto de la fundida.
7. Se aplica Sika Mortero 101 con llana metálica, quedando cubierta toda la superficie, con una mano gris inicialmente y una mano blanca al día siguiente.
8. Se procede a colocar el Geodren en la parte inferior una vez replanteado el piso con su respectivo desnivel (pendiente).

9. Asegurar con chazo y tornillo en la parte superior al muro, el geodren y con un traslape de 20cm.
10. Colocar bolo en la pata del muro (armado del filtro) "40cm" y proceder a colocar el geotextil para proteger el bolo.
11. Rellenar con capas de 20cm compactando hasta el nivel requerido.



## **Anexo B. CRITERIOS CONTROL DE EJECUCION PARA CARPINTERIA DE ALUMINIO**

### **INSTALACION VENTANAS**

REVISION VANOS: Se revisa que las medidas de alto y ancho de los vanos cumplan con las definidas en planos y sean iguales en cada sección del vano.

REVISION TIPO (DISEÑO VENTANA): Se revisa el diseño de las ventanas con respecto de los planos arquitectónicos y del modelo aprobado en el contrato.

REVISION PERFILERIA, VIDRIOS Y CERRADURAS: Se revisa que la perfilería y cerraduras a instalar cumpla con las especificaciones técnicas y colores aprobados. Los vidrios no deben presentar distorsiones ni rayones.

REVISION INSTALACION (FUNCIONAMIENTO): Se verifica la calidad de la instalación y funcionamiento de los diferentes elementos que conforman la ventana, accionándola en donde se requiera. Verificar escuadras y plomos.

### **INSTALACION PUERTAS**

REVISION VANOS: Se revisa que las medidas de alto y ancho de los vanos cumplan con las definidas en planos y sean iguales en cada sección del vano.

REVISION TIPO (DISEÑO PUERTAS): Se revisa el diseño de las puertas con respecto de los planos arquitectónicos y del modelo aprobado en el contrato.

REVISION PERFILERIA, VIDRIOS Y CERRADURAS: Se revisa que la perfilería y cerraduras a instalar cumpla con las especificaciones técnicas, y colores aprobados. Los vidrios no deben presentar distorsiones ni rayones.



**REVISION INSTALACION (FUNCIONAMIENTO):** Se verifica la calidad de la instalación y funcionamiento de los diferentes elementos que conforman la puerta, accionándola. Verificar escuadras y plomos.

### **INSTALACION DIVISIONES DE BAÑO**

**REVISION VANOS:** Se revisa que las medidas de alto y ancho de los vanos cumplan con las definidas en planos y sean iguales en cada sección del vano.

**REVISION TIPO (DISEÑO DIVISION):** Se revisa el diseño de las divisiones de baños con respecto de los planos arquitectónicos y del modelo aprobado en el contrato.

**REVISION VIDRIOS Y HERRAJES:** Se revisa que el vidrio cumpla con el espesor y características especiales; los herrajes a instalar cumpla con las especificaciones técnicas y colores aprobados. Los vidrios no deben presentar distorsiones ni rayones.

**REVISION INSTALACION (FUNCIONAMIENTO):** Se verifica la calidad de la instalación y funcionamiento de los diferentes elementos que conforman la división de baño accionándola en donde se requiera. Verificar escuadras y plomos.



## **Anexo C. CRITERIOS CONTROL DE EJECUCION CARPINTERIA DE ALUMINIO**

### **INSTALACION VENTANAS**

REVISION VANOS: Se revisa que las medidas de alto y ancho de los vanos cumplan con las definidas en planos y sean iguales en cada sección del vano.

REVISION TIPO (DISEÑO VENTANA): Se revisa el diseño de las ventanas con respecto de los planos arquitectónicos y del modelo aprobado en el contrato.

REVISION PERFILERIA, VIDRIOS Y CERRADURAS: Se revisa que la perfilería y cerraduras a instalar cumpla con las especificaciones técnicas y colores aprobados.