

**DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE
ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO
EN BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA**

**LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ
NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL
BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2009**

**DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE
ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO
EN BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA**

**LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ
NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ**

**Proyecto de grado como requisito para optar
al título de Ingenieros Civiles**

**Director:
MARIA FERNANDA SERRANO GUZMÁN
PhD. Ingeniera Civil**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL
BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2009**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, Septiembre de 2009.

A mis padres Luis Orlando y Carmen Emilia por darme siempre lo mejor: amor, ejemplo, por enseñarme que todo se puede lograr con constancia y tesón sin dejarme amilanar por las circunstancias adversas que presenta la vida, por la fuerza y el apoyo incondicional no solo en el desarrollo de éste proyecto sino también en mi vida.

A mi esposo Edgar y a mis hijos Juan Diego y Mateo, por su amor, comprensión, apoyo y por compartir conmigo este sueño, apoyándome y permitiendo parte del tiempo en familia para el alcance de esta meta.

LUZ MARINA

A Dios Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mis padres Alvaro y Janeth dignos de ejemplo de trabajo y constancia, gracias por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores y por la motivación que me ha permitido ser una persona de bien.

A mis hermanos Liliana, Alex y Alvaro quienes contribuyeron a esforzarme cada día más como persona y futura profesional.

A mi esposo Plinio por ser mi compañero fiel y soporte en todo momento, pero especialmente, por su amor.

A mi hija Isabella que se encuentra en camino ya que ha sido mi motor en esta última etapa para seguir adelante y alcanzar mis metas.

Sencillamente ustedes son la base de mi vida y siempre les estaré agradecida, sin ustedes este sueño no hubiera podido ser completado.

NATALIA

AGRADECIMIENTOS

A Dios creador y dador de vida, quien me lo ha dado todo, por darme la oportunidad y la fortaleza suficiente para la realización de este sueño.

A Dra María Fernanda Serrano, Directora del proyecto y amiga por su apoyo, dedicación, compromiso, conocimientos, experiencia, profesionalismo, ideas y constancia en la supervisión de éste trabajo.

Al Dr. Luis Felipe Casas Vicerrector Académico y a la Ing. María Ximena García por su apoyo, pero sobre todo por haber creído en mí, personas que sirvieron de puente para el logro de mi sueño ser ingeniera civil.

A la Universidad Pontificia Bolivariana, entidad en la cual laboro, por crear espacios para la realización personal y por su compromiso con la cualificación de sus empleados.

A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil, quienes son también mis amigos y compañeros de trabajo, por su apoyo y por sus enseñanzas, que permitieron la edificación de mi carrera y la consolidación como profesional.

A la Ingeniera Claudia Retamoso, por su cariño y apoyo.

A la ingeniera Piedad Lizcano, por su colaboración y apoyo al proyecto.

A las empresas Prevesa por intermedio del ingeniero Jorge Luis Vesga, a la empresa Holcim Colombia, por intermedio del ingeniero José Mauricio Cárdenas y a la empresa Cemex Colombia, por intermedio del ingeniero Pedro Nel Tarazona, quienes nos apoyaron y nos permitieron trabajar en cada una de sus empresas, contribuyendo con interés en la realización de este trabajo.

A toda la gran familia Bolivariana por su apoyo y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron en la realización de este proyecto.

LUZ MARINA

AGRADECIMIENTOS

A la Ingeniera María Fernanda Serrano, directora del proyecto, por su apoyo moral e intelectual y por servir de guía en este proyecto.

A las empresas Prevesa por intermedio del ingeniero Jorge Luis Vesga, a la empresa Holcim Colombia, por intermedio del ingeniero José Mauricio Cárdenas y a la empresa Cemex Colombia, por intermedio del ingeniero Pedro Nel Tarazona, quienes nos apoyaron y nos permitieron trabajar en cada una de sus empresas, contribuyendo con interés en la realización de este trabajo.

A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil, por su apoyo y por sus enseñanzas, que permitieron la edificación de mi carrera y la consolidación como profesional.

A las ingenieras Claudia Retamoso y Piedad Lizcano por su colaboración y apoyo al proyecto.

NATALIA

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	16
1.1.	JUSTIFICACIÓN	16
1.2.	ALCANCE	19
1.3.	OBJETIVOS	18
1.3.1.	Objetivo General.	18
1.3.2.	Objetivos Específicos.	18
1.4.	RELEVANCIA DEL ESTUDIO.....	20
1.5.	ORGANIZACIÓN DE LA TESIS.....	18
2.	MARCO TEÓRICO.....	20
2.1.	CONCRETO.....	20
2.1.1.	CEMENTO	20
2.1.2.	AGREGADOS	20
2.1.2.1	Agregado Grueso.....	21
2.1.2.2	Agregado Fino.....	21
2.1.3.	AGUA	21
2.1.4.	ADITIVOS.....	22
2.1.4.1	Acelerantes.	22
2.1.4.2	Plastificantes.	22
2.1.4.3	Retardantes.....	22
2.1.4.4	Inclusores de aire.....	22
2.1.4.5	Reductores de agua.....	23
2.1.4.6	Superplastificantes.....	23
2.2.	PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO	23
2.2.1.	Manejabilidad	23
2.2.1.1	Ensayo de Asentamiento.....	24
2.2.1.2	Ensayo de la bola de Kelly.	24
2.2.1.3	Segregación	24
2.2.1.4	Exudación o sangrado	24
2.2.1.5	Masa unitaria y rendimiento volumétrico	25
2.2.1.6	Contenido de aire.....	25
2.2.1.7	Método de presión	25
2.2.1.8	Método gravimétrico	25
2.2.1.9	Contenido de agua.....	26
2.3.	PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO	26
2.3.1.	Resistencia a la compresión.....	26
2.3.2.	Resistencia a la flexión	26
2.3.3.	Resistencia a tracción.....	27
2.4.	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO DEL CONCRETO ...	27
2.5.	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO Y COEFICIENTE DE POISSON.....	29
2.6.	PRUEBAS FÍSICO-MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	29
2.6.1.	Pruebas Físicas	29
2.6.1.1	Granulometría.	29

2.6.1.2	Textura.	30
2.6.1.3	Densidad.	30
2.6.1.4	Porosidad y absorción.	30
2.6.1.5	Masa Unitaria	30
2.6.2.	Propiedades Mecánicas.	30
2.6.2.1	Dureza.	30
2.6.2.2	Sanidad.	31
2.6.2.3	Contenido de Materia orgánica.	31
3.	METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL ESTUDIO	32
3.1.	SOLICITUD DE PERMISO PARA ENTRADA A LAS PLANTAS	32
3.2.	SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA LA ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.....	34
3.3.	CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO UTILIZADO EN LAS EMPRESAS CONCRETERAS.....	35
3.4.	CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL GRANULAR UTILIZADO EN LAS EMPRESAS CONCRETERAS.....	35
3.5.	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	40
3.6.	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	42
4.	RESULTADOS.....	47
4.1.	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO	47
4.2.	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL PÉTREO.....	47
4.3.	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL CONCRETO EN ESTADO PLÁSTICO	48
4.4.	Resultados de las pruebas del concreto en estado endurecido	50
5.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	69
5.1.	Respecto al tipo de cemento:	69
5.2.	Respecto a los agregados:	69
5.3.	Respecto a las muestras en estado plástico:	69
5.4.	Respecto a la Resistencia a compresión:	70
5.5.	Respecto al Peso Unitario:	84
5.6.	Respecto a la Velocidad del pulso ultrasónico:	87
5.7.	Respecto al Módulo de Elasticidad Estático:	90
5.8.	Respecto al Módulo de Elasticidad Dinámico:.....	95
5.9.	Respecto al coeficiente de Poisson:	96
6.	CONCLUSIONES	97
7.	RECOMENDACIONES.....	100
8.	BIBLIOGRAFÍA	101
ANEXO 1.	CARACTERIZACIÓN DE LOS CEMENTOS	102
ANEXO 2.	CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS EMPRESA 1	104
ANEXO 3.	CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS EMPRESA 2	110
ANEXO 4.	CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS EMPRESA 3	117
ANEXO 5.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPRESA 1.	124
ANEXO 6.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPRESA 2.	128

ANEXO 7. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPRESA 3	133
ANEXO 8. PESO ESPECÍFICO ENDURECIDO EMPRESA 1.....	138
ANEXO 9. PESO ESPECÍFICO ENDURECIDO EMPRESA 2.....	139
ANEXO 10 PESO ESPECÍFICO ENDURECIDO EMPRESA 3.....	142
ANEXO 11 PULSO ULTRASÓNICO EMPRESA 1	147
ANEXO 12 PULSO ULTRASÓNICO EMPRESA 2.....	150
ANEXO 13 PULSO ULTRASÓNICO EMPRESA 3.....	155
ANEXO 14 RESUMEN E_c , E_d Y POISSON EMPRESA 1	161
ANEXO 15 RESUMEN E_c , E_d Y POISSON EMPRESA 2	165
ANEXO 16 RESUMEN E_c , E_d Y POISSON EMPRESA 3	172
ANEXO 17 CONSOLIDADO E_c , E_d Y POISSON TODAS LAS EMPRESAS	182

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Información de planta para la construcción de la muestra	34
Tabla 2. Tamaño de la muestra seleccionada	34
Tabla 3. Caracterización realizada a los cementos	47
Tabla 4. Propiedades Físico - Mecánicas de los agregados	48
Tabla 5. Pruebas del concreto en estado plástico. Empresa 1	49
Tabla 6. Pruebas del concreto en estado plástico. Empresa 2.	49
Tabla 7. Pruebas del concreto en estado plástico- Empresa 3	50
Tabla 8 Peso específico Empresa 1	51
Tabla 9. Peso específico endurecido- Empresa 2	52
Tabla 10. Peso específico endurecido- Empresa 3	53
Tabla 11. Resistencia a compresión- Empresa 1.....	55
Tabla 12. Resistencia a compresión- Empresa 2.....	56
Tabla 13. Resistencia a compresión- Empresa 3.....	58
Tabla 14. Módulos de Elasticidad Estático y Dinámico-Empresa 1	61
Tabla 15. Módulos de elasticidad estático y Dinámico- Empresa 2	63
Tabla 16. Módulos de Elasticidad Estático y Dinámico- Empresa 3	65
Tabla 17. Consolidado Propiedades en Estado plástico	69
Tabla 18. Comportamiento de la $f'c$ Vs asentamientos-Empresa 1	70
Tabla. 19 Comportamiento de la $f'c$ Vs asentamientos-Empresa 2	73
Tabla. 20 Comportamiento de la $f'c$ Vs asentamientos-Empresa 3	77
Tabla 21. Análisis consolidado de $f'c$ Vs Asentamientos en todas la Empresas	82
Tabla 22. Normas para el control del concreto	83
Tabla 23. Comparación de los valores de E_c	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Elementos de Seguridad. a) Uso de gafas, casco y tapaoídos, b) uso de guantes, tapabocas y chaleco reflector.	32
Figura 2. Flujograma Metodología	33
Figura 3. Determinación del peso específico del cemento, a) Lectura del volumen inicial (Kerosene), b) Lectura final del volumen una vez adicionada la masa de cemento.....	35
Figura 4. Análisis granulométrico, a) análisis granulométrico realizado al agregado fino, b) análisis granulométrico del agregado grueso	36
Figura 5. Ensayo de peso específico y absorción de los agregados pétreos, a) compactación del agregado fino, b) condición SSS del agregado fino, c) Condición SSS en el agregado grueso	38
Figura 6. Determinación de las masas unitarias del agregado pétreo, a) Llenado del molde con agregado b) proceso de compactación y enrase.....	38
Figura 7. Comparación con la carta de colores.....	39
Figura 8. Ensayo de asentamiento a) levantamiento del cono, b) medida del asentamiento de la mezcla.....	40
Figura 9. Proceso de elaboración y curado de las muestras de concreto, a) Formaleta lista para elaboración de especímenes, b) Muestras de concreto elaboradas, c) Proceso de desformaletado de las muestras, d) Tanque de curado de muestras.	41
Figura 10. Determinación peso unitario en estado endurecido, a) Muestras en estado seco, b) peso seco de las muestras	42
Figura 11. Ensayo de pulso ultrasónico a) Medidor de pulso; b) calibración de los transductores; c) registro de datos.....	43
Figura 12. Proceso de refrentado de muestras con azufre a) preparación del azufre, b) vaciado en el refrentador, c) colocación de especímenes d) estado final del refrentado	44
Figura 13. Ensayo Compresión a) Máquina de compresión; b) Tablero digital de carga.....	44
Figura 14. Procedimiento seguido para la determinación de los módulos de elasticidad a) instalación del extensómetro; b) ajuste de los deformímetros; c) colocación del espécimen en la prensa; d) realización del ensayo y registro de datos	46
Figura 15. Comportamiento de $f'c$ vs Asentamientos e n las tres empresas	81
Figura 16. Análisis consolidado de $f'c$ vs asentamientos en todas las empresas	83
f_i acumulado Vs Asentamientos (3 empresas)	84
Figura 18. Peso Unitario – Empresa 1.....	85
Figura 19. Peso Unitario – Empresa 2.....	85
Figura 20. Peso Unitario – Empresa 3.....	86
Figura 21. Consolidado de Peso Unitario.....	86

Figura 22 Consolidado de f_c Vs Velocidad del pulso.....	87
Figura 23. Ec Empresa 1.....	89
Figura 24. Ec Empresa 2.....	90
Figura 25 Ec - Empresa 3	92
Figura 26. Consolidado Ec Todas las empresas.....	94
Figura 28. Relación entre Ec y Ed	96
Figura 29. Relación entre coeficiente de Poisson y f_c	96

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

- TÍTULO:** DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA
- AUTOR(ES):** Luz Marina Torrado Gómez.
Natalia Andrea Porras Álvarez
- FACULTAD:** Ingeniería Civil
- DIRECTOR(A):** Ph.D. María Fernanda Serrano Guzmán

RESUMEN

El Módulo de elasticidad del concreto es un parámetro en el diseño de estructuras para el establecimiento de los desplazamientos de los elementos estructurales. En la actualidad en Colombia para estos diseños se recurre a fórmulas propuestas por la Norma Colombiana de Diseño Sismoresistente de 1998, que según estudios realizados por algunos autores y demostrado en este trabajo conlleva a sobreestimaciones en el módulo subvalorando así las derivas.

En el presente trabajo se analizaron 695 especímenes de concreto de 210 Kg/cm² tomados de mezclas producidas por tres grandes empresas que suministran concreto a la ciudad de Bucaramanga y su Área metropolitana que utilizan agregados de origen sedimentario y metamórfico, que utilizan. Se determinaron las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido a dichos especímenes. De esta manera, se conoció información relacionada con el peso unitario, la resistencia a la compresión, el módulo de elasticidad estático, el coeficiente de Poisson y el módulo de elasticidad dinámico. Estos valores experimentales se utilizaron para determinar las ecuaciones del módulo de elasticidad estático y dinámico del concreto, así como también el coeficiente de Poisson.

Del presente estudio se pudo concluir que el concreto producido en Bucaramanga posee una ecuación propia en cuanto al módulo de elasticidad y con un valor menor al propuesto en el código, encontrándose que las ecuaciones ajustadas cuando se conoce la resistencia máxima es $E_c = 6008 * \sqrt{f'c}$ en Kg/cm² (en el S.I. $E_c = 1875 * \sqrt{f'c}$ en MPa), y cuando se conoce el peso unitario y la resistencia máxima es $E_c = 0,052 * W^{1,5} * \sqrt{f'c}$ en Kg/cm² (en el S.I. $E_c = 0,016 * W^{1,5} * \sqrt{f'c}$ en MPa). En cuanto al módulo dinámico, para cuya determinación se utilizó el medidor del pulso ultrasónico, la relación entre el módulo estático y dinámico encontrada es $E_c = 3.7 * E_c$ en Kg/cm² ($E_c = 11.86 * E_c$ en MPa). El valor del módulo de Poisson para la media de las muestras fue del orden de 0,16 que corresponde al valor de este parámetro en concretos normales.

PALABRAS CLAVES: Módulo de elasticidad, Módulo dinámico, Poisson, Pulso ultrasónico, concreto.

THESIS OVERVIEW

TÍTULO: DETERMINATION OF THE STATIC AND DYNAMIC MODULUS ELASTICITY EQUATIONS OF THE CONCRETE PRODUCED IN BUCARAMANGA AND ITS METROPOLITAN AREA

AUTHORS: Luz Marina Torrado Gomez.
Natalia Andrea Porras Alvarez

FACULTY: Civil Engineering

DIRECTOR: Ph.D. María Fernanda Serrano Guzmán

ABSTRACT

Modulus of Elasticity E_c in concrete is a most used parameter in structural design to establish the displacement in the structures. Colombia has equations that allow estimating the E_c , and these equations are included in the NSR-98 (Norma Colombia de Diseño Sismo Resistente, 1998). This work confirms results in previous experimental test where E_c overestimated the real value of E_c tested in the lab; it may cause an increase in the estimation of displacements.

Six hundred ninety five cylindrical samples were taken in concrete of 210 Kg/cm^2 that was produced in three industries located in Bucaramanga and its Metropolitan Area. Fresh and hardened properties were considered. However, information of unitary weight, compressive strength, static modulus of elasticity, Poisson's coefficient, and the dynamic modulus of elasticity were considered. These experimental values were used to determine the equations of the static and dynamic module of elasticity of the concrete, and Poisson's coefficient.

Finally, it has been concluded that E_c in concrete produced in Bucaramanga has a value that defers of equations consider in the NSR-98. The equation obtained in this work shown a less value. In concordance, it was found that the E_c equation's that must be applied in Bucaramanga is $E_c = 6008 * \sqrt{f'_c}$ en Kg/cm^2 (S.I. $E_c = 1875 * \sqrt{f'_c}$ MPa); and, when unitary weigth is known, E_c equation's must be $E_c = 0,052 * W^{1,5} * \sqrt{f'_c}$ Kg/cm^2 (S.I. $E_c = 0,016 * W^{1,5} * \sqrt{f'_c}$ MPa). By the other hand, a relationship between dynamic and elasticity modulus has been suggested as $E_c = 3.7 * E_c$ Kg/cm^2 ($E_c = 11.86 * E_c$ MPa). However, average poisson's value in the sample was around 0,16 that corresponds to the value of this parameter in normal concrete.

KEY WORDS: elasticity modulus, dynamic Module, poisson, ultrasonic pulse, concrete.

1. INTRODUCCIÓN

Es importante para la ciudad de Bucaramanga y su Área Metropolitana al igual que para el resto de ciudades del país, contar con las fórmulas propias para la determinación del Módulo de Elasticidad (E_c) del concreto, en razón a que en todas las regiones se cuentan con materiales pétreos de características diferentes, que varían para cada región. Actualmente, la estimación del Módulo de Elasticidad (E_c) utilizando las fórmulas planteadas por la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismoresistente de 1998, implica sobreestimaciones en el módulo de elasticidad¹ y por ende desplazamientos en las estructuras diferentes a las reales, haciendo que los diseños sean en algunas ocasiones subvalorados, por el incremento en el valor de sus derivas².

Estudios realizados en la ciudad de Bogotá, proporcionaron las ecuaciones para la determinación de los módulos de elasticidad², y se encontraron diferencias entre los valores estimados partiendo de datos experimentales y los datos obtenidos con la Norma. En dicho estudio se recomendaba obtener fórmulas propias para cada región.

Con el presente trabajo se determinan las ecuaciones del módulo de elasticidad estático y dinámico del concreto producido en Bucaramanga y su área metropolitana para concretos de 3000 PSI (210 Kg/cm²) y se presenta una relación de éste con el módulo dinámico.

1.1. JUSTIFICACIÓN

Para realizar el análisis de una estructura, se hace necesario conocer tanto las fuerzas internas de la estructura como sus deformaciones. Estas deformaciones se determinan conociendo el valor del módulo de elasticidad del concreto. El módulo de elasticidad es de gran importancia para estructuras apertadas debido a que este tipo de estructuras está controlado por la rigidez, y las dimensiones finales de las columnas y de los muros en concreto se establecen para que las derivas no superen el 1% de la altura del entrepiso², por tanto una subestimación de este parámetro genera incrementos en las derivas.

¹ Hernández Suarez, Adriana. TESIS. Determinación de los Módulos de elasticidad del Concreto Producido en Bucaramanga y su área Metropolitana. Bucaramanga. 2005.

² Ruiz Valencia, Daniel y otros. Propuesta para la Modificación de la Ecuación para la Estimación del Módulo de Elasticidad del Concreto en función de la Resistencia a la Compresión para Bogotá. Bogotá.2007

En todo el territorio de Colombia se diseñan las estructuras mediante el uso de la fórmula $E = 3.900 * \sqrt{f'c}$ (Kg/cm²) que propone el Código colombiano Sismorresistente en el capítulo C³; en donde esta fórmula es el producto del valor promedio para toda la información nacional y depende solo de la resistencia a la compresión del concreto sin distinción del tipo de agregado utilizado. Además propone otras ecuaciones cuando se conoce el tipo de agregado utilizado y se dispone de los valores de Wc y de f'c, tales como:

Para material Ígneo	$E_c = (W_c)^{1.50} * 0.047 \sqrt{f'c}$
Para material Sedimentario	$E_c = (W_c)^{1.50} * 0.031 \sqrt{f'c}$
Para material Metamórfico	$E_c = (W_c)^{1.50} * 0.041 \sqrt{f'c}$

Mediante el presente trabajo se profundizará en los resultados obtenidos del módulo de elasticidad estático (E_c) para Bucaramanga y su área Metropolitana (Hernández, 2005), incorporando la influencia de las propiedades de los agregados pétreos en la resistencia del concreto y en el Módulo de Elasticidad (E_c), así como también la determinación del módulo de elasticidad dinámico (E_d) y la relación existente entre éste y el estático.

Este estudio servirá como aporte a los sectores constructores, consultores diseñadores e industriales, así como también, será de gran aporte académico y científico.

1.2. ALCANCE

El presente trabajo está enfocado hacia la determinación de las fórmulas propias para la estimación del módulo de elasticidad estático (E_c) y dinámico (E_d) del concreto, aplicable a Bucaramanga y su Área Metropolitana mediante la utilización de los concretos producidos por las empresas de premezclado.

De igual manera, se pretende no sólo identificar las propiedades mecánicas y físicas de los agregados y su influencia en el módulo de elasticidad estático (E_c) sino también la relación existente entre el módulo de elasticidad estático y dinámico.

³ Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismoresistente. NSR.98. Título C. 1998.

1.3. OBJETIVOS

A continuación se presentan los objetivos planteados para el desarrollo del presente proyecto.

1.3.1. Objetivo General.

Determinar las fórmulas propias del módulo de elasticidad del concreto para Bucaramanga y su Área Metropolitana, mediante el estudio del concreto producido en las plantas de concreto premezclados existentes en la región.

1.3.2. Objetivos Específicos.

Determinar el Módulo de Elasticidad del Concreto producido por las empresas productoras de concretos premezclados, existentes en Bucaramanga y su Área Metropolitana.

Determinar el peso específico en estado fresco y endurecido, la masa unitaria y la resistencia a la compresión de las muestras de concreto.

Plantear las ecuaciones para la determinación del módulo de elasticidad del concreto, a partir del establecimiento de las relaciones existentes entre los agregados utilizados, el peso específico y la resistencia a la compresión.

Evaluar las propiedades mecánicas y físico-químicas de los agregados de Bucaramanga y su área metropolitana.

1.4. RELEVANCIA DEL ESTUDIO

Los resultados obtenidos de la ecuación del módulo de elasticidad Estático de los concretos producidos en el Bucaramanga y su Área Metropolitana proporcionan información útil a los diseñadores y constructores de la región.

1.5. ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

En el capítulo 1 se incluye la justificación, alcance, objetivos, relevancia del estudio y una breve descripción de la organización de la tesis. En el capítulo dos se presenta el marco teórico de soporte para el desarrollo del estudio de manera que se mencionan aspectos relacionados con el concreto y sus componentes, tipos de ensayos que se realizan tanto en

estado fresco como endurecido y se mencionan conceptos de módulo de elasticidad estático y dinámico aplicados en estudios anteriores.

Posteriormente, el capítulo tres describe la metodología utilizada para el desarrollo del trabajo en la parte experimental. El capítulo cuatro y el quinto mencionan los resultados y los análisis de resultados respectivamente. Se finaliza con conclusiones y recomendaciones y las correspondientes referencias.

2. MARCO TEÓRICO.

El presente estudio está enfocado hacia la determinación de los módulos de elasticidad del concreto utilizado en Bucaramanga y su Área Metropolitana y la evaluación de la relación con el módulo de elasticidad dinámico.

El concreto es una de los materiales más utilizados en construcción y sus componentes le proveen características de resistencia a la compresión y flexión. La teoría del concreto es extensa, por razones del presente trabajo, se presentará una descripción concisa de cada uno de los componentes y de las propiedades de este en estado fresco y endurecido, que han sido consideradas en el presente proyecto.

2.1. CONCRETO

Es una piedra artificial creada por el hombre, que posee gran versatilidad y la cual es capaz después de cierto tiempo de soportar grandes esfuerzos a compresión⁴.

Es un material compuesto por un aglutinante, en caso de Colombia, es usado el cemento Portland hidráulico, un material de relleno como son los agregados pétreos, agua y en ocasiones cuando el caso lo amerite el uso de aditivos y/o adiciones⁴.

2.1.1. CEMENTO

Es un material formado por materiales minerales calcáreos como la piedra caliza y materiales arcillosos con contenido de alúmina y sílice. Este material “reacciona químicamente con el agua, por tal razón posee la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de ella, además tiene propiedades de adhesión y cohesión que le permiten aglutinar todos los agregados para conformar el concreto”⁵.

2.1.2. AGREGADOS

Los agregados pueden ser definidos como aquellos materiales inertes que poseen una resistencia propia suficiente, que no perturban ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento y que garantizan una

⁴ Sánchez de Guzmán, Diego. Tecnología del concreto y del Mortero. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 413p. 1987.

⁵ Tecnoconcreto de Colombia S.A. Master Builders. Bogotá. 177p. 1978.

adherencia con la pasta de cemento endurecida. Son considerados material de relleno dentro del concreto, debido a que éstos constituyen mayor volumen dentro de la mezcla, haciéndola más económica⁶.

Dicho material puede variar en la mineralogía de sus componentes o las condiciones físicas de sus partículas, de forma tal que la distribución del tamaño, la forma y la textura son factores que tienen un efecto en el comportamiento del concreto.

Los agregados son considerados materiales inertes, es decir, no reaccionan químicamente con ningún otro material que posee el concreto, tienen una resistencia propia suficiente que no altera ni afecta el proceso de endurecimiento del cemento y que garantiza una adherencia con la pasta de cemento endurecida. Estos materiales pueden ser naturales o artificiales, dependiendo de su origen.

2.1.2.1 Agregado Grueso

Es considerado como agregado grueso aquel material retenido en el tamiz de 4.76 mm (No. 4), este material puede estar compuesto por gravilla, grava, piedra y piedra rajón, dependiendo de los tamaños comprendidos, ésta es la materia prima para fabricar el concreto. El tamaño del agregado grueso para concreto depende del sistema de colocación, del refuerzo que lleve la estructura y de la resistencia para la cual se diseñe, por tal motivo los agregados a ser utilizados en las mezclas de concreto deberán ser de buena densidad, para adquirir mejores resistencias⁶.

2.1.2.2 Agregado Fino

El agregado fino es aquel material que pasa por el tamiz de 4.76 mm (No. 4), es denominado arena y su función en el concreto es como lubricante sobre el cual pueden rodar los agregados gruesos, para darle una manejabilidad adecuada al concreto. La cantidad de éste material es de sumo cuidado debido a que afecta la demanda de agua y el exceso de éste hace que la muestra sea más cohesiva y produzca un asentamiento menor incrementando el consumo de cemento⁶.

2.1.3. AGUA

El agua es de fundamental importancia en el concreto, en razón a que ella hace que el cemento se hidrate y reaccione químicamente formando un gel que sirve como aglutinante de las partículas constituyentes del concreto.

⁶ Instituto del Concreto- Asocreto. Tecnología y Propiedades. Asociación Colombiana de Productores de concreto. Bogotá. 215p. 2000.

Lubrica la mezcla con un volumen aproximadamente del 15% del volumen total del concreto, en donde sólo el 5% es la cantidad necesaria para hidratar el cemento y la cantidad restante sirve para proveer a la mezcla de manejabilidad además constituye el agua evaporable. Una cantidad excesiva de agua incrementaría la manejabilidad de la mezcla en estado fresco pero podría llegar a ocasionar disminución en la resistencia del mismo⁴.

2.1.4. ADITIVOS

Son adicionados a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado, son usados para modificar las propiedades del concreto con el fin de que sea más adecuada a las condiciones de trabajo o para lograrlo en forma más económica.

Entre los aditivos más comúnmente usados en nuestro medio se encuentran⁷:

2.1.4.1 Acelerantes.

Cuya función es reducir el tiempo de fraguado y acelerar el desarrollo temprano de resistencia. Las ventajas al usar este tipo de aditivo es que se reducen los tiempos de desencofrado, permitiendo el uso pronto de estructuras nuevas. El acelerante más conocido es el de cloruro de calcio.

2.1.4.2 Plastificantes.

Permiten reducir el agua de amasado y acelera las resistencias iniciales y finales del concreto, modificando levemente el tiempo de fraguado. Además facilita la colocación del concreto debido a que incrementa su manejabilidad.

2.1.4.3 Retardantes.

Además de retardar el tiempo de fraguado en el concreto reduce al agua y trabaja como plastificante al mismo tiempo. Estos son de gran utilidad cuando se fabrica concreto en clima caliente evitando así la formación de juntas frías.

2.1.4.4 Inclusores de aire.

Es un aditivo que origina aire en el concreto en pequeñas cantidades en forma de burbujas pequeñas durante el mezclado. Es utilizado para

⁷ SIKA. Manual de productos. Sika colombia S.A. Bogotá. 548 p. 2005.

aumentar la manejabilidad y la resistencia al congelamiento en el concreto.

2.1.4.5 Reductores de agua.

Usado para reducir la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto con una consistencia determinada o para incrementar el asentamiento de un concreto con un contenido dado de agua.

2.1.4.6 Superplastificantes.

Llamados también aditivos reductores de agua de alto rango. Son combinaciones de sustancias químicas, que al adicionarse a un concreto normal, le dan una manejabilidad extrema o proporcionan una gran reducción de agua, que excede los parámetros obtenidos con aditivos reductores de agua normales.

2.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

Esta es la etapa en la cual se puede manipular el concreto, en ella se realizan actividades tales como mezclado de los materiales para la conformación del mismo, transporte, colocación de la mezcla dentro de la formaleta adecuada y vibrado de la misma⁶, a fin de evitar hormigueros y de eliminar el aire atrapado por las partículas durante el proceso.

Con el fin de realizar un buen control de calidad en estado fresco al concreto y con el propósito de tomar decisiones rápidas durante la colocación del mismo, se hace necesario realizar una serie de métodos de ensayos, que permiten medir estas propiedades:

2.2.1. Manejabilidad

Esta puede definirse como la cantidad de trabajo interno útil necesario para producir la compactación total, entendiéndose como trabajo interno, a la energía requerida para vencer a la fricción interna entre las partículas en el concreto⁸. Otros autores la definen como la capacidad que posee el concreto de ser colocado y compactado apropiadamente.

⁸ Neville, A.M y Brooks, J.J. Tecnología del concreto. México. 319 p. 1987.

2.2.1.1 Ensayo de Asentamiento.

Uno de los ensayos que miden la manejabilidad del concreto fresco es el ensayo de asentamiento, el cual se encuentra descrito en la norma NTC-396, el cual mide la consistencia del concreto o fluidez de la misma, el cono de dimensiones prefijadas por Abrams es llenado en tres capas de igual volumen compactándolas con 25 golpes con una varilla de acero de dimensiones y peso prefijado en el ensayo, una vez se ha llenado completamente el cono, éste es retirado sin girarlo, de ésta forma como la mezcla está fresca y se le ha retirado el soporte lateral que la sostiene, la mezcla se asienta, se toma la diferencia de alturas entre la que tenía la mezcla antes de ser retirado el molde y la que tomó una vez retirado y con esta se mide la manejabilidad de la mezcla, dando como resultado mezclas secas (2.5 – 3.5 cm), semi-secas (3.5 – 5.0 cm), media (5-10 cm), húmeda (10.0 – 15.0 cm) y muy húmedas (mayor a 15.0 cm)⁶.

2.2.1.2 Ensayo de la bola de Kelly.

Descrito en la norma ASTM C360, es otro de los ensayos utilizados para medir la manejabilidad, está basado en la resistencia a la penetración del concreto, consiste en un cilindro de masa constante que tiene una punta esférica que se deja hundir bajo la acción de su propio peso, dependiendo de la profundidad que se alcanza depende la manejabilidad del concreto⁸.

2.2.1.3 Segregación

Se define como la tendencia que poseen las partículas gruesas de separarse de la fase del mortero del concreto y la deficiencia de esas partículas en el perímetro del concreto colocado⁶.

La segregación se presenta cuando se usan mezclas secas o pobres, en las cuales las partículas gruesas tienden a separarse y en mezclas muy húmedas en las cuales se producen separación de una parte de los agregados.

2.2.1.4 Exudación o sangrado

Se presenta cuando las partículas gruesas se sedimentan o se segregan y parte del agua del mezclado tiende a elevarse a la superficie de la mezcla recién colocada, debido a que los materiales sólidos de la mezcla no pueden retener toda el agua cuando se asientan durante el fraguado de la mezcla. Para determinar la exudación el método descrito por la norma NTC 1294 lo determina, compactando un espécimen y apisonándolo sin perturbación y el otro espécimen por vibración de forma intermitente durante el ensayo⁶.

2.2.1.5 Masa unitaria y rendimiento volumétrico

Se mide según lo estipulado en la norma NTC- 1926, consistente en determinar la masa requerida para llenar un molde de volumen conocido, compactándolo con 25 golpes con una varilla de 5/8" lisa.

La masa unitaria real del concreto se determina mediante el cociente de la masa neta del concreto y el volumen del recipiente⁶; valor que es utilizado para la determinación del rendimiento volumétrico, al dividir la masa total de los materiales mezclados entre este valor.

2.2.1.6 Contenido de aire.

Para medir el contenido de aire en el concreto se encuentran diferentes métodos de ensayo, entre las cuales se encuentran el ensayo de presión normal NTC 1028, el volumétrico NTC 1032 y el gravímetro NTC 1926⁶.

2.2.1.7 Método de presión

Está basado en la Ley de Boyle, en donde se tiene en cuenta la relación entre la presión y el volumen. Este equipo está calibrado para realizar el contenido de aire directamente cuando se le aplica una presión predeterminada⁶.

2.2.1.8 Método gravimétrico

Se precisa la remoción del aire de volumen conocido de concreto agitándolo dentro de un exceso de agua y finalmente en el método gravimétrico, es usado el mismo equipo para la determinación del rendimiento del concreto en estado fresco realizando el mismo procedimiento y el contenido de aire se expresa en porcentaje con relación al volumen total del concreto⁶, utilizando la siguiente ecuación:

$$A = \frac{P - W \cdot 100}{P} \quad \text{Ecuación (1)}$$

En donde:

A = contenido de aire en el concreto.

P = masa teórica del concreto calculada con la suposición de que está al aire en Kg/m³

W = Densidad real en Kg/ m³

2.2.1.9 Contenido de agua

Se hace importante medirla debido a que son base fundamental para determinar si la cantidad de agua real presente en la mezcla es la estipulada en el diseño de mezcla. La norma NTC 3752 describe la forma de hallarla, mediante la medición de la concentración de ión cloruro resultante de la reacción química de la mezcla del concreto, con una solución de cloruro de volumen y características conocidas⁶.

2.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

Conviene precisar que en ésta etapa, el concreto está adquiriendo la resistencia para la cual fue diseñado y precisamente por ésta condición se hace necesario proveerlo de un buen curado. Es necesario recordar que el concreto es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión, dependiendo de las propiedades físicas, químicas, mecánicas y de la interacción de cada uno de los componentes⁶.

A continuación se presentan las propiedades más comunes:

2.3.1. Resistencia a la compresión

Al respecto es importante decir, que la gran mayoría de estructuras se diseñan supuestamente para que resistan a éste tipo de esfuerzos; razón por la cual este es un aspecto de gran relevancia, en razón a que sirve como criterio de calidad del concreto.

El espécimen de concreto es cargado hasta su rotura, por medio de una prensa de características y especificaciones definidas, con una velocidad controlada según lo establecido en la norma NTC-673.

La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen por el área de la sección transversal del mismo.

2.3.2. Resistencia a la flexión

Ensayo importante en las estructuras de concreto simple sometidos a éste tipo de esfuerzos, como es el caso de las losas de los pavimentos.

Para éste ensayo se elaboran vigas de concreto de 0.15 m por 0.15 m de sección por una longitud de 0.60 m, las cuales son cargadas en su tercio medio hasta la rotura. La resistencia a la flexión se mide por medio del

módulo de rotura, dependiendo del lugar donde ocurra la falla, el módulo se determina utilizando una de las siguientes fórmulas⁶:

Cuando la falla ocurre dentro del tercio medio de su luz

$$Mr = \left(\frac{PL}{bd^2} \right) \quad \text{Ecuación (2)}$$

Cuando la falla ocurre fuera del tercio medio de su luz en no más del 5% de la luz

$$Mr = \left(\frac{3Pa}{bd^2} \right) \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

Mr = módulo de rotura en Kg/cm²

P = carga máxima soportada por la viga en Kg.

L = luz entre apoyos en cm

b = ancho de la viga en cm

d = altura de la viga en cm

a = distancia de la falla al apoyo más cercano en cm.

2.3.3. Resistencia a tracción

Conocido como el método brasileiro NTC-722, este parámetro se relaciona con el agrietamiento que el concreto presenta a causa de la contracción inducida por los cambios de temperatura. Este valor es muy pequeño razón por la cual no es tenido en cuenta para efectos de diseño.

El ensayo consiste en cargar un cilindro de dimensiones convencionales a lo largo de dos líneas axiales diametralmente opuestas a través de listones de longitud igual a la del cilindro hasta llevarlo a su máxima carga⁶.

2.4. MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO DEL CONCRETO

El módulo de elasticidad dinámico del concreto puede ser determinado no destructivamente usando la prueba de resonancia (Malaikah y otros, 2004) descrita en la norma ASTM C-215, utilizando el pulso ultrasónico y midiendo la velocidad que tarda la onda en atravesar la muestra de concreto. Nótese que al utilizar fórmula para la determinación de la

velocidad longitudinal del pulso ultrasónico se deduce el módulo de elasticidad dinámico, mediante la siguiente expresión (Malaikah y otros, 2004; Solís y otros, 2004):

$$V_L = \sqrt{\frac{E_d \cdot (1 - \nu)}{\rho \cdot (1 - 2 \cdot \nu) \cdot (1 + \nu)}} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

- V_L : es la velocidad medida con el pulso ultrasónico.
- E_d : es el Módulo de elasticidad dinámico del concreto.
- ν : corresponde al valor del coeficiente de Poisson.
- ρ : es la densidad del material.

2.5. MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO Y COEFICIENTE DE POISSON

El módulo de elasticidad estático secante es la relación que existe entre el esfuerzo y la deformación unitaria axial, al estar sometido el concreto a esfuerzos de compresión dentro del comportamiento elástico. Es la pendiente de la secante definida por dos puntos de la curva del esfuerzo-deformación, dentro de esta zona elástica. Estos puntos son definidos como 0 y el 40% de la resistencia máxima del concreto⁶.

El módulo de elasticidad estático (E_c) se define por medio de la siguiente fórmula:

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050} \quad \text{Ecuación (5)}$$

Donde:

- E_c : Módulo de elasticidad secante (MPa)
- S_1 : Esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal ϵ_1 de las 50 millonésimas, en MPa.
- S_2 : Esfuerzo correspondiente a una deformación del 40% de la carga última.
- ϵ_2 : Deformación longitudinal producida por el esfuerzo S_2 .

El coeficiente de Poisson es la relación entre las deformaciones transversal y longitudinal, al estar sometido el concreto a esfuerzos de compresión dentro del comportamiento elástico. Las normas NTC 4025⁹ y

⁹ NTC. "Método de Ensayo para determinar el Módulo de Elasticidad Estático y la relación de Poisson en Concreto a compresión (NTC-4025)". 2006.

la ASTM C 469¹⁰, describen el proceso para su determinación. En la cual se utilizan cilindros de los mismos que se utilizan en la prueba de resistencia a la compresión del concreto, a éstos especímenes se les adapta un dispositivo llamado extensómetro, consistente en dos anillos, uno unido de manera rígida y el otro atado a dos puntos opuestos de forma diametral, que permiten rotar. Este dispositivo posee dos deformímetros para realizar lecturas de deformación no solo longitudinal sino también transversal, a fin de permitir la medición de las mismas.

La norma sismoresistente NSR-98, sugiere como ecuación general para la determinación del E_c , la siguiente expresión $E_c = 3900 \sqrt{f'_c}$ (MPa) y cuando se conoce el origen de los agregados y se dispone de W_c y f'_c las siguientes ecuaciones:

Material Ígneo	$E_c = (W_c)^{1.50} * 0.047 \sqrt{f'_c}$
Material Sedimentario	$E_c = (W_c)^{1.50} * 0.031 \sqrt{f'_c}$
Material Metamórfico	$E_c = (W_c)^{1.50} * 0.041 \sqrt{f'_c}$

2.6. PRUEBAS FÍSICO-MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

En cuanto a las propiedades físicas que son significativas en el comportamiento mecánico del concreto⁶ se encuentran: la granulometría, densidad, porosidad, masa unitaria y la forma y textura de los agregados; parámetros medidos en el presente proyecto.

2.6.1. Pruebas Físicas

2.6.1.1 Granulometría.

Es la distribución del tamaño de las partículas de una masa de agregado. El análisis granulométrico consiste en hacer pasar una masa conocida de material a través de una serie de tamices o mallas que poseen aberturas cuadradas ubicadas de forma tal que los tamaños más grandes se encuentren ubicados de mayor a menor abertura y pesando el material que queda retenido en cada uno de ellos.

En el caso de agregados para concretos éste ensayo permite además de mostrar la distribución de los tamaños de los agregados, calcular los tamaños de los mismos como son el tamaño máximo (TM), el tamaño máximo nominal (TMN) y el módulo de finura (MF), parámetros básicos para diseño de concretos.

¹⁰ ASTM. "Estándar Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression (ASTM C469-02)".2002.

2.6.1.2 Textura.

La textura es un parámetro importante en lo referente a la influencia que el agregado posee en cuanto a la adherencia⁶ de éste con la pasta de cemento fraguada, de igual forma para la densidad y las resistencias a tanto a compresión como a flexión.

2.6.1.3 Densidad.

Esta depende directamente de las propiedades de la roca madre⁶, la densidad aparente es importante para el diseño de las mezclas de concreto, para la determinación de las cantidades de los agregados por peso para un volumen unitario de concreto.

2.6.1.4 Porosidad y absorción.

La porosidad de un agregado se mide por medio del % de absorción de agua u otro líquido⁴ que este material posea, vale la pena anotar que entre más % de absorción posea un agregado más poroso será, menos denso y por consiguiente el concreto será menos resistente, deduciéndose de esta manera que un agregado de mejor calidad será aquel que posea menor absorción.

2.6.1.5 Masa Unitaria

Es la relación entre la cantidad de material en un recipiente determinado y el volumen que esta ocupa. Se pueden determinar las masas unitarias sueltas y las masas unitarias compactas. Para la determinación de la masa unitaria suelta se procede a llenar un molde de peso y volumen conocido por gravedad desde una cierta altura de caída y la masa unitaria compacta se determina llenando el molde en tres capas compactadas con 25 golpes. El procedimiento de ensayo se encuentra descrito en la norma NTC-92.

2.6.2. Propiedades Mecánicas.

Dentro de las propiedades mecánicas estudiadas en el presente trabajo se encuentran las siguientes:

2.6.2.1 Dureza.

Se determina por medio del ensayo de desgaste en la máquina de los Ángeles referidos en la norma NTC-93 y 98, esta propiedad depende de la constitución mineralógica y de la procedencia del agregado. Esta

propiedad es usada como indicador de la calidad inherente de varias fuentes de agregados⁶.

2.6.2.2 Sanidad.

La sanidad de los agregados es un parámetro medido en el ensayo descrito por la norma NTC-126, en relación a que los agregados pueden en ocasiones estar contaminados con contenidos de sulfato y cloruros adheridos a su superficie, además, el ataque de los cloruros también puede presentarse cuando los agregados se encuentran expuestos a un ambiente agresivo. Estas reacciones que no son observables a simple vista deben estudiarse mediante ensayos de laboratorio a fin de medir la peligrosidad de éstas en el concreto.

2.6.2.3 Contenido de Materia orgánica.

La materia orgánica consiste en productos de descomposición de material en forma de humus o marga orgánica, que suelen estar presente en las arenas⁸. Sus efectos perjudiciales se pueden comprobar mediante la prueba colorimétrica descrita en la norma NTC-127.

3. METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL ESTUDIO

El objetivo del presente trabajo fue determinar la variación del módulo de elasticidad estático del concreto y el valor del módulo dinámico utilizando el medidor de pulso ultrasónico. La metodología de campo se describe en la Figura 2.

Con el fin de proporcionar detalles que permitan la réplica de este trabajo en otras ciudades, se presentan las actividades de campo realizadas para la preparación de los especímenes.

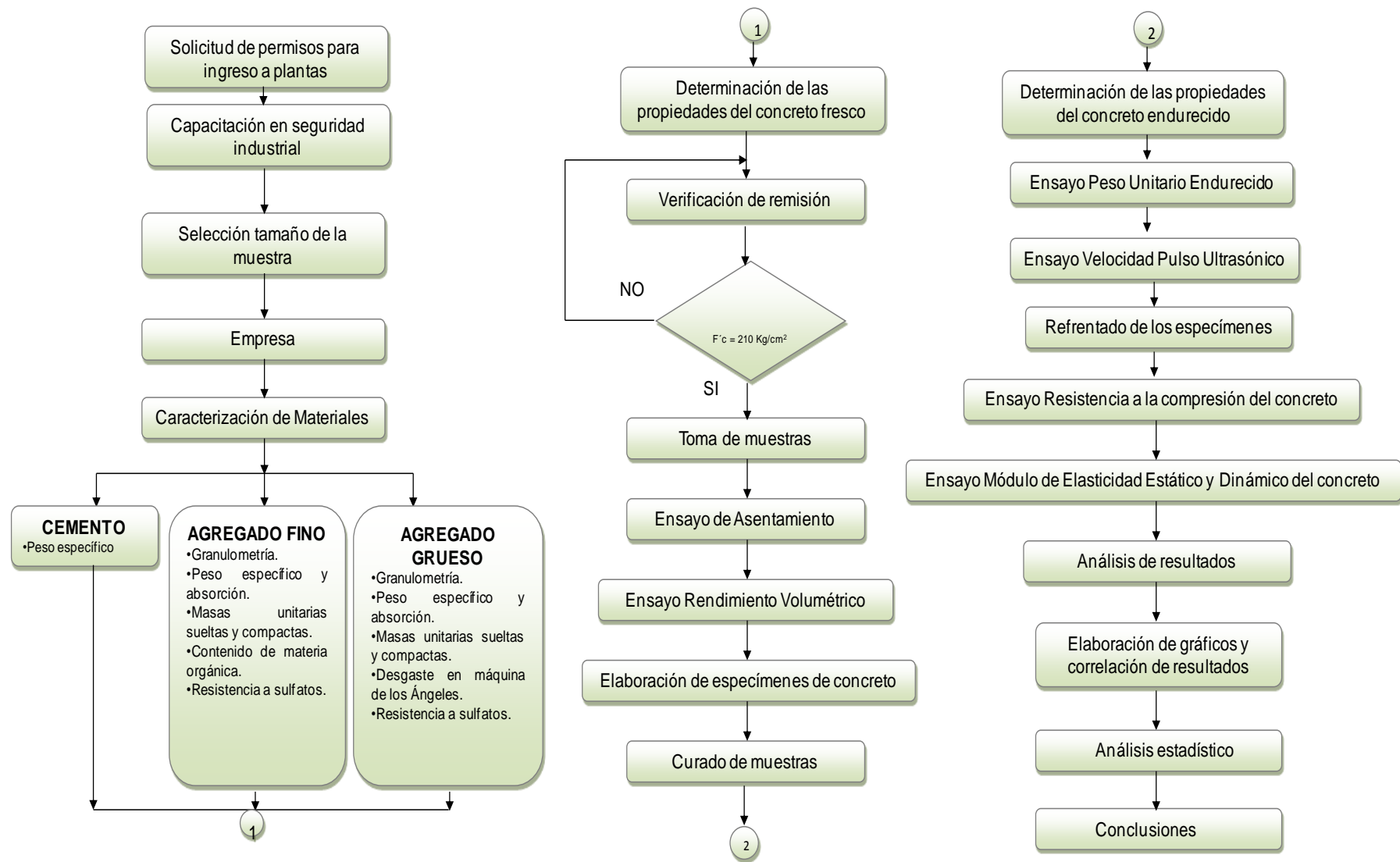
3.1. SOLICITUD DE PERMISO PARA ENTRADA A LAS PLANTAS

Inicialmente se realizó una visita a las plantas productoras de concreto, encontrando interés en la participación del estudio por parte de las cuatro centrales de mezclas que hay en el área metropolitana de Bucaramanga. Teniendo en cuenta que cada empresa tiene condiciones de salud ocupacional y seguridad industrial para el ingreso a la planta, fue necesaria la formulación de compromisos escritos desde la Dirección General de Investigaciones en lo relacionado con afiliación a la ARP, presentación de seguridad médica y el uso de dotación de seguridad para todos los participantes de este estudio. También la asistencia a jornadas de capacitación en seguridad industrial y salud ocupacional. En la Figura 1 se aprecia la utilización de la dotación de seguridad utilizada para la realización del trabajo en las diferentes empresas.



Fuente: Propia

Figura 1. Elementos de Seguridad. a) Uso de gafas, casco y tapaoídos, b) uso de guantes, tapabocas y chaleco reflector.



Fuente: Propia

Figura 2. Flujograma Metodología

3.2. SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA LA ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

Para la determinación del tamaño de la muestra de concretos producidos en Bucaramanga y su Área Metropolitana, se atendió a la recomendación que el Código colombiano sismo resistente NSR-98 (numeral C.5.6.1) establece respecto al número de muestras a tomar por cada 40 m³ de concreto producido. Adicionalmente, se contempló el volumen total producido por la planta.

De acuerdo a lo anterior, se recopiló la información consolidada en la Tabla 1:

Tabla 1. Información de planta para la construcción de la muestra

EMPRESA	VOLUMEN PRODUCIDO (m ³ /mes)	CANTIDAD DE MUESTRAS (und)	CANTIDAD DE MUESTRAS QUE COMPONEN LA PRUEBA	CANTIDAD TOTAL A REALIZAR (und)
1	3250	81	3	243
2	5500	138	3	414
3	7500	188	3	564
4	2250	56	3	168
TOTAL DE MUESTRAS				1389

Fuente: Propia.

La preparación de estos especímenes se hizo con muestras tomadas directamente en concreto producidos en plantas y se acordó trabajar con la mitad de las muestras totales para propósitos del trabajo de campo (Ver tabla 2).

Tabla 2. Tamaño de la muestra seleccionada

EMPRESA	CANTIDAD DE MUESTRAS
1	122
2	207
3	282
4	84
TOTAL	695

Aunque hubo interés por parte de las centrales de mezclas en la participación en este estudio, 3 de las cuatro empresas permitieron el acceso y toma de especímenes dentro de la planta. Cabe resaltar que el espacio muestral aun así resultó representativo para el total de cilindros que se esperaba probar, es decir se probaron 611 de los 695 inicialmente sugeridos. Es bueno añadir que los materiales pétreos y cemento utilizados por la empresa 4 eran los mismos de la empresa 1.

3.3. CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO UTILIZADO EN LAS EMPRESAS CONCRETERAS

Se hizo la consulta sobre el tipo de cemento que utilizaban en las distintas Empresas de fabricación de concreto y se encontró que cada central de mezcla utiliza cemento de diferente marca. La caracterización del cemento se hizo siguiendo la norma NTC-221 (ver anexo 1).

Esta norma establece que se deben tomar 64 g. de cemento para la prueba, el volumen de ésta masa de cemento se determina por medio del principio de Arquímedes, como el desplazamiento de un líquido que no reaccione químicamente con el cemento (kerosene). Información adicional sobre el procedimiento seguido en laboratorio se encuentra en la norma anteriormente descrita.

En la Figura 3 se muestra el desplazamiento del kerosene generado al adicionar la masa de cemento. Esta diferencia de volumen es registrada como el volumen de la masa de 64 g. de cemento para finalmente determinar el peso específico del mismo.



Fuente: Propia

Figura 3. Determinación del peso específico del cemento, a) Lectura del volumen inicial (Kerosene), b) Lectura final del volumen una vez adicionada la masa de cemento

3.4. CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL GRANULAR UTILIZADO EN LAS EMPRESAS CONCRETERAS

Se hizo la consulta sobre los lugares de explotación de las empresas de fabricación de concreto. Teniendo en cuenta que el material pétreo se

tomaba de diferentes sitios, se acordó realizar los ensayos que permitiera caracterizar mecánica y químicamente los agregados.

Estos ensayos fueron:

- Caracterización de los agregados para la determinación de las propiedades mecánicas de los agregados de Bucaramanga y su área metropolitana, mediante la realización de una serie de ensayos descritos a continuación y reportados en los anexos 2, 3 y 4.
- Para el análisis granulométrico de los agregados según lo descrito en la norma NTC-77, se tomó una muestra representativa de cada uno de los agregados, los cuales se secaron al horno a temperatura de 110 ± 5 °C. Posteriormente se lavaron los agregados a través del tamiz No. 200, se secaron al horno, luego se pasaron por una serie de tamices y finalmente se pesó la masa de agregado retenida en cada uno de ellos.

Este ensayo sirvió para la determinación del tamaño de los agregados, tales como tamaño máximo (TM), tamaño máximo nominal (TMN) y modulo de finura (MF).

En la Figura 4 se muestran los tamaños de los agregados encontrados mediante el análisis granulométrico de los mismos, los cuales fueron estudiados en el presente proyecto.



Fuente: Propia

Figura 4. Análisis granulométrico, a) análisis granulométrico realizado al agregado fino, b) análisis granulométrico del agregado grueso

- La densidad y absorción de los agregados gruesos y finos se realizó según lo descrito en las normas NTC-176 y 237. Para los

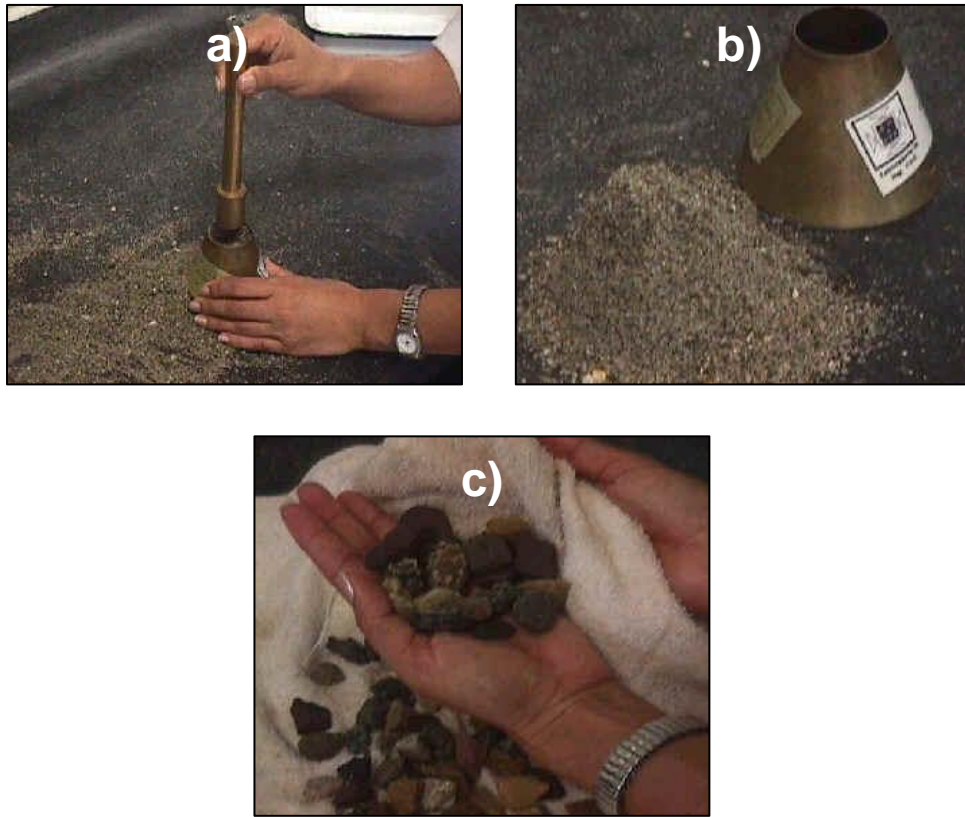
agregados gruesos el ensayo consistió en seleccionar una masa de material por medio del cuarteo (Figura 5).

Una vez cuarteado el material se tamizó por la malla No. 4 y se sumergió en agua durante un tiempo de 24 horas. Después de ese tiempo se sacó el agregado del agua y se pesó en condición saturada. Posteriormente, se pesaron los agregados dentro del agua, luego se secaron con una toalla y se pesaron en condición superficialmente seca internamente saturada (SSS).

En cuanto a la densidad de los agregados finos, éstos también fueron seleccionados por cuarteo, dejados inmersos en agua durante 24 horas, secados superficialmente por medio de una corriente de aire. Para comprobar que el material fino estuviera en condición SSS se debió llenar un molde de tronco cónico compactándolo con 25 golpes; si al levantar el cono el material fino se desmoronaba parcialmente el material estaba en esta condición.

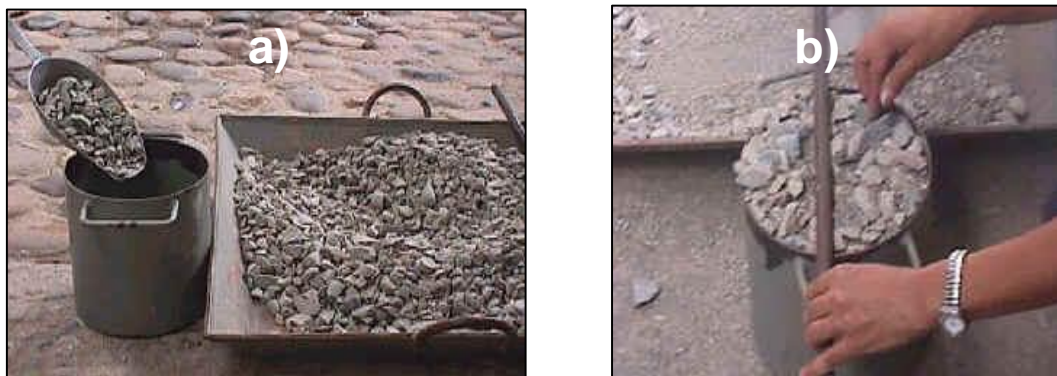
Luego se tomaron 500 g. de agregado fino y se introdujo en el matraz. El conjunto (matraz mas muestra) se pesó, se le adicionó agua hasta la marcación de 500 cm³, se desairó la muestra y se procedió a pesar el conjunto de matraz, agregado fino y agua. En la Figura 5 se muestra parte de este procedimiento.

- La determinación de las masa unitarias, se realizó mediante el ensayo definido por la norma NTC-92, inicialmente se pesó el molde, posteriormente se llenó con agregado y luego se pesó el conjunto de molde más agregado, de esta forma se realizó el ensayo de masa unitaria suelta y la compacta se realizó llenando el molde en tres capas las cuales se compactaron con 25 golpes, tal como se muestra en la Figura 6.



Fuente: Propia

Figura 5. Ensayo de peso específico y absorción de los agregados pétreos, a) compactación del agregado fino, b) condición SSS del agregado fino, c) Condición SSS en el agregado grueso

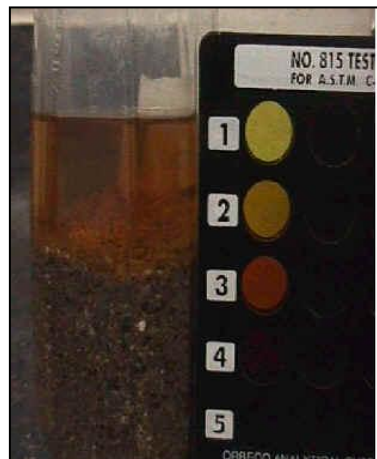


Fuente: Propia

Figura 6. Determinación de las masas unitarias del agregado pétreo, a) Llenado del molde con agregado b) proceso de compactación y enrase.

- En cuanto a la determinación del contenido de materia orgánica que puede ser nocivo para el concreto, se debió realizar el ensayo según lo estipulado en la norma NTC-127 y mostrado en la Figura 7, se procedió a adicionar una cantidad de 130 ml de material, colocándolo dentro de un recipiente, adicionándole solución de hidróxido de sodio al 3% hasta 200 ml, tapando el recipiente y agitándolo fuertemente.

Este material se dejó en reposo durante 24 horas, una vez terminado ese tiempo se comparó el color de la solución que sobrenadaba con la carta de coloraciones la cual posee los valores de 1-2-3-4 y 5, en donde los colores No. 4 y 5 corresponden a colores de ámbar oscuro y negro, los cuales no están permitidos para las arenas que se deseen utilizar para la elaboración de concretos.



Fuente: Propia

Figura 7. Comparación con la carta de colores

- Determinación de la sanidad de los agregados por ataque con sulfatos, norma NTC-126, consistió en la selección de los agregados por tamaños según la norma y se sometió a la acción de los sulfatos por un periodo entre 14-16 horas al cabo de la cual se sacaban los agregados y nuevamente se sometían a secado en el horno y así sucesivamente se realizó este mismo procedimiento por 4 ciclos más. Al ser sometido los agregados a estos ciclos de inmersión en solución y secado, se produjo en ellos una pérdida de peso que define la capacidad que posee el material para soportar cambios de volumen dependiendo del grado de exposición al que esté sometido.

3.5. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Para fines de éste proyecto se midieron las propiedades del concreto fresco utilizado en Bucaramanga y su área Metropolitana, mediante los ensayos de asentamiento según la norma NTC-396 y Masa unitaria y rendimiento volumétrico basado en la norma NTC-1926, que sirvieron para controlar la calidad del concreto fresco producido en las plantas en estudio y obtener bases teóricas para conclusiones posteriores de acuerdo a los resultados obtenidos

El procedimiento seguido en campo fue:

- Toma de muestras de concreto en la carretilla directamente del carro transportador (míxer) realizando la verificación de la remisión, teniendo en cuenta que la muestra de concreto fuera de 210 Kg/cm² (3000 PSI) planteado en el proyecto.
- Determinación del asentamiento NTC-396, que consistió en llenar el cono de Abraham en tres capas compactadas con 25 golpes cada una y posteriormente levantarlo sin girarlo, para medir lo que la mezcla se había asentado, midiendo así el grado de manejabilidad que ésta poseía, parte de éste procedimiento se muestra en la Figura 8.



Fuente: Propia.

Figura 8. Ensayo de asentamiento a) levantamiento del cono, b) medida del asentamiento de la mezcla

- Determinación del rendimiento volumétrico según la norma NTC-1926, se pesó el molde, se llenó en tres capas compactadas de igual forma que en el ensayo de asentamiento y finalmente se pesó el conjunto de molde y masa de concreto.

- Elaboración y curado de los especímenes de concreto de acuerdo con lo estipulado en las normas técnicas NTC-550, llenando los cilindros con mezcla en tres capas compactadas con 25 golpes, una vez elaborados deben ser golpeados con un mazo de caucho para eliminar el aire que ha quedado atrapado, luego se dejan en reposo y al siguiente día deben ser desformaleteados y curados. A continuación se muestra en la Figura 9 el proceso llevado a cabo para la elaboración y curado de los especímenes de concreto, desde el alistamiento de las formaletas hasta que los especímenes inician el proceso de curado, etapa importante para la adquisición de la resistencia de las mismas.



Fuente: Propia

Figura 9. Proceso de elaboración y curado de las muestras de concreto, a)Formaleta lista para elaboración de especímenes, b) Muestras de concreto elaboradas, c) Proceso de desformaleteado de las muestras, d)Tanque de curado de muestras.

3.6. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

Se tomaron especímenes para ser fallados a los 28 días. A estas muestras se les tomaron las pruebas de peso específico endurecido (ver anexos 8, 9 y 10), resistencia a la compresión de concreto NTC-673 (ver anexos 5, 6 y 7), módulo de elasticidad estático y coeficiente de Poisson NTC- 4025, módulo de elasticidad dinámico ASTM C-597-83.

El procedimiento seguido en campo fue:

- Determinación del Peso Unitario de los especímenes de concreto en estado seco, por medio de los pesos secos, superficialmente seco internamente saturado (SSS) y peso en el agua de las probetas de concreto. Procedimiento mostrado en la Figura 10.



Fuente: propia

Figura 10. Determinación peso unitario en estado endurecido, a) Muestras en estado seco, b) peso seco de las muestras

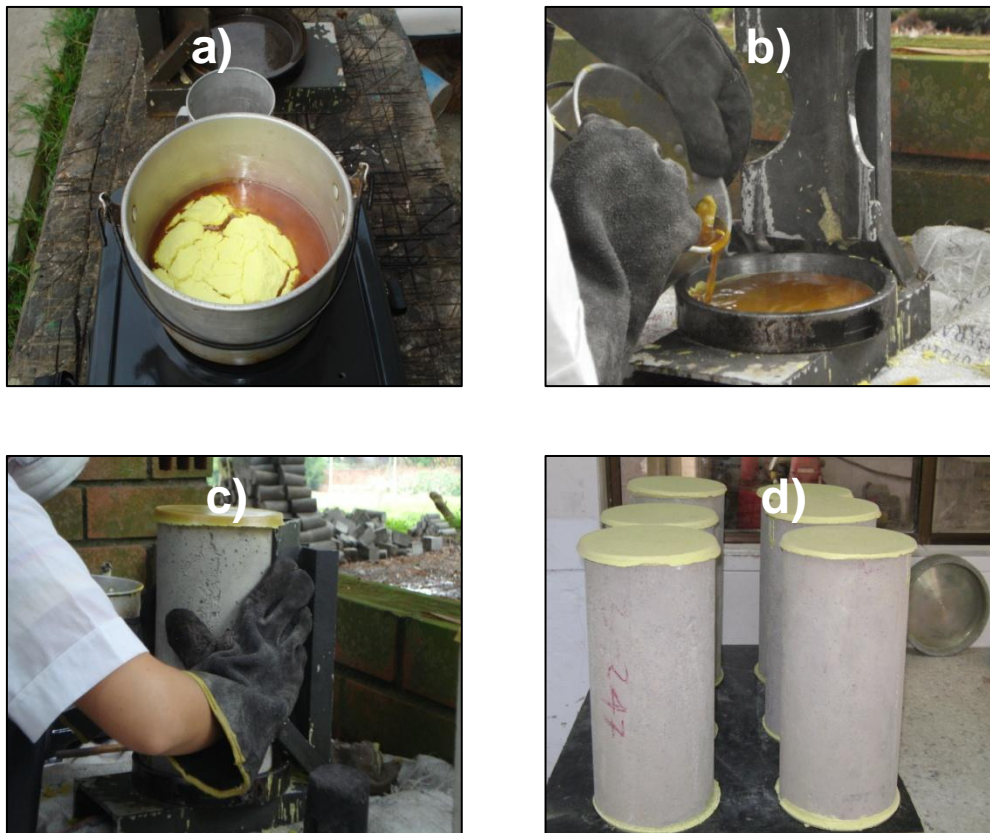
- Ensayo de velocidad del pulso, según lo descrito por la norma ASTM C-597-83, registrando los tiempos de recorrido de la onda a través de la muestra de concreto, tal como se puede apreciar en la Figura 11. En los anexos 11, 12 y 13 se pueden apreciar dichos ensayos).



Fuente: Propia

Figura 11. Ensayo de pulso ultrasónico a) Medidor de pulso; b)calibración de los transductores; c)registro de datos

- Refrentado de los especímenes de concreto se hizo nivelando las muestras de concreto endurecido con azufre, atendiendo la norma NTC-504, tal como se puede apreciar en la Figura 12.
- Determinación de la Resistencia a la Compresión norma NTC-673, realizada a los especímenes de concreto elaborados. Se aplicó una carga a una velocidad entre 0,14–0.34 Mpa/s hasta llevar la muestra a la falla, lo cual era un parámetro indispensable para cargar los otros dos especímenes al 40% de ésta carga y realizar la determinación de los módulos. La Figura 13 muestra el equipo utilizado para la determinación de la resistencia a la compresión.



Fuente: Propia

Figura 12. Proceso de refrentado de muestras con azufre
 a) preparación del azufre, b) vaciado en el refrentador, c) colocación de especímenes d) estado final del refrentado



Fuente: Propia

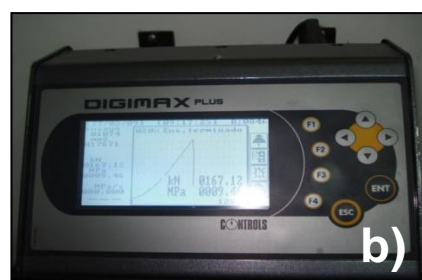
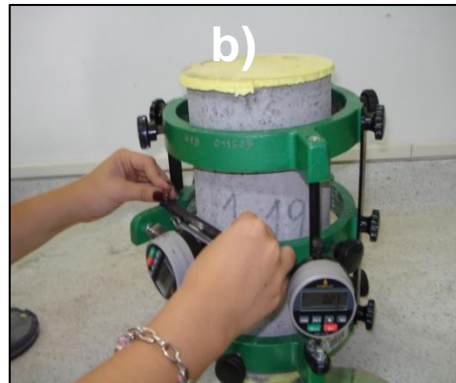
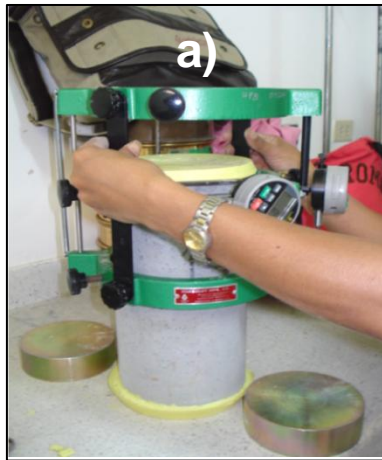


Figura 13. Ensayo Compresión a) Máquina de compresión; b) Tablero digital de carga

- Determinación del módulo de elasticidad dinámico (E_d) del concreto. En las probetas sometidas a compresión se determinó el módulo de elasticidad dinámico por medio del ensayo del pulso ultrasónico siguiendo la norma ASTM C 597. Para ello, se utilizaron dos transductores, un pulso generador y un aparato de grabación de tiempo mediante las cuales fue posible calcular el (E_d) aplicando la ecuación (4). La velocidad de propagación en el modo longitudinal se determinó considerando la longitud recorrida por onda y el tiempo empleado por la misma para atravesar la muestra (Ver figura 11).
- Al mismo tiempo que se realizaba la determinación del módulo de elasticidad dinámico (E_d) se realizaba la determinación del módulo de elasticidad estático del concreto (E_c) y el coeficiente de Poisson según la ASTM C192 (Ver Figura 14), cargando los especímenes de concreto hasta un 40% de la resistencia a compresión (f'_c) y tomando lecturas de deformación.
- Finalmente, las muestras de concreto se llevaron a la falla y los escombros generados por la rotura del concreto eran trasladados al sitio de disposición final especificado en cada una de las empresas.



Fuente: Propia

Figura 14. Procedimiento seguido para la determinación de los módulos de elasticidad a) instalación del extensómetro; b) ajuste de los deformímetros; c) colocación del espécimen en la prensa; d) realización del ensayo y registro de datos

4. RESULTADOS

Para la toma de datos de este proyecto se visitaron tres de las cuatro empresas que proveen de concreto a las empresas constructoras en el Área Metropolitana de Bucaramanga. La matriz de toma de datos se organizó para cubrir el muestreo en las plantas y proceder al desarrollo de la metodología planteada anteriormente. En concordancia con la metodología se presentan los resultados obtenidos.

4.1. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO

Los ensayos realizados al cemento hidráulico que utilizaban en las planta fue básicamente el ensayo de peso específico del cemento por el método de Le Chatelier. Aunque existen otros métodos para determinar el peso específico del cemento (Schumann, Mann, Candlot y el método del picnómetro), se utilizó Le Chatelier porque es el método común que podía ser utilizado tanto en los laboratorios de las plantas concreteras como en el laboratorio de la Universidad Pontificia Bolivariana. La Tabla 3 resume las características del cemento utilizado en cada una de las empresas

Tabla 3. Caracterización realizada a los cementos

EMPRESA	TIPO DE CEMENTO	PESO ESPECÍFICO (g/cm ³)
1	ARGOS	3,077
2	BOYACÁ	3,061
3	DIAMANTE	2,991

Fuente: Propia.

Se puede observar que las densidades de los cementos utilizados son diferentes debido a que la composición química de ellos difiere. El valor del peso específico obtenido en la empresa 3 es un indicador que este cemento que posee adiciones que hacen que su peso específico sea bajo con respecto a las otras dos empresas.

4.2. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL PÉTREO

Las empresas 1 y 2 utilizan agregados pétreos procedentes de Pescadero. La empresa 3 utiliza agregado fino procedente de Pescadero y triturado procedente de piedra caliza de su propia planta de explotación de agregados. Las características de los agregados para cada una de las empresas estudiadas se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Propiedades Físico - Mecánicas de los agregados

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	EMPRESAS		
	1	2	3
Tamaño Máximo (pulgada)	1	1	1
Tamaño Máximo Nominal (pulgada)	1	1	1
Módulo de finura (adimensional)	3,25	2,79	2,75
Masa unitaria Suelta-Agregado grueso (g/cm ³)	1,381	1,391	1,366
Masa unitaria Compacta-Agregado grueso (g/cm ³)	1,507	1,510	1,487
Masa unitaria Suelta-Agregado fino (g/cm ³)	1,676	1,659	1,663
Masa unitaria Compacta-Agregado fino (g/cm ³)	1,836	1,822	1,787
Peso específico agregado grueso (g/cm ³)	2,911	2,724	2,787
% de absorción agregado grueso	5,6	0,7	0,4
Peso específico agregado fino (g/cm ³)	2,610	2,610	2,619
% de absorción agregado fino	0,6	1,38	0,99
Contenido de materia orgánica (según carta Gardner)	1	1	1
Desgaste en máquina de los Ángeles (%)	23	19	32
Resistencia a sulfatos agregado fino (%)	11,3	8,7	9,4
Resistencia a sulfatos agregado grueso (%)	2,74	4,41	8,98

Fuente: Propia

Se puede observar que a pesar de que las empresas 1 y 2 utilizan los agregados de la misma fuente (Pescadero), el módulo de finura de la arena varía en ambas empresas. Además se observa que los porcentajes de absorción, el desgaste y las resistencias a sulfatos también difieren entre ellas. En cuanto a la empresa 3 las propiedades son muy similares a las otras dos empresas. Las especificaciones técnicas de Invias así como la NSR-98 sugieren los parámetros que deben cumplir los materiales a usar para el concreto, de las cuales se hablará más adelante

4.3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL CONCRETO EN ESTADO PLÁSTICO

Los ensayos realizados al concreto en estado plástico fueron asentamiento, rendimiento volumétrico y peso unitario. Los resultados se encuentran en las Tablas 5, Tabla 6 y Tabla 7 para cada una de las empresas estudiadas. Es importante resaltar que estos ensayos eran tomados en cada submuestra de más o menos 20 especímenes de concreto tomados diariamente en cada una de las empresas.

Tabla 5. Pruebas del concreto en estado plástico. Empresa 1

FUNDIDA	ASENTAMIENTO (plg)	RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO (%)	PESO UNITARIO FRESCO (Kg/m ³)
1	3,5	102	2412,27
2	5,5	101	2393,02
3	4	102	2405,53
4	4	100	2355,81
5	5	100	2362,55
6	6	100	2362,55
7	4	101	2393,02

Fuente: Propia

En la empresa 1 los asentamientos observados corresponden a mezclas de consistencia húmeda (entre 10 y 15 cm de asentamiento). Es importante destacar que en tres fundidas el valor del rendimiento volumétrico correspondió a 100 (valor esperado) mientras que en las cuatro restantes sus rendimientos volumétricos fueron superiores a 100.

Tabla 6. Pruebas del concreto en estado plástico. Empresa 2.

FUNDIDA	ASENTAMIENTO (plg)	RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO (%)	PESO UNITARIO FRESCO (Kg/m ³)
1	5	98	2327,98
2	6	98	2320,61
3	7	98	2310,08
4	8,5	102	2416,08
5	8,5	100	2382,38
6	4	101	2397,83
7	8	101	2400,63
8	5,5	101	2395,37
9	5,5	101	2396,42
10	6	101	2397,83

Fuente: Propia

En cuanto a la empresa 2 se observó que los asentamientos indican una mezcla de consistencia húmeda. Para esta muestra, los rendimientos volumétricos estuvieron en un rango de 98 a 102, y tan solo en una fundida se obtuvo un rendimiento de 100, seis submuestras dieron rendimiento superior a 100 y tres valores por debajo de 100.

Tabla 7. Pruebas del concreto en estado plástico- Empresa 3

FUNDIDA	ASENTAMIENTO (plg)	RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO (%)	PESO UNITARIO FRESCO (Kg/m ³)
1	4	101	2400,58
2	4	101	2404,85
3	4	102	2403,43
4	4	101	2400,58
5	3	101	2393,46
6	3,5	99	2352,17
7	6	100	2382,07
8	4	99	2356,44
9	8	100	2380,64
10	5,5	101	2386,34
11	4	101	2383,49
12	4	100	2380,64
13	4	103	2377,80
14	5	100	2394,88

Fuente: Propia

En la empresa 3 se observaron asentamientos que indican mezclas de consistencia húmeda. En cuanto a los rendimientos volumétricos cuatro submuestras presentaron rendimientos equivalentes a 100, mientras que dos estuvieron por debajo de 100 y ocho por encima de 100.

4.4. Resultados de las pruebas del concreto en estado endurecido

Los ensayos realizados al concreto de 3000 PSI (210Kg/cm²) en estado endurecido fueron peso específico, resistencia a la compresión a los 28 días, módulo de elasticidad estático y coeficiente de Poisson y módulo de elasticidad dinámico. Los resultados correspondientes a pesos específicos de las concreteteras se consignan en la Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10. De igual forma, los resultados de resistencia a la compresión del concreto se registran en la Tabla 11, Tabla 12 y Tabla 13, el módulo de elasticidad estático y el coeficiente de Poisson y módulo de elasticidad dinámico se resumen en la Tabla 14, Tabla 15 y la tabla 16 por concretetera.

Tabla 8 Peso específico Empresa 1

No. MUESTRA	PESO UNITARIO (Kg/m ³)	No. MUESTRA	PESO UNITARIO (Kg/m ³)	No. MUESTRA	PESO UNITARIO (Kg/m ³)	No. MUESTRA	PESO UNITARIO (Kg/m ³)
1	2217	33	2272	65	2318	96	2322
2	2323	34	2295	66	2293	97	2322
3	2225	35	2303	67	2276	98	2305
4	2198	36	2333	68	2273	99	2328
5	2112	37	2275	69	2289	100	2329
6	2364	38	2231	70	2136	101	2281
7	2317	39	2293	71	2264	102	2305
8	2309	41	2278	72	2277	103	2312
9	2314	42	2278	73	2258	104	2323
10	2324	43	2268	74	2277	105	2306
11	2320	44	2276	75	2280	106	2317
12	2355	45	2470	76	2277	107	2312
13	2399	46	2276	77	2270	108	2296
14	2259	47	2276	78	2307	109	2190
15	2327	48	2277	79	2280	110	2308
16	2335	49	2282	80	2275	111	2234
17	2326	50	2282	81	2323	112	2324
18	2310	51	2257	82	2225	113	2256
19	2333	52	2274	83	2332	114	2264
21	2363	53	2210	84	2335	115	2239
22	2338	54	2283	85	2280	116	2323
23	2287	55	2288	86	2299	117	2315
24	2295	56	2286	87	2317	118	2328
25	2293	57	2283	88	2301	119	2307
26	2292	58	2275	89	2319	120	2301
27	2315	59	2229	90	2328	121	2326
28	2305	60	2299	91	2332	122	2350
29	2302	61	2285	92	2319	123	2325
30	2391	62	2320	93	2124	124	2258
31	2306	63	2309	94	2316	125	2320
32	2300	64	2300	95	2207	126	2143
131	2334	130	2187	129	2328	127	2415
						128	2321

Fuente: propia

En la empresa 1 se observaron pesos específicos endurecidos con valores entre 2117 y 2470 Kg/m³.

Tabla 9. Peso específico endurecido- Empresa 2

No. MUESTRA	PESO UNITARIO (Kg/m ³)	No. MUESTRA	PESO UNITARIO (Kg/m ³)	No. MUESTRA	PESO UNITARIO (Kg/m ³)	No. MUESTRA	PESO UNITARIO (Kg/m ³)	No. MUESTRA	PESO UNITARIO (Kg/m ³)
1	2499	46	2679	91	2339	135	2353	179	2362
2	2468	47	2395	92	2326	136	2456	180	2340
3	2530	48	2515	93	2347	137	2708	181	2328
4	2541	49	2370	94	2329	138	2924	182	2344
5	2632	50	2500	95	2352	139	2947	183	2346
6	2587	51	2872	96	2315	140	2950	184	2352
7	2666	52	2385	97	2344	141	2520	185	2369
8	2637	53	2351	98	2343	142	2559	186	2428
9	2805	54	2624	99	2364	143	2827	187	2326
10	2816	55	2336	100	2341	144	2560	188	2352
11	2815	56	2370	101	2325	145	2807	189	2374
12	2809	57	2350	102	2357	146	2570	190	2339
13	2441	59	2476	103	2356	147	2531	191	2361
14	2396	60	2376	104	2368	148	2810	192	2366
15	2374	61	2603	105	2368	149	2364	193	2363
16	2472	62	2385	106	2349	150	2661	194	2312
18	2279	63	2482	107	2361	151	2359	195	2315
19	2492	64	2763	108	2357	152	2622	196	2357
20	2548	65	2424	109	2371	153	2733	197	2393
21	2542	66	2357	110	2363	154	2625	198	2379
22	2853	67	2316	111	2379	155	2366	199	2381
23	2369	68	2330	112	2368	156	2792	200	2381
24	2390	69	2361	113	2368	157	2704	201	2364
25	2511	70	2353	114	2348	158	2629	202	2378
26	2436	71	2326	115	2378	159	2734	203	2368
27	2480	72	2309	116	2357	160	2555	204	2364
28	2444	73	2348	117	2362	161	2375	205	2351
29	2555	74	2380	118	2368	162	2362	206	2363
30	2595	75	2342	119	2362	163	2396	207	2388
31	2617	76	2355	120	2380	164	2619	208	2383
32	2817	77	2347	121	2381	165	2214	209	2360
33	2726	78	2363	122	2398	166	2355	210	2363
34	2492	79	2337	123	2383	167	2816	211	2378
35	2861	80	2351	124	2364	168	2739	212	2391
36	2381	81	2337	125	2368	169	2807	213	2381
37	2636	82	2351	126	2383	170	2672	214	2360
38	2422	83	2340	127	2366	171	2797	215	2401
39	2584	84	2365	128	2497	172	2536	216	2588
40	2466	85	2361	129	2431	173	2347	217	2384
41	2484	86	2335	130	2282	174	2364	218	2375
42	2477	87	2352	131	2933	175	2364	219	2393
43	2431	88	2377	132	2850	176	2348	220	2433
44	2391	89	2339	133	2482	177	2363	221	2426
45	2449	90	2349	134	2955	178	2361	222	2402
								223	2426

Fuente: Propia

En cuanto a los pesos específicos presentados en las muestras realizadas en la empresa 2, se observó que estos varían entre 2214 y 2956 Kg/m³, valores superiores a los encontrados en la empresa 1.

Tabla 10. Peso específico endurecido- Empresa 3

No. MUESTRA	PESO UNITARIO (Kg/m ³)	No. MUESTRA	PESO UNITARIO (Kg/m ³)	No. MUESTRA	PESO UNITARIO (Kg/m ³)	No. MUESTRA	PESO UNITARIO (Kg/m ³)
1	2389	39	2381	77	2358	115	2350
2	2383	40	2392	78	2362	116	2345
3	2381	41	2388	79	2346	117	2352
4	2390	42	2396	80	2362	118	2346
5	2347	43	2386	81	2349	119	2351
6	2397	44	2346	82	2354	120	2349
7	2381	45	2379	83	2353	121	2356
8	2384	46	2373	84	2345	122	2357
9	2394	47	2370	85	2351	123	2348
10	2387	48	2392	86	2343	124	2389
11	2375	49	2388	87	2340	125	2363
12	2382	50	2386	88	2354	126	2363
13	2384	51	2382	89	2401	127	2365
14	2373	52	2392	90	2344	128	2356
15	2379	53	2391	91	2350	129	2364
16	2386	54	2397	92	2342	130	2458
17	2378	55	2395	93	2347	131	2372
18	2378	56	2397	94	2342	132	2378
19	2384	57	2396	95	2353	133	2370
20	2368	58	2384	96	2351	134	2360
21	2374	59	2396	97	2359	135	2366
22	2405	60	2393	98	2356	136	2380
23	2399	61	2396	99	2353	137	2372
24	2403	62	2381	100	2318	138	2372
25	2401	63	2366	101	2348	139	2375
26	2399	64	2376	102	2334	140	2371
27	2398	65	2357	103	2304	141	2374
28	2393	66	2367	104	2339	142	2368
29	2383	67	2373	105	2435	143	2364
30	2393	68	2350	106	2345	144	2403
31	2393	69	2349	107	2336	145	2388
32	2395	70	2368	108	2345	146	2292
33	2399	71	2396	109	2351	147	2320
34	2394	72	2348	110	2346	148	2310
35	2389	73	2362	111	2347	149	2317
36	2393	74	2352	112	2341	150	2319
37	2398	75	2350	113	2346	151	2324
38	2387	76	2358	114	2347	152	2313

Fuente. propia

Continuación Tabla 10 Peso específico endurecido- Empresa 3

No. MUESTRA	PESO UNITARIO (Kg/m ³)	No. MUESTRA	PESO UNITARIO (Kg/m ³)	No. MUESTRA	PESO UNITARIO (Kg/m ³)	No. MUESTRA	PESO UNITARIO (Kg/m ³)
153	2347	191	2382	229	2396	267	2368
154	2357	192	2382	230	2386	268	2309
155	2350	193	2380	231	2391	269	2360
156	2385	194	2390	232	2390	270	2382
157	2386	195	2381	233	2386	271	2384
158	2386	196	2380	234	2385	272	2383
159	2359	197	2384	235	2387	273	2383
160	2386	198	2383	236	2386	274	2377
161	2382	199	2378	237	2401	275	2386
162	2382	200	2380	238	2384	276	2386
163	2383	201	2385	239	2382	277	2387
164	2384	202	2385	240	2397	278	2387
165	2370	203	2390	241	2385	279	2387
166	2365	204	2385	242	2390	280	2384
167	2370	205	2370	243	2396	281	2376
168	2369	206	2388	244	2400	282	2385
169	2367	207	2387	245	2400	283	2386
170	2366	208	2380	246	2393	284	2386
171	2367	209	2384	247	2385	285	2382
172	2379	210	2382	248	2365	286	2385
173	2366	211	2387	249	2366	287	2385
174	2368	212	2383	250	2367	288	2382
175	2373	213	2391	251	2368	289	2374
176	2365	214	2391	252	2369		
177	2367	215	2403	253	2363		
178	2363	216	2386	254	2373		
179	2364	217	2389	255	2375		
180	2359	218	2389	256	2359		
181	2369	219	2384	257	2361		
182	2371	220	2373	258	2373		
183	2362	221	2371	259	2371		
184	2374	222	2378	260	2367		
185	2364	223	2377	261	2368		
186	2379	224	2379	262	2369		
187	2375	225	2383	263	2368		
188	2382	226	2394	264	2359		
189	2376	227	2393	265	2371		
190	2385	228	2403	266	2364		

Fuente: Propia

En cuanto a la empresa 3 se observan valores de peso específico endurecido que oscilan entre 2293 y 2459 Kg/m³, valores más altos que los encontrados en la empresa 1 y menores a los presentados en la empresa 2.

Tabla 11. Resistencia a compresión- Empresa 1

No.	RESISTENCIA		No.	RESISTENCIA		No.	RESISTENCIA		No.	RESISTENCIA	
MUESTRA	Kg/cm ²	Mpa	MUESTRA	Kg/cm ²	Mpa	MUESTRA	Kg/cm ²	Mpa	MUESTRA	Kg/cm ²	Mpa
1	219,35	21,50	39	244,59	23,98	77	262,47	25,73	114	257,68	25,26
2	221,13	21,68	41	226,95	22,25	78	268,97	26,37	115	239,70	23,50
3	204,70	20,07	42	191,89	18,81	79	251,34	24,64	116	252,21	24,73
4	188,54	18,48	43	248,48	24,36	80	257,28	25,22	117	262,06	25,69
5	222,18	21,78	44	243,05	23,83	81	235,31	23,07	118	269,69	26,44
6	202,00	19,80	45	241,69	23,70	82	261,83	25,67	119	260,93	25,58
7	232,93	22,84	46	256,63	25,16	83	239,93	23,52	120	267,64	26,24
8	204,38	20,04	47	247,85	24,30	84	253,70	24,87	121	229,13	22,46
9	218,44	21,42	48	261,14	25,60	85	265,67	26,05	122	246,76	24,19
10	199,44	19,55	49	227,87	22,34	86	231,78	22,72	123	239,92	23,52
11	193,77	19,00	50	243,97	23,92	87	221,20	21,69	124	225,98	22,15
12	218,21	21,39	51	267,93	26,27	88	269,84	26,45	125	235,21	23,06
13	225,36	22,09	52	250,93	24,60	89	228,50	22,40	126	235,09	23,05
14	208,02	20,39	53	269,92	26,46	90	225,19	22,08	127	223,64	21,93
15	199,14	19,52	54	230,82	22,63	91	245,53	24,07	128	215,61	21,14
16	236,09	23,15	55	260,18	25,51	92	213,71	20,95	129	240,61	23,59
17	190,51	18,68	56	256,02	25,10	93	256,92	25,19	130	254,59	24,96
18	213,84	20,97	57	271,48	26,62	94	273,51	26,81	131	231,61	22,71
19	190,28	18,65	58	251,82	24,69	95	255,64	25,06			
21	216,91	21,27	59	255,24	25,02	96	311,78	30,57			
22	238,73	23,40	60	287,98	28,23	97	260,70	25,56			
23	225,50	22,11	61	256,99	25,19	98	246,96	24,21			
24	244,52	23,97	62	264,45	25,93	99	243,67	23,89			
25	243,74	23,90	63	297,68	29,18	100	205,92	20,19			
26	224,80	22,04	64	271,27	26,60	101	267,76	26,25			
27	236,41	23,18	65	226,34	22,19	102	220,38	21,61			
28	252,69	24,77	66	239,19	23,45	103	250,72	24,58			
29	219,04	21,47	67	256,52	25,15	104	276,67	27,12			
30	233,64	22,91	68	260,49	25,54	105	262,70	25,75			
31	253,28	24,83	69	256,25	25,12	106	274,51	26,91			
32	234,03	22,94	70	252,10	24,72	107	265,66	26,05			
33	224,98	22,06	71	259,79	25,47	108	192,91	18,91			
34	259,19	25,41	72	276,63	27,12	109	266,10	26,09			
35	224,15	21,98	73	263,29	25,81	110	270,01	26,47			
36	265,26	26,01	74	250,17	24,53	111	271,04	26,57			
37	240,20	23,55	75	271,86	26,65	112	252,68	24,77			
38	218,23	21,40	76	237,65	23,30	113	264,02	25,88			

Fuente: Propia

En la empresa 1 se encontraron valores de resistencia a compresión del concreto con valores que oscilan entre 18,48-30,57 MPa, demostrando una variabilidad en los resultados, para un valor de diseño de 210 Kg/cm² (21 MPa).

Tabla 12. Resistencia a compresión- Empresa 2

No. MUESTRA	RESISTENCIA		No. MUESTRA	RESISTENCIA		No. MUESTRA	RESISTENCIA	
	Kg/cm ²	Mpa		Kg/cm ²	Mpa		Kg/cm ²	Mpa
1	229,73	22,52	47	250,40	24,55	93	265,06	25,99
2	240,19	23,55	48	277,60	27,22	94	202,03	19,81
3	258,67	25,36	49	267,26	26,20	95	246,16	24,13
4	272,88	26,75	50	260,87	25,58	96	199,54	19,56
5	242,57	23,78	51	269,38	26,41	97	198,62	19,47
6	272,67	26,73	52	254,26	24,93	98	233,91	22,93
7	256,62	25,16	53	280,25	27,48	99	273,64	26,83
8	238,62	23,39	54	293,83	28,81	100	218,94	21,46
9	236,63	23,20	55	283,71	27,82	101	180,53	17,70
10	244,69	23,99	56	240,60	23,59	102	245,50	24,07
11	249,75	24,48	57	317,10	31,09	103	260,82	25,57
12	264,65	25,95	59	287,43	28,18	104	330,30	32,38
13	268,91	26,36	60	292,83	28,71	105	312,55	30,64
14	271,56	26,62	61	273,25	26,79	106	225,27	22,09
15	237,26	23,26	62	260,70	25,56	107	319,14	31,29
16	250,14	24,52	63	292,99	28,72	108	325,16	31,88
18	283,84	27,83	64	296,88	29,11	109	315,08	30,89
19	281,58	27,61	65	208,85	20,48	110	295,90	29,01
20	254,79	24,98	66	261,32	25,62	111	316,64	31,04
21	256,87	25,18	67	244,87	24,01	112	308,69	30,26
22	248,78	24,39	68	233,33	22,88	113	329,14	32,27
23	273,47	26,81	69	281,40	27,59	114	298,40	29,26
24	280,47	27,50	70	264,72	25,95	115	332,75	32,62
25	264,51	25,93	71	243,81	23,90	116	308,82	30,28
26	285,75	28,01	72	252,94	24,80	117	315,68	30,95
27	281,30	27,58	73	270,64	26,53	118	316,94	31,07
28	276,19	27,08	74	290,51	28,48	119	312,34	30,62
29	295,79	29,00	75	250,71	24,58	120	317,22	31,10
30	294,43	28,87	76	289,60	28,39	121	333,48	32,69
31	286,09	28,05	77	234,40	22,98	122	324,00	31,76
32	303,97	29,80	78	287,24	28,16	123	318,32	31,21
33	236,98	23,23	79	237,54	23,29	124	324,62	31,83
34	284,81	27,92	80	266,49	26,13	125	323,43	31,71
35	276,84	27,14	81	254,00	24,90	126	279,10	27,36
36	281,43	27,59	82	241,54	23,68	127	314,85	30,87
37	235,15	23,05	83	241,38	23,67	128	256,11	25,11
38	234,02	22,94	84	285,14	27,95	129	264,92	25,97
39	219,02	21,47	85	281,32	27,58	130	255,77	25,08
40	300,64	29,47	86	261,39	25,63	131	257,54	25,25
41	261,47	25,63	87	263,57	25,84	132	288,27	28,26
42	227,98	22,35	88	271,65	26,63	133	303,14	29,72
43	265,32	26,01	89	239,13	23,44	134	297,89	29,20
44	254,84	24,98	90	282,23	27,67	135	258,72	25,36
45	285,86	28,03	91	283,16	27,76	136	257,28	25,22
46	265,81	26,06	92	216,54	21,23	137	284,28	27,87

Fuente: Propia

Continuación Tabla 12 Resistencia a la compresión Empresa 2

No. MUESTRA	RESISTENCIA		No. MUESTRA	RESISTENCIA	
	Kg/cm ²	Mpa		Kg/cm ²	Mpa
138	235,72	23,11	183	314,42	30,83
139	277,34	27,19	184	256,59	25,16
140	289,30	28,36	185	289,00	28,33
141	257,25	25,22	186	244,36	23,96
142	286,82	28,12	187	279,08	27,36
143	281,64	27,61	188	262,40	25,73
144	235,45	23,08	189	270,36	26,51
145	272,23	26,69	190	273,98	26,86
146	175,88	17,24	191	278,51	27,30
147	240,78	23,61	192	284,72	27,91
148	207,98	20,39	193	283,98	27,84
149	304,33	29,84	194	274,47	26,91
150	290,51	28,48	195	270,86	26,56
151	302,99	29,71	196	281,66	27,61
152	181,52	17,80	197	269,13	26,39
153	275,60	27,02	198	274,69	26,93
154	298,46	29,26	199	296,00	29,02
155	270,80	26,55	200	268,20	26,29
156	257,80	25,27	201	265,94	26,07
157	313,32	30,72	202	251,69	24,68
158	283,78	27,82	203	253,30	24,83
159	285,77	28,02	204	264,41	25,92
160	307,20	30,12	205	264,89	25,97
161	123,25	12,08	206	260,52	25,54
162	223,23	21,89	207	286,74	28,11
163	317,07	31,08	208	307,23	30,12
164	280,00	27,45	209	250,74	24,58
165	245,15	24,03	210	272,30	26,70
166	292,53	28,68	211	235,95	23,13
167	302,06	29,61	212	253,36	24,84
168	334,10	32,75	213	266,38	26,12
169	243,84	23,91	214	280,36	27,49
170	304,78	29,88	215	242,58	23,78
171	296,35	29,05	216	260,79	25,57
172	284,53	27,89	217	269,48	26,42
173	188,05	18,44	218	259,90	25,48
174	281,49	27,60	219	268,53	26,33
175	272,30	26,70	220	273,52	26,82
176	269,64	26,44	221	277,20	27,18
177	260,28	25,52	222	255,11	25,01
178	282,18	27,66	223	275,00	26,96
179	279,60	27,41			
180	246,03	24,12			
181	282,10	27,66			
182	268,77	26,35			

Fuente: Propia

En la empresa 2 los valores de resistencia a compresión del concreto que se observaron se encuentran entre 12,09 - 32,76 MPa, demostrando más variabilidad en los resultados, que los de la empresa 1, para un valor de diseño de 210 Kg/cm² (21 MPa).

Tabla 13. Resistencia a compresión- Empresa 3

No. MUESTRA	RESISTENCIA		No. MUESTRA	RESISTENCIA		No. MUESTRA	RESISTENCIA		No. MUESTRA	RESISTENCIA	
	Kg/cm ²	Mpa		Kg/cm ²	Mpa		Kg/cm ²	Mpa		Kg/cm ²	Mpa
1	268,67	26,34	46	213,16	20,90	91	172,83	16,94	136	185,40	18,18
2	170,56	16,72	47	230,40	22,59	92	208,10	20,40	137	149,48	14,65
3	247,45	24,26	48	199,47	19,56	93	172,40	16,90	138	201,23	19,73
4	258,00	25,29	49	209,09	20,50	94	179,74	17,62	139	127,10	12,46
5	243,68	23,89	50	211,73	20,76	95	219,72	21,54	140	189,48	18,58
6	201,26	19,73	51	267,49	26,22	96	238,74	23,41	141	224,37	22,00
7	213,58	20,94	52	232,55	22,80	97	184,85	18,12	142	237,78	23,31
8	243,07	23,83	53	250,44	24,55	98	165,97	16,27	143	220,93	21,66
9	241,81	23,71	54	259,19	25,41	99	242,02	23,73	144	274,72	26,93
10	214,37	21,02	55	217,37	21,31	100	175,95	17,25	145	272,48	26,71
11	210,97	20,68	56	212,16	20,80	101	249,52	24,46	146	300,01	29,41
12	231,83	22,73	57	212,15	20,80	102	263,31	25,82	147	265,43	26,02
13	246,18	24,14	58	270,58	26,53	103	233,10	22,85	148	298,83	29,30
14	222,38	21,80	59	294,36	28,86	104	239,75	23,50	149	282,79	27,72
15	210,56	20,64	60	251,97	24,70	105	244,97	24,02	150	289,39	28,37
16	228,18	22,37	61	285,21	27,96	106	244,11	23,93	151	281,07	27,56
17	208,63	20,45	62	326,81	32,04	107	238,20	23,35	152	197,03	19,32
18	221,55	21,72	63	223,27	21,89	108	202,12	19,82	153	235,30	23,07
19	182,43	17,88	64	263,05	25,79	109	195,21	19,14	154	190,85	18,71
20	194,45	19,06	65	230,15	22,56	110	250,86	24,59	155	312,63	30,65
21	158,99	15,59	66	180,03	17,65	111	246,81	24,20	156	235,12	23,05
22	178,93	17,54	67	191,09	18,73	112	248,68	24,38	157	214,95	21,07
23	260,59	25,55	68	231,87	22,73	113	254,70	24,97	158	302,94	29,70
24	233,09	22,85	69	193,94	19,01	114	160,86	15,77	159	316,08	30,99
25	284,86	27,93	70	178,88	17,54	115	215,25	21,10	160	280,82	27,53
26	241,43	23,67	71	243,37	23,86	116	182,50	17,89	161	311,69	30,56
27	239,87	23,52	72	198,15	19,43	117	169,84	16,65	162	311,21	30,51
28	159,09	15,60	73	192,04	18,83	118	220,50	21,62	163	210,37	20,62
29	182,41	17,88	74	122,28	11,99	119	225,13	22,07	164	223,79	21,94
30	237,25	23,26	75	133,31	13,07	120	194,97	19,11	165	181,03	17,75
31	268,43	26,32	76	174,68	17,13	121	161,93	15,88	166	210,96	20,68
32	175,22	17,18	77	244,58	23,98	122	230,27	22,58	167	276,01	27,06
33	214,28	21,01	78	174,68	17,13	123	158,19	15,51	168	392,13	38,44
34	206,06	20,20	79	239,95	23,52	124	168,62	16,53	169	358,53	35,15
35	240,05	23,53	80	196,97	19,31	125	244,56	23,98	170	206,42	20,24
36	157,02	15,39	81	240,24	23,55	126	256,12	25,11	171	263,02	25,79
37	261,29	25,62	82	240,89	23,62	127	209,46	20,54	172	193,68	18,99
38	228,47	22,40	83	201,21	19,73	128	234,82	23,02	173	404,11	39,62
39	198,81	19,49	84	200,40	19,65	129	224,68	22,03	174	186,95	18,33
40	257,39	25,23	85	260,79	25,57	130	224,93	22,05	175	215,81	21,16
41	205,46	20,14	86	173,63	17,02	131	241,08	23,64	176	252,77	24,78
42	261,49	25,64	87	183,19	17,96	132	239,68	23,50	177	160,30	15,72
43	236,72	23,21	88	187,81	18,41	133	240,16	23,54	178	347,78	34,10
44	168,37	16,51	89	265,03	25,98	134	204,75	20,07	179	186,06	18,24
45	224,51	22,01	90	188,47	18,48	135	151,48	14,85	180	377,64	37,02

Fuente: Propia

Continuación Tabla 13 Resistencia a compresión Empresa 3

No. MUESTRA	RESISTENCIA		No. MUESTRA	RESISTENCIA		No. MUESTRA	RESISTENCIA	
	Kg/cm ²	Mpa		Kg/cm ²	Mpa		Kg/cm ²	Mpa
181	237,99	23,33	226	300,80	29,49	271	357,15	35,01
182	218,01	21,37	227	205,29	20,13	272	349,61	34,28
183	279,86	27,44	228	193,24	18,95	273	219,80	21,55
184	380,95	37,35	229	242,45	23,77	274	317,62	31,14
185	370,15	36,29	230	260,68	25,56	275	353,04	34,61
186	286,90	28,13	231	271,90	26,66	276	334,41	32,79
187	262,38	25,72	232	261,34	25,62	277	354,51	34,76
188	216,78	21,25	233	261,63	25,65	278	340,65	33,40
189	256,02	25,10	234	262,42	25,73	279	278,71	27,32
190	221,07	21,67	235	260,72	25,56	280	339,78	33,31
191	210,57	20,64	236	268,90	26,36	281	330,73	32,42
192	220,19	21,59	237	271,15	26,58	282	332,78	32,63
193	202,90	19,89	238	278,56	27,31	283	329,60	32,31
194	176,07	17,26	239	256,11	25,11	284	256,08	25,11
195	200,46	19,65	240	257,34	25,23	285	330,02	32,36
196	242,07	23,73	241	249,64	24,47	286	324,71	31,83
197	267,31	26,21	242	226,34	22,19	287	276,81	27,14
198	273,06	26,77	243	230,45	22,59	288	336,46	32,99
199	275,25	26,99	244	253,84	24,89	289	321,99	31,57
200	253,85	24,89	245	257,67	25,26			
201	232,65	22,81	246	251,99	24,71			
202	265,01	25,98	247	257,70	25,26			
203	268,13	26,29	248	328,63	32,22			
204	264,16	25,90	249	340,52	33,38			
205	264,09	25,89	250	368,70	36,15			
206	265,67	26,05	251	339,86	33,32			
207	276,36	27,09	252	326,11	31,97			
208	275,61	27,02	253	301,97	29,60			
209	223,08	21,87	254	250,49	24,56			
210	269,79	26,45	255	290,51	28,48			
211	258,75	25,37	256	260,31	25,52			
212	273,51	26,81	257	325,61	31,92			
213	136,04	13,34	258	186,46	18,28			
214	195,83	19,20	259	359,23	35,22			
215	217,02	21,28	260	340,06	33,34			
216	176,16	17,27	261	347,16	34,04			
217	204,14	20,01	262	356,51	34,95			
218	207,17	20,31	263	358,87	35,18			
219	184,53	18,09	264	355,57	34,86			
220	193,74	18,99	265	289,29	28,36			
221	270,17	26,49	266	339,48	33,28			
222	289,81	28,41	267	361,44	35,44			
223	251,26	24,63	268	379,22	37,18			
224	259,57	25,45	269	354,77	34,78			
225	246,42	24,16	270	350,90	34,40			

Fuente: Propia

En cuanto a la empresa 3 las resistencias a compresión de los concretos encontrados están entre 11,99 - 39,62 MPa, demostrando igualmente variabilidad en los resultados, tal como las otras empresas, para un valor de diseño de 210 Kg/cm² (21 MPa).

Tabla 14. Módulos de Elasticidad Estático y Dinámico-Empresa 1

CILINDRO No.	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO (Kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Kg/cm ²)	COEFICIENTE DE POISSON	CILINDRO No.	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO (Kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Kg/cm ²)	COEFICIENTE DE POISSON
2	111.123	302.080	0,14	48	151.288	368.013	0,16
3	92.039	296.863	0,11	49	67.515	394.553	0,06
4	102.095	287.529	0,11	50	79.547	387.994	0,10
5	128.245	277.892	0,13	51	63.874	378.812	0,06
6	92.372	302.818	0,11	52	60.899	387.828	0,06
7	114.358	301.834	0,12	53	99.283	384.833	0,10
8	97.980	305.641	0,11	54	94.799	385.334	0,11
9	105.857	299.622	0,10	55	118.150	382.488	0,13
10	37.971	317.208	0,04	56	49.938	386.873	0,05
11	108.237	296.895	0,11	57	116.160	389.124	0,12
12	59.698	316.710	0,03	58	127.923	382.033	0,12
13	70.221	309.338	0,07	59	113.376	379.290	0,12
14	94.834	286.169	0,10	60	39.242	411.507	0,03
15	98.121	378.093	0,13	61	102.571	367.854	0,09
16	115.041	357.559	0,11	62	44.999	393.647	0,05
17	109.336	379.406	0,06	63	94.860	402.637	0,08
18	91.559	369.361	0,10	64	139.692	383.065	0,13
19	99.563	361.424	0,12	66	51.022	378.223	0,05
21	72.584	387.500	0,06	67	110.208	375.805	0,10
22	97.244	378.774	0,10	68	125.014	375.939	0,12
23	123.554	365.550	0,12	69	44.941	409.947	0,04
24	91.299	372.037	0,08	70	64.258	357.862	0,07
25	109.168	361.715	0,14	71	54.281	364.467	0,04
26	101.989	385.674	0,11	72	48.907	383.748	0,05
27	101.224	397.940	0,09	73	47.031	384.361	0,05
28	50.559	397.215	0,05	74	60.304	379.842	0,07
29	125.803	395.272	0,11	75	58.710	387.783	0,05
30	48.840	414.983	0,05	76	45.169	397.482	0,05
31	111.718	400.414	0,08	77	55.754	372.226	0,06
33	52.679	376.222	0,06	78	51.710	405.474	0,05
34	110.631	388.671	0,11	79	98.468	397.631	0,10
35	87.962	384.122	0,12	80	91.423	385.537	0,09
37	100.293	392.390	0,10	81	105.026	377.315	0,13
38	106.578	374.699	0,11	83	114.395	382.689	0,12
39	94.397	389.766	0,09	84	57.866	413.757	0,05
41	107.489	377.483	0,10	85	117.228	389.044	0,12
42	128.841	369.046	0,15	86	99.227	375.560	0,11
43	77.864	376.933	0,09	87	55.194	385.486	0,10
45	40.791	423.674	0,04	88	107.419	388.080	0,11
46	49.062	381.110	0,05	89	51.735	387.585	0,07
47	59.073	396.043	0,05	90	76.844	385.713	0,08

Fuente: Propia

Continuación Tabla 14. Módulos de elasticidad estático y dinámico
Empresa 1

CILINDRO No.	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO (Kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Kg/cm ²)	COEFICIENTE DE POISSON
91	39.549	383.436	0,04
92	63.194	388.511	0,07
93	47.113	353.597	0,05
94	63.218	399.169	0,06
95	44.668	378.048	0,04
96	62.331	399.668	0,05
97	49.290	405.670	0,04
98	50.580	378.135	0,06
99	52.387	399.530	0,05
100	35.460	412.635	0,04
101	39.499	406.646	0,04
102	59.794	399.696	0,05
103	55.990	391.612	0,06
105	54.037	380.885	0,05
106	91.118	393.352	0,09
107	58.047	407.482	0,06
108	116.261	384.394	0,10
109	65.043	378.721	0,07
110	52.425	412.154	0,05
111	119.971	386.524	0,13
112	48.866	398.197	0,04
113	56.832	378.574	0,06
114	68.970	382.090	0,08
115	43.138	385.959	0,04
116	48.721	402.066	0,04
118	42.212	419.450	0,03
119	56.869	394.273	0,05
120	57.282	384.207	0,06
121	84.831	404.741	0,08
122	55.015	413.858	0,06
123	43.603	405.313	0,04
124	61.536	376.552	0,05
125	54.720	403.609	0,06
126	52.754	357.721	0,05
127	104.370	399.606	0,09
128	107.811	392.951	0,07
129	90.868	397.388	0,08
130	84.719	362.489	0,08
129	51.927	400.002	0,06
131	135.897	368.076	0,17

Fuente: Propia

En la empresa 1 los valores de módulos de elasticidad varían entre valores de 35.460-151.288 Kg/m², con gran variabilidad en los resultados, con un rango de valores de 115.828 Kg/m².

Tabla 15. Módulos de elasticidad estático y Dinámico- Empresa 2

CILINDRO No.	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO (Kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Kg/cm ²)	COEFICIENTE DE POISSON	CILINDRO No.	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO (Kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Kg/cm ²)	COEFICIENTE DE POISSON
1	62.676	413.993	0,05	60	127.681	384.205	0,14
2	56.464	396.451	0,06	61	101.268	438.952	0,13
3	51.742	380.981	0,05	62	113.376	436.019	0,10
4	61.175	442.557	0,06	63	116.077	448.388	0,11
5	66.573	371.232	0,08	64	123.413	468.830	0,11
6	98.701	414.730	0,12	66	93.839	396.442	0,09
7	103.398	466.867	0,10	67	91.560	329.145	0,13
8	49.620	421.486	0,06	68	95.181	354.839	0,11
9	76.842	497.574	0,08	69	55.088	398.531	0,06
10	64.249	501.273	0,06	70	115.172	390.208	0,14
11	78.293	459.578	0,08	71	109.626	390.863	0,14
12	73.991	439.906	0,08	72	87.267	352.086	0,12
13	71.778	418.198	0,07	73	91.422	386.161	0,11
14	132.836	356.125	0,12	74	115.016	395.130	0,12
15	58.567	428.591	0,06	76	125.977	390.535	0,13
16	115.665	397.440	0,13	77	50.241	384.737	0,06
18	88.307	408.802	0,08	78	124.761	388.073	0,11
19	85.790	445.045	0,10	79	90.448	368.996	0,12
20	75.818	432.870	0,08	80	98.580	380.009	0,12
22	59.132	469.433	0,05	81	99.094	374.317	0,11
23	122.223	396.155	0,12	82	116.143	368.348	0,14
24	159.752	345.529	0,16	83	71.919	403.286	0,06
25	192.024	420.233	0,15	84	105.095	409.292	0,08
26	71.096	420.308	0,07	85	90.808	394.318	0,09
27	63.770	432.634	0,06	86	102.454	360.472	0,12
28	64.091	417.159	0,06	87	58.202	393.143	0,07
29	73.330	429.842	0,07	88	87.417	376.221	0,10
30	66.166	440.544	0,06	89	93.758	429.842	0,12
31	60.829	462.833	0,05	90	117.278	389.077	0,13
32	112.460	447.607	0,11	91	104.527	386.811	0,11
33	80.194	427.030	0,08	92	82.829	342.564	0,13
34	107.686	397.264	0,10	93	61.109	401.140	0,07
35	116.552	486.908	0,10	94	47.865	356.057	0,06
36	115.050	379.737	0,10	95	118.370	387.773	0,13
37	100.107	416.289	0,11	96	76.785	362.923	0,09
38	116.546	352.723	0,14	97	56.704	362.708	0,07
39	91.508	382.902	0,09	98	57.080	365.717	0,07
40	123.336	391.668	0,11	100	64.208	351.507	0,08
41	117.868	393.751	0,11	101	58.408	354.930	0,09
42	114.500	413.236	0,10	102	99.955	372.493	0,15
43	87.962	382.124	0,09	103	122.914	369.226	0,13
45	58.642	775.096	0,05	104	136.325	384.349	0,14
46	100.881	452.651	0,10	105	129.508	403.123	0,12
47	72.680	383.025	0,09	106	112.774	399.701	0,10
48	105.638	435.122	0,10	107	88.519	407.752	0,09
49	75.406	437.433	0,07	108	114.644	411.092	0,12
50	72.403	423.938	0,07	109	124.556	406.821	0,11
51	107.776	517.858	0,13	110	116.009	414.622	0,12
52	116.917	408.270	0,11	111	123.342	412.256	0,12
53	120.237	391.060	0,11	112	109.621	406.161	0,09
54	88.435	430.767	0,15	113	117.180	404.794	0,14
55	99.676	384.193	0,13	115	127.223	421.195	0,11
56	95.800	417.857	0,16	116	108.681	400.700	0,13
57	126.452	400.561	0,14	117	103.697	405.969	0,10
59	117.704	421.556	0,18	118	111.084	395.177	0,14

Fuente: Propia

Continuación de la Tabla No. 15 Módulos de elasticidad estático y dinámico empresa 2

CILINDRO No.	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO (Kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Kg/cm ²)	COEFICIENTE DE POISSON	CILINDRO No.	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO (Kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO (Kg/cm ²)	COEFICIENTE DE POISSON
119	108.497	397.548	0,12	177	110.729	357.075	0,12
120	126.735	409.950	0,13	178	66.671	374.826	0,06
121	116.656	422.587	0,12	179	114.117	367.475	0,11
122	128.227	382.114	0,14	180	93.487	365.651	0,11
123	113.454	415.882	0,12	181	48.147	375.747	0,04
124	114.918	365.924	0,11	182	102.524	364.177	0,11
125	109.113	414.678	0,11	183	73.759	378.621	0,07
126	110.686	404.407	0,12	184	111.290	371.894	0,12
127	120.963	403.898	0,12	185	70.932	365.786	0,06
128	104.442	385.430	0,12	186	107.744	394.361	0,10
129	81.113	408.130	0,07	187	130.396	361.384	0,13
130	106.331	345.310	0,11	188	107.873	368.945	0,11
131	102.403	456.101	0,11	189	101.065	392.598	0,09
132	117.085	476.337	0,11	190	100.333	371.708	0,11
133	101.616	444.007	0,10	191	107.649	406.163	0,10
134	67.823	487.175	0,07	192	102.218	396.588	0,12
135	113.681	390.801	0,12	193	112.079	380.838	0,11
136	122.301	357.710	0,14	194	49.092	387.791	0,05
137	114.960	449.111	0,13	196	71.671	390.349	0,07
138	96.509	456.188	0,10	197	124.160	398.719	0,12
139	116.165	501.169	0,12	198	115.091	384.581	0,14
140	99.652	502.824	0,09	199	116.820	395.450	0,12
141	87.288	383.377	0,10	200	135.369	384.004	0,13
142	116.669	429.888	0,12	201	97.465	377.042	0,10
143	108.517	462.151	0,10	202	124.609	398.199	0,14
144	83.806	399.060	0,09	203	110.861	398.089	0,11
145	110.802	473.981	0,09	204	101.093	389.469	0,09
146	41.671	393.300	0,05	205	80.593	342.899	0,09
147	48.437	393.547	0,05	206	70.346	382.115	0,06
149	112.610	399.983	0,12	207	68.676	408.180	0,06
150	128.045	435.502	0,11	208	136.032	415.245	0,08
151	117.516	379.090	0,12	209	52.298	398.767	0,05
153	133.091	467.404	0,12	210	113.588	376.715	0,12
154	104.356	440.679	0,12	212	110.287	409.907	0,13
155	112.885	381.850	0,10	213	63.913	434.627	0,07
156	100.758	456.708	0,11	214	109.831	385.175	0,11
157	143.483	451.867	0,11	215	117.698	392.465	0,10
158	108.794	552.471	0,10	216	72.523	440.378	0,07
159	114.781	462.961	0,08	217	104.458	379.056	0,09
160	56.761	436.604	0,05	218	119.631	399.878	0,10
161	118.610	506.102	0,16	219	122.387	397.478	0,11
162	129.825	373.414	0,12	220	106.025	427.344	0,10
163	133.619	579.556	0,12	221	105.735	407.124	0,11
164	130.422	476.054	0,12	222	95.748	402.606	0,10
165	67.777	357.727	0,07	223	67.288	419.359	0,07
166	110.943	374.627	0,11				
167	132.987	613.890	0,13				
168	126.815	470.048	0,10				
169	108.323	447.731	0,12				
170	127.728	454.475	0,12				
171	98.794	446.967	0,10				
172	202.716	405.693	0,18				
174	73.560	373.311	0,08				
175	74.530	392.352	0,08				
176	106.655	368.271	0,13				

Fuente: Propia

En la empresa 2 los valores de módulos de elasticidad varían entre valores de 41.671 - 202.716 Kg/m², con mayor variabilidad en los resultados, con un rango de valores de 161.045 Kg/m².

Tabla 16. Módulos de Elasticidad Estático y Dinámico- Empresa 3

CILINDRO No.	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO (Kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (Kg/cm ²)	COEFICIENTE DE POISSON	CILINDRO No.	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO (Kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (Kg/cm ²)	COEFICIENTE DE POISSON
1	164.026	174.034	0,41	42	106.015	320.466	0,33
2	79.350	314.897	0,25	43	152.046	341.434	0,32
3	105.184	245.476	0,33	44	173.700	83.556	0,47
4	102.153	271.970	0,28	45	81.649	443.340	0,19
5	91.940	307.406	0,26	46	115.377	320.699	0,32
6	81.877	363.283	0,15	47	53.616	491.281	0,08
7	148.943	322.919	0,24	48	136.562	355.952	0,30
8	122.039	366.842	0,16	49	125.212	350.958	0,31
9	138.157	354.637	0,19	50	87.296	414.598	0,24
10	78.618	379.980	0,11	51	118.554	329.779	0,34
11	186.630	347.163	0,21	52	126.635	373.766	0,30
12	78.540	371.549	0,10	53	156.034	164.959	0,43
13	146.829	339.502	0,21	54	110.405	362.714	0,31
14	148.294	352.025	0,18	55	129.367	365.727	0,31
15	123.448	354.000	0,18	56	83.085	454.460	0,17
16	66.212	368.195	0,16	57	80.947	444.484	0,20
17	60.849	362.478	0,18	58	158.206	195.313	0,42
18	125.994	241.342	0,34	59	63.270	461.594	0,14
19	155.876	245.371	0,35	60	79.645	437.086	0,13
20	133.728	347.288	0,22	61	80.485	420.022	0,17
21	109.306	330.867	0,21	62	64.384	428.484	0,13
22	68.648	344.631	0,18	63	111.191	355.100	0,27
23	176.134	211.992	0,37	64	94.616	371.084	0,24
24	68.190	360.726	0,15	65	49.525	444.026	0,11
25	133.882	283.115	0,31	66	133.237	169.247	0,42
26	68.072	348.262	0,17	67	114.501	286.246	0,34
27	93.822	308.517	0,26	68	112.886	329.631	0,28
28	121.286	260.491	0,34	69	58.501	414.997	0,13
29	66.919	381.734	0,15	70	133.699	247.291	0,37
30	137.432	322.624	0,25	71	79.760	393.258	0,19
31	111.376	294.359	0,29	72	108.969	328.769	0,28
32	113.941	231.403	0,33	73	60.259	369.559	0,17
33	154.134	161.950	0,40	74	182.671	238.633	0,38
34	133.824	237.347	0,34	75	139.461	277.671	0,35
35	147.478	201.043	0,38	76	182.671	238.633	0,38
36	121.774	149.229	0,42	77	187.680	101.358	0,46
37	95.017	274.005	0,28	78	125.640	385.097	0,26
38	104.291	314.818	0,26	79	105.844	393.871	0,24
39	97.691	370.051	0,26	80	61.096	421.211	0,11
40	132.304	342.574	0,30	81	146.289	267.376	0,36
41	126.745	359.934	0,29	82	127.792	405.990	0,22

Fuente. Propia

Continuación Tabla 16 Módulos de elasticidad estático y dinámico
empresa 3

CILINDRO No.	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO (Kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (Kg/cm ²)	COEFICIENTE DE POISSON	CILINDRO No.	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO (Kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (Kg/cm ²)	COEFICIENTE DE POISSON
83	136.426	262.114	0,36	124	105.738	375.420	0,28
84	131.094	350.817	0,26	125	81.648	411.704	0,19
85	140.961	301.771	0,32	126	164.839	300.716	0,33
86	138.067	330.276	0,33	127	68.058	430.251	0,16
87	82.726	430.363	0,16	128	78.292	409.941	0,20
88	66.726	412.364	0,15	129	65.953	413.258	0,18
89	94.063	381.176	0,24	130	91.036	398.046	0,24
90	68.854	409.478	0,15	131	183.620	163.294	0,43
91	74.511	429.993	0,16	132	133.576	346.983	0,30
92	62.855	409.035	0,18	133	117.803	406.016	0,23
93	53.470	437.611	0,13	134	66.023	403.268	0,17
94	49.998	452.542	0,14	135	86.519	430.867	0,20
95	66.358	432.572	0,16	136	63.303	438.475	0,16
96	70.671	426.890	0,15	137	84.363	384.016	0,25
97	133.056	375.049	0,28	138	155.472	219.321	0,40
98	70.671	426.890	0,15	139	141.674	321.046	0,32
99	133.056	375.049	0,28	140	71.475	418.801	0,21
100	148.198	272.182	0,36	141	80.369	391.145	0,23
101	71.605	447.878	0,16	142	131.368	283.934	0,35
102	143.193	230.839	0,39	143	124.067	366.211	0,27
103	120.203	314.092	0,31	144	138.028	381.670	0,29
104	127.945	339.383	0,27	145	133.608	324.315	0,33
105	118.783	311.035	0,31	146	143.118	223.016	0,40
106	110.734	266.026	0,35	147	127.938	258.728	0,38
107	109.908	242.232	0,32	148	144.724	256.188	0,38
108	97.450	275.750	0,27	149	71.603	463.328	0,19
109	128.459	217.103	0,36	150	140.540	294.351	0,35
110	118.579	277.822	0,26	151	78.309	443.253	0,19
111	112.085	261.508	0,30	152	70.027	460.221	0,16
112	93.580	301.279	0,24	153	84.104	455.792	0,20
113	100.675	287.285	0,25	154	62.471	449.311	0,20
114	120.108	287.902	0,28	155	82.547	460.549	0,16
115	123.314	250.839	0,32	156	86.922	459.208	0,18
116	146.982	200.422	0,37	157	118.040	380.025	0,28
117	83.291	326.393	0,22	158	159.869	361.930	0,30
118	120.785	310.843	0,22	159	75.547	465.413	0,15
119	117.822	246.254	0,33	160	63.320	476.302	0,11
120	125.871	217.640	0,36	161	62.144	476.170	0,15
121	136.556	263.438	0,30	162	160.108	297.743	0,36
122	100.870	312.343	0,23	163	65.239	438.200	0,12
123	84.960	316.889	0,22	164	72.706	425.920	0,17

Fuente: Propia

Continuación Tabla 16 Módulos de elasticidad estático y dinámico
empresa 3

CILINDRO No.	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO (Kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (Kg/cm ²)	COEFICIENTE DE POISSON	CILINDRO No.	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO (Kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (Kg/cm ²)	COEFICIENTE DE POISSON
165	79.047	445.101	0,18	206	142.882	372.827	0,30
166	66.556	470.639	0,16	207	131.953	294.791	0,36
167	119.887	355.820	0,27	208	82.273	450.945	0,18
168	65.213	482.297	0,12	209	76.513	432.730	0,23
169	63.580	490.938	0,13	210	61.546	479.294	0,13
170	61.820	479.114	0,13	211	125.396	383.592	0,27
171	118.909	435.731	0,24	212	86.030	448.499	0,18
172	68.924	480.118	0,16	214	118.003	474.890	0,56
173	69.274	475.924	0,13	215	110.323	411.335	0,16
174	148.831	29.521	0,49	216	157.278	387.117	0,23
175	64.699	469.676	0,17	218	143.897	420.044	0,27
176	53.746	500.836	0,17	220	89.674	393.241	0,60
177	68.686	461.479	0,17	221	48.873	457.399	0,24
178	142.338	364.691	0,30	222	58.034	462.831	0,51
179	150.796	333.891	0,34	223	63.745	433.297	0,23
180	83.728	463.958	0,17	224	65.789	434.157	0,10
181	165.428	91.302	0,47	225	63.115	452.760	0,10
182	67.344	464.916	0,18	226	66.733	451.288	0,16
183	66.636	474.043	0,16	227	130.440	315.845	0,18
184	145.649	401.379	0,27	228	141.050	238.788	0,17
185	152.319	376.590	0,30	229	61.681	449.039	0,14
186	73.602	458.537	0,17	230	56.786	439.345	0,32
187	66.407	460.907	0,15	231	65.200	465.224	0,39
188	116.232	440.772	0,20	232	69.140	450.142	0,14
189	57.449	430.662	0,15	233	63.077	418.261	0,16
190	48.422	493.175	0,10	234	133.007	374.258	0,14
191	159.684	357.340	0,29	235	158.783	373.877	0,17
192	75.291	454.528	0,16	236	68.647	428.893	0,17
193	70.505	441.551	0,18	237	76.480	424.920	0,27
194	175.733	359.205	0,30	238	60.032	454.944	0,26
195	161.880	343.675	0,31	239	80.390	416.556	0,17
196	137.900	332.515	0,32	240	115.998	370.387	0,19
197	56.192	439.980	0,17	241	69.314	431.151	0,14
198	132.233	306.596	0,33	242	63.750	435.985	0,18
199	134.942	329.977	0,31	243	63.209	424.365	0,15
200	115.432	354.086	0,29	244	65.727	419.262	0,16
201	131.556	362.910	0,28	245	77.694	452.149	0,16
202	73.679	441.300	0,19	246	73.175	455.452	0,14
203	130.042	325.064	0,33	247	64.575	443.973	0,16
204	65.740	464.726	0,15	248	72.553	455.198	0,16
205	50.525	466.045	0,13	249	56.204	464.554	0,11

Fuente: Propia

Continuación Tabla 16 Módulos de elasticidad estático y dinámico
empresa 3

CILINDRO No.	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO (Kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (Kg/cm ²)	COEFICIENTE DE POISSON
250	76.503	471.448	0,16
251	84.696	455.959	0,18
252	69.631	488.040	0,14
253	86.535	456.572	0,19
254	119.664	428.171	0,23
255	67.556	487.473	0,16
256	58.877	448.710	0,16
257	66.553	419.723	0,15
258	82.350	483.701	0,13
259	85.980	457.297	0,19
260	78.679	508.645	0,15
261	91.847	447.197	0,20
262	106.988	456.328	0,19
263	87.409	460.518	0,17
264	81.516	471.731	0,15
265	72.242	449.982	0,19
266	75.978	467.477	0,17
267	67.642	490.148	0,12
268	66.497	425.259	0,13
269	55.574	473.081	0,12
270	67.996	454.389	0,16
271	82.962	477.049	0,16
272	71.867	453.826	0,18
273	67.187	458.019	0,15
274	64.524	481.246	0,13
275	77.797	480.300	0,16
276	76.508	499.462	0,15
277	67.702	470.821	0,16
278	74.994	482.151	0,17
279	86.505	462.708	0,21
280	65.441	469.067	0,14
281	75.609	449.403	0,20
282	74.819	455.622	0,17
283	75.326	488.319	0,15
284	65.875	471.921	0,16
285	67.758	501.284	0,14
286	65.655	459.222	0,14
287	54.960	466.920	0,18
288	61.372	480.574	0,14
289	63.663	445.852	0,18

Fuente: Propia

En la empresa 2 los valores de módulos de elasticidad varían entre valores de 48.422-183.620 Kg/m², con variabilidad en los resultados.

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1. Respecto al tipo de cemento:

Se observó que las densidades de los cementos utilizados en las tres empresas varían debido a que los tipos de cementos utilizados son distintos. Es importante destacar que para la aplicación de las expresiones de cálculo del módulo de elasticidad según el código NSR-98 ($E_c = 12500 * \sqrt{f'c}$) en Kg/cm², podría incurrirse en variaciones ya que diferentes tipos de cementos para un mismo tipo de agregado pueden conducir a valores diferentes de resistencias.

5.2. Respecto a los agregados:

Las muestras analizadas cumplen con los requisitos de la norma NTC-174 en cuanto a gradación, contenido de materia orgánica y dureza, pero en cuanto a sanidad los valores obtenidos en la empresa 1 supera el 10% de pérdida que estipula la norma INVIAS para agregados a utilizar en concreto. Este no cumplimiento de las condiciones recomendadas de los materiales también puede contribuir a que la aproximación en el uso de la ecuación planteada por el NSR-98 no sea la adecuada porque cambios en calidades de los agregados afectan las resistencias del concreto y por ende el E_c .

5.3. Respecto a las muestras en estado plástico:

En la Tabla 17 se muestra la información consolidada de las propiedades estudiadas en estado plástico de las tres empresas. Se puede apreciar la comparación en resistencias promedios en función del asentamiento. Las muestras con asentamientos de 3 y 3,5 plg presentaron las menores resistencias que pueden justificarse por la dificultad para ser consolidadas con la varilla, produciendo compactaciones inadecuadas.

Tabla 17. Consolidado Propiedades en Estado plástico

EMPRESA 1			EMPRESA 2			EMPRESA 3		
ASENTAMIENTO (plg)	RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO (%)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)	ASENTAMIENTO (plg)	RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO (%)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)	ASENTAMIENTO (plg)	RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO (%)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)
3,5	102	209,39	4	101	313,02	3	101	206,97
4	102	246,60	5	98	255,57	3,5	99	215,14
5	100	235,33	5,5	101	278,28	4	101	246,97
5,5	101	250,64	6	100	271,00	5	100	323,34
6	100	255,91	8	101	263,82	5,5	101	244,03
			8,5	101	250,86	6	100	208,81
						8	100	271,44

Fuente: Propia

No se presentan tendencias marcadas en las relaciones presentadas entre rendimientos volumétricos y las resistencia promedio. Solo se puede concluir que los rendimientos volumétricos deben ser de 100%. Valores diferentes indican posibles fallas en el proceso de dosificación de los agregados (por ejemplo: pesaje de material pétreo, agua y/o cemento).

5.4. Respecto a la Resistencia a compresión:

Los datos registrados en las tablas 11,12 y 13 reúnen toda la información relacionada con la respuesta a compresión de las muestras colectadas. Sin embargo, es importante aclarar que la resistencia a compresión de las muestras presentó una variación en asentamientos como se describe: En la Tabla 18 se pueden observar las variaciones encontradas para la Empresa 1 con asentamientos de 3,5 – 4 – 5 – 5,5 y 6 plg y una presentación descriptiva del comportamiento estadístico por asentamiento.

Tabla 18. Comportamiento del $f'c$ Vs asentamientos-Empresa 1

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX (KN)	RESISTENCIA		Asent	Asentamiento de 3,5 plg							
				Kg/cm ²	Mpa		media	Desviac.	mín	máx	Rango	Intervalo	x clase	
4	14,80	29,50	317,99	188,54	18,48	3,50	209,39							
19	14,90	30,10	325,28	190,28	18,65	3,50	14,77							
17	15,30	30,60	343,39	190,51	18,68	3,50	188,54							
11	15,50	29,90	358,46	193,77	19,00	3,50	236,09							
15	15,30	30,00	358,95	199,14	19,52	3,50	47,55							
10	15,40	31,20	364,20	199,44	19,55	3,50	6,00							
6	15,40	30,00	368,88	202,00	19,80	3,50	7,92							
8	15,00	29,90	354,09	204,38	20,04	3,50								
3	15,40	30,10	373,81	204,70	20,07	3,50	Intervalo	f_i acum	f_i	$f'c$ (Kg/cm ²)				
14	14,90	29,90	355,60	208,02	20,39	3,50	180	190	0,00	1,00	185			
18	15,20	30,20	380,43	213,84	20,97	3,50	190	200	1,00	5,00	195			
12	15,30	29,80	393,32	218,21	21,39	3,50	200	210	6,00	4,00	205			
9	15,00	29,20	378,45	218,44	21,42	3,50	210	220	10,00	3,00	215			
2	15,00	29,00	383,11	221,13	21,68	3,50	220	230	13,00	3,00	225			
5	15,20	30,10	395,26	222,18	21,78	3,50	230	240	16,00	0,00	235			
13	15,20	30,20	400,92	225,36	22,09	3,50								
7	14,50	29,50	377,09	232,93	22,84	3,50								
16	15,00	30,20	409,02	236,09	23,15	3,50								

Fuente: Propia

Continuación Tabla 18 comportamiento del f'c Vs asentamientos-Empresa

1

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX (KN)	RESISTENCIA		Asent	Asentamiento de 4 plg				
				Kg/cm ²	Mpa		Intervalo	f _i acum	f _i	f'c (Kg/cm ²)	
42	15,00	30,40	332,45	191,89	18,81	4,00	media	250,64			
128	15,40	30,20	393,74	215,61	21,14	4,00	Desviac.	18,92			
127	14,90	29,50	382,30	223,64	21,93	4,00	mín	191,89			
124	15,50	30,20	418,04	225,98	22,15	4,00	máx	297,68			
41	15,00	30,20	393,19	226,95	22,25	4,00	Rango	105,79			
49	15,40	30,20	416,12	227,87	22,34	4,00	Intervalo	11,00			
121	14,90	29,50	391,69	229,13	22,46	4,00	x clase	9,62			
54	14,50	29,40	373,68	230,82	22,63	4,00					
131	15,40	30,50	422,95	231,61	22,71	4,00	Intervalo	f _i acum	f _i	f'c (Kg/cm ²)	
126	14,50	29,90	380,59	235,09	23,05	4,00	190	200	0,00	1,00	195
125	14,90	30,20	402,08	235,21	23,06	4,00	200	210	1,00	0,00	205
76	15,30	30,80	428,37	237,65	23,30	4,00	210	220	1,00	1,00	215
66	15,40	30,40	436,80	239,19	23,45	4,00	220	230	2,00	5,00	225
123	14,40	29,70	383,07	239,92	23,52	4,00	230	240	7,00	7,00	235
129	15,40	30,80	439,38	240,61	23,59	4,00	240	250	14,00	6,00	245
45	15,30	30,70	435,65	241,69	23,70	4,00	250	260	20,00	14,00	255
50	15,50	30,30	451,32	243,97	23,92	4,00	260	270	34,00	9,00	265
122	15,20	30,90	438,98	246,76	24,19	4,00	270	280	43,00	4,00	275
47	14,80	29,80	418,03	247,85	24,30	4,00	280	290	47,00	1,00	285
43	15,40	30,30	453,75	248,48	24,36	4,00	290	300	48,00	0,00	295
74	15,20	30,10	445,06	250,17	24,53	4,00					
52	15,40	30,30	458,23	250,93	24,60	4,00					
79	15,50	30,20	464,96	251,34	24,64	4,00					
58	15,30	30,30	453,90	251,82	24,69	4,00					
70	15,00	30,00	436,77	252,10	24,72	4,00					
130	15,00	29,40	441,08	254,59	24,96	4,00					
59	15,30	30,30	460,07	255,24	25,02	4,00					
56	14,90	30,20	437,66	256,02	25,10	4,00					
69	15,10	29,90	449,89	256,25	25,12	4,00					
67	15,50	29,80	474,54	256,52	25,15	4,00					
46	15,60	30,30	480,89	256,63	25,16	4,00					
61	14,90	29,70	439,31	256,99	25,19	4,00					
80	15,00	29,80	445,73	257,28	25,22	4,00					
71	15,30	30,20	468,27	259,79	25,47	4,00					
55	15,60	30,30	487,55	260,18	25,51	4,00					
68	15,20	29,00	463,41	260,49	25,54	4,00					
48	15,30	30,50	470,71	261,14	25,60	4,00					
77	15,20	30,20	466,94	262,47	25,73	4,00					
73	15,40	30,20	480,81	263,29	25,81	4,00					
62	15,30	30,30	476,67	264,45	25,93	4,00					
51	15,40	30,20	489,28	267,93	26,27	4,00					
78	15,10	30,00	472,23	268,97	26,37	4,00					
53	15,20	29,30	480,19	269,92	26,46	4,00					
64	14,80	29,40	457,53	271,27	26,60	4,00					
57	14,90	29,30	464,08	271,48	26,62	4,00					
75	15,30	30,30	490,02	271,86	26,65	4,00					
72	15,30	29,80	498,63	276,63	27,12	4,00					
60	14,30	29,40	453,45	287,98	28,23	4,00					
63	14,50	29,60	481,92	297,68	29,18	4,00					

Fuente: Propia

Continuación Tabla 18 comportamiento del $f'c$ Vs asentamientos- Empresa 1

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX (KN)	RESISTENCIA		Asent	Asentamiento de 5 plg								
				Kg/cm ²	Mpa										
100	15,80	30,20	395,83	205,92	20,19	5,00	media 246,60 Desviac. 24,59 mín 205,92 máx 311,78 Rango 105,86 Intervalo 6,00 x clase 17,64								
92	15,60	30,20	400,47	213,71	20,95	5,00									
87	15,00	30,10	383,23	221,20	21,69	5,00									
90	15,10	30,20	395,36	225,19	22,08	5,00									
89	15,10	30,00	401,18	228,50	22,40	5,00									
86	15,60	30,20	434,32	231,78	22,72	5,00									
81	15,30	30,40	424,14	235,31	23,07	5,00									
83	15,40	30,20	438,14	239,93	23,52	5,00									
99	15,00	30,00	422,15	243,67	23,89	5,00						Intervalo	f_i acum	f_i	$f'c$ (Kg/cm ²)
91	14,80	29,10	414,11	245,53	24,07	5,00						200	220	0,00	2,00	210
98	15,20	30,40	439,34	246,96	24,21	5,00	220	240	2,00	6,00	230				
84	15,40	30,20	463,29	253,70	24,87	5,00	240	260	8,00	6,00	250				
95	14,80	29,30	431,16	255,64	25,06	5,00	260	280	14,00	4,00	270				
93	15,20	29,00	457,06	256,92	25,19	5,00	280	300	18,00	0,00	290				
97	14,90	29,80	445,66	260,70	25,56	5,00	300	320	18,00	0,00	310				
85	15,20	30,30	472,63	265,67	26,05	5,00									
88	15,30	30,10	486,38	269,84	26,45	5,00									
94	15,20	30,40	486,58	273,51	26,81	5,00									
96	14,40	29,30	497,81	311,78	30,57	5,00									

Fuente: Propia

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX (KN)	RESISTENCIA		Asent	Asentamiento de 5,5 plg								
				Kg/cm ²	Mpa										
21	15,10	30,20	380,82	216,91	21,27	5,50	media 235,33 Desviac. 13,25 mín 216,91 máx 259,19 Rango 42,28 Intervalo 5,00 x clase 8,46								
38	15,80	30,20	419,49	218,23	21,40	5,50									
29	15,40	30,80	400,00	219,04	21,47	5,50									
35	15,30	30,50	404,03	224,15	21,98	5,50									
26	15,50	30,70	415,87	224,80	22,04	5,50									
33	15,40	30,40	410,85	224,98	22,06	5,50									
23	15,20	30,30	401,16	225,50	22,11	5,50									
30	14,80	29,40	394,05	233,64	22,91	5,50									
27	15,50	30,90	437,34	236,41	23,18	5,50						Intervalo	f_i acum	f_i	$f'c$ (Kg/cm ²)
22	15,20	30,50	424,70	238,73	23,40	5,50						210	220	0,00	3,00	215
37	15,40	30,30	438,63	240,20	23,55	5,50	220	230	3,00	4,00	225				
25	15,20	30,50	433,62	243,74	23,90	5,50	230	240	7,00	3,00	235				
24	15,40	30,00	446,52	244,52	23,97	5,50	240	250	10,00	4,00	245				
39	15,40	30,40	446,66	244,59	23,98	5,50	250	260	14,00	0,00	255				
28	14,90	30,20	431,96	252,69	24,77	5,50									
31	15,70	30,40	480,71	253,28	24,83	5,50									
34	14,90	29,60	443,07	259,19	25,41	5,50									

Fuente: Propia

Continuación Tabla 18 comportamiento del $f'c$ Vs asentamientos-Empresa 1

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX (KN)	RESISTENCIA		Asent	Asentamiento de 6 plg							
				Kg/cm ²	Mpa		media	Desviac.	mín	máx	Rango	Intervalo	x clase	
108	15,70	30,60	366,13	192,91	18,91	6,00	255,91							
102	15,30	30,70	397,24	220,38	21,61	6,00	20,47							
115	15,60	30,20	449,17	239,70	23,50	6,00	192,91							
103	15,60	30,40	469,81	250,72	24,58	6,00	274,51							
116	15,00	29,40	436,95	252,21	24,73	6,00	81,60							
112	15,50	30,40	467,43	252,68	24,77	6,00	9,00							
114	15,30	31,00	464,46	257,68	25,26	6,00	9,07							
119	15,30	30,20	470,33	260,93	25,58	6,00	Intervalo	f_i acum	f_i	$f'c$ (Kg/cm ²)				
105	15,30	30,60	473,51	262,70	25,75	6,00	190	200	0,00	1,00	195			
113	15,00	29,70	457,41	264,02	25,88	6,00	200	210	1,00	0,00	205			
107	15,40	30,00	485,13	265,66	26,05	6,00	210	220	1,00	0,00	215			
109	15,60	30,20	498,63	266,10	26,09	6,00	220	230	1,00	1,00	225			
120	15,00	29,70	463,69	267,64	26,24	6,00	230	240	2,00	1,00	235			
101	15,00	30,00	463,90	267,76	26,25	6,00	240	250	3,00	0,00	245			
118	14,60	29,40	442,65	269,69	26,44	6,00	250	260	3,00	4,00	255			
110	15,30	30,30	486,69	270,01	26,47	6,00	260	270	7,00	8,00	265			
111	15,70	30,20	514,42	271,04	26,57	6,00	270	280	15,00	0,00	275			
106	14,80	29,40	462,99	274,51	26,91	6,00								

Fuente: Propia

El comportamiento presentado en la Empresa 2, con asentamientos de 4 – 5 – 5,5 - 6 8 y 8,5 plg.se muestra en la Tabla 19.

Tabla. 19 Comportamiento de la $f'c$ Vs asentamientos-Empresa 2

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX (KN)	RESISTENCIA		Asent	Asentamiento de 4 plg							
				Kg/cm ²	Mpa		media	Desviación	mín	máx	Rango	Intervalo	x clase	
106	15,00	30,00	390,28	225,27	22,09	4,00	313,02							
126	14,80	29,60	470,73	279,10	27,36	4,00	22,55							
110	15,20	29,40	526,40	295,90	29,01	4,00	225,27							
112	15,40	30,50	563,70	308,69	30,26	4,00	333,48							
116	15,30	30,40	556,64	308,82	30,28	4,00	108,21							
119	15,00	30,00	541,12	312,34	30,62	4,00	6,00							
105	15,10	30,20	548,74	312,55	30,64	4,00	18,04							
127	14,80	29,40	531,03	314,85	30,87	4,00								
109	15,20	30,30	560,52	315,08	30,89	4,00	Intervalo	f_i acum	f_i	$f'c$ (Kg/cm ²)				
117	15,80	30,00	606,80	315,68	30,95	4,00	220	240	0,00	1,00	230			
111	15,00	30,00	548,57	316,64	31,04	4,00	240	260	1,00	0,00	250			
118	15,40	30,50	578,78	316,94	31,07	4,00	260	280	1,00	1,00	270			
120	15,00	30,00	549,59	317,22	31,10	4,00	280	300	2,00	1,00	290			
123	15,40	30,40	581,30	318,32	31,21	4,00	300	320	3,00	12,00	310			
107	15,30	30,80	575,25	319,14	31,29	4,00	320	340	15,00	0,00	330			
125	15,20	30,20	575,38	323,43	31,71	4,00								
122	15,30	30,30	584,00	324,00	31,76	4,00								
124	14,80	29,40	547,50	324,62	31,83	4,00								
108	15,20	30,60	578,46	325,16	31,88	4,00								
113	15,30	30,00	593,27	329,14	32,27	4,00								
104	15,00	30,30	572,25	330,30	32,38	4,00								
115	15,00	29,90	576,49	332,75	32,62	4,00								
121	15,30	29,90	601,10	333,48	32,69	4,00								

Fuente: Propia

Continuación Tabla 19 comportamiento del $f'c$ Vs asentamientos-Empresa
2

1	15,40	30,20	419,52	229,73	22,52	5,00	Asentamiento de 5 plg				
9	15,70	29,80	449,12	236,63	23,20	5,00	media	255,57			
15	15,00	30,00	411,06	237,26	23,26	5,00	Desviación	16,38			
8	15,00	29,80	413,41	238,62	23,39	5,00	mín	229,73			
2	15,70	30,00	455,88	240,19	23,55	5,00	máx	283,84			
5	15,70	30,10	460,39	242,57	23,78	5,00	Rango	54,11			
10	15,40	30,60	446,84	244,69	23,99	5,00	Intervalo	7,00			
11	14,70	29,40	415,55	249,75	24,48	5,00	x clase	7,73			
16	15,60	30,40	468,73	250,14	24,52	5,00					
20	15,30	30,50	459,26	254,79	24,98	5,00	Intervalo	f_i acum	f_i	$f'c$ (Kg/cm ²)	
7	15,50	30,20	474,72	256,62	25,16	5,00	220	230	0,00	1,00	225
3	15,00	30,00	448,15	258,67	25,36	5,00	230	240	1,00	3,00	235
12	15,70	30,40	502,29	264,65	25,95	5,00	240	250	4,00	4,00	245
13	15,40	30,50	491,07	268,91	26,36	5,00	250	260	8,00	4,00	255
14	15,00	29,50	470,48	271,56	26,62	5,00	260	270	12,00	2,00	265
6	15,40	30,20	497,93	272,67	26,73	5,00	270	280	14,00	3,00	275
4	15,50	30,30	504,81	272,88	26,75	5,00	280	290	17,00	0,00	285
19	15,00	30,00	487,84	281,58	27,61	5,00					
18	15,00	29,30	491,76	283,84	27,83	5,00					
161	15,30	30,80	222,16	123,25	12,08	5,50	Asentamiento de 5,5 plg				
162	15,30	30,00	402,37	223,23	21,89	5,50	media	278,28			
169	15,10	30,20	428,10	243,84	23,91	5,50	Desviación	35,89			
165	15,00	30,00	424,72	245,15	24,03	5,50	mín	123,25			
180	15,00	29,80	426,24	246,03	24,12	5,50	máx	334,10			
184	15,00	30,00	444,54	256,59	25,16	5,50	Rango	210,84			
156	15,00	30,00	446,63	257,80	25,27	5,50	Intervalo	11,00			
177	15,30	30,50	469,15	260,28	25,52	5,50	x clase	19,17			
182	15,50	30,10	497,21	268,77	26,35	5,50					
176	15,00	30,00	467,15	269,64	26,44	5,50	Intervalo	f_i acum	f_i	$f'c$ (Kg/cm ²)	
155	14,80	29,40	456,73	270,80	26,55	5,50	120	140	0,00	1,00	130
175	15,00	30,20	471,76	272,30	26,70	5,50	140	160	1,00	0,00	150
153	15,70	30,00	523,08	275,60	27,02	5,50	160	180	1,00	0,00	170
179	15,00	30,50	484,40	279,60	27,41	5,50	180	200	1,00	0,00	190
164	15,40	30,30	511,32	280,00	27,45	5,50	200	220	1,00	0,00	210
174	15,50	30,10	520,74	281,49	27,60	5,50	220	240	1,00	1,00	230
181	15,20	30,30	501,85	282,10	27,66	5,50	240	260	2,00	5,00	250
178	15,00	29,70	488,87	282,18	27,66	5,50	260	280	7,00	7,00	270
158	15,00	30,00	491,65	283,78	27,82	5,50	280	300	14,00	12,00	290
172	15,00	30,00	492,94	284,53	27,89	5,50	300	320	26,00	8,00	310
159	15,40	30,80	521,86	285,77	28,02	5,50	320	340	34,00	0,00	330
185	15,00	29,70	500,69	289,00	28,33	5,50					
150	15,40	30,50	530,50	290,51	28,48	5,50					
166	15,00	30,00	506,81	292,53	28,68	5,50					
171	15,10	30,00	520,29	296,35	29,05	5,50					
154	15,30	30,00	537,97	298,46	29,26	5,50					
167	15,00	30,00	523,31	302,06	29,61	5,50					
151	14,80	29,50	511,03	302,99	29,71	5,50					
149	15,00	29,00	527,25	304,33	29,84	5,50					
170	15,20	30,30	542,21	304,78	29,88	5,50					
160	15,30	30,30	553,73	307,20	30,12	5,50					
157	15,70	30,00	594,68	313,32	30,72	5,50					
183	15,10	30,00	552,02	314,42	30,83	5,50					
163	15,20	30,30	564,06	317,07	31,08	5,50					
168	15,00	30,30	578,82	334,10	32,75	5,50					

Fuente: propia

Continuación Tabla 19 comportamiento del f'c Vs asentamientos-Empresa
2

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX (KN)	RESISTENCIA		Asent	Asentamiento de 6 plg				
				Kg/cm ²	Mpa		Intervalo		f _i acum	f _i	f'c (Kg/cm ²)
39	15,30	30,20	394,78	219,02	21,47	6,00	media 271,00				
42	15,10	30,00	400,25	227,98	22,35	6,00	Desviación 18,78				
38	15,20	30,30	416,32	234,02	22,94	6,00	mín 219,02				
37	15,70	30,00	446,31	235,15	23,05	6,00	máx 317,10				
33	14,90	30,00	405,11	236,98	23,23	6,00	Rango 98,08				
56	15,60	29,70	450,85	240,60	23,59	6,00	Intervalo 11,00				
215	15,30	30,40	437,24	242,58	23,78	6,00	x clase 8,92				
186	15,10	30,30	429,02	244,36	23,96	6,00	Intervalo		f _i acum	f _i	f'c (Kg/cm ²)
22	15,00	29,80	431,01	248,78	24,39	6,00	210	220	0,00	1,00	215
47	14,80	29,20	422,32	250,40	24,55	6,00	220	230	1,00	1,00	225
209	15,20	29,80	446,07	250,74	24,58	6,00	230	240	2,00	3,00	235
202	15,30	30,20	453,67	251,69	24,68	6,00	240	250	5,00	4,00	245
203	15,40	30,50	462,55	253,30	24,83	6,00	250	260	9,00	8,00	255
212	15,30	30,50	456,68	253,36	24,84	6,00	260	270	17,00	19,00	265
52	15,50	30,10	470,36	254,26	24,93	6,00	270	280	36,00	15,00	275
222	15,40	30,20	465,87	255,11	25,01	6,00	280	290	51,00	15,00	285
218	15,00	30,00	450,28	259,90	25,48	6,00	290	300	66,00	7,00	295
206	15,00	30,00	451,35	260,52	25,54	6,00	300	310	73,00	3,00	305
62	15,00	30,00	451,67	260,70	25,56	6,00	310	320	76,00	0,00	315
216	15,00	29,90	451,82	260,79	25,57	6,00					
50	15,00	30,20	451,95	260,87	25,58	6,00					
41	15,00	30,00	453,00	261,47	25,63	6,00					
188	15,60	29,80	491,70	262,40	25,73	6,00					
204	15,00	30,00	458,09	264,41	25,92	6,00					
25	14,70	29,50	440,11	264,51	25,93	6,00					
205	15,30	29,40	477,47	264,89	25,97	6,00					
43	15,50	29,90	490,83	265,32	26,01	6,00					
46	14,80	29,40	448,32	265,81	26,06	6,00					
201	15,00	30,00	460,74	265,94	26,07	6,00					
213	14,80	29,20	449,27	266,38	26,12	6,00					
49	15,30	30,20	481,73	267,26	26,20	6,00					
200	15,20	30,00	477,13	268,20	26,29	6,00					
219	15,00	30,00	465,23	268,53	26,33	6,00					
197	15,00	30,00	466,27	269,13	26,39	6,00					
51	15,20	30,50	479,22	269,38	26,41	6,00					
217	15,00	30,00	466,88	269,48	26,42	6,00					
189	15,50	30,90	500,15	270,36	26,51	6,00					
210	15,00	30,20	471,76	272,30	26,70	6,00					
61	15,30	30,20	492,53	273,25	26,79	6,00					
23	15,00	29,40	473,78	273,47	26,81	6,00					
220	15,00	30,20	473,87	273,52	26,82	6,00					
190	15,20	29,20	487,41	273,98	26,86	6,00					
194	15,30	30,50	494,73	274,47	26,91	6,00					
198	15,80	30,20	528,01	274,69	26,93	6,00					
223	15,20	30,30	489,23	275,00	26,96	6,00					
28	15,20	30,30	491,35	276,19	27,08	6,00					
35	15,00	30,00	479,62	276,84	27,14	6,00					
221	15,00	30,00	480,24	277,20	27,18	6,00					
48	15,20	30,20	493,85	277,60	27,22	6,00					
191	14,80	29,80	469,73	278,51	27,30	6,00					
187	14,90	29,10	477,08	279,08	27,36	6,00					
53	15,60	30,30	525,16	280,25	27,48	6,00					
214	15,50	30,40	518,64	280,36	27,49	6,00					
24	15,30	29,20	505,55	280,47	27,50	6,00					
27	15,00	30,20	487,35	281,30	27,58	6,00					
36	15,20	30,20	500,67	281,43	27,59	6,00					
196	15,40	30,40	514,35	281,66	27,61	6,00					
55	15,30	30,40	511,39	283,71	27,82	6,00					
193	15,00	30,20	491,99	283,98	27,84	6,00					
192	15,00	29,70	493,28	284,72	27,91	6,00					
34	15,70	30,00	540,56	284,81	27,92	6,00					

Fuente: Propia

Continuación Tabla 19 comportamiento del $f'c$ Vs asentamientos-Empresa
2

146	15,30	30,50	317,03	175,88	17,24	8,00	Asentamiento de 8 plg						
144	15,40	29,90	429,97	235,45	23,08	8,00	media	263,82					
138	15,40	30,00	430,45	235,72	23,11	8,00		Desviación	28,66				
147	15,00	30,00	417,15	240,78	23,61	8,00		mín	175,88				
130	15,00	29,70	443,12	255,77	25,08	8,00		máx	303,14				
128	15,30	30,20	461,63	256,11	25,11	8,00		Rango	127,26				
141	15,00	30,00	445,68	257,25	25,22	8,00		Intervalo	7,00				
136	14,70	29,30	428,08	257,28	25,22	8,00		x clase	18,18				
131	15,70	29,80	488,81	257,54	25,25	8,00							
135	15,00	30,00	448,23	258,72	25,36	8,00							
129	14,90	29,10	452,87	264,92	25,97	8,00		Intervalo		f_i acum	f_i	$f'c$ (Kg/cm ²)	
145	15,70	30,00	516,68	272,23	26,69	8,00	170	190	0,00	1,00	180		
139	15,50	30,30	513,05	277,34	27,19	8,00	190	210	1,00	0,00	200		
143	15,20	30,80	501,03	281,64	27,61	8,00	210	230	1,00	0,00	220		
137	15,20	30,40	505,74	284,28	27,87	8,00	230	250	1,00	3,00	240		
142	15,00	29,70	496,92	286,82	28,12	8,00	250	270	4,00	3,00	260		
132	15,40	30,00	526,41	288,27	28,26	8,00	270	290	7,00	7,00	280		
140	15,50	30,30	535,18	289,30	28,36	8,00	290	310	14,00	0,00	300		
134	15,30	29,90	536,94	297,89	29,20	8,00							
133	15,00	30,20	525,19	303,14	29,72	8,00							
101	15,70	29,70	342,64	180,53	17,70	8,50	Asentamiento de 8,5 plg						
97	15,80	30,30	381,80	198,62	19,47	8,50	media	250,86					
96	15,00	29,40	345,71	199,54	19,56	8,50	Desviación	28,18					
94	15,30	30,00	364,16	202,03	19,81	8,50	mín	180,53					
92	15,20	30,20	385,23	216,54	21,23	8,50	máx	290,51					
100	15,00	30,20	379,31	218,94	21,46	8,50	Rango	109,98					
68	15,40	30,10	426,09	233,33	22,88	8,50	Intervalo	6,00					
98	15,30	30,70	421,62	233,91	22,93	8,50	x clase	18,33					
77	15,20	29,90	416,99	234,40	22,98	8,50							
79	15,50	29,80	439,43	237,54	23,29	8,50	Intervalo		f_i acum	f_i	$f'c$ (Kg/cm ²)		
89	14,80	30,20	403,31	239,13	23,44	8,50	180	200	0,00	3,00	190		
83	15,60	30,00	452,32	241,38	23,67	8,50	200	220	3,00	3,00	210		
82	15,60	29,90	452,61	241,54	23,68	8,50	220	240	6,00	5,00	230		
71	15,40	29,70	445,22	243,81	23,90	8,50	240	260	11,00	8,00	250		
67	15,00	29,80	424,24	244,87	24,01	8,50	260	280	19,00	9,00	270		
102	15,10	29,90	431,02	245,50	24,07	8,50	280	300	28,00	0,00	290		
95	14,90	30,00	420,81	246,16	24,13	8,50							
72	15,30	30,20	455,93	252,94	24,80	8,50							
81	15,00	30,00	440,06	254,00	24,90	8,50							
103	15,30	29,90	470,13	260,82	25,57	8,50							
66	15,10	29,00	458,80	261,32	25,62	8,50							
86	15,20	30,70	465,01	261,39	25,63	8,50							
87	15,50	30,40	487,59	263,57	25,84	8,50							
70	14,90	29,30	452,54	264,72	25,95	8,50							
93	15,50	30,20	490,34	265,06	25,99	8,50							
80	15,20	30,50	474,08	266,49	26,13	8,50							
73	15,00	29,80	468,89	270,64	26,53	8,50							
88	15,10	30,00	476,93	271,65	26,63	8,50							
85	15,00	29,80	487,39	281,32	27,58	8,50							
69	15,00	29,30	487,53	281,40	27,59	8,50							
90	15,20	30,20	502,09	282,23	27,67	8,50							
91	15,20	30,50	503,75	283,16	27,76	8,50							
84	15,10	30,00	500,61	285,14	27,95	8,50							
78	15,40	30,00	524,54	287,24	28,16	8,50							
76	15,20	30,30	515,20	289,60	28,39	8,50							
74	15,40	30,50	530,50	290,51	28,48	8,50							

Fuente: propia

Finalmente el comportamiento presentado por las muestras en la Empresa 3 con asentamientos del orden de 3 - 3,5 - 4 - 5 - 5,5 - 6 y 8 plg, se muestra en la Tabla 20.

Tabla. 20 Comportamiento del $f'c$ Vs asentamientos-Empresa 3

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX (KN)	RESISTENCIA		Asent					
				Kg/cm ²	Mpa		Asentamiento de 3 plg				
84	15,90	30,30	390,10	200,40	19,65	3,00	media	206,97			
85	15,40	30,40	476,24	260,79	25,57	3,00	Desviación	35,21			
86	15,10	29,90	304,83	173,63	17,02	3,00	mín	165,97			
87	15,30	30,20	330,19	183,19	17,96	3,00	máx	265,03			
88	14,80	29,80	316,76	187,81	18,41	3,00	Rango	99,06			
89	15,40	30,60	483,97	265,03	25,98	3,00	Intervalo	5,00			
90	14,70	29,30	313,59	188,47	18,48	3,00	x clase	19,81			
91	15,00	30,00	299,42	172,83	16,94	3,00					
92	15,00	30,00	360,53	208,10	20,40	3,00	Intervalo		f_i acum	f_i	$f'c$ (Kg/cm ²)
93	14,90	30,00	294,72	172,40	16,90	3,00	160	180	0,00	6,00	170
94	14,70	29,70	299,06	179,74	17,62	3,00	180	210	6,00	6,00	195
95	15,70	30,30	417,03	219,72	21,54	3,00	210	230	12,00	1,00	220
96	15,50	30,20	441,65	238,74	23,41	3,00	230	250	13,00	3,00	240
97	14,90	29,80	315,99	184,85	18,12	3,00	250	270	16,00	0,00	260
98	15,00	29,20	287,54	165,97	16,27	3,00					
99	15,30	30,30	436,24	242,02	23,73	3,00					
100	15,00	29,60	304,84	175,95	17,25	3,00					
101	15,20	31,00	443,89	249,52	24,46	3,00					
102	15,00	30,50	456,19	263,31	25,82	3,00					
103	15,70	30,20	442,42	233,10	22,85	3,50					
104	15,50	30,00	443,52	239,75	23,50	3,50	media	215,14			
105	15,40	30,30	447,34	244,97	24,02	3,50	Desviación	32,88			
106	15,10	30,10	428,57	244,11	23,93	3,50	min	158,19			
107	15,50	30,50	440,65	238,20	23,35	3,50	máx	254,70			
108	14,80	29,70	340,89	202,12	19,82	3,50	Rango	96,52			
109	15,00	29,60	338,20	195,21	19,14	3,50	Intervalo	11,00			
110	15,00	30,20	434,61	250,86	24,59	3,50	x clase	8,77			
111	15,40	30,80	450,71	246,81	24,20	3,50	Intervalo		f_i acum	f_i	$f'c$ (Kg/cm ²)
112	15,00	30,00	430,83	248,68	24,38	3,50	150	160	0,00	1,00	155
113	14,90	29,50	435,41	254,70	24,97	3,50	160	170	1,00	3,00	165
114	15,50	30,30	297,57	160,86	15,77	3,50	170	180	4,00	0,00	175
115	14,80	29,60	363,04	215,25	21,10	3,50	180	190	4,00	1,00	185
116	15,00	29,90	316,18	182,50	17,89	3,50	190	200	5,00	2,00	195
117	14,80	29,60	286,46	169,84	16,65	3,50	200	210	7,00	1,00	205
118	15,60	30,40	413,18	220,50	21,62	3,50	210	220	8,00	1,00	215
119	15,40	30,00	411,12	225,13	22,07	3,50	220	230	9,00	2,00	225
120	15,60	30,00	365,35	194,97	19,11	3,50	230	240	11,00	4,00	235
121	15,00	29,30	280,54	161,93	15,88	3,50	240	250	15,00	4,00	245
122	15,60	30,30	431,49	230,27	22,58	3,50	250	260	19,00	0,00	255
123	15,00	29,90	274,06	158,19	15,51	3,50					

Fuente: Propia

Continuación Tabla 20 Comportamiento del f'c Vs asentamientos- Empresa 3

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX (KN)	RESISTENCIA		Asent					
				Kg/cm ²	Mpa						
1	15,50	30,40	497,02	268,67	26,34	4,00	Asentamiento de 4 plg				
2	14,80	29,70	287,66	170,56	16,72	4,00	media	246,97			
3	15,00	30,00	428,70	247,45	24,26	4,00	Desviación	50,11			
4	15,00	29,40	446,98	258,00	25,29	4,00	min	122,28			
5	15,70	30,20	462,49	243,68	23,89	4,00	máx	379,22			
6	15,70	30,20	381,98	201,26	19,73	4,00	Rango	256,94			
7	14,80	29,50	360,23	213,58	20,94	4,00	Intervalo	14,00			
8	15,20	30,80	432,42	243,07	23,83	4,00	x clase	18,35			
9	15,00	29,40	418,93	241,81	23,71	4,00					
10	14,80	30,20	361,56	214,37	21,02	4,00	Intervalo		f _i acum	f _i	f'c (Kg/cm ²)
11	15,70	30,70	400,42	210,97	20,68	4,00	120	130	0,00	1,00	125
12	14,90	30,00	396,30	231,83	22,73	4,00	130	140	1,00	1,00	135
13	15,30	30,20	443,74	246,18	24,14	4,00	140	150	2,00	0,00	145
14	14,50	29,80	360,01	222,38	21,80	4,00	150	160	2,00	3,00	155
15	15,20	30,20	374,58	210,56	20,64	4,00	160	170	5,00	1,00	165
16	15,40	30,20	416,68	228,18	22,37	4,00	170	180	6,00	7,00	175
17	15,00	30,20	361,45	208,63	20,45	4,00	180	190	13,00	4,00	185
18	15,00	29,80	383,84	221,55	21,72	4,00	190	200	17,00	13,00	195
19	15,30	30,70	328,82	182,43	17,88	4,00	200	210	30,00	8,00	205
20	15,30	30,60	350,49	194,45	19,06	4,00	210	220	38,00	13,00	215
21	15,60	29,90	297,93	158,99	15,59	4,00	220	230	51,00	9,00	225
22	14,50	29,50	289,67	178,93	17,54	4,00	230	240	60,00	13,00	235
23	15,70	30,70	494,59	260,59	25,55	4,00	240	250	73,00	14,00	245
24	14,70	29,80	387,83	233,09	22,85	4,00	250	260	87,00	0,00	255
25	14,90	30,00	486,96	284,86	27,93	4,00					
26	15,00	29,40	418,28	241,43	23,67	4,00					
27	14,60	29,80	393,71	239,87	23,52	4,00					
28	14,90	29,70	271,96	159,09	15,60	4,00					
29	15,70	29,90	346,21	182,41	17,88	4,00					
30	15,40	30,40	433,25	237,25	23,26	4,00					
31	14,80	30,20	452,73	268,43	26,32	4,00					
32	14,70	29,40	291,54	175,22	17,18	4,00					
33	14,90	29,70	366,31	214,28	21,01	4,00					
34	15,00	30,00	357,00	206,06	20,20	4,00					
35	15,30	30,40	432,68	240,05	23,53	4,00					
36	15,60	30,60	294,23	157,02	15,39	4,00					
37	15,50	30,50	483,36	261,29	25,62	4,00					
38	15,60	30,90	428,13	228,47	22,40	4,00					
39	15,00	30,20	344,44	198,81	19,49	4,00					
40	15,60	30,40	482,31	257,39	25,23	4,00					
41	15,50	30,40	380,09	205,46	20,14	4,00					
42	15,40	30,40	477,52	261,49	25,64	4,00					
43	15,50	30,60	437,92	236,72	23,21	4,00					
44	15,80	30,60	323,64	168,37	16,51	4,00					
45	15,00	29,40	388,96	224,51	22,01	4,00					
46	14,80	29,40	359,52	213,16	20,90	4,00					
47	14,50	29,30	373,00	230,40	22,59	4,00					
48	15,70	30,10	378,59	199,47	19,56	4,00					
49	14,40	29,30	333,84	209,09	20,50	4,00					
50	14,70	29,40	352,30	211,73	20,76	4,00					
51	15,40	30,80	488,47	267,49	26,22	4,00					
52	15,20	30,20	413,70	232,55	22,80	4,00					
53	15,70	29,80	475,32	250,44	24,55	4,00					
54	15,70	30,10	491,93	259,19	25,41	4,00					
55	15,00	30,00	376,59	217,37	21,31	4,00					
56	15,00	30,10	367,56	212,16	20,80	4,00					
57	15,00	29,50	367,55	212,15	20,80	4,00					
58	15,40	30,50	494,12	270,58	26,53	4,00					
59	15,10	30,10	516,80	294,36	28,86	4,00					
60	15,50	30,00	466,13	251,97	24,70	4,00					
61	15,70	29,80	541,32	285,21	27,96	4,00					

Fuente: Propia

Continuación Tabla 20 Comportamiento del f'c Vs asentamientos- Empresa 3

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX (KN)	RESISTENCIA		Asent					
				Kg/cm ²	Mpa						
269	14,70	29,50	590,29	354,77	34,78	5,00	Asentamiento de 5 plg				
270	15,30	29,90	632,50	350,90	34,40	5,00	media	323,34			
271	14,70	29,30	594,25	357,15	35,01	5,00	Desviación	36,03			
272	15,30	30,30	630,16	349,61	34,28	5,00	min	219,80			
273	15,60	30,00	411,88	219,80	21,55	5,00	máx	357,15			
274	15,60	30,10	595,17	317,62	31,14	5,00	Rango	137,34			
275	14,60	29,30	579,45	353,04	34,61	5,00	Intervalo	7,00			
276	15,00	29,30	579,36	334,41	32,79	5,00	x clase	19,62			
277	14,60	29,30	581,86	354,51	34,76	5,00	Intervalo	f _i acum	f _i	f'c (Kg/cm ²)	
278	14,80	30,10	574,54	340,65	33,40	5,00	210	230	0,00	1,00	220
279	15,30	30,50	502,37	278,71	27,32	5,00	230	250	1,00	0,00	240
280	14,50	29,50	550,08	339,78	33,31	5,00	250	270	1,00	1,00	260
281	14,90	29,50	565,38	330,73	32,42	5,00	270	290	2,00	2,00	280
282	15,30	30,50	599,84	332,78	32,63	5,00	290	320	4,00	1,00	305
283	15,20	30,00	586,36	329,60	32,31	5,00	320	340	5,00	9,00	330
284	15,70	29,60	486,03	256,08	25,11	5,00	340	360	14,00	0,00	350
285	15,10	30,00	579,41	330,02	32,36	5,00					
286	14,90	29,80	555,08	324,71	31,83	5,00					
287	15,20	30,00	492,45	276,81	27,14	5,00					
288	15,00	29,70	582,91	336,46	32,99	5,00					
289	15,50	30,20	595,65	321,99	31,57	5,00					
186	15,00	30,40	497,06	286,90	28,13	5,50	Asentamiento de 5,5 plg				
187	15,30	30,80	472,93	262,38	25,72	5,50	media	244,03			
188	14,90	29,50	370,58	216,78	21,25	5,50	Desviación	30,31			
189	15,50	30,10	473,61	256,02	25,10	5,50	min	176,07			
190	15,00	29,30	383,01	221,07	21,67	5,50	máx	286,90			
191	14,80	29,50	355,15	210,57	20,64	5,50	Rango	110,83			
192	15,00	29,70	381,47	220,19	21,59	5,50	Intervalo	6,00			
193	14,80	29,40	342,21	202,90	19,89	5,50	x clase	18,47			
194	14,80	29,40	296,96	176,07	17,26	5,50					
195	15,00	29,70	347,29	200,46	19,65	5,50	Intervalo	f _i acum	f _i	f'c (Kg/cm ²)	
196	15,70	30,00	459,44	242,07	23,73	5,50	170	190	0,00	1,00	180
197	15,40	30,10	488,15	267,31	26,21	5,50	190	210	1,00	2,00	200
198	15,00	30,00	473,08	273,06	26,77	5,50	210	230	3,00	4,00	220
199	14,90	29,90	470,54	275,25	26,99	5,50	230	250	7,00	2,00	240
200	15,80	30,00	487,95	253,85	24,89	5,50	250	270	9,00	9,00	260
201	15,50	30,30	430,39	232,65	22,81	5,50	270	290	18,00	0,00	280
202	15,70	29,90	502,99	265,01	25,98	5,50					
203	15,00	29,90	464,53	268,13	26,29	5,50					
204	15,40	30,30	482,39	264,16	25,90	5,50					
205	15,60	30,40	494,87	264,09	25,89	5,50					
206	15,00	29,80	460,27	265,67	26,05	5,50					

Fuente: Propia

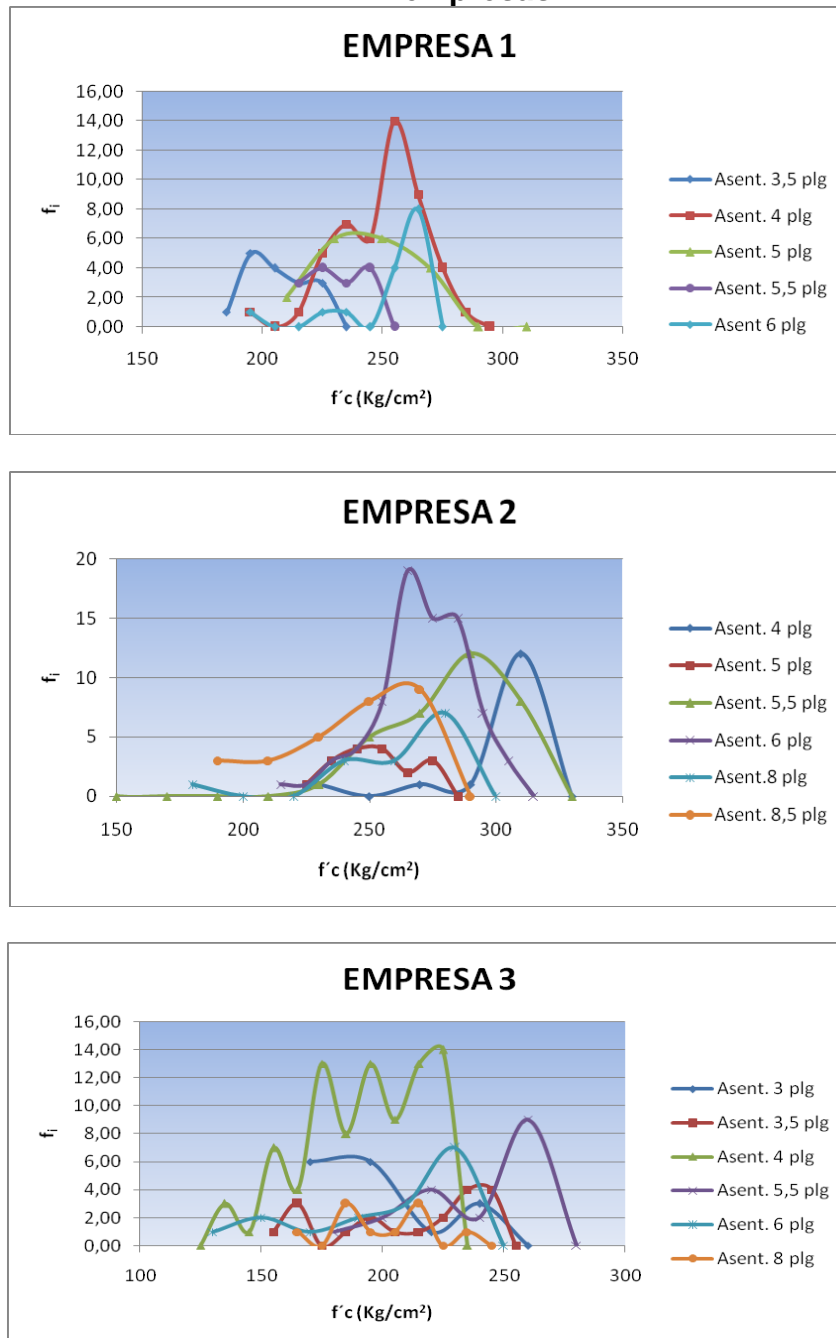
Continuación Tabla 20 Comportamiento del $f'c$ Vs asentamientos- Empresa 3

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX (KN)	RESISTENCIA		Asent					
				Kg/cm ²	Mpa						
124	15,00	30,00	292,13	168,62	16,53	6,00	Asentamiento de 6 plg				
125	14,80	30,00	412,48	244,56	23,98	6,00	media	208,81			
126	15,00	29,90	443,73	256,12	25,11	6,00	Desviación	36,28			
127	15,30	30,10	377,55	209,46	20,54	6,00	min	127,10			
128	15,70	30,60	445,69	234,82	23,02	6,00	máx	256,12			
129	15,30	31,00	404,99	224,68	22,03	6,00	Rango	129,02			
130	15,50	30,50	416,11	224,93	22,05	6,00	Intervalo	7,00			
131	14,80	30,00	406,61	241,08	23,64	6,00	x clase	18,43			
132	15,00	29,80	415,25	239,68	23,50	6,00					
133	15,00	30,00	416,07	240,16	23,54	6,00	Intervalo		f_i acum	f_i	$f'c$ (Kg/cm ²)
134	16,00	30,20	403,60	204,75	20,07	6,00	120	140	0,00	1,00	130
135	14,40	29,60	241,86	151,48	14,85	6,00	140	160	1,00	2,00	150
136	15,00	29,60	321,20	185,40	18,18	6,00	160	180	3,00	1,00	170
137	15,40	30,80	272,97	149,48	14,65	6,00	180	200	4,00	2,00	190
138	16,00	30,50	396,66	201,23	19,73	6,00	200	220	6,00	3,00	210
139	14,60	29,50	208,61	127,10	12,46	6,00	220	240	9,00	7,00	230
140	15,00	29,70	328,27	189,48	18,58	6,00	240	260	16,00	0,00	250
141	15,80	30,70	431,29	224,37	22,00	6,00					
142	15,30	30,00	428,60	237,78	23,31	6,00					
143	15,60	30,40	414,00	220,93	21,66	6,00					
144	14,70	29,30	301,21	181,03	17,75	8,00	Asentamiento de 8 plg				
145	15,00	30,10	365,49	210,96	20,68	8,00	media	271,44			
146	15,30	30,50	497,51	276,01	27,06	8,00	Desviación	82,18			
147	15,20	30,20	697,60	392,13	38,44	8,00	min	160,30			
148	15,60	30,30	671,83	358,53	35,15	8,00	máx	404,11			
149	14,50	29,60	334,18	206,42	20,24	8,00	Rango	243,81			
150	14,70	29,70	437,64	263,02	25,79	8,00	Intervalo	9,00			
151	15,30	30,20	349,10	193,68	18,99	8,00	x clase	27,09			
152	14,70	30,00	672,39	404,11	39,62	8,00					
153	14,60	29,30	306,84	186,95	18,33	8,00	Intervalo		f_i acum	f_i	$f'c$ (Kg/cm ²)
154	14,90	29,70	368,92	215,81	21,16	8,00	160	170	0,00	1,00	165
155	14,90	30,10	432,10	252,77	24,78	8,00	170	180	1,00	0,00	175
156	14,80	29,50	270,36	160,30	15,72	8,00	180	190	1,00	3,00	185
157	15,20	30,00	618,71	347,78	34,10	8,00	190	200	4,00	1,00	195
158	15,60	30,00	348,65	186,06	18,24	8,00	200	210	5,00	1,00	205
159	15,40	30,30	689,61	377,64	37,02	8,00	210	220	6,00	3,00	215
160	14,90	29,60	406,83	237,99	23,33	8,00	220	230	9,00	0,00	225
161	15,00	29,00	377,71	218,01	21,37	8,00	230	240	9,00	1,00	235
162	15,80	30,00	537,95	279,86	27,44	8,00	240	250	10,00	0,00	245
163	15,20	30,20	677,72	380,95	37,35	8,00					
164	15,60	30,00	693,62	370,15	36,29	8,00					

Fuente: Propia

Al graficar los resultados de este análisis se observan comportamientos diferentes con curvas simétricas y asimétricas que difieren entre sí dependiendo de los asentamientos presentados en las mezclas de concreto, tal como se muestra en la Figura 15, en donde el eje vertical f_i representa los valores de frecuencia y el eje x representa los valores de resistencia.

Figura 15. Comportamiento de $f'c$ vs Asentamientos en las tres empresas



Fuente: Propia

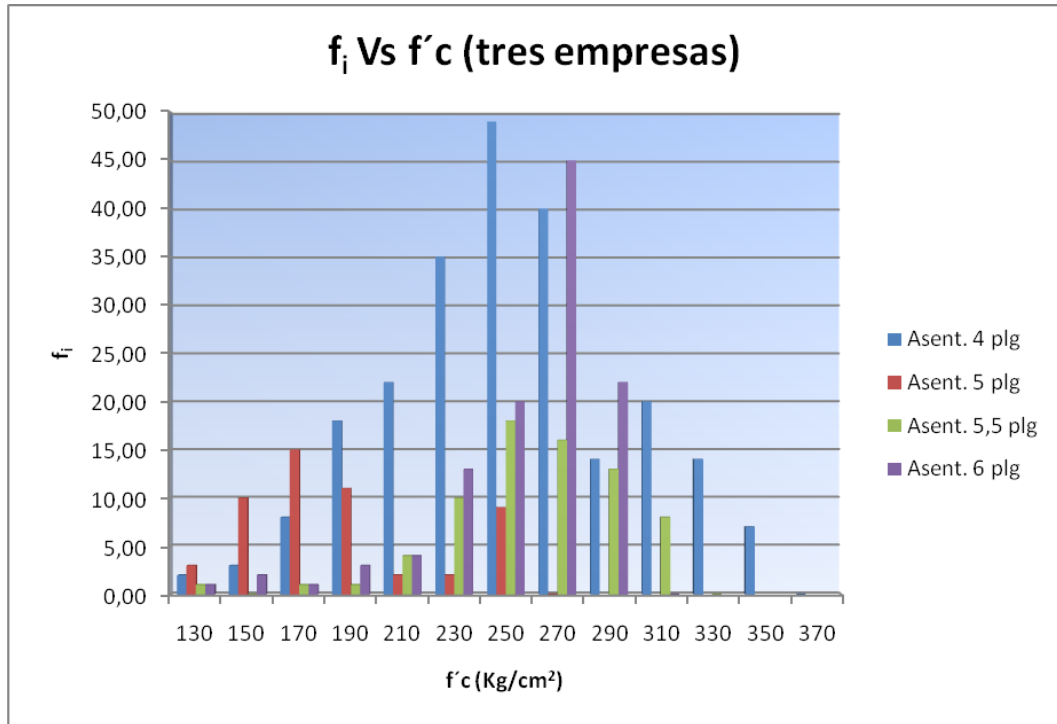
Por tal razón, para el análisis de los datos se hizo la comparación de la resistencia a la compresión, teniendo en cuenta las fundidas que tuvieron asentamientos iguales en las tres (3) empresas. Así, el análisis de la variación en resistencia a la compresión se muestra en la Tabla 21, en donde se presenta el consolidado, así como gráficamente se ilustra en la Figura 16

Tabla 21. Análisis consolidado de f'c Vs Asentamientos en todas la Empresas

TODAS LAS EMPRESAS					
ASENTAMIENTO DE 4 cm	media	254,20	Rango	257	
	Desviación	47,32	Intervalo	13	
	mín	122	x clase	20	
	máx	379	Variación	18,61	
	Intervalo		f _i acum	f _i	f'c (Kg/cm ²)
	120	140	0,00	2,00	130
	140	160	2,00	3,00	150
	160	180	5,00	8,00	170
	180	200	13,00	18,00	190
	200	220	31,00	22,00	210
	220	240	53,00	35,00	230
	240	260	88,00	49,00	250
	260	280	137,00	40,00	270
	280	300	177,00	14,00	290
300	320	191,00	20,00	310	
320	340	211,00	14,00	330	
340	360	225,00	7,00	350	
360	380	232,00	0,00	370	
ASENTAMIENTO DE 5 cm	media	276,80	Rango	151	
	Desviación	44	Intervalo	8	
	mín	206	x clase	18,90	
	máx	357	Variación	15,95	
	Intervalo		f _i acum	f _i	f'c (Kg/cm ²)
	200	220	0,00	3,00	210
	220	240	3,00	10,00	230
	240	260	13,00	15,00	250
	260	280	28,00	11,00	270
	280	300	39,00	2,00	290
	300	320	41,00	2,00	310
	320	340	43,00	9,00	330
	340	360	52,00	0,00	350
	ASENTAMIENTO DE 5,5 cm	media	258,42	Rango	211
Desviación		35,78	Intervalo	11	
mín		123	x clase	19,17	
máx		334	Variación	13,85	
Intervalo		f _i acum	f _i	f'c (Kg/cm ²)	
120		140	0,00	1,00	130
140		160	1,00	0,00	150
160		180	1,00	1,00	170
180		200	2,00	0,00	190
200		220	2,00	7,00	210
220		240	9,00	11,00	230
240		260	20,00	15,00	250
260		280	35,00	16,00	270
280		300	51,00	13,00	290
300	320	64,00	8,00	310	
320	340	72,00	0,00	330	
ASENTAMIENTO DE 6 cm	media	257,82	Rango	190	
	Desviación	32,50	Intervalo	10	
	mín	127	x clase	19,00	
	máx	317	Variación	12,61	
	Intervalo		f _i acum	f _i	f'c (Kg/cm ²)
	120	140	0,00	1,00	130
	140	160	1,00	2,00	150
	160	180	3,00	1,00	170
	180	200	4,00	3,00	190
	200	220	7,00	4,00	210
	220	240	11,00	13,00	230
	240	260	24,00	20,00	250
	260	280	44,00	45,00	270
	280	300	89,00	22,00	290
300	320	111,00	0,00	310	

Fuente: Propia

Figura 16. Análisis consolidado de f'_c vs asentamientos en todas las empresas



Fuente: Propia

De acuerdo a la distribución de frecuencias determinadas y a la Tabla 22 sobre las normas para el control de calidad del concreto se deduce que el control de calidad del concreto producido y ensayado en este proyecto se considera bueno, debido a las desviaciones y a los coeficientes de variaciones presentados anteriormente.

Tabla 22. Normas para el control del concreto

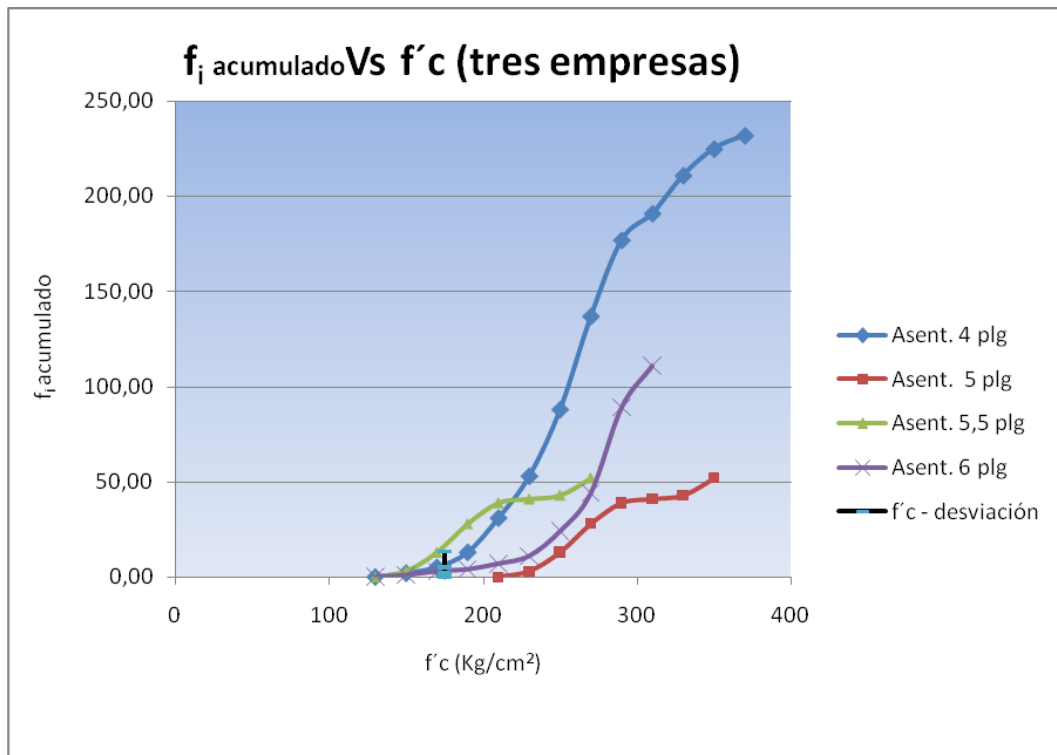
PRODUCCIÓN GENERAL- VARIACIÓN TOTAL					
CLASE DE OPERACIÓN	DESVIACIÓN ESTANDAR PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL EN Kg/cm ²) (COEFICIENTE DE VARIACIÓN PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL EN %)				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	ACEPTABLE	POBRE
PRUEBAS DE CONTROL DE CAMPO	Menor de 25 (menor de 10)	25-35 (-)	35-40 (10-15)	40-50 (15-20)	Mayor de 50 (Mayor de 20)
MEZCAS DE PRUEBA DE LABORATORIO	Menor de 15 (menor de 5)	15-17 (-)	17-20 (5-7)	20-25 (7-10)	Mayor de 25 (Mayor de 10)

Fuente: Sánchez Guzmán Diego, Tecnología del Concreto y del Mortero, 1987.

Se observa también en la Figura 17 que el porcentaje de los valores presentados por debajo de 210 Kg/cm² (valor esperado) con relación a los

asentamientos de 4 plg fue del 13% , en los de 5 plg fue de 0%, en los de 5,5, plg fue de 5,5% y en los de 6 plg fue del 6,30%., por lo cual se ratifica que el concreto es de buena calidad.

Figura 17. f_i acumulado Vs Asentamientos (3 empresas)

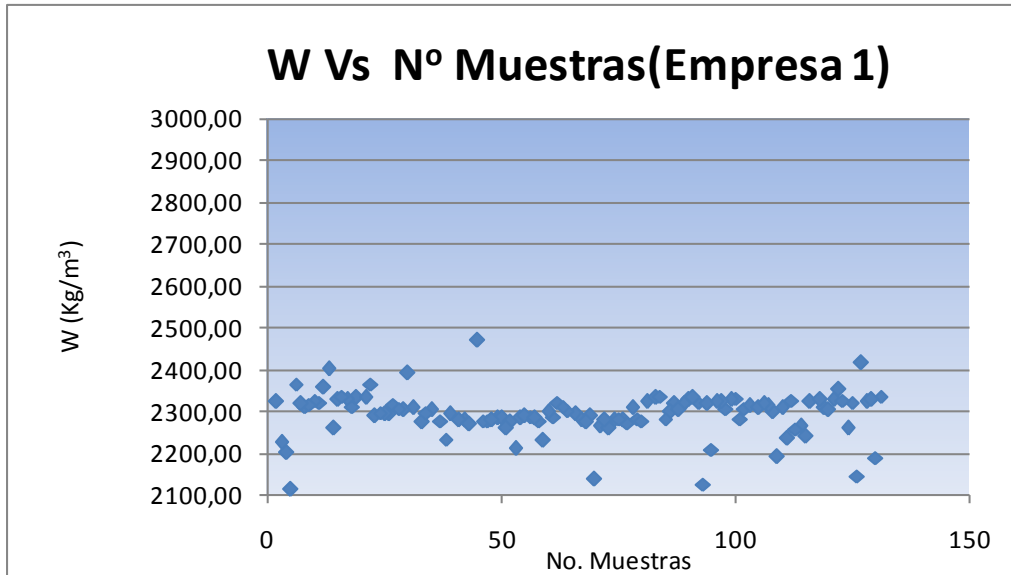


Fuente: Propia

5.5. Respecto al Peso Unitario:

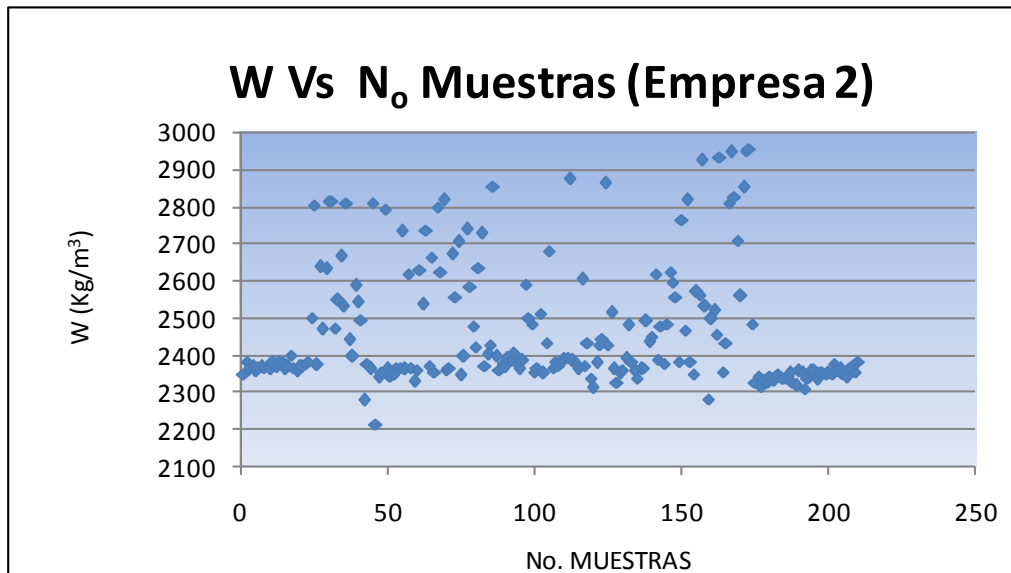
Realizando un análisis del comportamiento de este parámetro empresa por empresa tal cual se muestra en las figura 18, figura 19 y figura 20, se observa que estos valores oscilan dependiendo de la empresa. Los valores encontrados para la empresa 1 están entre el rango de valores entre $2117 - 2470 \text{ Kg/m}^3$, con un promedio de 2293 Kg/m^3 utilizando agregados de pescadero. Para la empresa 2 que utiliza los mismos agregados que la empresa 1 se encontraron valores entre $2214 - 2956 \text{ Kg/m}^3$, con un promedio de 2463 Kg/m^3 ; y para la empresa 3 que utiliza agregados finos de pescadero y agregado grueso de piedra caliza, se encontraron valores entre $2293 - 2459 \text{ Kg/m}^3$, para un promedio de 2373 Kg/m^3 . La literatura establece que el rango de valores oscilan entre $2400 - 2600 \text{ Kg/m}^3$.

Figura 18. Peso Unitario – Empresa 1



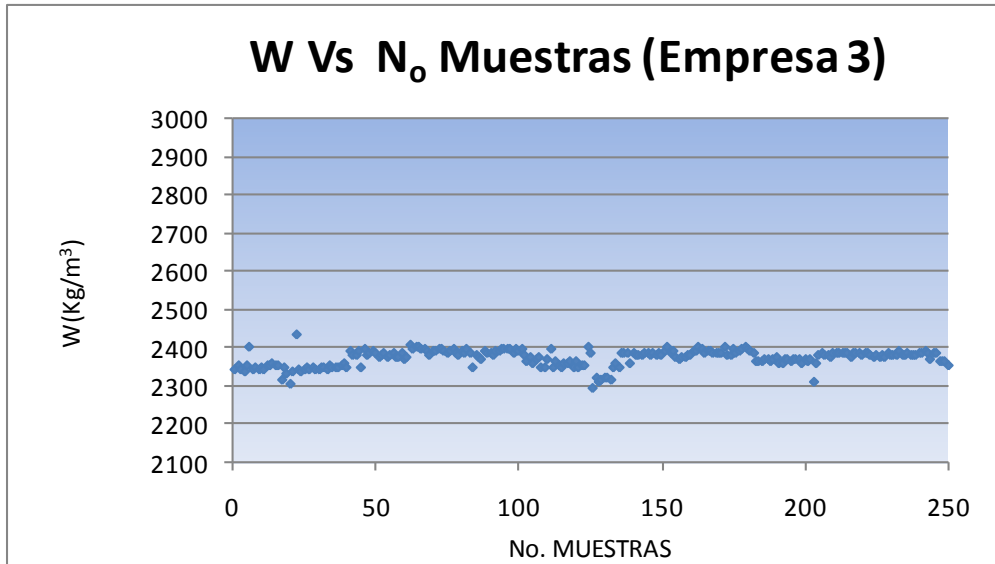
Fuente: Propia

Figura 19. Peso Unitario – Empresa 2



Fuente: Propia

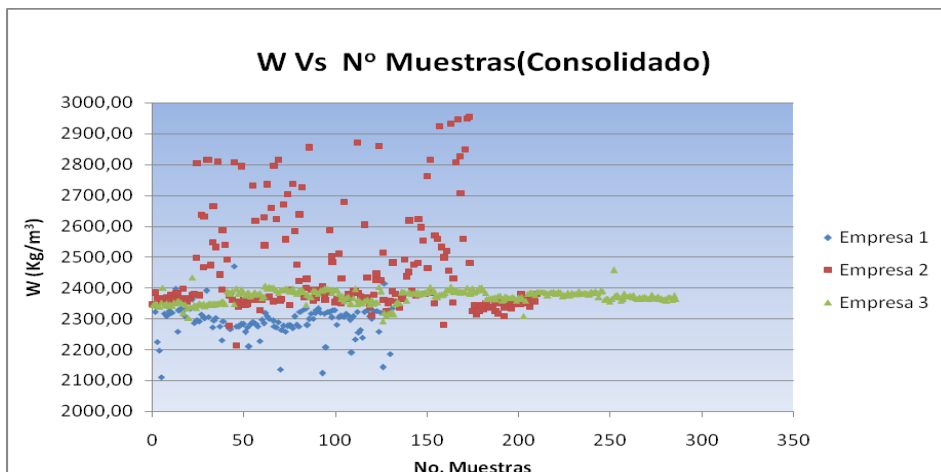
Figura 20. Peso Unitario – Empresa 3



Fuente: Propia

Al observar la Figura 21 en donde se muestra el comportamiento de los pesos unitarios de todas las muestras en un solo consolidado, se puede concluir que la empresa 3 presenta menos dispersión alrededor de un valor promedio de 2400 kg/m³ en los resultados, seguidamente se encuentra la empresa 1 y finalmente la empresa 2 presenta más dispersión en sus resultados.

Figura 21. Consolidado de Peso Unitario

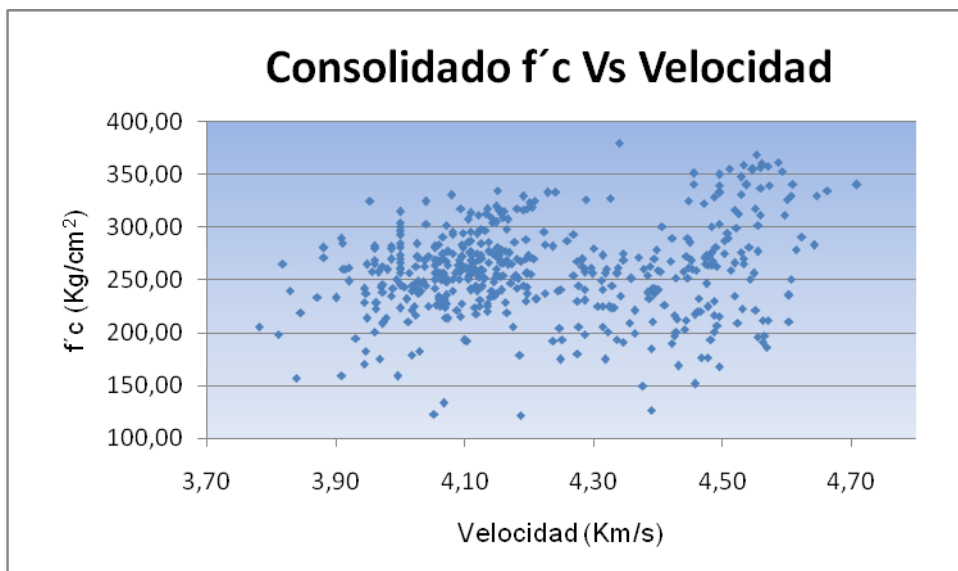


Fuente: Propia.

5.6. Respecto a la Velocidad del pulso ultrasónico:

En la Figura 22 se puede observar el comportamiento presentado por las muestras en cuanto a la velocidad del pulso ultrasónico con respecto a la resistencia a la compresión. Ambos parámetros son importantes en la determinación de la ecuación del módulo de elasticidad estático. Para el caso de los especímenes los datos confirman que el concreto es de buena calidad ya que tiene una velocidad de pulso ultrasónico entre 3,66 y 4,58 Km/s (Solís y otros, 2004). Se aprecia además que los datos tomados presentan una desviación de 0.21.

Figura 22 Consolidado de $f'c$ Vs Velocidad del pulso



Consolidado $f'c$ vs Velocidad				
media	4,22			
Desviación	0,21			
mín	3,78			
máx	5,59			
Rango	1,81			
Intervalo	3,00			
x clase	0,60			
Variación	5,00			
Intervalo		f_i acum	f_i	velocidad (Km/s)
3,00	4,00	0,00	67,00	4
4,00	5,00	67,00	414,00	5
5,00	6,00	481,00	0,00	6

Fuente: Propia

5.7. Respecto al Módulo de Elasticidad Estático:

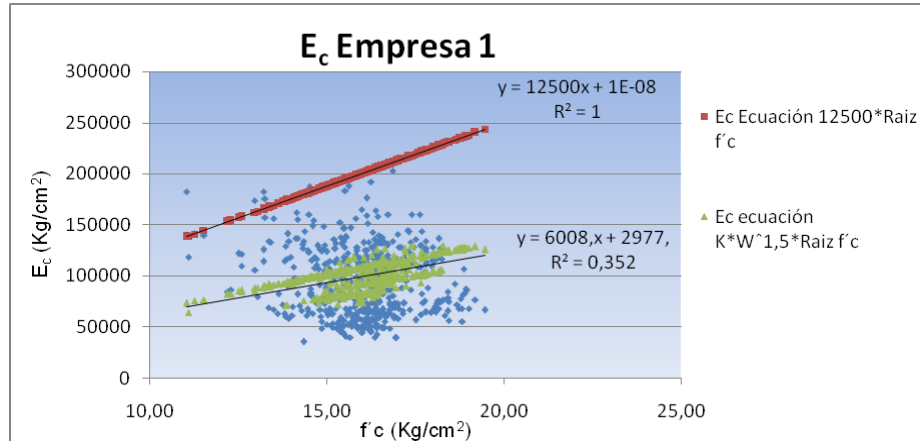
Son varias las ecuaciones que se han utilizado para la determinación del módulo de elasticidad estático, tal como se mencionó en el capítulo 2. También son varias las ecuaciones para calcular el E_c partiendo de valores como el W (peso unitario) y el f'_c (resistencia a la compresión), algunas de ellas dependiendo del tipo de agregado utilizado.

De acuerdo a lo anterior, se escogieron las ecuaciones de $E_c = 12500 * \sqrt{f'_c}$ (en Kg/cm^2) que corresponde a la general planteada por la NSR-98 y $E_c = K * W^{1.5} * \sqrt{f'_c}$ planteada cuando se dispone de los valores de E_c y f'_c y se conoce el tipo de agregado utilizado y se compararon el E_c teórico con el E_c experimental para asentamientos iguales en todas las empresas; es decir, se estimó un módulo de elasticidad para un consolidado de 4 plg, 5 plg, 5,5 plg y 6 plg. Además para este análisis fue necesario calcular la K involucrada en la ecuación $E_c = 12500 * \sqrt{f'_c}$ como el cociente entre la $\sqrt{f'_c}$ entre el valor del E_c experimental y el valor de K_2 involucrada en la ecuación que depende de W y de $\sqrt{f'_c}$ como el cociente entre $E_c = K * W^{1.5}$ y E_c experimental.

El valor medio para toda la información nacional sin distinguir el tipo de agregado en Colombia es $E_c = 12500 * \sqrt{f'_c}$ (en Kg/cm^2) o $E_c = 3900 * \sqrt{f'_c}$ (en MPa), valor tomado para el desarrollo de las ecuaciones determinadas para Bucaramanga y su área metropolitana y comparado con las encontradas experimentalmente. Estos valores se presentan en el anexo 17 en donde se muestra el consolidado para todas las empresas.

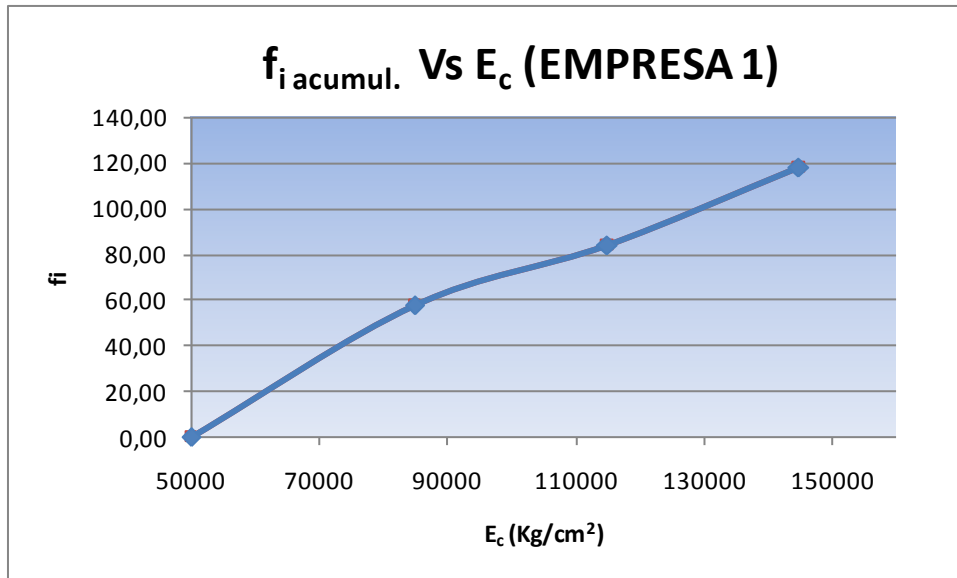
En los anexos 14, 15 y 16, se presentan toda la información resumen de las empresas 1, 2 y 3 consolidado con los cálculos realizados a fin de analizar no sólo el E_c sino además para el estudio posterior del E_d y coeficiente de Poisson, información organizada de menor a mayor valor de resistencia. Además en la Figura 23, Figura 24 y Figura 25, se muestran la información del E_c en función de la resistencia a la compresión, en unidades de Kg/cm^2 , en la cual se, muestra adicionalmente la línea de ajuste con su respectivo R^2 .

Figura 23. Ec Empresa 1



Fuente: Propia

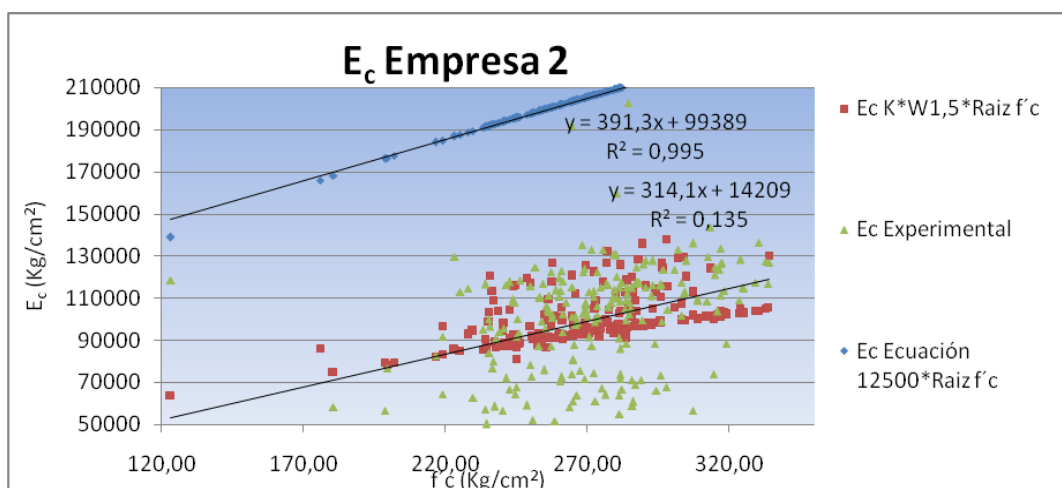
Análisis Ec - Empresa 1				
media	79781,23			
Desviación	29086,81			
min	35459,86			
máx	151288,25			
Rango	115828,39			
Intervalo	4,00			
x clase	28957,10			
Intervalo		f _i acum	f _i	Ec
30000	70000	0,00	58,00	50000
70000	100000	58,00	26,00	85000
100000	130000	84,00	34,00	115000
130000	160000	118,00	0,00	145000



Fuente: Propia

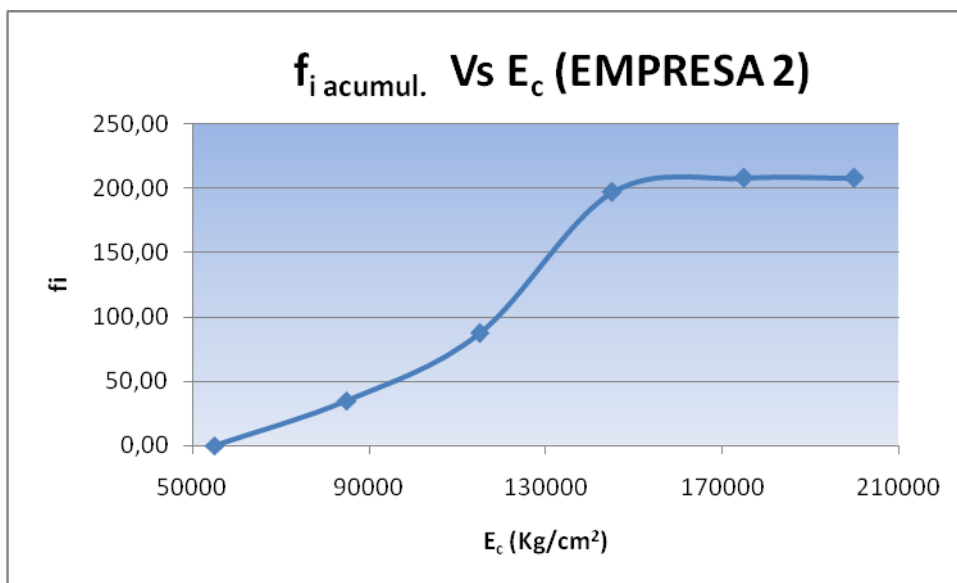
Los datos muestran gran variabilidad en los resultados de E_c con Valores entre 35.459 y 115.828 Kg/cm², además en la ecuación se encontró valores de R^2 de 0,352, lo cual es un valor bajo para una correlación que se asume lineal, aún en la ecuación contemplada en el NSR-98.

Figura 24. E_c Empresa 2



Fuente: Propia

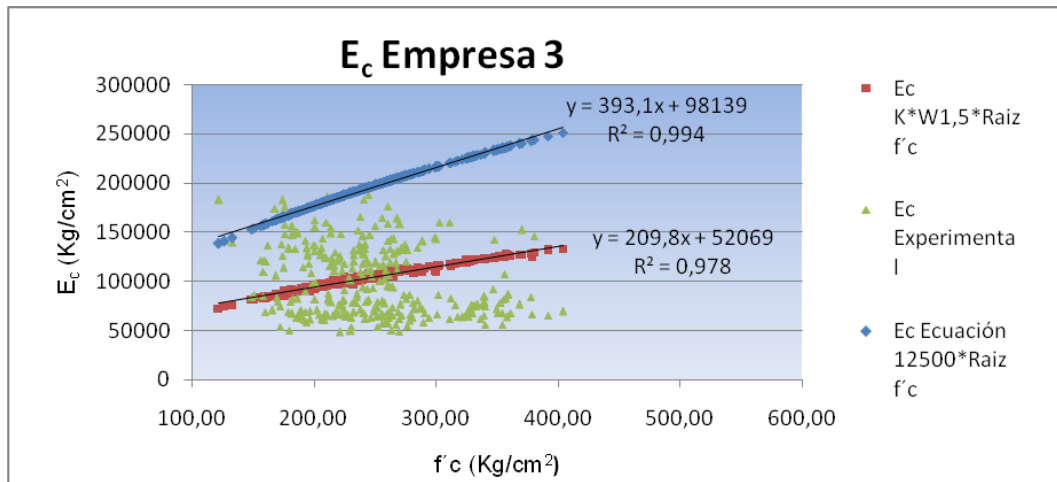
Análisis de Ec - Empresa 2				
media	99431,39			
Desviación	25936,89			
mín	41670,73			
máx	202715,79			
Rango	161045,06			
Intervalo	6,00			
x clase	26840,84			
Intervalo		f _i acum	f _i	Ec
40000	70000	0,00	35,00	55000
70000	100000	35,00	52,00	85000
100000	130000	87,00	110,00	115000
130000	160000	197,00	11,00	145000
160000	190000	208,00	0,00	175000
190000	210000	208,00	0,00	200000



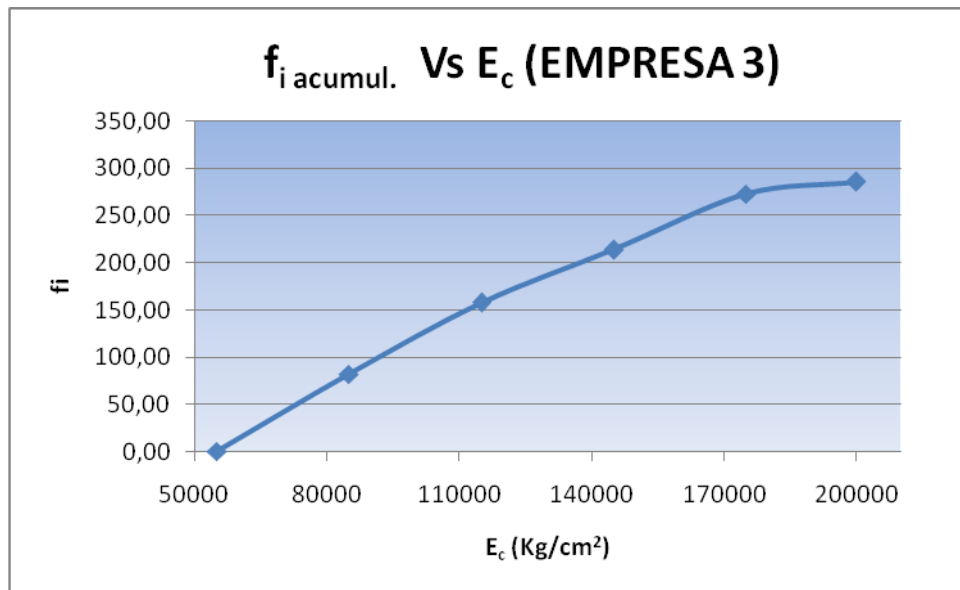
Fuente: Propia

Los datos muestran gran variabilidad en los resultados con Ec con Valores entre 41.671 y 202.716 Kg/cm², además en la ecuación se encontró valores de R² de 0,135, más bajo que el presentado en la empresa 1.

Figura 25 Ec - Empresa 3



Análisis Ec - Empresa 3				
media	99714,75			
Desviación	34854,90			
min	48421,78			
máx	187679,53			
Rango	139257,75			
Intervalo	6,00			
x clase	23209,63			
Intervalo		f _i acum	f _i	Ec
40000	70000	0,00	82,00	55000
70000	100000	82,00	76,00	85000
100000	130000	158,00	56,00	115000
130000	160000	214,00	59,00	145000
160000	190000	273,00	13,00	175000
190000	210000	286,00	0,00	200000



Fuente: Propia

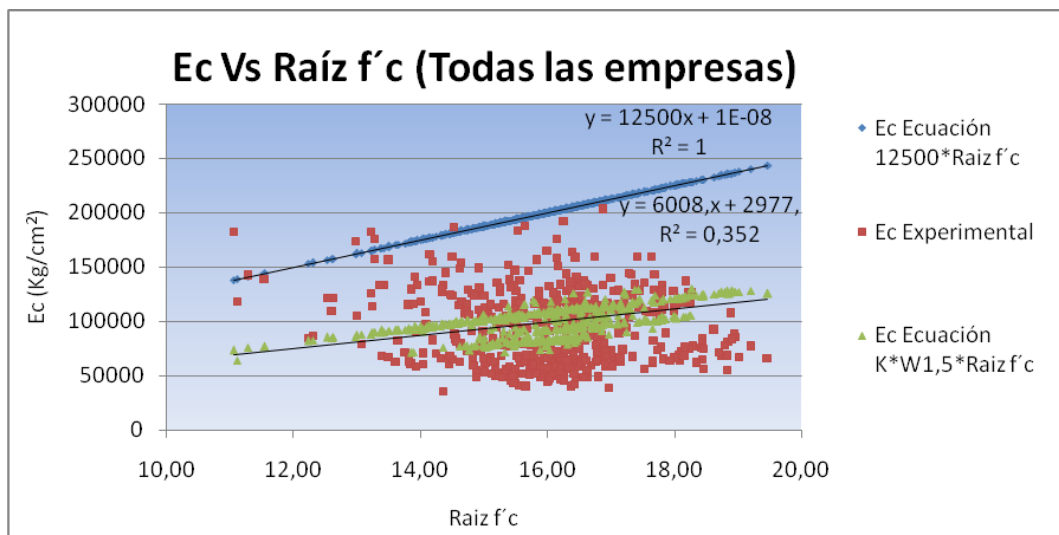
De la misma manera que en las dos empresas mencionadas anteriormente, los datos que se muestran presentan variabilidad en los resultados del E_c con Valores entre 48.422 y 187.680 Kg/cm^2 , además en la ecuación se encontró valores de R^2 de 0,978, más alto que los presentados en las otras dos empresas.

Realizando un análisis consolidado de las tres empresas se obtienen E_c en el rango de valores de 35.460 y 202.716 Kg/cm^2 y una ecuación con R^2 de 0,366. Este análisis se muestra en la Figura 26.

Figura 26. Consolidado Ec Todas las empresas

Ec Todas la empresas				
media	95276			
Desviación	32963			
mín	35460			
máx	202716			
Rango	167256			
Intervalo	9			
x clase	18584			
Variación	0,35			
Intervalo		f _i acum	f _i	E _c (Kg/cm ²)
30000	50000	0	27	40000
50000	70000	27	117	60000
70000	90000	144	88	80000
90000	110000	232	73	100000
110000	130000	305	100	120000
130000	150000	405	46	140000
150000	170000	451	15	160000
170000	210000	466	0	190000

Fuente: Propia



Fuente: Propia

En la Figura 26 se observa la línea de ajuste con su respectivo R^2 muy bajo, se observa también la línea con la ecuación calculados con los valores de las resistencias obtenidas y el comportamiento sobreestima el valor de E_c . Es decir usar 12500 para Bucaramanga es poco conservativo y riesgoso. Es importante resaltar que al utilizar la ecuación que indica el código para $f'c$ de 210 Kg/cm² los valores se encuentran 52 % por encima

de los reales obtenidos experimentalmente, es decir, las expresiones de $E_c = 6008 * \sqrt{f'c}$ en unidades de Kg/cm² ó $E_c = 1875 * \sqrt{f'c}$ en MPa (ecuaciones propuestas en el presente proyecto).

En la Figura 26 se muestra la relación existente entre E_c experimental y $\sqrt{f'c}$ pudiendo concluir la fórmula cuando se dispone de valores de peso unitario y $f'c$ dando como resultado, la siguiente ecuación: $E_c = 0,052 * W^{1,5} * \sqrt{f'c}$, con una correlación de 0,352, la cual es muy baja para una tendencia lineal; adicionalmente se destaca que los valores se concentraron entre 50.000 y 150.000 Kg/m²).

Al estimar los errores relativos entre las ecuaciones propuestas por la NSR-98 $E_c = 12500 * \sqrt{f'c}$, la propuesta por código Colombiano de puentes (CCDSP-95) $E_c = 12000 * \sqrt{f'c}$ y la propuesta en el presente proyecto $E_c = 6008 * \sqrt{f'c}$ en unidades de Kg/cm² los errores son del 52% y 48% respectivamente. Al estimar los errores relativos entre la propuesta por la NSR-98 $E_c = 0,10 * W^{1,5} * \sqrt{f'c}$ para agregados sedimentarios y $E_c = 0,13 * W^{1,5} * \sqrt{f'c}$ para agregados metamórficos, la propuesta por el CCDSP-95 y la ajustada con los datos experimentales los errores son del 53% y del 48 % respectivamente, tal como se muestra en la tabla 23

Tabla 23. Comparación de los valores de E_c

NORMA SISMORESISTENTE NSR-98 (Kg/cm2)	CÓDIGO COLOMBIANO DE DISEÑO DE PUENTES CCDSP-95 (Kg/cm2) * ₃	PROYECTO * ₃	% DE ERROR CON NSR-98	% DE ERROR CON CCDSP-95
$E_c = 12500 * \sqrt{f'c}$	$E_c = 12000 * \sqrt{f'c}$	$E_c = 6008 * \sqrt{f'c}$	52	45
$E_c = 0,10 * W^{1,5} * \sqrt{f'c}$ * ₁	$E_c = 0,11 * W^{1,5} * \sqrt{f'c}$	$E_c = 0,052 * W^{1,5} * \sqrt{f'c}$	53	48
$E_c = 0,13 * W^{1,5} * \sqrt{f'c}$ * ₂				

*1 Material sedimentario

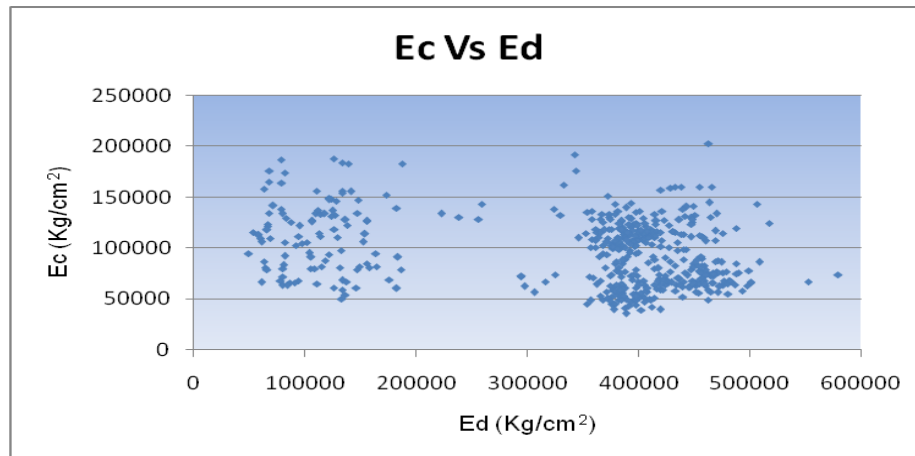
*2 material metamórfico

*3 sin considerar el origen del material

5.8. Respecto al Módulo de Elasticidad Dinámico:

En la Figura 28 se muestra la relación entre el módulo de elasticidad estático y el módulo de elasticidad dinámico del concreto, en donde se observan dispersiones en los resultados manteniéndose concentrados los resultados en un área más específica.

Figura 28. Relación entre E_c y E_d



Fuente: Propia

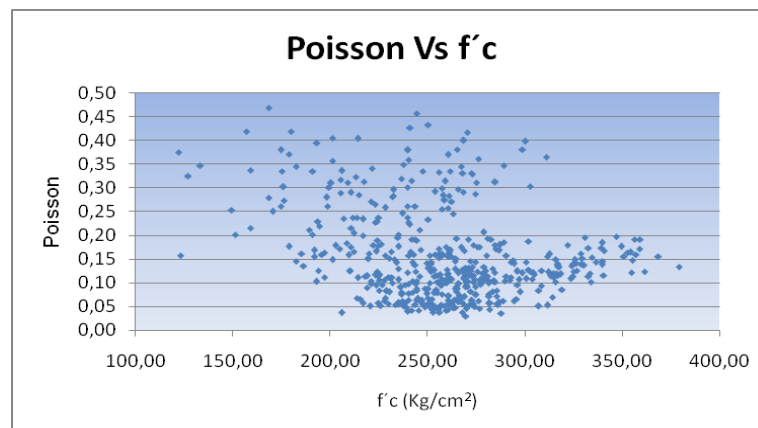
Balendran (1995) propuso estimar el módulo de elasticidad estático desde el módulo de elasticidad dinámico. En el presente proyecto se propone la determinación del E_d a partir del E_c , ambos módulos determinados experimentalmente en este proyecto.

Al deducir los promedios de los valores de E_c y E_d del consolidado se obtiene la siguiente relación $E_d = 3,70 * E_c$ (en Kg/cm^2) o su equivalente en el sistema Internacional $E_d = 11,86 * E_c$ (en MPa.).

5.9. Respecto al coeficiente de Poisson:

Según la Figura 29, los datos indican que los valores de Poisson se encuentran concentrados entre 0,03 y 0,47, con media de 0,16 y una desviación estándar de 0.09.

Figura 29. Relación entre coeficiente de Poisson y f'_c



Fuente: Propia

6. CONCLUSIONES

Respecto al cemento:

La caracterización del cemento se basó en la determinación del peso específico del cemento, encontrándose que las tres plantas trabajan con concretos que arrojaron pesos específicos diferentes. Estas diferencias en el tipo de cemento, además del tipo y calidad de los agregados, influyen en la resistencia del concreto, y de ahí puede afectarse el valor obtenido en los demás parámetros

Respecto a los agregados:

La calidad de los agregados utilizados en términos generales es buena de acuerdo a la normatividad para materiales pétreos en Colombia. Las tres empresas mostraron cumplimiento de los requisitos de calidad para ser utilizados en la elaboración de concreto; solo la sanidad de éstos se salió de los parámetros establecidos, lo que puede conllevar a deficiencias en la durabilidad de las estructuras. A pesar de que dos de las empresas estudiadas utilizan los mismos agregados, estos difieren en las características analizadas en pequeña proporción.

Respecto al concreto en estado fresco:

Las mezclas de concreto fresco presentaron asentamientos y rendimientos volumétricos diferentes en cada una de las plantas estudiadas, las cuales no poseen un criterio fijo para manejo de éstos asentamientos, que pueden representar en algunos casos bajas en las resistencias. Además los rendimientos volumétricos presentados fueron diferentes en cada una de las fundidas realizadas, evidenciando así una falta de control en este aspecto.

Respecto al concreto en estado endurecido:

De acuerdo a las desviaciones y coeficientes de variaciones presentados en el concreto, el control de calidad del concreto en las empresas estudiadas se considera bueno. Para esta consideración se tomó como parámetro las pruebas como pruebas de campo, por las condiciones en las que se tomaron y realizaron.

Respecto a la velocidad de pulso ultrasónico:

Los datos arrojados confirman que el concreto es de buena calidad ya que presentaron velocidades de pulso ultrasónico entre 3,66 y 4,58 Km/s (Solís y otros, 2004), apreciándose además de los datos tomados una

desviación de 0.21, con valores muy concentrados probando así que los materiales utilizados eran de características muy similares.

Respecto a al módulo de elasticidad estático, dinámico y la relación de poisson

- Las muestras analizadas presentaron valores de desviación estándar de 32.963 Kg/m² para concretos producidos en Bucaramanga y su Área metropolitana, con agregados de origen sedimentario y metamórfico. Los concretos muestreados fueron de 3000 psi (210 Kg / cm²) producido en tres concreteras de la región. Con estos datos se establecieron relaciones entre f'c y Ec, Ed y Poisson. Las muestras seleccionadas se hicieron aleatoriamente de acuerdo a la producción de concreto en las plantas, concluyendo que estas representan fielmente el concreto utilizado en las diferentes obras realizadas en Bucaramanga y su área metropolitana.
- Con base a los análisis efectuados se proponen las siguientes ecuaciones para la determinación del módulo de elasticidad del concreto para Bucaramanga y su área Metropolitana:
 - $E_c = 6008 * \sqrt{f'c}$ en Kg/cm² ó su equivalente en el S.I.
 $E_c = 1875 * \sqrt{f'c}$ en MPa.
 - $E_c = 0,052 * W^{1,5} * \sqrt{f'c}$ en Kg/cm² ó su equivalente en el S.I. $E_c = 0,016 * W^{1,5} * \sqrt{f'c}$ en MPa.
- En cuanto al módulo dinámico se propone utilizar la ecuación derivada de la experiencia en este proyecto, mediante las ecuaciones de:
 - $E_d = 3,70 * E_c$ (en Kg/cm²) o su equivalente en el S.I.
 $E_d = 11,86 * E_c$ (en MPa.)
- Los valores de coeficientes de Poisson en promedio obtenidos fueron de 0,16. Este valor es el reportado para concretos normales de 3000 Psi (210 Kg/cm²).
- Realizando un análisis consolidado de las tres empresas se observaron valores de Ec entre 35.460 y 202.716 Kg/cm² y una ecuación para Ec vs raíz de f'c con R² de 0,366. Se observó además que utilizando la ecuación sugerida por el NSR 98 ($E_c = 12500 * \sqrt{f'c}$) (Kg/cm²) está por encima del comportamiento de las muestra ensayadas. Al igual que en el estudio de Ruíz y otros (2007), el utilizar un valor de 12500 para Bucaramanga es

poco conservativo y riesgoso por lo cual se propone usar la línea inferior.

7. RECOMENDACIONES


- Se recomienda que estudios similares se realicen en otras regiones de Colombia, para garantizar mejores diseños y reevaluar las ecuaciones propuestas por el código NSR-98.
- Realizar diseños y elaboración de pruebas en laboratorio a fin de encontrar menos dispersión en los resultados.
- Estudiar la evolución en el tiempo de los módulos de elasticidad y las resistencias a la compresión del concreto.
- Estudiar los módulos de elasticidad de concretos elaborados con agregados de origen ígneo.

8. BIBLIOGRAFÍA


- (1) HERNÁNDEZ SUAREZ,. Adriana TESIS. Determinación de los Módulos de Elasticidad del concreto producido en Bucaramanga y su Área Metropolitana. Bucaramanga. Universidad pontificia Bolivariana. 2005.
- (2) RUIZ VALENCIA, Daniel; VACA GAMEZ, Hermes y LEÓN NEIRA, María. Propuesta de modificación de la ecuación para la estimación del módulo de elasticidad del concreto en función de la resistencia a la compresión para Bogotá. Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana. 2007.
- (3) ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. 1998. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente. NSR.98. Título C. Concreto estructural.
- (4) SANCHEZ DE GUZMAN, Diego. Tecnología del Concreto y del Mortero. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 1984.
- (5) TECNOCONCRETO DE COLOMBIA. Concreto. Master Builders. Bogotá. 1986.
- (6) INSTITUTO DEL CONCRETO. Asocreto. Tecnología y Propiedades. Bogotá. 2000.
- (7) SIKA. Manual de Productos Sika. Bogotá. 2005.
- (8) NEVILLE A. M y BROOKS J.J. Tecnología del Concreto. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. México D. F. 1992.
- (9) MALAIKAB, Ala, AL-SAIF, Khalid and AL-ZAID, Rajeh. Prediction of Dynamic. Modulus of Elasticity of Concrete Under Different Loading Conditions. Journal of the International Conference on Concrete Engineering and Technology. 2004.
- (10) MESBAH, Habib A., LACHEMI, Mohamed and AITCIN, Pierre-Claude. "Determination of elastic Properties of High-Performance Concrete at Early Ages. Journal of the ACI Materials. 2002.
- (11) "MÉTODO PARA DETERMINAR EL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y LA RELACIÓN DE POISSON EN CONCRETO A COMPRESIÓN". NTC-4025. 2006.
- (12) "ESTÁNDAR TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION". ASTM C469-02. 1979.
- (13) BALENDRAN, R. V. "Estimating the elastic modulus of concrete made with artificially manufactured lightweight aggregates". Journal of the Structural survey. 1995.
- (14) SOLIS C. R., E. I. MORENO y W. Castillo, Predicción de la resistencia del concreto con base en la velocidad de pulso ultrasónico y un índice de calidad de los agregados, Ingeniería, volumen 8, Número 2, 2004, pp. 41-52

ANEXO 1. CARACTERIZACIÓN DE LOS CEMENTOS


En este documento se presenta la información de los ensayos de peso específico de los cementos utilizados en las diferentes plantas de concreto.

 Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES:	
DENSIDAD DEL CEMENTO NTC-221	LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ	
	NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ	
	EMPRESA:	1
	DESCRIPCIÓN:	
CEMENTO ARGOS TIPO III		

MUESTRA No	PESO DEL CEMENTO (g)	VOLÚMEN DEL CEMENTO (cm ³)	DENSIDAD DEL CEMENTO	
			(g/cm ³)	(Kg/m ³)
1	64	20,8	3,077	3077


 Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES:	
DENSIDAD DEL CEMENTO NTC-221	LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ	
	NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ	
	EMPRESA:	2
	DESCRIPCIÓN:	
CEMENTO BOYACÁ TIPO III		

MUESTRA No	PESO DEL CEMENTO (g)	VOLÚMEN DEL CEMENTO (cm ³)	DENSIDAD DEL CEMENTO	
			(g/cm ³)	(Kg/m ³)
1	64	20,91	3,061	3061

 <p>Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA</p> <p>Km 7 vía Piedecuesta</p>	<p>PROYECTO:</p>	<p>DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA</p>
	<p>ESTUDIANTES:</p>	
<p>DENSIDAD DEL CEMENTO NTC-221</p>	<p>LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ</p>	
	<p>NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ</p>	
	<p>EMPRESA:</p>	<p>3</p>
	<p>DESCRIPCIÓN:</p>	
<p>CEMENTO DIAMANTE</p>		

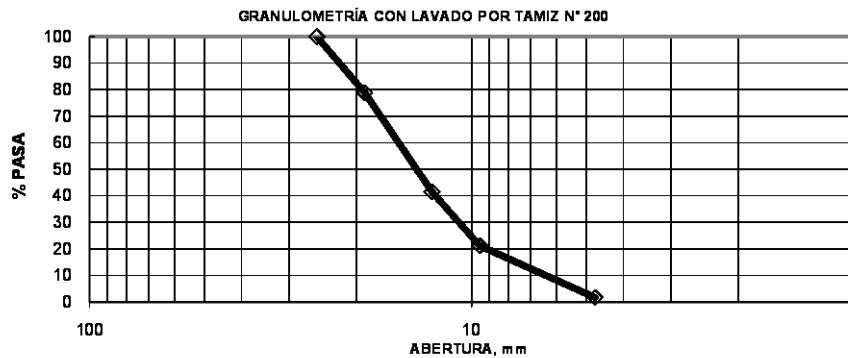
MUESTRA No	PESO DEL CEMENTO (g)	VOLÚMEN DEL CEMENTO (cm ³)	DENSIDAD DEL CEMENTO	
			(g/cm ³)	(Kg/m ³)
1	64	21,4	2,991	2991


ANEXO 2. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS EMPRESA 1

 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small> Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES:	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS NTC-77 Y 78	LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ	
	NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ	
	EMPRESA:	1
	DESCRIPCIÓN:	
TRITURADO PROVENIENTE DE LA FUENTE DE PESCADERO TM=1" TMN=1"		

PESO MUESTRA, g 10.816,00 gr
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ N° 200, g 10.781,00 gr

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO			Pasa (%)
		Parcial (g)	Parcial (%)	Acumulado (%)	REAL
1"	25,40	0	0	0	100,00
3/4"	19,05	2285	21	21	78,87
1/2"	12,70	4041	37	58	41,51
3/8"	9,52	2195	20	79	21,22
N° 4	4,75	2112	20	98	1,69
Fondo	.....	183	2	100	.....




 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small> Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES:	
DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS NTC-176 Y 237	LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ	
	NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ	
	EMPRESA:	1
	DESCRIPCIÓN:	
ARENA Y TRITURADO PROVENIENTE DE LA FUENTE DE PESCADERO		

AGREGADO GRUESO

MASA DEL MATERIAL (g)			DENSIDAD (g/cm ³)	ABSORCIÓN (%)
S.S.S.	SUMERGIDO	SECO		
5500	3420	5210	2,911	5,6


AGREGADO FINO

MUESTRA SECA (A)	PICNÓMETRO LLENO DE AGUA (B)	S.S.S (S)	PICNÓMETRO + MUESTRA + AGUA (C)	DENSIDAD	ABSORCIÓN
				(g/cm ³)	(%)
497	627,8	500	936,2	2,610	0,604


 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small> Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES:	
MASA UNITARIA DE LOS AGREGADOS NTC-92		LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ
		NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ
	EMPRESA:	1
	DESCRIPCIÓN:	ARENA Y TRITURADO PROVENIENTE DE PESCADERO

ARENA		
Peso molde (g)	7940	
Volumen molde (cm ³)	3117,05	
	Suelta	Compacta
Masa molde y agregado	13170	13660
Masa molde y agregado	13175	13685
Masa molde y agregado	13150	13640
Masa promedio	13165	13662
Masa agregado fino	5225	5722
Masa Unitaria (g/cm ³)	1,676	1,836

TRITURADO		
Peso molde (g)	7940	
Volumen molde (cm ³)	3117,05	
	Suelta	Compacta
Masa molde y agregado	12220	12640
Masa molde y agregado	12235	12670
Masa molde y agregado	12275	12600
Masa promedio	12243	12637
Masa triturado	4303	4697
Masa Unitaria (g/cm ³)	1,381	1,507


 <p>Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA</p> <p>Km 7 vía Piedecuesta</p>	PROYECTO: DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES: LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN ARENA NTC-127	EMPRESA: 1
	DESCRIPCIÓN: ARENA PROVENIENTE DE LA FUENTE DE PESCADERO

MATERIAL	COLOR	DESCRIPCIÓN
1	1	Amarillo claro

 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small> Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES:	LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ
DESGASTE DE AGREGADOS GRUESOS UTILIZANDO LA MAQUINA DE LOS ANGELES NTC-93 Y 98	EMPRESA:	1
	DESCRIPCIÓN:	TRITURADO PROVENIENTE DE LA FUENTE DE PESCADERO


TAMAÑO FRACCIÓN				Peso real (g)	NORMA				
Pasa tamiz		Retenido tamiz			Pesos y granulometrías de la muestra para ensayo (g)				
mm	N°	mm	N°		Tipo de granulometría				
				A	B	C	D		
37,5	1 1/2"	25,0	1"	0	1 250 ± 25				
25,0	1"	19,0	3/4"	0	1 250 ± 25				
19,0	3/4"	12,5	1/2"	2.505	1 250 ± 10	2 250 ± 10			
12,5	1/2"	9,5	3/8"	2.500	1 250 ± 10	2 250 ± 10			
9,5	3/8"	6,3	N° 3	0			2 250 ± 10		
6,3	N° 3	4,75	N° 4	0			2 250 ± 10		
4,75	N° 4	2,36	N° 8	0				5 000 ± 10	
Peso total muestra (g)				5.005	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	
CARGA ABRASIVA				N° esferas	11	12	11	8	6
				Peso total (g)	5005	5 000 ± 25	4 584 ± 25	3 330 ± 20	2 500 ± 15
				N° vueltas	500				

RESULTADOS	
Tipo de granulometría	B
Peso inicial muestra, g	5.005
Peso final muestra lavada en tamiz 1,70 mm (N°12), g	3.838
DESGASTE (%)	23

 <p>Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA</p> <p>Km 7 vía Piedecuesta</p>	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES:	
<p>SANIDAD DE LOS AGREGADOS POR ATAQUE DE SULFATOS NTC-126</p>		LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ
		NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ
	EMPRESA:	1
	DESCRIPCIÓN:	ARENA Y TRITURADO PROVENIENTE DE LA FUENTE DE PESCADERO

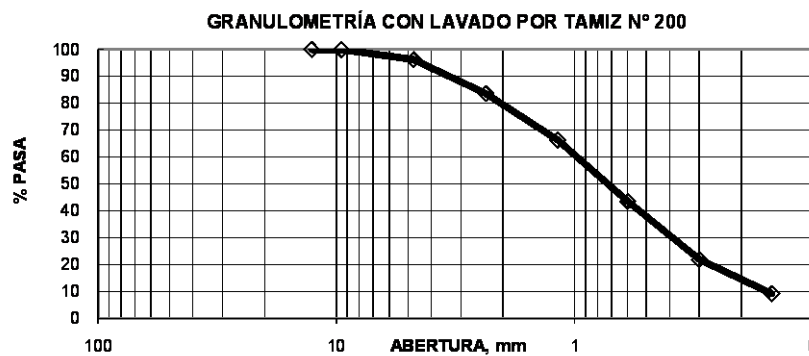
ANÁLISIS CUANTITATIVO								
AGREGADO GRUESO								
FRACCIÓN		% RET PARCIAL INICIAL	PESO FRACCIÓN ENSAYADA	No INICIAL PARTICULAS	PESO RET FINAL	PERDIDA TOTAL POR FRACCIÓN	PERDIDA PONDERADA FRACCIÓN	No FINAL PARTICULAS
PASA	RETENIDO							
1 1/2"	1"	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
1"	3/4"	21,00	521,00	43	479,10	8,04	1,69	39
3/4"	1/2"	37,00	676,00	125	658,80	2,54	0,94	122
1/2"	3/8"	20,00	326,00	58	324,80	0,37	0,07	56
3/8"	No. 4	20,00	304,00	-	303,50	0,16	0,03	-
No 4	FONDO	-	-	-	-	-	-	-
TOTALES		98,00	1827,00	-	1766,20	-	2,74	-
AGREGADO FINO								
FRACCIÓN		% RET PARCIAL INICIAL	PESO FRACCIÓN ENSAYADA	No INICIAL PARTICULAS	PESO RET FINAL	PERDIDA TOTAL POR FRACCIÓN	PERDIDA PONDERADA FRACCIÓN	No FINAL PARTICULAS
PASA	RETENIDO							
3/8"	No 4	5,5	100					
No 4	No 8	22,50	100,0	-	82,7	17,3	3,9	-
No 8	No 16	14,50	100,0	-	99,4	0,6	0,1	-
No 16	No 30	24,90	100,0	-	88,7	11,3	2,8	-
No 30	No 50	20,80	100,0	-	78,3	21,7	4,5	-
No 50	FONDO	11,8	-	-	-	-	-	-
TOTALES		100,00	500,0	-	349,1	-	11,3	-


ANEXO 3. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS EMPRESA 2

 Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO: DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES: LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS NTC-77 Y 78	EMPRESA: 2
	DESCRIPCIÓN: ARENA PROVENIENTE DE LA FUENTE DE PESCADERO MF= 2,79

PESO MUESTRA, g 4.511 gr
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ N° 200, g 4.329 gr

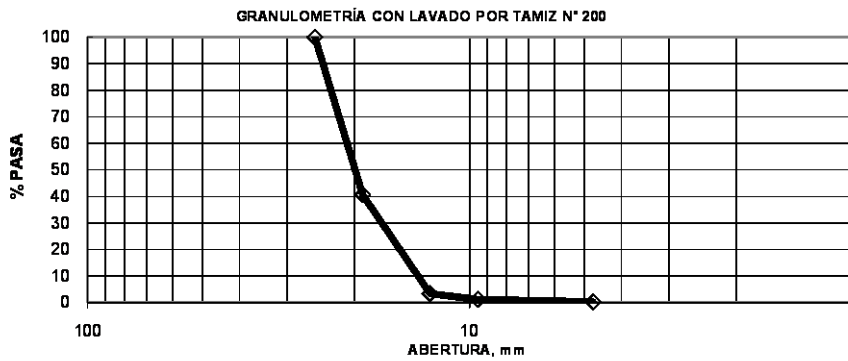
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO			Pasa (%)
		Retenido			
		Parcial (g)	Parcial (%)	Acumulado (%)	REAL
1/2"	12,70	0	0,0	0,0	100
3/8"	9,52	0	0,0	0,0	100
N° 4	4,75	169	3,7	3,7	96
N° 8	2,360	571	12,6	16,4	84
N° 16	1,180	779	17,3	33,7	66
N° 30	0,600	1028	22,8	56,4	44
N° 50	0,300	978	21,7	78,1	22
N° 100	0,149	573	12,7	90,8	9
Fondo	.....	233	5,2	96,0	.....




 <p>Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA</p> <p>Km 7 vía Piedecuesta</p>	PROYECTO: DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES: LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS NTC-77 Y 78	EMPRESA: 2
	DESCRIPCIÓN: TRITURADO PROVENIENTE DE LA FUENTE DE PESCADERO TM=1" TMN=1"

PESO MUESTRA, g 7.746,00 gr
 PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ N° 200, g 7.742,00 gr

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO			Pasa (%)
		Retenido			
		Parcial (g)	Parcial (%)	Acumulado (%)	REAL
1"	25,40	0	0	0	100,00
3/4"	19,05	4597	59	59	40,66
1/2"	12,70	2885	37	97	3,42
3/8"	9,52	173	2	99	1,19
N° 4	4,75	69	1	100	0,30
Fondo	.....	19	0	100	.....




 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small> Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS NTC-176 Y 237	ESTUDIANTES:
LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ		
NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ		
EMPRESA:		2
DESCRIPCIÓN:		ARENA Y TRITURADO PROVENIENTE DE LA FUENTE DE PESCADERO

AGREGADO GRUESO


MASA DEL MATERIAL (g)			DENSIDAD (g/cm ³)	ABSORCIÓN (%)
S.S.S.	SUMERGIDO	SECO		
4116	2588	4089	2,724	0,7

AGREGADO FINO

MUESTRA SECA (A)	PICNÓMETRO LLENO DE AGUA (B)	S.S.S (S)	PICNÓMETRO + MUESTRA + AGUA (C)	DENSIDAD	ABSORCIÓN
				(g/cm ³)	(%)
493,2	627,8	500	936,2	2,610	1,379


 Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES:	LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN ARENA NTC-127	EMPRESA:	2
	DESCRIPCIÓN:	ARENA PROVENIENTE DE LA FUENTE DE PESCADERO

MATERIAL	COLOR	DESCRIPCION
1	1	Amarillo claro

 Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES:	
MASA UNITARIA DE LOS AGREGADOS NTC-92	LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ	
	NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ	
	EMPRESA:	2
	DESCRIPCIÓN:	
ARENA Y TRITURADO PROVENIENTE DE PESCADERO		

ARENA		
Peso molde (g)	7940	
Volumen molde (cm ³)	3117,05	
	Suelta	Compacta
Masa molde y agregado	13100	13620
Masa molde y agregado	13120	13610
Masa molde y agregado	13115	13630
Masa promedio	13112	13620
Masa agregado fino	5172	5680
Masa Unitaria (g/cm ³)	1,659	1,822


TRITURADO		
Peso molde (g)	7940	
Volumen molde (cm ³)	3117,05	
	Suelta	Compacta
Masa molde y agregado	12200	12648
Masa molde y agregado	12240	12650
Masa molde y agregado	12385	12640
Masa promedio	12275	12646
Masa agregado fino	4335	4706
Masa Unitaria (g/cm ³)	1,391	1,510

 Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTE	
DESGASTE DE AGREGADOS GRUESOS UTILIZANDO LA MAQUINA DE LOS ANGELES NTC-93 Y 98	LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ	
	NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ	
	EMPRESA:	2
	DESCRIPCIÓN:	
TRITURADO PROVENIENTE DE LA FUENTE DE PESCADERO		

TAMAÑO FRACCIÓN				Peso real, g	NORMA		
Pasa tamiz		Retenido tamiz			ensayo (gr)		
mm	N°	mm	N°		Tipo de granulometría		
					E	F	G
75,0	3"	63,0	2 1/2"	0	2 500 ± 50		
63,0	2 1/2"	50,0	2"	0	2 500 ± 50		
50,0	2"	37,5	1 1/2"		5 000 ± 50	5 000 ± 50	
37,5	1 1/2"	25,0	1"	5.020		5 000 ± 25	5 000 ± 25
25,0	1"	19,0	3/4"	5.005			5 000 ± 25
Peso total muestra (gr)				10.025	1 0000 ± 100	1 0000 ± 75	1 0000 ± 50
CARGA ABRASIVA	N° esferas			12	12	12	12
	Peso total (gr)			10025	5000±25	5000±25	5000±25
	N° vueltas			1000			


RESULTADOS

Tipo de granulometría	G
Peso inicial muestra, g	10.025
Peso final muestra lavada en tamiz 1,70 mm (N°12), g	8.128
DESGASTE (%)	19

 <p>Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA</p> <p>Km 7 vía Piedecuesta</p>	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES:	LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ
<p>SANIDAD DE LOS AGREGADOS POR ATAQUE DE SULFATOS NTC-126</p>	EMPRESA:	2
	DESCRIPCIÓN:	ARENA Y TRITURADO PROVENIENTE DE LA FUENTE DE PESCADERO

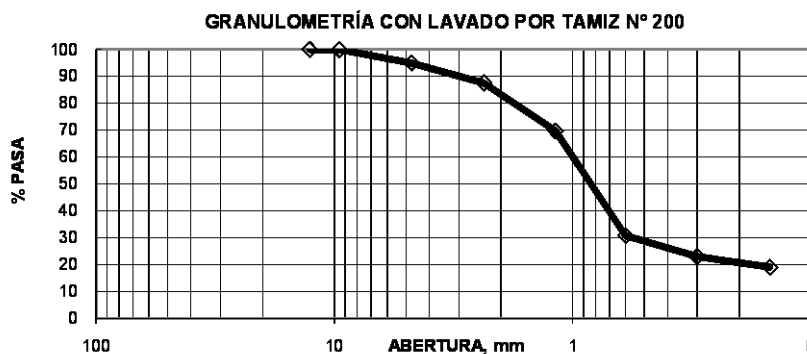
ANÁLISIS CUANTITATIVO								
AGREGADO GRUESO								
FRACCIÓN		% RET PARCIAL INICIAL	PESO FRACCIÓN ENSAYADA	No INICIAL PARTICULAS	PESO RET FINAL	PERDIDA TOTAL POR FRACCIÓN	PERDIDA PONDERADA FRACCIÓN	No FINAL PARTICULAS
PASA	RETENIDO							
1 1/2"	1"	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
1"	3/4"	59,00	519,00	37	483,90	6,76	3,99	35
3/4"	1/2"	37,00	671,00	100	663,60	1,10	0,41	98
1/2"	3/8"	2,00	304,00	-	302,80	0,39	0,01	-
3/8"	No. 4	1,00	-	-	-	-	-	-
No 4	FONDO	-	-	-	-	-	-	-
TOTALES		99,00	1494,00	-	1450,30	-	4,41	-
AGREGADO FINO								
FRACCIÓN		% RET PARCIAL INICIAL	PESO FRACCIÓN ENSAYADA	No INICIAL PARTICULAS	PESO RET FINAL	PERDIDA TOTAL POR FRACCIÓN	PERDIDA PONDERADA FRACCIÓN	No FINAL PARTICULAS
PASA	RETENIDO							
3/8"	No 4	0	100					
No 4	No 8	3,7	100,0	-	86,8	13,2	0,5	-
No 8	No 16	12,6	100,0	-	85,8	14,2	1,8	-
No 16	No 30	17,3	100,0	-	94,5	5,5	1,0	-
No 30	No 50	22,8	100,0	-	76,1	23,9	5,4	-
No 50	FONDO	40,0	-	-	-	-	-	-
TOTALES		96,40	500,0	-	343,2	-	8,7	-


ANEXO 4. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS EMPRESA 3

 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small> Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES:	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS NTC-77 Y 78	LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ	
	NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ	
	EMPRESA:	3
	DESCRIPCIÓN:	
ARENA PROVENIENTE DE LA FUENTE DE PESCADERO MF= 2,75		

PESO MUESTRA, g 3.860 gr
 PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ N° 200, g 3.202 gr

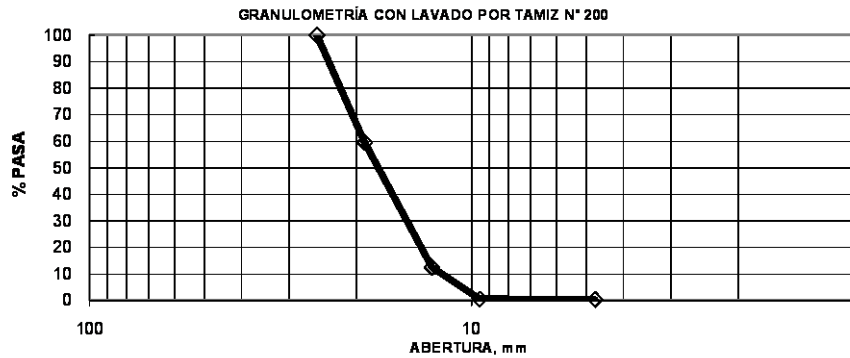
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO			Pasa (%)
		Retenido			
		Parcial (g)	Parcial (%)	Acumulado (%)	REAL
1/2"	12,70	0	0,0	0,0	100
3/8"	9,52	0	0,0	0,0	100
N° 4	4,75	193	5,0	5,0	95
N° 8	2,360	286	7,4	12,4	88
N° 16	1,180	690	17,9	30,3	70
N° 30	0,600	1502	38,9	69,2	31
N° 50	0,300	300	7,8	77,0	23
N° 100	0,149	153	4,0	81,0	19
Fondo	.....	735	19,0	100,0	.....




 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small> Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO: DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES: LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS NTC-77 Y 78	EMPRESA: 3
	DESCRIPCIÓN: TRITURADO DE PIEDRA CALIZA PLANTA CEMEX TM= 1" TMN= 1"

PESO MUESTRA, g 7.800,00 gr
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ N° 200, g 7.766,70 gr

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO			Pasa (%)
		Retenido			
		Parcial (g)	Parcial (%)	Acumulado (%)	REAL
1"	25,40	0	0	0	100,00
3/4"	19,05	3152	40	40	59,59
1/2"	12,70	3669	47	87	12,55
3/8"	9,52	934	12	99	0,57
N° 4	4,75	11	0	100	0,43
Fondo	.....	33	0	100	.....




 <p>Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA</p> <p>Km 7 via Piedecuesta</p>	PROYECTO: DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES: LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ EMPRESA: 3 DESCRIPCIÓN: ARENA PROVENIENTE DE LA FUENTE DE PESCADERO Y TRITURADO DE PIEDRA CALIZA PLANTA CEMEX
DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS NTC-176 Y 237	

AGREGADO GRUESO

MASA DEL MATERIAL (g)			DENSIDAD (g/cm ³)	ABSORCIÓN (%)
S.S.S.	SUMERGIDO	SECO		
4933,4	3104,2	4912,1	2,717	0,4


AGREGADO FINO

MUESTRA SECA (A)	PICNÓMETRO LLENO DE AGUA (B)	S.S.S (S)	PICNÓMETRO + MUESTRA + AGUA (C)	DENSIDAD	ABSORCIÓN
				(g/cm ³)	(%)
495,1	681,3	500	990,4	2,619	0,990


 <p>Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA</p> <p>Km 7 vía Piedecuesta</p>	PROYECTO: DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES: LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ
MASA UNITARIA DE LOS AGREGADOS NTC-92	EMPRESA: 3
	DESCRIPCIÓN: ARENA PROVENIENTE DE PESCADERO Y TRITURADO DE PIEDRA CALIZA PLANTA CEMEX

ARENA		
Peso molde (g)	4390	
Volumen molde (cm ³)	2994,1	
	Suelta	Compacta
Masa molde y agregado	9370	9720
Masa molde y agregado	9370	9740
Masa molde y agregado	9370	9760
Masa promedio	9370	9740
Masa agregado fino	4980	5350
Masa Unitaria (g/cm ³)	1,663	1,787

TRITURADO		
Peso molde (g)	4360	
Volumen molde (cm ³)	7055,7	
	Suelta	Compacta
Masa molde y agregado	14000	14980
Masa molde y agregado	13860	14770
Masa molde y agregado	14140	14800
Masa promedio	14000	14850
Masa triturado	9640	10490
Masa Unitaria (g/cm ³)	1,366	1,487


 <p>Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA</p> <p>Km 7 via Piedecuesta</p>	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN ARENA NTC-127	ESTUDIANTES:
		LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ
		NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ
EMPRESA:		3
	DESCRIPCIÓN:	
		ARENA PROVENIENTE DE LA FUENTE DE PESCADERO

MATERIAL	COLOR	DESCRIPCION
1	1	Amarillo claro

 Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES:	LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ
DESGASTE DE AGREGADOS GRUESOS UTILIZANDO LA MAQUINA DE LOS ANGELES NTC-93 Y 98	EMPRESA:	3
	DESCRIPCIÓN:	TRITURADO DE PIEDRA CALIZA PLANTA CEMEX


TAMAÑO FRACCIÓN				Peso real (g)	NORMA			
Pasa tamiz		Retenido tamiz			Pesos y granulometrías de la muestra para ensayo (g)			
mm	N°	mm	N°		Tipo de granulometría			
				A	B	C	D	
37,5	1 1/2"	25,0	1"	0	1 250 ± 25			
25,0	1"	19,0	3/4"	0	1 250 ± 25			
19,0	3/4"	12,5	1/2"	2.500	1 250 ± 10	2 250 ± 10		
12,5	1/2"	9,5	3/8"	2.500	1 250 ± 10	2 250 ± 10		
9,5	3/8"	6,3	N° 3	0			2 250 ± 10	
6,3	N° 3	4,75	N° 4	0			2 250 ± 10	
4,75	N° 4	2,36	N° 8	0				5 000 ± 10
Peso total muestra (g)				5.000	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10
CARGA ABRASIVA								
N° esferas				11	12	11	8	6
Peso total (g)				5000	5 000 ± 25	4 584 ± 25	3 330 ± 20	2 500 ± 15
N° vueltas				500				

RESULTADOS	
Tipo de granulometría	B
Peso inicial muestra, g	5.000
Peso final muestra lavada en tamiz 1,70 mm (N°12), g	3.389
DESGASTE (%)	32

 Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES:	LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ
SANIDAD DE LOS AGREGADOS POR ATAQUE DE SULFATOS NTC-126	EMPRESA:	3
	DESCRIPCIÓN:	ARENA PROVENIENTE DE LA FUENTE DE PESCADERO Y TRITURADO DE PIEDRA CALIZA PLANTA CEMEX

ANÁLISIS CUANTITATIVO								
AGREGADO GRUESO								
FRACCIÓN		% RET PARCIAL INICIAL	PESO FRACCIÓN ENSAYADA	No INICIAL PARTICULAS	PESO RET FINAL	PERDIDA TOTAL POR FRACCIÓN	PERDIDA PONDERADA FRACCIÓN	No FINAL PARTICULAS
PASA	RETENIDO							
1 1/2"	1"	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
1"	3/4"	40,00	521,40	43	431,00	17,34	6,94	39
3/4"	1/2"	47,00	671,10	125	655,60	2,31	1,09	122
1/2"	3/8"	12,00	325,90	58	302,40	7,21	0,87	56
3/8"	No. 4	5,00	301,10	-	295,60	1,83	0,09	-
No 4	FONDO	-	-	-	-	-	-	-
TOTALES		104,00	1819,50	-	1684,60	-	8,98	-
AGREGADO FINO								
FRACCIÓN		% RET PARCIAL INICIAL	PESO FRACCIÓN ENSAYADA	No INICIAL PARTICULAS	PESO RET FINAL	PERDIDA TOTAL POR FRACCIÓN	PERDIDA PONDERADA FRACCIÓN	No FINAL PARTICULAS
PASA	RETENIDO							
3/8"	No 4	5	100					
No 4	No 8	7,40	100,0	-	98,0	2,0	0,1	-
No 8	No 16	17,90	100,0	-	92,8	7,2	1,3	-
No 16	No 30	38,90	100,0	-	83,0	17,0	6,6	-
No 30	No 50	7,80	100,0	-	82,4	17,6	1,4	-
No 50	FONDO	23	-	-	-	-	-	-
TOTALES		100,00	500,0	-	356,2	-	9,4	-

ANEXO 5. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPRESA 1.

 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small> Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO NTC-673	ESTUDIANTES:


No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA (KN)	RESISTENCIA	
				Kg/cm ²	Mpa
1	14,8	29,6	369,95	219,35	21,50
2	15,0	29,0	383,11	221,13	21,68
3	15,4	30,1	373,81	204,70	20,07
4	14,8	29,5	317,99	188,54	18,48
5	15,2	30,1	395,26	222,18	21,78
6	15,4	30,0	368,88	202,00	19,80
7	14,5	29,5	377,09	232,93	22,84
8	15,0	29,9	354,09	204,38	20,04
9	15,0	29,2	378,45	218,44	21,42
10	15,4	31,2	364,20	199,44	19,55
11	15,5	29,9	358,46	193,77	19,00
12	15,3	29,8	393,32	218,21	21,39
13	15,2	30,2	400,92	225,36	22,09
14	14,9	29,9	355,60	208,02	20,39
15	15,3	30,0	358,95	199,14	19,52
16	15,0	30,2	409,02	236,09	23,15
17	15,3	30,6	343,39	190,51	18,68
18	15,2	30,2	380,43	213,84	20,97
19	14,9	30,1	325,28	190,28	18,65
21	15,1	30,2	380,82	216,91	21,27
22	15,2	30,5	424,70	238,73	23,40
23	15,2	30,3	401,16	225,50	22,11
24	15,4	30,0	446,52	244,52	23,97
25	15,2	30,5	433,62	243,74	23,90
26	15,5	30,7	415,87	224,80	22,04

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX (KN)	RESISTENCIA	
				Kg/cm ²	Mpa
27	15,5	30,9	437,34	236,41	23,18
28	14,9	30,2	431,96	252,69	24,77
29	15,4	30,8	400,00	219,04	21,47
30	14,8	29,4	394,05	233,64	22,91
31	15,7	30,4	480,71	253,28	24,83
32	15,3	29,3	421,84	234,03	22,94
33	15,4	30,4	410,85	224,98	22,06
34	14,9	29,6	443,07	259,19	25,41
35	15,3	30,5	404,03	224,15	21,98
36	14,5	29,5	429,44	265,26	26,01
37	15,4	30,3	438,63	240,20	23,55
38	15,8	30,2	419,49	218,23	21,40
39	15,4	30,4	446,66	244,59	23,98
41	15,0	30,2	393,19	226,95	22,25
42	15,0	30,4	332,45	191,89	18,81
43	15,4	30,3	453,75	248,48	24,36
44	15,1	30,2	426,71	243,05	23,83
45	15,3	30,7	435,65	241,69	23,70
46	15,6	30,3	480,89	256,63	25,16
47	14,8	29,8	418,03	247,85	24,30
48	15,3	30,5	470,71	261,14	25,60
49	15,4	30,2	416,12	227,87	22,34
50	15,5	30,3	451,32	243,97	23,92
51	15,4	30,2	489,28	267,93	26,27
52	15,4	30,3	458,23	250,93	24,60
53	15,2	29,3	480,19	269,92	26,46
54	14,5	29,4	373,68	230,82	22,63
55	15,6	30,3	487,55	260,18	25,51
56	14,9	30,2	437,66	256,02	25,10
57	14,9	29,3	464,08	271,48	26,62
58	15,3	30,3	453,90	251,82	24,69
59	15,3	30,3	460,07	255,24	25,02
60	14,3	29,4	453,45	287,98	28,23
61	14,9	29,7	439,31	256,99	25,19
62	15,3	30,3	476,67	264,45	25,93
63	14,5	29,6	481,92	297,68	29,18
64	14,8	29,4	457,53	271,27	26,60
65	14,8	29,5	381,75	226,34	22,19
66	15,4	30,4	436,80	239,19	23,45
67	15,5	29,8	474,54	256,52	25,15
68	15,2	29,0	463,41	260,49	25,54
69	15,1	29,9	449,89	256,25	25,12
70	15,0	30,0	436,77	252,10	24,72

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX (KN)	RESISTENCIA	
				Kg/cm ²	Mpa
71	15,3	30,2	468,27	259,79	25,47
72	15,3	29,8	498,63	276,63	27,12
73	15,4	30,2	480,81	263,29	25,81
74	15,2	30,1	445,06	250,17	24,53
75	15,3	30,3	490,02	271,86	26,65
76	15,3	30,8	428,37	237,65	23,30
77	15,2	30,2	466,94	262,47	25,73
78	15,1	30,0	472,23	268,97	26,37
79	15,5	30,2	464,96	251,34	24,64
80	15,0	29,8	445,73	257,28	25,22
81	15,3	30,4	424,14	235,31	23,07
82	15,6	30,7	490,63	261,83	25,67
83	15,4	30,2	438,14	239,93	23,52
84	15,4	30,2	463,29	253,70	24,87
85	15,2	30,3	472,63	265,67	26,05
86	15,6	30,2	434,32	231,78	22,72
87	15,0	30,1	383,23	221,20	21,69
88	15,3	30,1	486,38	269,84	26,45
89	15,1	30,0	401,18	228,50	22,40
90	15,1	30,2	395,36	225,19	22,08
91	14,8	29,1	414,11	245,53	24,07
92	15,6	30,2	400,47	213,71	20,95
93	15,2	29,0	457,06	256,92	25,19
94	15,2	30,4	486,58	273,51	26,81
95	14,8	29,3	431,16	255,64	25,06
96	14,4	29,3	497,81	311,78	30,57
97	14,9	29,8	445,66	260,70	25,56
98	15,2	30,4	439,34	246,96	24,21
99	15,0	30,0	422,15	243,67	23,89
100	15,8	30,2	395,83	205,92	20,19

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX (KN)	RESISTENCIA	
				Kg/cm ²	Mpa
101	15,0	30,0	463,90	267,76	26,25
102	15,3	30,7	397,24	220,38	21,61
103	15,6	30,4	469,81	250,72	24,58
104	15,0	30,0	479,33	276,67	27,12
105	15,3	30,6	473,51	262,70	25,75
106	14,8	29,4	462,99	274,51	26,91
107	15,4	30,0	485,13	265,66	26,05
108	15,7	30,6	366,13	192,91	18,91
109	15,6	30,2	498,63	266,10	26,09
110	15,3	30,3	486,69	270,01	26,47
111	15,7	30,2	514,42	271,04	26,57
112	15,5	30,4	467,43	252,68	24,77
113	15,0	29,7	457,41	264,02	25,88
114	15,3	31,0	464,46	257,68	25,26
115	15,6	30,2	449,17	239,70	23,50
116	15,0	29,4	436,95	252,21	24,73
117	15,4	29,3	478,56	262,06	25,69
118	14,6	29,4	442,65	269,69	26,44
119	15,3	30,2	470,33	260,93	25,58
120	15,0	29,7	463,69	267,64	26,24
121	14,9	29,5	391,69	229,13	22,46
122	15,2	30,9	438,98	246,76	24,19
123	14,4	29,7	383,07	239,92	23,52
124	15,5	30,2	418,04	225,98	22,15
125	14,9	30,2	402,08	235,21	23,06
126	14,5	29,9	380,59	235,09	23,05
127	14,9	29,5	382,30	223,64	21,93
128	15,4	30,2	393,74	215,61	21,14
129	15,4	30,8	439,38	240,61	23,59
130	15,0	29,4	441,08	254,59	24,96
131	15,4	30,5	422,95	231,61	22,71

ANEXO 6. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPRESA 2.

 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small> Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES:	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO NTC-673	LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ	
	NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ	
	EMPRESA:	2
	DESCRIPCIÓN:	
		CILINDROS DE CONCRETO

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA (KN)	RESISTENCIA	
				Kg/cm ²	Mpa
1	15,4	30,2	419,52	229,73	22,52
2	15,7	30,0	455,88	240,19	23,55
3	15,0	30,0	448,15	258,67	25,36
4	15,5	30,3	504,81	272,88	26,75
5	15,7	30,1	460,39	242,57	23,78
6	15,4	30,2	497,93	272,67	26,73
7	15,5	30,2	474,72	256,62	25,16
8	15,0	29,8	413,41	238,62	23,39
9	15,7	29,8	449,12	236,63	23,20
10	15,4	30,6	446,84	244,69	23,99
11	14,7	29,4	415,55	249,75	24,48
12	15,7	30,4	502,29	264,65	25,95
13	15,4	30,5	491,07	268,91	26,36
14	15,0	29,5	470,48	271,56	26,62
15	15,0	30,0	411,06	237,26	23,26
16	15,6	30,4	468,73	250,14	24,52
18	15,0	29,3	491,76	283,84	27,83
19	15,0	30,0	487,84	281,58	27,61
20	15,3	30,5	459,26	254,79	24,98
21	15,3	30,0	463,01	256,87	25,18
22	15,0	29,8	431,01	248,78	24,39
23	15,0	29,4	473,78	273,47	26,81
24	15,3	29,2	505,55	280,47	27,50
25	14,7	29,5	440,11	264,51	25,93
26	15,5	30,0	528,61	285,75	28,01
27	15,0	30,2	487,35	281,30	27,58
28	15,2	30,3	491,35	276,19	27,08
29	15,0	30,4	512,45	295,79	29,00
30	15,3	30,2	530,71	294,43	28,87
31	14,9	29,5	489,06	286,09	28,05
32	15,4	30,5	555,08	303,97	29,80
33	14,9	30,0	405,11	236,98	23,23
34	15,7	30,0	540,56	284,81	27,92
35	15,0	30,0	479,62	276,84	27,14
36	15,2	30,2	500,67	281,43	27,59
37	15,7	30,0	446,31	235,15	23,05
38	15,2	30,3	416,32	234,02	22,94
39	15,3	30,2	394,78	219,02	21,47
40	15,0	30,0	520,85	300,64	29,47
41	15,0	30,0	453,00	261,47	25,63
42	15,1	30,0	400,25	227,98	22,35


No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX (KN)	RESISTENCIA	
				Kg/cm ²	Mpa
43	15,5	29,9	490,83	265,32	26,01
44	14,9	30,1	435,65	254,84	24,98
45	15,4	29,8	522,02	285,86	28,03
46	14,8	29,4	448,32	265,81	26,06
47	14,8	29,2	422,32	250,40	24,55
48	15,2	30,2	493,85	277,60	27,22
49	15,3	30,2	481,73	267,26	26,20
50	15,0	30,2	451,95	260,87	25,58
51	15,2	30,5	479,22	269,38	26,41
52	15,5	30,1	470,36	254,26	24,93
53	15,6	30,3	525,16	280,25	27,48
54	15,4	30,3	536,57	293,83	28,81
55	15,3	30,4	511,39	283,71	27,82
56	15,6	29,7	450,85	240,60	23,59
57	15,0	30,0	549,37	317,10	31,09
59	15,7	29,8	545,54	287,43	28,18
60	15,1	30,4	514,12	292,83	28,71
61	15,3	30,2	492,53	273,25	26,79
62	15,0	30,0	451,67	260,70	25,56
63	15,0	30,0	507,60	292,99	28,72
64	15,3	30,4	535,12	296,88	29,11
65	15,0	30,0	361,83	208,85	20,48
66	15,1	29,0	458,80	261,32	25,62
67	15,0	29,8	424,24	244,87	24,01
68	15,4	30,1	426,09	233,33	22,88
69	15,0	29,3	487,53	281,40	27,59
70	14,9	29,3	452,54	264,72	25,95
71	15,4	29,7	445,22	243,81	23,90
72	15,3	30,2	455,93	252,94	24,80
73	15,0	29,8	468,89	270,64	26,53
74	15,4	30,5	530,50	290,51	28,48
75	15,0	29,0	434,35	250,71	24,58
76	15,2	30,3	515,20	289,60	28,39
77	15,2	29,9	416,99	234,40	22,98
78	15,4	30,0	524,54	287,24	28,16
79	15,5	29,8	439,43	237,54	23,29
80	15,2	30,5	474,08	266,49	26,13
81	15,0	30,0	440,06	254,00	24,90
82	15,6	29,9	452,61	241,54	23,68
83	15,6	30,0	452,32	241,38	23,67
84	15,1	30,0	500,61	285,14	27,95

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX (KN)	RESISTENCIA	
				Kg/cm ²	Mpa
85	15,0	29,8	487,39	281,32	27,58
86	15,2	30,7	465,01	261,39	25,63
87	15,5	30,4	487,59	263,57	25,84
88	15,1	30,0	476,93	271,65	26,63
89	14,8	30,2	403,31	239,13	23,44
90	15,2	30,2	502,09	282,23	27,67
91	15,2	30,5	503,75	283,16	27,76
92	15,2	30,2	385,23	216,54	21,23
93	15,5	30,2	490,34	265,06	25,99
94	15,3	30,0	364,16	202,03	19,81
95	14,9	30,0	420,81	246,16	24,13
96	15,0	29,4	345,71	199,54	19,56
97	15,8	30,3	381,80	198,62	19,47
98	15,3	30,7	421,62	233,91	22,93
99	15,3	29,8	493,23	273,64	26,83
100	15,0	30,2	379,31	218,94	21,46
101	15,7	29,7	342,64	180,53	17,70
102	15,1	29,9	431,02	245,50	24,07
103	15,3	29,9	470,13	260,82	25,57
104	15,0	30,3	572,25	330,30	32,38
105	15,1	30,2	548,74	312,55	30,64
106	15,0	30,0	390,28	225,27	22,09
107	15,3	30,8	575,25	319,14	31,29
108	15,2	30,6	578,46	325,16	31,88
109	15,2	30,3	560,52	315,08	30,89
110	15,2	29,4	526,40	295,90	29,01
111	15,0	30,0	548,57	316,64	31,04
112	15,4	30,5	563,70	308,69	30,26
113	15,3	30,0	593,27	329,14	32,27
114	15,7	30,2	566,36	298,40	29,26
115	15,0	29,9	576,49	332,75	32,62
116	15,3	30,4	556,64	308,82	30,28
117	15,8	30,0	606,80	315,68	30,95
118	15,4	30,5	578,78	316,94	31,07
119	15,0	30,0	541,12	312,34	30,62
120	15,0	30,0	549,59	317,22	31,10
121	15,3	29,9	601,10	333,48	32,69
122	15,3	30,3	584,00	324,00	31,76
123	15,4	30,4	581,30	318,32	31,21
124	14,8	29,4	547,50	324,62	31,83
125	15,2	30,2	575,38	323,43	31,71
126	14,8	29,6	470,73	279,10	27,36

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX (KN)	RESISTENCIA	
				Kg/cm ²	Mpa
127	14,8	29,4	531,03	314,85	30,87
128	15,3	30,2	461,63	256,11	25,11
129	14,9	29,1	452,87	264,92	25,97
130	15,0	29,7	443,12	255,77	25,08
131	15,7	29,8	488,81	257,54	25,25
132	15,4	30,0	526,41	288,27	28,26
133	15,0	30,2	525,19	303,14	29,72
134	15,3	29,9	536,94	297,89	29,20
135	15,0	30,0	448,23	258,72	25,36
136	14,7	29,3	428,08	257,28	25,22
137	15,2	30,4	505,74	284,28	27,87
138	15,4	30,0	430,45	235,72	23,11
139	15,5	30,3	513,05	277,34	27,19
140	15,5	30,3	535,18	289,30	28,36
141	15,0	30,0	445,68	257,25	25,22
142	15,0	29,7	496,92	286,82	28,12
143	15,2	30,8	501,03	281,64	27,61
144	15,4	29,9	429,97	235,45	23,08
145	15,7	30,0	516,68	272,23	26,69
146	15,3	30,5	317,03	175,88	17,24
147	15,0	30,0	417,15	240,78	23,61
148	15,0	29,9	360,32	207,98	20,39
149	15,0	29,0	527,25	304,33	29,84
150	15,4	30,5	530,50	290,51	28,48
151	14,8	29,5	511,03	302,99	29,71
152	15,0	29,7	314,48	181,52	17,80
153	15,7	30,0	523,08	275,60	27,02
154	15,3	30,0	537,97	298,46	29,26
155	14,8	29,4	456,73	270,80	26,55
156	15,0	30,0	446,63	257,80	25,27
157	15,7	30,0	594,68	313,32	30,72
158	15,0	30,0	491,65	283,78	27,82
159	15,4	30,8	521,86	285,77	28,02
160	15,3	30,3	553,73	307,20	30,12
161	15,3	30,8	222,16	123,25	12,08
162	15,3	30,0	402,37	223,23	21,89
163	15,2	30,3	564,06	317,07	31,08
164	15,4	30,3	511,32	280,00	27,45
165	15,0	30,0	424,72	245,15	24,03
166	15,0	30,0	506,81	292,53	28,68
167	15,0	30,0	523,31	302,06	29,61
168	15,0	30,3	578,82	334,10	32,75
169	15,1	30,2	428,10	243,84	23,91

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX (KN)	RESISTENCIA	
				Kg/cm ²	Mpa
170	15,2	30,3	542,21	304,78	29,88
171	15,1	30,0	520,29	296,35	29,05
172	15,0	30,0	492,94	284,53	27,89
173	15,4	30,3	343,41	188,05	18,44
174	15,5	30,1	520,74	281,49	27,60
175	15,0	30,2	471,76	272,30	26,70
176	15,0	30,0	467,15	269,64	26,44
177	15,3	30,5	469,15	260,28	25,52
178	15,0	29,7	488,87	282,18	27,66
179	15,0	30,5	484,40	279,60	27,41
180	15,0	29,8	426,24	246,03	24,12
181	15,2	30,3	501,85	282,10	27,66
182	15,5	30,1	497,21	268,77	26,35
183	15,1	30,0	552,02	314,42	30,83
184	15,0	30,0	444,54	256,59	25,16
185	15,0	29,7	500,69	289,00	28,33
186	15,1	30,3	429,02	244,36	23,96
187	14,9	29,1	477,08	279,08	27,36
188	15,6	29,8	491,70	262,40	25,73
189	15,5	30,9	500,15	270,36	26,51
190	15,2	29,2	487,41	273,98	26,86
191	14,8	29,8	469,73	278,51	27,30
192	15,0	29,7	493,28	284,72	27,91
193	15,0	30,2	491,99	283,98	27,84
194	15,3	30,5	494,73	274,47	26,91
195	15,0	30,0	469,27	270,86	26,56
196	15,4	30,4	514,35	281,66	27,61
197	15,0	30,0	466,27	269,13	26,39
198	15,8	30,2	528,01	274,69	26,93
199	15,0	30,0	512,82	296,00	29,02
200	15,2	30,0	477,13	268,20	26,29
201	15,0	30,0	460,74	265,94	26,07
202	15,3	30,2	453,67	251,69	24,68
203	15,4	30,5	462,55	253,30	24,83
204	15,0	30,0	458,09	264,41	25,92
205	15,3	29,4	477,47	264,89	25,97
206	15,0	30,0	451,35	260,52	25,54
207	15,2	30,0	510,12	286,74	28,11
208	14,8	30,0	518,18	307,23	30,12
209	15,2	29,8	446,07	250,74	24,58
210	15,0	30,2	471,76	272,30	26,70
211	15,0	30,0	408,79	235,95	23,13
212	15,3	30,5	456,68	253,36	24,84
213	14,8	29,2	449,27	266,38	26,12
214	15,5	30,4	518,64	280,36	27,49
215	15,3	30,4	437,24	242,58	23,78
216	15,0	29,9	451,82	260,79	25,57
217	15,0	30,0	466,88	269,48	26,42
218	15,0	30,0	450,28	259,90	25,48
219	15,0	30,0	465,23	268,53	26,33
220	15,0	30,2	473,87	273,52	26,82
221	15,0	30,0	480,24	277,20	27,18
222	15,4	30,2	465,87	255,11	25,01
223	15,2	30,3	489,23	275,00	26,96

ANEXO 7. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPRESA 3

 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small> Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES:	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO NTC-673	LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ	
	NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ	
	EMPRESA:	3
	DESCRIPCIÓN:	
CILINDROS DE CONCRETO		

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA (KN)	RESISTENCIA	
				Kg/cm ²	Mpa
47	14,5	29,3	373,00	230,40	22,59
48	15,7	30,1	378,59	199,47	19,56
49	14,4	29,3	333,84	209,09	20,50
50	14,7	29,4	352,30	211,73	20,76
51	15,4	30,8	488,47	267,49	26,22
52	15,2	30,2	413,70	232,55	22,80
53	15,7	29,8	475,32	250,44	24,55
54	15,7	30,1	491,93	259,19	25,41
55	15,0	30,0	376,59	217,37	21,31
56	15,0	30,1	367,56	212,16	20,80
57	15,0	29,5	367,55	212,15	20,80
58	15,4	30,5	494,12	270,58	26,53
59	15,1	30,1	516,80	294,36	28,86
60	15,5	30,0	466,13	251,97	24,70
61	15,7	29,8	541,32	285,21	27,96
62	15,4	30,1	596,80	326,81	32,04
63	14,6	29,4	366,46	223,27	21,89
64	15,7	30,2	499,26	263,05	25,79
65	15,0	30,0	398,73	230,15	22,56
66	14,8	29,5	303,64	180,03	17,65
67	15,0	29,8	331,07	191,09	18,73
68	15,3	30,2	417,95	231,87	22,73
69	15,3	30,2	349,58	193,94	19,01
70	15,7	30,0	339,50	178,88	17,54
71	15,2	30,6	432,96	243,37	23,86
72	15,0	29,5	343,30	198,15	19,43
73	15,0	29,0	332,70	192,04	18,83
74	15,4	29,8	223,30	122,28	11,99
75	15,9	29,4	259,50	133,31	13,07
76	14,6	29,3	286,71	174,68	17,13
77	15,7	30,0	464,20	244,58	23,98
78	14,7	29,7	290,65	174,68	17,13
79	15,5	30,4	443,89	239,95	23,52
80	14,8	29,5	332,21	196,97	19,31
81	15,3	30,3	433,03	240,24	23,55
82	15,4	30,3	439,90	240,89	23,62
83	14,9	30,0	343,97	201,21	19,73
84	15,9	30,3	390,10	200,40	19,65
85	15,4	30,4	476,24	260,79	25,57
86	15,1	29,9	304,83	173,63	17,02
87	15,3	30,2	330,19	183,19	17,96
88	14,8	29,8	316,76	187,81	18,41
89	15,4	30,6	483,97	265,03	25,98
90	14,7	29,3	313,59	188,47	18,48
91	15,0	30,0	299,42	172,83	16,94


No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA (KN)	RESISTENCIA	
				Kg/cm ²	Mpa
94	14,7	29,7	299,06	179,74	17,62
95	15,7	30,3	417,03	219,72	21,54
96	15,5	30,2	441,65	238,74	23,41
97	14,9	29,8	315,99	184,85	18,12
98	15,0	29,2	287,54	165,97	16,27
99	15,3	30,3	436,24	242,02	23,73
100	15,0	29,6	304,84	175,95	17,25
101	15,2	31,0	443,89	249,52	24,46
102	15,0	30,5	456,19	263,31	25,82
103	15,7	30,2	442,42	233,10	22,85
104	15,5	30,0	443,52	239,75	23,50
105	15,4	30,3	447,34	244,97	24,02
106	15,1	30,1	428,57	244,11	23,93
107	15,5	30,5	440,65	238,20	23,35
108	14,8	29,7	340,89	202,12	19,82
109	15,0	29,6	338,20	195,21	19,14
110	15,0	30,2	434,61	250,86	24,59
111	15,4	30,8	450,71	246,81	24,20
112	15,0	30,0	430,83	248,68	24,38
113	14,9	29,5	435,41	254,70	24,97
114	15,5	30,3	297,57	160,86	15,77
115	14,8	29,6	363,04	215,25	21,10
116	15,0	29,9	316,18	182,50	17,89
117	14,8	29,6	286,46	169,84	16,65
118	15,6	30,4	413,18	220,50	21,62
119	15,4	30,0	411,12	225,13	22,07
120	15,6	30,0	365,35	194,97	19,11
121	15,0	29,3	280,54	161,93	15,88
122	15,6	30,3	431,49	230,27	22,58
123	15,0	29,9	274,06	158,19	15,51
124	15,0	30,0	292,13	168,62	16,53
125	14,8	30,0	412,48	244,56	23,98
126	15,0	29,9	443,73	256,12	25,11
127	15,3	30,1	377,55	209,46	20,54
128	15,7	30,6	445,69	234,82	23,02
129	15,3	31,0	404,99	224,68	22,03
130	15,5	30,5	416,11	224,93	22,05
131	14,8	30,0	406,61	241,08	23,64
132	15,0	29,8	415,25	239,68	23,50
133	15,0	30,0	416,07	240,16	23,54
134	16,0	30,2	403,60	204,75	20,07
135	14,4	29,6	241,86	151,48	14,85
136	15,0	29,6	321,20	185,40	18,18
137	15,4	30,8	272,97	149,48	14,65
138	16,0	30,5	396,66	201,23	19,73

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA (KN)	RESISTENCIA	
				Kg/cm ²	Mpa
141	15,8	30,7	431,29	224,37	22,00
142	15,3	30,0	428,60	237,78	23,31
143	15,6	30,4	414,00	220,93	21,66
144	15,1	30,1	482,32	274,72	26,93
145	15,5	30,4	504,06	272,48	26,71
146	15,7	30,1	569,41	300,01	29,41
147	15,7	30,4	503,77	265,43	26,02
148	15,0	29,8	517,72	298,83	29,30
149	15,2	30,1	503,08	282,79	27,72
150	15,5	30,4	535,35	289,39	28,37
151	15,4	30,4	513,27	281,07	27,56
152	14,9	29,8	336,81	197,03	19,32
153	14,8	29,6	396,86	235,30	23,07
154	15,0	29,6	330,64	190,85	18,71
155	15,2	30,0	556,17	312,63	30,65
156	14,8	29,9	396,55	235,12	23,05
157	15,0	29,5	372,40	214,95	21,07
158	15,5	30,3	560,42	302,94	29,70
159	15,4	30,4	577,20	316,08	30,99
160	15,1	30,1	493,02	280,82	27,53
161	15,8	30,0	599,13	311,69	30,56
162	15,3	29,8	560,95	311,21	30,51
163	15,8	30,2	404,38	210,37	20,62
164	15,4	30,4	408,67	223,79	21,94
165	14,7	29,3	301,21	181,03	17,75
166	15,0	30,1	365,49	210,96	20,68
167	15,3	30,5	497,51	276,01	27,06
168	15,2	30,2	697,60	392,13	38,44
169	15,6	30,3	671,83	358,53	35,15
170	14,5	29,6	334,18	206,42	20,24
171	14,7	29,7	437,64	263,02	25,79
172	15,3	30,2	349,10	193,68	18,99
173	14,7	30,0	672,39	404,11	39,62
174	14,6	29,3	306,84	186,95	18,33
175	14,9	29,7	368,92	215,81	21,16
176	14,9	30,1	432,10	252,77	24,78
177	14,8	29,5	270,36	160,30	15,72
178	15,2	30,0	618,71	347,78	34,10
179	15,6	30,0	348,65	186,06	18,24
180	15,4	30,3	689,61	377,64	37,02
181	14,9	29,6	406,83	237,99	23,33
182	15,0	29,0	377,71	218,01	21,37
183	15,8	30,0	537,95	279,86	27,44
184	15,2	30,2	677,72	380,95	37,35
185	15,6	30,0	693,62	370,15	36,29
186	15,0	30,4	497,06	286,90	28,13
187	15,3	30,8	472,93	262,38	25,72

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA (KN)	RESISTENCIA	
				Kg/cm ²	Mpa
190	15,0	29,3	383,01	221,07	21,67
191	14,8	29,5	355,15	210,57	20,64
192	15,0	29,7	381,47	220,19	21,59
193	14,8	29,4	342,21	202,90	19,89
194	14,8	29,4	296,96	176,07	17,26
195	15,0	29,7	347,29	200,46	19,65
196	15,7	30,0	459,44	242,07	23,73
197	15,4	30,1	488,15	267,31	26,21
198	15,0	30,0	473,08	273,06	26,77
199	14,9	29,9	470,54	275,25	26,99
200	15,8	30,0	487,95	253,85	24,89
201	15,5	30,3	430,39	232,65	22,81
202	15,7	29,9	502,99	265,01	25,98
203	15,0	29,9	464,53	268,13	26,29
204	15,4	30,3	482,39	264,16	25,90
205	15,6	30,4	494,87	264,09	25,89
206	15,0	29,8	460,27	265,67	26,05
207	15,4	30,1	504,66	276,36	27,09
208	15,2	30,2	490,32	275,61	27,02
209	14,5	29,5	361,15	223,08	21,87
210	15,7	30,1	512,06	269,79	26,45
211	15,0	30,1	448,28	258,75	25,37
212	15,3	30,6	493,00	273,51	26,81
213	14,6	29,7	223,29	136,04	13,34
214	14,8	29,5	330,28	195,83	19,20
215	14,2	29,3	336,95	217,02	21,28
216	14,8	30,0	297,11	176,16	17,27
217	15,0	29,1	353,68	204,14	20,01
218	14,6	29,8	340,03	207,17	20,31
219	14,5	29,5	298,74	184,53	18,09
220	15,0	29,8	335,66	193,74	18,99
221	15,2	30,5	480,64	270,17	26,49
222	15,2	30,0	515,58	289,81	28,41
223	15,8	29,7	482,97	251,26	24,63
224	15,6	29,9	486,40	259,57	25,45
225	15,2	30,0	438,38	246,42	24,16
226	15,0	29,7	521,14	300,80	29,49
227	16,0	30,0	403,66	205,29	20,13
228	15,7	30,3	366,77	193,24	18,95
229	15,4	30,5	442,75	242,45	23,77
230	15,4	30,7	476,04	260,68	25,56
231	15,0	30,0	471,07	271,90	26,66
232	15,4	30,5	477,24	261,34	25,62
233	15,5	30,2	484,00	261,63	25,65
234	14,7	29,6	436,64	262,42	25,73
235	14,8	29,8	439,73	260,72	25,56
236	14,6	29,4	441,36	268,90	26,36
237	15,0	29,5	469,77	271,15	26,58
238	14,4	29,7	444,76	278,56	27,31
239	14,5	29,7	414,62	256,11	25,11


No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA (KN)	RESISTENCIA	
				Kg/cm ²	Mpa
242	15,7	30,2	429,58	226,34	22,19
243	15,6	30,0	431,84	230,45	22,59
244	15,4	30,3	463,54	253,84	24,89
245	14,8	30,4	434,58	257,67	25,26
246	15,0	30,0	436,58	251,99	24,71
247	14,7	29,7	428,78	257,70	25,26
248	15,2	30,2	584,64	328,63	32,22
249	14,8	29,2	574,32	340,52	33,38
250	14,7	29,4	613,47	368,70	36,15
251	15,5	30,3	628,71	339,86	33,32
252	15,6	30,2	611,09	326,11	31,97
253	14,7	29,4	502,44	301,97	29,60
254	15,0	29,0	433,98	250,49	24,56
255	14,8	30,3	489,98	290,51	28,48
256	15,7	30,0	494,06	260,31	25,52
257	15,5	30,0	602,35	325,61	31,92
258	14,2	29,3	289,50	186,46	18,28
259	15,3	30,3	647,50	359,23	35,22
260	15,4	30,5	621,00	340,06	33,34
261	14,9	29,7	593,46	347,16	34,04
262	14,7	29,5	593,19	356,51	34,95
263	15,2	30,7	638,43	358,87	35,18
264	15,0	30,0	616,02	355,57	34,86
265	15,1	30,0	507,90	289,29	28,36
266	15,5	30,5	628,02	339,48	33,28
267	15,0	30,0	626,19	361,44	35,44
268	15,0	30,0	657,00	379,22	37,18
269	14,7	29,5	590,29	354,77	34,78
270	15,3	29,9	632,50	350,90	34,40
271	14,7	29,3	594,25	357,15	35,01
272	15,3	30,3	630,16	349,61	34,28
273	15,6	30,0	411,88	219,80	21,55
274	15,6	30,1	595,17	317,62	31,14
275	14,6	29,3	579,45	353,04	34,61
276	15,0	29,3	579,36	334,41	32,79
277	14,6	29,3	581,86	354,51	34,76
278	14,8	30,1	574,54	340,65	33,40
279	15,3	30,5	502,37	278,71	27,32
280	14,5	29,5	550,08	339,78	33,31
281	14,9	29,5	565,38	330,73	32,42
282	15,3	30,5	599,84	332,78	32,63
283	15,2	30,0	586,36	329,60	32,31
284	15,7	29,6	486,03	256,08	25,11
285	15,1	30,0	579,41	330,02	32,36
286	14,9	29,8	555,08	324,71	31,83
287	15,2	30,0	492,45	276,81	27,14
288	15,0	29,7	582,91	336,46	32,99
289	15,5	30,2	595,65	321,99	31,57

ANEXO 8. PESO ESPECÍFICO ENDURECIDO EMPRESA 1

 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small> Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES:	
PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO	LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ	
	NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ	
	EMPRESA:	1
	DESCRIPCIÓN:	
CILINDROS DE CONCRETO		

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	PESO SECO (g)	PESO SSS (g)	PESO SUMERGIDO (g)	DENSIDAD (g/cm ³)	PESO UNITARIO (Kg/m ³)
65	14,8	29,5	11768	11876	6800	2,3184	2318
66	15,4	30,4	13254	13368	7589	2,2935	2293
67	15,5	29,8	13592	13710	7739	2,2763	2276
68	15,2	29,0	12172	12300	6946	2,2734	2273
69	15,1	29,9	12471	12577	7129	2,2891	2289
70	15,0	30,0	12404	12494	6687	2,1360	2136
71	15,3	30,2	13244	13352	7503	2,2643	2264
72	15,3	29,8	13091	13230	7481	2,2771	2277
73	15,4	30,2	13000	13206	7448	2,2577	2258
74	15,2	30,1	13036	13139	7414	2,2770	2277
75	15,3	30,3	13075	13190	7456	2,2803	2280
76	15,3	30,8	13209	13308	7507	2,2770	2277
77	15,2	30,2	13333	13447	7573	2,2698	2270
78	15,1	30,0	12930	13033	7429	2,3073	2307
79	15,5	30,2	13560	13661	7713	2,2798	2280
80	15,0	29,8	12262	12358	6968	2,2750	2275
81	15,3	30,4	13266	13380	7670	2,3233	2323
82	15,6	30,7	13700	13857	7700	2,2251	2225
83	15,4	30,2	13442	13562	7797	2,3317	2332
84	15,4	30,2	13220	13346	7684	2,3349	2335
85	15,2	30,3	13080	13129	7392	2,2799	2280
86	15,6	30,2	13000	13222	7567	2,2989	2299
87	15,0	30,1	12338	12453	7129	2,3174	2317
88	15,3	30,1	13100	13262	7570	2,3015	2301
89	15,1	30,0	12557	12646	7230	2,3185	2319
90	15,1	30,2	13217	13300	7622	2,3278	2328
91	14,8	29,1	11869	11936	6847	2,3323	2332
92	15,6	30,2	13366	13458	7695	2,3193	2319
93	15,2	29,0	12334	12448	6640	2,1236	2124
94	15,2	30,4	13278	13380	7648	2,3165	2316
95	14,8	29,3	12026	12128	6679	2,2070	2207
96	14,4	29,3	11836	11950	6853	2,3222	2322
97	14,9	29,8	12105	12222	7008	2,3216	2322
98	15,2	30,4	13083	13200	7524	2,3050	2305
99	15,0	30,0	12459	12554	7203	2,3283	2328
100	15,8	30,2	13743	13862	7960	2,3285	2329
101	15,0	30,0	12449	12573	7115	2,2809	2281
102	15,3	30,7	13342	13480	7691	2,3047	2305
103	15,6	30,4	13435	13543	7732	2,3120	2312
104	15,0	30,0	12486	12600	7224	2,3225	2323
105	15,3	30,6	13030	13163	7512	2,3058	2306
106	14,8	29,4	11934	12032	6881	2,3168	2317
107	15,4	30,0	13230	13371	7649	2,3121	2312
108	15,7	30,6	13172	13322	7586	2,2964	2296
109	15,6	30,2	13100	13332	7351	2,1903	2190
110	15,3	30,3	13271	13428	7677	2,3076	2308
111	15,7	30,2	13626	13800	7700	2,2338	2234
112	15,5	30,4	13426	13546	7768	2,3236	2324
113	15,0	29,7	12041	12237	6900	2,2561	2256
114	15,3	31,0	13362	13531	7629	2,2640	2264
115	15,6	30,2	13637	13774	7682	2,2385	2239
116	15,0	29,4	12024	12150	6973	2,3226	2323
117	15,4	29,3	12378	12516	7169	2,3149	2315
118	14,6	29,4	11941	12034	6904	2,3277	2328
119	15,3	30,2	13143	13278	7582	2,3074	2307
120	15,0	29,7	12347	12493	7128	2,3014	2301
121	14,9	29,5	12000	12108	6948	2,3256	2326
122	15,2	30,9	13472	13626	7893	2,3499	2350
123	14,4	29,7	12057	12168	6982	2,3249	2325
124	15,5	30,2	13716	13830	7756	2,2581	2258
125	14,9	30,2	12559	12675	7262	2,3202	2320

ANEXO 9. PESO ESPECÍFICO ENDURECIDO EMPRESA 2


 Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES:	LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ
PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO	EMPRESA:	2
	DESCRIPCIÓN:	CILINDROS DE CONCRETO

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	PESO SECO (g)	PESO SSS (g)	PESO SUMERGIDO (g)	DENSIDAD (g/cm ³)	PESO UNITARIO (Kg/m ³)
1	15,4	30,2	12991	13099	7900	2,4987	2499
2	15,7	30,0	13633	13736	8212	2,4680	2468
3	15,0	30,0	12500	12630	7690	2,5304	2530
4	15,5	30,3	13424	13560	8277	2,5410	2541
5	15,7	30,1	13344	13477	8408	2,6325	2632
6	15,4	30,2	13172	13305	8214	2,5873	2587
7	15,5	30,2	13167	13285	8346	2,6659	2666
8	15,0	29,8	12000	12096	7545	2,6368	2637
9	15,7	29,8	13774	13902	8991	2,8047	2805
10	15,4	30,6	13222	13344	8648	2,8156	2816
11	14,7	29,4	12070	12187	7900	2,8155	2815
12	15,7	30,4	13224	13347	8640	2,8094	2809
13	15,4	30,5	13179	13309	7910	2,4410	2441
14	15,0	29,5	12112	12228	7173	2,3960	2396
15	15,0	30,0	12326	12436	7244	2,3740	2374
16	15,6	30,4	13816	13953	8363	2,4716	2472
18	15,0	29,3	12472	12914	7441	2,2788	2279
19	15,0	30,0	12464	12582	7581	2,4923	2492
20	15,3	30,5	13334	13460	8227	2,5481	2548
21	15,3	30,0	13113	13228	8069	2,5418	2542
22	15,0	29,8	12138	12235	7981	2,8533	2853
23	15,0	29,4	12036	12137	7057	2,3693	2369
24	15,3	29,2	12456	12555	7343	2,3899	2390
25	14,7	29,5	12142	12242	7407	2,5113	2511
26	15,5	30,0	13526	13626	8073	2,4358	2436
27	15,0	30,2	13628	13695	8200	2,4801	2480
28	15,2	30,3	12335	13422	8375	2,4440	2444
29	15,0	30,4	13462	13559	8290	2,5549	2555
30	15,3	30,2	13233	13324	8224	2,5947	2595
31	14,9	29,5	11937	12039	7477	2,6166	2617
32	15,4	30,5	13481	13586	8800	2,8168	2817
33	14,9	30,0	12557	12649	8043	2,7262	2726
34	15,7	30,0	13821	13932	8386	2,4921	2492
35	15,0	30,0	12589	12712	8312	2,8611	2861
36	15,2	30,2	13258	13367	7799	2,3811	2381
37	15,7	30,0	13604	13712	8551	2,6359	2636
38	15,2	30,3	13223	13318	7859	2,4222	2422
39	15,3	30,2	13272	13362	8226	2,5841	2584
40	15,0	30,0	13274	13364	7981	2,4659	2466
41	15,0	30,0	12697	12798	7687	2,4842	2484
42	15,1	30,0	12800	12848	7680	2,4768	2477
43	15,5	29,9	13989	14095	8340	2,4308	2431
44	14,9	30,1	12366	12465	7294	2,3914	2391
45	15,4	29,8	13281	13364	7942	2,4495	2449
46	14,8	29,4	12118	12215	7691	2,6786	2679
47	14,8	29,2	11914	12001	7027	2,3953	2395
48	15,2	30,2	13292	13386	8100	2,5146	2515
49	15,3	30,2	13433	13530	7861	2,3696	2370
50	15,0	30,2	12659	12722	7658	2,4998	2500
51	15,2	30,5	13066	13159	8610	2,8723	2872
52	15,5	30,1	13521	13541	7872	2,3851	2385
53	15,6	30,3	13692	13788	7964	2,3510	2351
54	15,4	30,3	13337	13414	8331	2,6238	2624
55	15,3	30,4	13382	13469	7740	2,3358	2336
56	15,6	29,7	13786	13864	8048	2,3704	2370
57	15,0	30,0	12522	12605	7276	2,3498	2350
59	15,7	29,8	13763	13858	8300	2,4763	2476
60	15,1	30,4	13330	13419	7809	2,3761	2376
61	15,3	30,2	13306	13398	8286	2,6029	2603
62	15,0	30,0	12639	12736	7436	2,3847	2385
63	15,0	30,0	12626	12702	7615	2,4820	2482

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	PESO SECO (g)	PESO SSS (g)	PESO SUMERGIDO (g)	DENSIDAD (g/cm ³)	PESO UNITARIO (Kg/m ³)
80	15,2	30,5	13132	13220	7634	2,3509	2351
81	15,0	30,0	12454	12541	7213	2,3375	2337
82	15,6	29,9	13618	13691	7898	2,3508	2351
83	15,6	30,0	13587	13682	7875	2,3398	2340
84	15,1	30,0	12618	12682	7346	2,3647	2365
85	15,0	29,8	12685	12773	7400	2,3609	2361
86	15,2	30,7	13248	13341	7667	2,3349	2335
87	15,5	30,4	13300	13411	7756	2,3519	2352
88	15,1	30,0	12410	12457	7236	2,3769	2377
89	14,8	30,2	12332	12442	7169	2,3387	2339
90	15,2	30,2	12657	12788	7400	2,3491	2349
91	15,2	30,5	13281	13422	7744	2,3390	2339
92	15,2	30,2	12961	13060	7487	2,3257	2326
93	15,5	30,2	13500	13629	7878	2,3474	2347
94	15,3	30,0	13091	13201	7581	2,3294	2329
95	14,9	30,0	12548	12654	7318	2,3516	2352
96	15,0	29,4	11881	11993	6861	2,3151	2315
97	15,8	30,3	13852	13966	8057	2,3442	2344
98	15,3	30,7	13318	13446	7761	2,3427	2343
99	15,3	29,8	13331	13438	7798	2,3637	2364
100	15,0	30,2	12616	12710	7321	2,3411	2341
101	15,7	29,7	13502	13606	7798	2,3247	2325
102	15,1	29,9	12754	12867	7457	2,3575	2357
103	15,3	29,9	13079	13193	7642	2,3562	2356
104	15,0	30,3	12869	12959	7525	2,3682	2368
105	15,1	30,2	12787	12884	7483	2,3675	2368
106	15,0	30,0	12864	12955	7478	2,3487	2349
107	15,3	30,8	13477	13574	7867	2,3615	2361
108	15,2	30,6	13475	13572	7855	2,3570	2357
109	15,2	30,3	13261	13364	7771	2,3710	2371
110	15,2	29,4	12424	12518	7260	2,3629	2363
111	15,0	30,0	12772	12853	7485	2,3793	2379
112	15,4	30,5	13320	13418	7792	2,3676	2368
113	15,3	30,0	13429	13512	7841	2,3680	2368
114	15,7	30,2	13945	14035	8096	2,3480	2348
115	15,0	29,9	12735	12822	7466	2,3777	2378
116	15,3	30,4	13371	13482	7809	2,3570	2357
117	15,8	30,0	13796	13911	8071	2,3623	2362
118	15,4	30,5	13334	13430	7799	2,3680	2368
119	15,0	30,0	12612	12706	7366	2,3618	2362
120	15,0	30,0	12600	12694	7399	2,3796	2380
121	15,3	29,9	13536	13625	7939	2,3806	2381
122	15,3	30,3	13577	13703	8042	2,3983	2398
123	15,4	30,4	13315	13411	7824	2,3832	2383
124	14,8	29,4	12137	12238	7103	2,3636	2364
125	15,2	30,2	12861	12954	7522	2,3676	2368
126	14,8	29,6	12251	12362	7220	2,3825	2383
127	14,8	29,4	11998	12075	7004	2,3660	2366
128	15,3	30,2	13105	13200	7951	2,4967	2497
129	14,9	29,1	11998	12092	7157	2,4312	2431
130	15,0	29,7	12539	12643	7148	2,2819	2282
131	15,7	29,8	13787	13900	9200	2,9334	2933
132	15,4	30,0	13505	13608	8869	2,8498	2850
133	15,0	30,2	12619	12709	7625	2,4821	2482
134	15,3	29,9	13293	13377	8879	2,9553	2955
135	15,0	30,0	12518	12628	7308	2,3530	2353
136	14,7	29,3	12018	12114	7221	2,4562	2456
137	15,2	30,4	13452	13585	8618	2,7083	2708
138	15,4	30,0	13049	13143	8680	2,9238	2924
139	15,5	30,3	13298	13397	8884	2,9466	2947
140	15,5	30,3	13300	13400	8891	2,9497	2950

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	PESO SECO (g)	PESO SSS (g)	PESO SUMERGIDO (g)	DENSIDAD (g/cm ³)	PESO UNITARIO (Kg/m ³)
158	15,0	30,0	12412	12503	7781	2,6285	2629
159	15,4	30,8	13576	13665	8699	2,7338	2734
160	15,3	30,3	13121	13217	8082	2,5552	2555
161	15,3	30,8	13483	13576	7900	2,3754	2375
162	15,3	30,0	13227	13323	7724	2,3624	2362
163	15,2	30,3	13399	13486	7893	2,3957	2396
164	15,4	30,3	13552	13656	8481	2,6187	2619
165	15,0	30,0	12844	12933	7131	2,2137	2214
166	15,0	30,0	12635	12732	7367	2,3551	2355
167	15,0	30,0	12717	12804	8288	2,8160	2816
168	15,0	30,3	13333	13438	8570	2,7389	2739
169	15,1	30,2	12814	12903	8338	2,8070	2807
170	15,2	30,3	13267	13365	8399	2,6716	2672
171	15,1	30,0	12790	12894	8322	2,7975	2797
172	15,0	30,0	12680	12771	7771	2,5360	2536
173	15,4	30,3	13456	13550	7817	2,3471	2347
174	15,5	30,1	13908	14002	8118	2,3637	2364
175	15,0	30,2	12645	12713	7363	2,3636	2364
176	15,0	30,0	12603	12693	7326	2,3482	2348
177	15,3	30,5	13327	13412	7771	2,3625	2363
178	15,0	29,7	13296	13375	7744	2,3612	2361
179	15,0	30,5	13273	13358	7739	2,3622	2362
180	15,0	29,8	12412	12504	7199	2,3397	2340
181	15,2	30,3	13044	13133	7529	2,3276	2328
182	15,5	30,1	13690	13792	7952	2,3442	2344
183	15,1	30,0	12762	12840	7400	2,3460	2346
184	15,0	30,0	12662	12744	7361	2,3522	2352
185	15,0	29,7	12742	12835	7456	2,3688	2369
186	15,1	30,3	13250	13398	7940	2,4276	2428
187	14,9	29,1	11862	11970	6871	2,3263	2326
188	15,6	29,8	13598	13730	7949	2,3522	2352
189	15,5	30,9	13412	13534	7884	2,3738	2374
190	15,2	29,2	12330	12451	7179	2,3388	2339
191	14,8	29,8	12175	12290	7134	2,3613	2361
192	15,0	29,7	12153	12292	7155	2,3658	2366
193	15,0	30,2	12760	12900	7500	2,3630	2363
194	15,3	30,5	12314	12903	7576	2,3116	2312
195	15,0	30,0	12741	12834	7331	2,3153	2315
196	15,4	30,4	13489	13599	7875	2,3566	2357
197	15,0	30,0	12900	12990	7600	2,3933	2393
198	15,8	30,2	14036	14138	8237	2,3786	2379
199	15,0	30,0	12756	12855	7497	2,3807	2381
200	15,2	30,0	13447	13528	7880	2,3808	2381
201	15,0	30,0	13255	13360	7753	2,3640	2364
202	15,3	30,2	13226	13320	7758	2,3779	2378
203	15,4	30,5	13448	13550	7871	2,3680	2368
204	15,0	30,0	12464	12553	7281	2,3642	2364
205	15,3	29,4	13137	13230	7642	2,3509	2351
206	15,0	30,0	12782	12878	7468	2,3627	2363
207	15,2	30,0	12976	13075	7642	2,3884	2388
208	14,8	30,0	12874	12960	7558	2,3832	2383
209	15,2	29,8	12671	12770	7400	2,3596	2360
210	15,0	30,2	12623	12704	7361	2,3625	2363
211	15,0	30,0	12856	12951	7544	2,3777	2378
212	15,3	30,5	12793	12894	7543	2,3908	2391
213	14,8	29,2	12000	12098	7059	2,3814	2381
214	15,5	30,4	13500	13619	7898	2,3597	2360
215	15,3	30,4	13997	14090	8260	2,4009	2401
216	15,0	29,9	13573	12660	7415	2,5878	2588
217	15,0	30,0	12591	12678	7396	2,3838	2384
218	15,0	30,0	12699	12817	7471	2,3754	2375

ANEXO 10 PESO ESPECÍFICO ENDURECIDO EMPRESA 3

 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small> Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES:	
PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO	LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ	
	NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ	
	EMPRESA:	3
	DESCRIPCIÓN:	
CILINDROS DE CONCRETO		

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	PESO SECO (g)	PESO SSS (g)	PESO SUMERGIDO (g)	DENSIDAD (g/cm ³)	PESO UNITARIO (Kg/m ³)
1	15,5	30,4	13480	13614	7972	2,3892	2389
2	14,8	29,7	12170	12308	7200	2,3825	2383
3	15,0	30,0	12730	12841	7495	2,3812	2381
4	15,0	29,4	12540	12651	7405	2,3904	2390
5	15,7	30,2	13940	14055	8116	2,3472	2347
6	15,7	30,2	14040	14171	8313	2,3967	2397
7	14,8	29,5	12060	12239	7173	2,3806	2381
8	15,2	30,8	13540	13656	7976	2,3838	2384
9	15,0	29,4	12050	12165	7131	2,3937	2394
10	14,8	30,2	12310	12425	7267	2,3866	2387
11	15,7	30,7	13900	14000	8148	2,3753	2375
12	14,9	30,0	12560	12672	7400	2,3824	2382
13	15,3	30,2	13680	13838	8100	2,3841	2384
14	14,5	29,8	12270	12458	7287	2,3728	2373
15	15,2	30,2	12760	12890	7527	2,3793	2379
16	15,4	30,2	13400	13515	7900	2,3865	2386
17	15,0	30,2	12680	12810	7478	2,3781	2378
18	15,0	29,8	12450	12609	7373	2,3778	2378
19	15,3	30,7	13640	13773	8052	2,3842	2384
20	15,3	30,6	13490	13662	7965	2,3679	2368
21	15,6	29,9	13880	14094	8247	2,3739	2374
22	14,5	29,5	12130	12220	7177	2,4053	2405
23	15,7	30,7	13730	13824	8100	2,3987	2399
24	14,7	29,8	12280	12373	7262	2,4027	2403
25	14,9	30,0	12760	12850	7536	2,4012	2401
26	15,0	29,4	12650	12744	7472	2,3995	2399
27	14,6	29,8	12340	12442	7295	2,3975	2398
28	14,9	29,7	12330	12435	7282	2,3928	2393
29	15,7	29,9	14010	14140	8261	2,3831	2383
30	15,4	30,4	13380	13514	7923	2,3931	2393
31	14,8	30,2	12660	12768	7477	2,3927	2393
32	14,7	29,4	12110	12231	7175	2,3952	2395
33	14,9	29,7	12520	12617	7398	2,3989	2399
34	15,0	30,0	12810	12893	7542	2,3939	2394
35	15,3	30,4	13610	13732	8034	2,3886	2389
36	15,6	30,6	13970	14083	8244	2,3925	2393
37	15,5	30,5	13760	13862	8123	2,3976	2398
38	15,6	30,9	13920	14047	8215	2,3868	2387
39	15,0	30,2	12800	12913	7537	2,3810	2381
40	15,6	30,4	14070	14180	8299	2,3925	2392
41	15,5	30,4	13600	13724	8029	2,3881	2388
42	15,4	30,4	13480	13614	7987	2,3956	2396
43	15,5	30,6	13380	13468	7861	2,3863	2386
44	15,8	30,6	12480	12520	7200	2,3459	2346
45	15,0	29,4	12540	12628	7357	2,3791	2379
46	14,8	29,4	12220	12304	7155	2,3733	2373
47	14,5	29,3	12200	12298	7150	2,3699	2370
48	15,7	30,1	13950	14043	8211	2,3920	2392
49	14,4	29,3	11980	12062	7046	2,3884	2388
50	14,7	29,4	12250	12344	7210	2,3861	2386
51	15,4	30,8	13510	13631	7960	2,3823	2382
52	15,2	30,2	13240	13329	7795	2,3925	2392
53	15,7	29,8	13890	13981	8172	2,3911	2391
54	15,7	30,1	12620	12693	7427	2,3965	2397
55	15,0	30,0	12720	12788	7478	2,3955	2395
56	15,0	30,1	12770	12857	7530	2,3972	2397
57	15,0	29,5	12440	12527	7335	2,3960	2396
58	15,4	30,5	13820	13913	8115	2,3836	2384
59	15,1	30,1	12790	12870	7532	2,3960	2396


No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	PESO SECO (g)	PESO SSS (g)	PESO SUMERGIDO (g)	DENSIDAD (g/cm ³)	PESO UNITARIO (Kg/m ³)
60	15,5	30,0	13570	13662	7992	2,3933	2393
61	15,7	29,8	13980	14072	8237	2,3959	2396
62	15,4	30,1	13610	13709	7992	2,3806	2381
63	14,6	29,4	12140	12229	7097	2,3655	2366
64	15,7	30,2	13990	14072	8184	2,3760	2376
65	15,0	30,0	12430	12516	7243	2,3573	2357
66	14,8	29,5	11970	12064	7008	2,3675	2367
67	15,0	29,8	12620	12709	7391	2,3731	2373
68	15,3	30,2	13390	13498	7800	2,3499	2350
69	15,3	30,2	13050	13156	7600	2,3488	2349
70	15,7	30,0	13830	13932	8091	2,3677	2368
71	15,2	30,6	13350	13456	7885	2,3963	2396
72	15,0	29,5	12240	12345	7131	2,3475	2348
73	15,0	29,0	12390	12495	7250	2,3622	2362
74	15,4	29,8	13340	13447	7775	2,3519	2352
75	15,9	29,4	12480	12584	7273	2,3498	2350
76	14,6	29,3	11870	11967	6934	2,3584	2358
77	15,7	30,0	13750	13863	8031	2,3577	2358
78	14,7	29,7	12160	12253	7105	2,3621	2362
79	15,5	30,4	13610	13719	7918	2,3461	2346
80	14,8	29,5	12070	12171	7062	2,3625	2362
81	15,3	30,3	13210	13317	7694	2,3493	2349
82	15,4	30,3	13340	13446	7780	2,3544	2354
83	14,9	30,0	12380	12481	7220	2,3532	2353
84	15,9	30,3	13820	13924	8031	2,3452	2345
85	15,4	30,4	13530	13625	7871	2,3514	2351
86	15,1	29,9	12590	12678	7304	2,3428	2343
87	15,3	30,2	13080	13176	7587	2,3403	2340
88	14,8	29,8	12220	12307	7116	2,3541	2354
89	15,4	30,6	13430	13511	7917	2,4008	2401
90	14,7	29,3	11970	12060	6953	2,3438	2344
91	15,0	30,0	12610	12698	7332	2,3500	2350
92	15,0	30,0	12480	12564	7236	2,3423	2342
93	14,9	30,0	12420	12500	7208	2,3469	2347
94	14,7	29,7	12130	12203	7024	2,3422	2342
95	15,7	30,3	13930	14009	8089	2,3530	2353
96	15,5	30,2	13410	13495	7792	2,3514	2351
97	14,9	29,8	12160	12236	7082	2,3593	2359
98	15,0	29,2	12430	12499	7224	2,3564	2356
99	15,3	30,3	13270	13344	7705	2,3533	2353
100	15,0	29,6	12060	12129	6927	2,3183	2318
101	15,2	31,0	13380	13453	7755	2,3482	2348
102	15,0	30,5	13720	13815	7937	2,3341	2334
103	15,7	30,2	13810	13919	7925	2,3040	2304
104	15,5	30,0	13710	13827	7966	2,3392	2339
105	15,4	30,3	13350	13442	7960	2,4352	2435
106	15,1	30,1	12500	12597	7267	2,3452	2345
107	15,5	30,5	13250	13353	7680	2,3356	2336
108	14,8	29,7	11860	11946	6888	2,3448	2345
109	15,0	29,6	12000	12092	6988	2,3511	2351
110	15,0	30,2	12340	12429	7168	2,3456	2346
111	15,4	30,8	13340	13436	7751	2,3465	2347
112	15,0	30,0	12560	12660	7295	2,3411	2341
113	14,9	29,5	12070	12164	7018	2,3455	2346
114	15,5	30,3	13110	13215	7628	2,3465	2347
115	14,8	29,6	11850	11945	6902	2,3498	2350
116	15,0	29,9	12520	12617	7278	2,3450	2345
117	14,8	29,6	12090	12178	7037	2,3517	2352
118	15,6	30,4	13620	13710	7905	2,3463	2346
119	15,4	30,0	13340	13440	7765	2,3507	2351

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	PESO SECO (g)	PESO SSS (g)	PESO SUMERGIDO (g)	DENSIDAD (g/cm ³)	PESO UNITARIO (Kg/m ³)
120	15,6	30,0	13690	13802	7974	2,3490	2349
121	15,0	29,3	12400	12496	7232	2,3556	2356
122	15,6	30,3	13300	13370	7727	2,3569	2357
123	15,0	29,9	12270	12362	7137	2,3483	2348
124	15,0	30,0	12790	12485	7131	2,3889	2389
125	14,8	30,0	12510	12593	7298	2,3626	2363
126	15,0	29,9	12670	12756	7394	2,3629	2363
127	15,3	30,1	13220	13310	7720	2,3649	2365
128	15,7	30,6	13720	13858	8035	2,3562	2356
129	15,3	31,0	13430	13539	7859	2,3644	2364
130	15,5	30,5	13340	13420	7993	2,4581	2458
131	14,8	30,0	12240	12321	7160	2,3716	2372
132	15,0	29,8	12280	12361	7196	2,3775	2378
133	15,0	30,0	12720	12802	7436	2,3705	2370
134	16,0	30,2	13860	13957	8084	2,3600	2360
135	14,4	29,6	11920	12012	6973	2,3655	2366
136	15,0	29,6	12190	12263	7141	2,3799	2380
137	15,4	30,8	13520	13606	7906	2,3719	2372
138	16,0	30,5	13890	13964	8109	2,3723	2372
139	14,6	29,5	12050	12132	7058	2,3749	2375
140	15,0	29,7	12420	12497	7259	2,3711	2371
141	15,8	30,7	13940	14021	8150	2,3744	2374
142	15,3	30,0	13500	13580	7880	2,3684	2368
143	15,6	30,4	13520	13609	7890	2,3640	2364
144	15,1	30,1	12680	12768	7491	2,4029	2403
145	15,5	30,4	13490	13590	7941	2,3880	2388
146	15,7	30,1	13970	14300	8205	2,2920	2292
147	15,7	30,4	13880	14153	8171	2,3203	2320
148	15,0	29,8	12510	12784	7369	2,3102	2310
149	15,2	30,1	12790	13045	7526	2,3174	2317
150	15,5	30,4	13650	13932	8046	2,3191	2319
151	15,4	30,4	13320	13570	7838	2,3238	2324
152	14,9	29,8	12310	12567	7246	2,3135	2313
153	14,8	29,6	12160	12344	7164	2,3475	2347
154	15,0	29,6	12200	12344	7168	2,3570	2357
155	15,2	30,0	12780	12944	7505	2,3497	2350
156	14,8	29,9	12080	12182	7118	2,3855	2385
157	15,0	29,5	12380	12477	7289	2,3863	2386
158	15,5	30,3	13630	13724	8012	2,3862	2386
159	15,4	30,4	13660	13800	8010	2,3592	2359
160	15,1	30,1	12700	12794	7471	2,3859	2386
161	15,8	30,0	13990	14107	8235	2,3825	2382
162	15,3	29,8	12500	12607	7359	2,3819	2382
163	15,8	30,2	13930	14029	8184	2,3832	2383
164	15,4	30,4	13540	13643	7963	2,3838	2384
165	14,7	29,3	12040	12151	7070	2,3696	2370
166	15,0	30,1	12440	12553	7293	2,3650	2365
167	15,3	30,5	13340	13432	7804	2,3703	2370
168	15,2	30,2	13280	13393	7787	2,3689	2369
169	15,6	30,3	13650	13768	8000	2,3665	2367
170	14,5	29,6	11830	11939	6938	2,3655	2366
171	14,7	29,7	12110	12215	7098	2,3666	2367
172	15,3	30,2	13430	13546	7901	2,3791	2379
173	14,7	30,0	12570	12675	7362	2,3659	2366
174	14,6	29,3	11920	12025	6992	2,3684	2368
175	14,9	29,7	12610	12717	7403	2,3730	2373
176	14,9	30,1	12480	12585	7309	2,3654	2365
177	14,8	29,5	12150	12261	7129	2,3675	2367
178	15,2	30,0	13430	13546	7862	2,3628	2363

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	PESO SECO (g)	PESO SSS (g)	PESO SUMERGIDO (g)	DENSIDAD (g/cm ³)	PESO UNITARIO (Kg/m ³)
179	15,6	30,0	13760	13873	8053	2,3643	2364
180	15,4	30,3	13380	13491	7818	2,3585	2359
181	14,9	29,6	12250	12360	7190	2,3694	2369
182	15,0	29,0	12370	12480	7262	2,3706	2371
183	15,8	30,0	13820	13951	8100	2,3620	2362
184	15,2	30,2	13170	13280	7733	2,3743	2374
185	15,6	30,0	13740	13859	8046	2,3637	2364
186	15,0	30,4	12530	12606	7339	2,3790	2379
187	15,3	30,8	13420	13511	7861	2,3752	2375
188	14,9	29,5	11900	11986	6991	2,3824	2382
189	15,5	30,1	13530	13620	7925	2,3758	2376
190	15,0	29,3	12440	12524	7308	2,3850	2385
191	14,8	29,5	12010	12102	7060	2,3820	2382
192	15,0	29,7	12370	12452	7258	2,3816	2382
193	14,8	29,4	12190	12269	7147	2,3799	2380
194	14,8	29,4	12110	12193	7125	2,3895	2390
195	15,0	29,7	12170	12255	7144	2,3811	2381
196	15,7	30,0	13830	13923	8113	2,3804	2380
197	15,4	30,1	13350	13430	7830	2,3839	2384
198	15,0	30,0	12650	12728	7420	2,3832	2383
199	14,9	29,9	13450	13531	7876	2,3784	2378
200	15,8	30,0	13920	14000	8151	2,3799	2380
201	15,5	30,3	13500	13588	7928	2,3852	2385
202	15,7	29,9	13940	14029	8184	2,3849	2385
203	15,0	29,9	12590	12665	7398	2,3904	2390
204	15,4	30,3	13190	13266	7735	2,3847	2385
205	15,6	30,4	13670	13769	8001	2,3700	2370
206	15,0	29,8	12720	12797	7471	2,3883	2388
207	15,4	30,1	13540	13680	8007	2,3867	2387
208	15,2	30,2	13280	13428	7847	2,3795	2380
209	14,5	29,5	11960	12096	7079	2,3839	2384
210	15,7	30,1	13800	13948	8155	2,3822	2382
211	15,0	30,1	12630	12763	7471	2,3866	2387
212	15,3	30,6	13390	13532	7914	2,3834	2383
213	14,6	29,7	12270	12409	7277	2,3909	2391
214	14,8	29,5	12310	12448	7299	2,3908	2391
215	14,2	29,3	11950	12074	7101	2,4030	2403
216	14,8	30,0	12510	12651	7409	2,3865	2386
217	15,0	29,1	12400	12538	7347	2,3887	2389
218	14,6	29,8	12110	12444	7375	2,3890	2389
219	14,5	29,5	12030	12168	7122	2,3841	2384
220	15,0	29,8	12550	12685	7396	2,3728	2373
221	15,2	30,5	13340	13484	7857	2,3707	2371
222	15,2	30,0	13400	13546	7910	2,3776	2378
223	15,8	29,7	13750	13892	8108	2,3772	2377
224	15,6	29,9	13780	13914	8122	2,3791	2379
225	15,2	30,0	13070	13201	7717	2,3833	2383
226	15,0	29,7	12400	12518	7339	2,3943	2394
227	16,0	30,0	14120	14200	8300	2,3932	2393
228	15,7	30,3	14050	14106	8258	2,4025	2403
229	15,4	30,5	13670	13745	8040	2,3961	2396
230	15,4	30,7	13600	13680	7981	2,3864	2386
231	15,0	30,0	12700	12769	7457	2,3908	2391
232	15,4	30,5	13440	13516	7892	2,3898	2390
233	15,5	30,2	13660	13737	8011	2,3856	2386
234	14,7	29,6	12210	12294	7175	2,3852	2385
235	14,8	29,8	12370	12449	7267	2,3871	2387
236	14,6	29,4	12100	12177	7106	2,3861	2386
237	15,0	29,5	12640	12717	7452	2,4008	2401

No. MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	PESO SECO (g)	PESO SSS (g)	PESO SUMERGIDO (g)	DENSIDAD (g/cm ³)	PESO UNITARIO (Kg/m ³)
238	14,4	29,7	12020	12101	7058	2,3835	2384
239	14,5	29,7	12230	12315	7180	2,3817	2382
240	15,5	30,6	13920	14002	8194	2,3967	2397
241	15,1	30,4	12780	12865	7507	2,3852	2385
242	15,7	30,2	13980	14062	8212	2,3897	2390
243	15,6	30,0	13680	13767	8058	2,3962	2396
244	15,4	30,3	13310	13364	7818	2,3999	2400
245	14,8	30,4	12670	12739	7459	2,3996	2400
246	15,0	30,0	12780	12862	7522	2,3933	2393
247	14,7	29,7	12380	12473	7282	2,3849	2385
248	15,2	30,2	13240	13384	7786	2,3651	2365
249	14,8	29,2	12060	12186	7088	2,3656	2366
250	14,7	29,4	11960	12090	7037	2,3669	2367
251	15,5	30,3	13440	13564	7889	2,3683	2368
252	15,6	30,2	13770	13909	8097	2,3692	2369
253	14,7	29,4	11870	11999	6976	2,3631	2363
254	15,0	29,0	12380	12503	7285	2,3726	2373
255	14,8	30,3	12490	12608	7350	2,3754	2375
256	15,7	30,0	13740	13880	8056	2,3592	2359
257	15,5	30,0	13690	13820	8022	2,3612	2361
258	14,2	29,3	11770	11884	6923	2,3725	2373
259	15,3	30,3	13420	13553	7892	2,3706	2371
260	15,4	30,5	13270	13390	7783	2,3667	2367
261	14,9	29,7	12280	12410	7224	2,3679	2368
262	14,7	29,5	12080	12200	7101	2,3691	2369
263	15,2	30,7	13340	13471	7838	2,3682	2368
264	15,0	30,0	12500	12626	7328	2,3594	2359
265	15,1	30,0	13090	13211	7690	2,3709	2371
266	15,5	30,5	13620	13755	7994	2,3642	2364
267	15,0	30,0	12470	12588	7323	2,3685	2368
268	15,0	30,0	12590	12700	7248	2,3092	2309
269	14,7	29,5	12120	12231	7095	2,3598	2360
270	15,3	29,9	13480	13587	7928	2,3820	2382
271	14,7	29,3	12030	12138	7091	2,3836	2384
272	15,3	30,3	13250	13366	7805	2,3827	2383
273	15,6	30,0	13800	13916	8126	2,3834	2383
274	15,6	30,1	13740	13877	8097	2,3772	2377
275	14,6	29,3	11980	12085	7064	2,3860	2386
276	15,0	29,3	12440	12557	7343	2,3859	2386
277	14,6	29,3	11870	11982	7010	2,3874	2387
278	14,8	30,1	12490	12610	7378	2,3872	2387
279	15,3	30,5	13430	13547	7921	2,3871	2387
280	14,5	29,5	12100	12218	7142	2,3838	2384
281	14,9	29,5	12260	12387	7226	2,3755	2376
282	15,3	30,5	13370	13494	7888	2,3849	2385
283	15,2	30,0	13020	13145	7688	2,3859	2386
284	15,7	29,6	13860	13993	8183	2,3855	2386
285	15,1	30,0	12500	12613	7365	2,3819	2382
286	14,9	29,8	12400	12510	7310	2,3846	2385
287	15,2	30,0	13380	13499	7890	2,3855	2385
288	15,0	29,7	12610	12718	7425	2,3824	2382
289	15,5	30,2	13620	13740	8002	2,3736	2374

ANEXO 11 PULSO ULTRASÓNICO EMPRESA 1


 <p>Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA</p> <p>Km 7 vía Piedecuesta</p>	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES: LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ	
<p>ENSAYO VELOCIDAD PULSO ULTRASÓNICO ASTM C 597-83</p>	EMPRESA:	1
	DESCRIPCIÓN: CILINDROS DE CONCRETO	

CILINDRO No.	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO EN μ s				VELOCIDAD (Km/s)
			1	2	3	PROMEDIO	
1	29,6	15,0	79,4	79,5	79,4	79,4333	3,72640
2	29,0	15,0	79,7	79,4	79,3	79,4667	3,64933
3	30,1	15,4	82,1	82,2	82,1	82,1333	3,66477
4	29,5	14,8	81,2	81,2	81,1	81,1667	3,63450
5	30,2	15,2	82,4	82,2	82,3	82,3000	3,66950
6	30,0	15,5	83,5	83,4	83,4	83,4333	3,59569
7	29,5	14,8	81,3	81,1	81,0	81,1333	3,63599
8	30,0	105,0	82,4	82,2	82,0	82,2000	3,64964
9	29,2	15,2	80,7	81,1	81,0	80,9333	3,60791
10	30,2	15,4	82,4	82,5	82,3	82,4000	3,66505
11	29,9	15,8	83,3	83,2	83,0	83,1667	3,59519
12	29,8	15,3	82,2	82,0	81,7	81,9667	3,63562
13	30,2	15,4	84,7	84,5	84,3	84,5000	3,57396
14	29,8	14,9	83,3	83,7	83,5	83,5000	3,56886
15	30,0	15,3	73,7	73,6	74,0	73,7667	4,06688
16	30,2	15,0	77,0	77,0	76,8	76,9333	3,92548
17	30,6	15,4	76,2	76,2	76,1	76,1667	4,01751
18	30,2	15,2	75,3	75,5	75,5	75,4333	4,00354
19	30,1	15,0	76,2	76,0	75,8	76,0000	3,96053
21	30,1	14,9	75,0	74,6	74,8	74,8000	4,02406
22	30,5	15,3	75,8	75,6	75,8	75,7333	4,02729
23	30,3	15,2	75,3	75,2	75,5	75,3333	4,02212
24	30,0	15,4	74,7	74,6	74,7	74,6667	4,01786
25	30,5	15,2	75,7	75,8	76,0	75,8333	4,02198
26	30,7	15,5	74,4	74,5	74,5	74,4667	4,12265
27	30,8	15,5	74,3	74,4	74,3	74,3333	4,14350
28	30,2	15,0	73,0	73,4	73,3	73,2333	4,12381
29	30,8	15,4	73,9	74,0	73,9	73,9333	4,16592
30	29,4	14,8	71,1	71,0	71,0	71,0333	4,13890
31	30,4	15,8	73,2	73,2	73,1	73,1667	4,15490
32	29,3	15,3	70,6	70,6	70,5	70,5667	4,15210
33	30,4	15,4	75,1	75,2	75,2	75,1667	4,04435
34	29,6	14,8	71,8	71,8	71,5	71,7000	4,12831
35	29,5	15,0	71,7	71,8	71,5	71,6667	4,11628
36	29,5	14,5	72,5	72,5	72,3	72,4333	4,07271
37	30,4	15,4	72,9	73,2	73,3	73,1333	4,15679
38	30,2	15,8	73,4	73,3	73,3	73,3333	4,11818
39	30,4	15,4	73,8	73,8	73,9	73,8333	4,11738
41	30,0	15,0	73,4	73,8	73,8	73,6667	4,07240
42	30,2	15,0	73,5	73,7	73,6	73,6000	4,10326
43	30,3	15,4	74,5	74,4	74,3	74,4000	4,07258
44	30,5	15,1	77,0	77,3	77,2	77,1667	3,95248
45	30,7	15,3	74,7	74,6	74,8	74,7000	4,10977
46	30,3	15,6	74,6	74,6	74,5	74,5667	4,06348
47	29,8	14,8	72,4	71,7	71,6	71,9000	4,14465
48	30,5	15,3	74,2	74,1	74,1	74,1333	4,11421
49	30,2	15,4	73,1	72,9	73,1	73,0333	4,13510
50	30,3	15,5	73,5	73,4	73,3	73,4000	4,12807

CILINDRO No.	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO EN μ s				VELOCIDAD (Km/s)
			1	2	3	PROMEDIO	
51	30,2	15,4	74,2	74,2	74,1	74,1667	4,07191
52	30,2	15,4	73,4	73,5	73,8	73,5667	4,10512
53	29,3	15,2	70,1	70,0	70,1	70,0667	4,18173
54	29,6	15,2	71,7	71,8	71,8	71,7667	4,12448
55	30,3	15,5	73,4	73,5	73,4	73,4333	4,12619
56	30,0	15,0	73,6	73,4	73,3	73,4333	4,08534
57	29,3	14,9	70,5	70,6	70,6	70,5667	4,15210
58	30,2	15,3	73,1	73,0	73,2	73,1000	4,13133
59	30,3	15,3	73,1	72,9	73,1	73,0333	4,14879
60	29,4	14,8	70,1	70,0	70,1	70,0667	4,19600
61	29,7	14,9	73,9	74,0	74,1	74,0000	4,01351
62	30,0	15,3	73,5	73,3	73,3	73,3667	4,08905
63	29,6	15,0	71,1	71,0	71,1	71,0667	4,16510
64	29,3	14,8	71,1	71,0	71,0	71,0333	4,12482
65	29,3	14,8	72,0	73,2	73,3	72,8333	4,02288
66	30,4	15,4	75,5	75,4	75,3	75,4000	4,03183
67	29,8	15,5	73,4	73,3	73,1	73,2667	4,06733
68	29,0	15,2	71,0	70,8	70,7	70,8333	4,09412
69	29,9	15,1	71,2	71,2	71,3	71,2333	4,19747
70	30,0	15,0	74,1	73,0	73,9	73,6667	4,07240
71	30,2	15,6	75,8	75,9	75,9	75,8667	3,98067
72	29,8	15,4	73,3	73,1	73,0	73,1333	4,07475
73	30,2	15,4	73,8	73,7	73,7	73,7333	4,09584
74	30,2	15,2	74,2	74,6	74,1	74,3000	4,06460
75	30,0	15,3	73,3	73,3	73,1	73,2333	4,09650
76	30,8	15,3	74,3	74,2	74,2	74,2333	4,14908
77	30,2	15,3	74,9	75,1	75,1	75,0333	4,02488
78	30,0	15,7	72,2	72,0	71,9	72,0333	4,16474
79	30,2	15,5	72,0	72,3	72,3	72,2000	4,18283
80	29,8	15,0	72,5	72,3	72,3	72,3667	4,11792
81	30,6	15,4	75,3	75,1	75,1	75,1667	4,07095
82	30,4	15,6	74,2	74,2	74,1	74,1667	4,09888
83	30,2	15,4	74,1	73,9	74,0	74,0000	4,08108
84	30,4	15,4	72,8	72,7	72,7	72,7333	4,17965
85	30,3	15,2	73,0	72,8	72,7	72,8333	4,16018
86	30,3	15,6	74,6	74,5	74,8	74,6333	4,05985
87	29,9	15,0	73,2	73,1	73,1	73,1333	4,08842
88	30,0	15,5	72,8	72,7	72,6	72,7000	4,12655
89	30,0	15,1	73,6	73,8	73,8	73,7333	4,06872
90	30,2	15,4	74,4	74,3	74,3	74,3333	4,06278
91	29,1	14,8	72,1	72,4	72,5	72,3333	4,02304
92	30,2	15,5	74,2	74,1	74,1	74,1333	4,07374
93	29,2	15,2	72,1	72,0	72,0	72,0333	4,05368
94	30,4	14,5	74,4	73,4	73,3	73,7000	4,12483
95	29,3	14,8	71,4	71,3	71,3	71,3333	4,10748
96	29,3	15,0	71,0	71,1	71,2	71,1000	4,12096
97	29,8	14,9	71,8	71,9	71,8	71,8333	4,14849
98	30,4	15,2	75,6	75,5	75,3	75,4667	4,02827
99	30,0	15,0	73,0	72,9	72,8	72,9000	4,11523
100	30,2	15,8	72,4	72,3	72,3	72,3333	4,17512
101	30,0	15,0	71,6	71,6	71,7	71,6333	4,18799
102	30,7	15,3	74,2	74,2	74,3	74,2333	4,13561
103	30,0	15,6	73,4	73,4	73,2	73,3333	4,09091
104	30,0	15,0	73,3	73,2	73,1	73,2000	4,09836

CILINDRO No.	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO EN μ s				VELOCIDAD (Km/s)
			1	2	3	PROMEDIO	
105	30,0	15,3	74,4	74,2	74,3	74,3000	4,03769
106	29,4	14,8	71,4	71,4	71,3	71,3667	4,11957
107	30,2	1,4	72,4	72,4	72,3	72,3667	4,17319
108	30,6	15,7	74,7	74,6	74,6	74,6333	4,10004
109	30,0	15,6	72,6	72,5	72,4	72,5000	4,13793
110	30,3	15,3	72,2	72,3	72,2	72,2333	4,19474
111	30,4	15,6	72,2	72,4	72,5	72,3667	4,20083
112	30,0	15,5	72,9	73,1	73,2	73,0667	4,10584
113	29,7	15,0	73,0	72,8	72,9	72,9000	4,07407
114	30,5	15,3	74,4	74,6	74,5	74,5000	4,09396
115	30,2	15,6	73,4	73,3	73,2	73,3000	4,12005
116	29,4	15,0	71,4	71,2	71,0	71,2000	4,12921
117	29,3	15,3	70,1	70,0	70,0	70,0333	4,18372
118	29,4	15,0	70,0	69,9	69,7	69,8667	4,20802
119	30,2	15,3	73,4	73,6	73,6	73,5333	4,10698
120	29,8	15,0	73,5	73,3	73,3	73,3667	4,06179
121	29,5	14,9	70,8	70,9	70,9	70,8667	4,16275
122	30,9	15,2	74,3	74,0	73,9	74,0667	4,17192
123	29,7	15,0	71,9	71,6	71,6	71,7000	4,14226
124	30,2	15,5	74,6	74,4	74,4	74,4667	4,05551
125	30,2	15,0	73,1	72,8	72,6	72,8333	4,14645
126	29,7	14,8	73,3	73,2	73,0	73,1667	4,05923
127	29,5	14,9	72,5	72,5	72,5	72,5000	4,06897
128	30,2	15,4	73,8	73,7	73,8	73,7667	4,09399
129	30,8	15,4	74,7	74,7	74,9	74,7667	4,11948
130	29,4	15,2	72,4	72,4	72,2	72,3333	4,06452
131	30,5	15,4	75,1	75,0	74,8	74,9667	4,06847

ANEXO 12 PULSO ULTRASÓNICO EMPRESA 2

 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small> Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
	ESTUDIANTES: LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ	
ENSAYO VELOCIDAD PULSO ULTRASÓNICO ASTM C 597-83	EMPRESA:	2
	DESCRIPCIÓN:	
	CILINDROS DE CONCRETO	

CILINDRO No.	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO EN μ s				VELOCIDAD (Km/s)
			1	2	3	PROMEDIO	
1	30,2	15,4	71	72	73	72,0000	4,19444
2	30,0	15,7	74	73	72	73,0000	4,10959
3	30,0	15,0	73	72	74	73,0000	4,10959
4	30,3	15,5	73	72	74	73,0000	4,15068
5	30,1	15,7	71	72	73	72,0000	4,18056
6	30,2	15,4	75	75	75	75,0000	4,02667
7	30,2	15,5	72	73	71	72,0000	4,19444
8	29,8	15,0	75	74	76	75,0000	3,97333
9	29,8	15,7	71	71	71	71,0000	4,19718
10	30,6	15,4	73	73	73	73,0000	4,19178
11	29,4	14,7	73	72	74	73,0000	4,02740
12	30,4	15,7	77	76	78	77,0000	3,94805
13	30,5	15,4	74	74	74	74,0000	4,12162
14	29,5	15,0	76	75	77	76,0000	3,88158
15	30,0	15,0	71	71	71	71,0000	4,22535
16	30,4	15,6	74	75	76	75,0000	4,05333
18	29,3	15,0	71	71	71	71,0000	4,22535
19	30,0	15,0	72	73	71	72,0000	4,23611
20	30,5	15,3	73	73	73	73,0000	4,10959
21	30,0	15,3	76	77	75	76,0000	3,92105
22	29,8	15,0	73	73	73	73,0000	4,02740
23	29,4	15,0	71	70	72	71,0000	4,11268
24	29,2	15,3	76	76	76	76,0000	3,88158
25	29,5	14,7	71	72	73	72,0000	4,16667
26	30,0	15,5	73	74	72	73,0000	4,13699
27	30,2	15,0	73	73	73	73,0000	4,15068
28	30,3	15,2	74	73	75	74,0000	4,10811
29	30,4	15,0	74	73	75	74,0000	4,08108
30	30,2	15,3	72	72	72	72,0000	4,09722
31	29,5	14,9	73	72	74	73,0000	4,17808
32	30,5	15,4	75	75	75	75,0000	4,00000
33	30,0	14,9	76	75	77	76,0000	3,94737
34	30,0	15,7	75	75	75	75,0000	4,00000
35	30,0	15,0	74	73	72	73,0000	4,13699
36	30,2	15,2	75	76	74	75,0000	4,00000
37	30,0	15,7	76	76	76	76,0000	3,98684
38	30,3	15,2	78	78	78	78,0000	3,87179
39	30,2	15,3	77	78	79	78,0000	3,84615


CILINDRO No.	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO EN μ s				VELOCIDAD (Km/s)
			1	2	3	PROMEDIO	
40	30,0	15,0	75	75	75	75,0000	4,00000
41	30,0	15,0	75	76	74	75,0000	4,00000
42	30,0	15,1	73	73	73	73,0000	4,09589
43	29,9	15,5	75	77	76	76,0000	3,96053
44	30,1	14,9	75	75	75	75,0000	5,30667
45	39,8	15,4	71,1	71,1	71,4	71,2000	5,58989
46	29,5	14,8	71,8	71,7	71,6	71,7000	4,11437
47	29,1	14,8	72,9	72,8	72,9	72,8667	3,99360
48	30,0	15,4	72,2	71,8	72,2	72,0667	4,16281
49	30,0	15,5	70,3	70,1	70,1	70,1667	4,27553
50	30,0	15,0	73,1	73,1	73,2	73,1333	4,10210
51	30,0	15,4	70,1	70,0	70,0	70,0333	4,28367
52	30,3	15,4	72,9	72,8	72,8	72,8333	4,16018
53	30,4	15,7	74,1	74,2	74,3	74,2000	4,09704
54	30,5	15,4	74,2	74,0	73,9	74,0333	4,11977
55	30,8	15,4	75,0	75,3	75,3	75,2000	4,09574
56	30,0	15,7	70,2	70,0	69,8	70,0000	4,28571
57	30,0	15,0	71,8	71,7	71,7	71,7333	4,18216
59	30,0	15,7	70,5	70,4	70,4	70,4333	4,25935
60	30,2	15,2	74,2	74,0	73,8	74,0000	4,08108
61	30,2	15,3	72,8	72,7	72,6	72,7000	4,15406
62	30,0	15,1	70,1	70,0	69,9	70,0000	4,28571
63	30,0	15,0	70,3	70,2	70,3	70,2667	4,26945
64	30,4	15,4	73,7	73,5	73,5	73,5667	4,13231
65	30,0	15,0	73,1	73,1	72,9	73,0333	4,10771
66	29,0	15,2	70,8	70,7	70,6	70,7000	4,10184
67	29,8	15,0	78,2	78,3	78,2	78,2333	3,80912
68	30,0	15,4	76,6	76,5	76,4	76,5000	3,92157
69	29,3	15,2	71,7	71,8	71,8	71,7667	4,08268
70	29,3	15,0	71,1	71,0	70,9	71,0000	4,12676
71	30,1	15,1	75,9	75,8	75,8	75,8333	3,96923
72	30,3	15,3	77,1	77,1	77,1	77,1000	3,92996
73	29,6	14,8	72,7	72,8	72,8	72,7667	4,06780
74	30,6	15,5	74,6	74,5	74,5	74,5333	4,10555
75	29,1	15,0	69,4	69,3	69,2	69,3000	4,19913
76	30,2	15,2	73,4	73,5	73,6	73,5000	4,10884
77	30,0	15,4	74,6	74,5	74,5	74,5333	4,02504
78	30,0	15,6	74,0	73,8	73,8	73,8667	4,06137
79	30,0	15,4	75,0	74,8	74,9	74,9000	4,00534
80	30,1	15,3	74,5	74,4	74,3	74,4000	4,04570
81	30,0	15,0	74,7	74,5	74,5	74,5667	4,02325
82	30,0	15,7	74,7	74,8	74,8	74,7667	4,01248
83	30,1	15,1	73,0	72,8	73,0	72,9333	4,12706
84	30,0	15,0	72,2	72,3	72,3	72,2667	4,15129
85	29,8	15,0	73,0	73,0	73,0	73,0000	4,08219
86	30,8	15,3	77,8	77,8	77,9	77,8333	3,95717
87	30,3	15,1	74,4	74,4	74,4	74,4000	4,07258
88	30,0	15,0	75,2	75,3	75,3	75,2667	3,98583
89	29,9	14,8	74,9	74,8	74,8	74,8333	3,99555
90	30,2	15,0	73,6	73,5	73,5	73,5333	4,10698
91	30,6	15,3	74,9	74,8	74,9	74,8667	4,08727
92	30,2	15,2	77,0	79,0	78,0	78,0000	3,87179
93	30,4	15,6	73,8	73,9	73,9	73,8667	4,11552

CILINDRO No.	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO EN μ s				VELOCIDAD (Km/s)
			1	2	3	PROMEDIO	
94	30,2	15,4	77,8	77,6	77,6	77,6667	3,88841
95	30,2	14,8	73,6	73,7	73,7	73,6667	4,09955
96	29,4	14,8	74,4	74,3	74,3	74,3333	3,95516
97	30,0	15,8	76,6	76,5	76,5	76,5333	3,91986
98	30,8	15,3	78,4	78,2	78,1	78,2333	3,93694
99	30,0	15,5	73,3	73,2	73,1	73,2000	4,09836
100	30,2	15,0	78,1	78,2	78,2	78,1667	3,86354
101	29,7	15,7	76,0	77,0	75,0	76,0000	3,90789
102	29,9	15,1	74,0	73,0	75,0	74,0000	4,04054
103	30,1	15,3	73,0	79,9	72,8	75,2333	4,00089
104	30,0	15,0	73,4	73,6	73,6	73,5333	4,07978
105	30,0	15,0	72,2	72,1	72,2	72,1667	4,15704
106	30,0	15,2	72,4	72,6	72,6	72,5333	4,13603
107	30,8	15,4	74,2	74,2	74,3	74,2333	4,14908
108	30,6	15,6	72,7	72,7	72,7	72,7000	4,20908
109	30,2	15,3	72,5	72,6	72,6	72,5667	4,16169
110	29,2	15,2	69,2	69,1	69,1	69,1333	4,22372
111	30,0	15,2	71,6	71,6	71,5	71,5667	4,19190
112	30,3	15,4	73,2	73,1	73,2	73,1667	4,14123
113	30,2	15,4	72,0	72,1	72,1	72,0667	4,19056
114	30,2	15,6	72,1	72,0	71,9	72,0000	4,19444
115	30,0	14,8	71,0	71,0	70,8	70,9333	4,22932
116	30,4	15,4	73,2	73,1	73,0	73,1000	4,15869
117	30,0	15,8	72,4	72,2	72,1	72,2333	4,15321
118	30,6	15,2	74,0	74,0	74,0	74,0000	4,13514
119	30,0	14,8	72,4	72,6	72,7	72,5667	4,13413
120	30,2	15,0	72,0	72,0	71,9	71,9667	4,19639
121	30,2	15,6	71,3	71,2	71,1	71,2000	4,24157
122	30,3	15,4	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,04000
123	30,4	15,2	72,3	72,3	72,3	72,3000	4,20470
124	29,4	15,0	74,2	74,4	74,5	74,3667	3,95338
125	30,2	15,2	72,0	71,9	71,8	71,9000	4,20028
126	29,6	14,8	71,3	71,3	71,4	71,3333	4,14953
127	29,4	14,8	70,8	70,7	70,6	70,7000	4,15842
128	30,1	15,3	76,1	76,1	76,1	76,1000	3,95532
129	29,5	15,0	72,2	72,4	72,4	72,3333	4,07834
130	29,7	15,0	77,0	76,0	75,0	76,0000	3,90789
131	30,0	15,7	75,7	75,8	75,8	75,7667	3,95952
132	30,0	15,4	73,0	73,0	73,0	73,0000	4,10959
133	30,0	15,0	70,7	70,7	70,9	70,7667	4,23928
134	29,9	15,3	75,0	73,0	74,0	74,0000	4,04054
135	29,8	15,0	72,7	72,6	72,6	72,6333	4,10280
136	29,6	14,8	76,8	76,6	76,5	76,6333	3,86255
137	30,4	15,2	74,0	74,0	74,0	74,0000	4,10811
138	30,2	15,3	76,4	76,4	76,4	76,4000	3,95288
139	30,3	15,5	72,0	74,0	73,0	73,0000	4,15068
140	30,3	15,3	73,5	73,3	73,3	73,3667	4,12994
141	29,8	15,2	76,0	76,2	76,4	76,2000	3,91076
142	29,7	15,0	72,0	72,0	72,0	72,0000	4,12500
143	30,8	15,2	76,0	76,0	76,0	76,0000	4,05263
144	30,0	15,3	76,2	76,0	76,0	76,0667	3,94391

CILINDRO No.	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO EN μ s				VELOCIDAD (Km/s)
			1	2	3	PROMEDIO	
145	30,0	15,7	73,0	73,0	73,0	73,0000	4,10959
146	30,0	15,2	77,3	77,2	77,2	77,2333	3,88433
147	30,0	15,2	76,6	76,7	76,6	76,6333	3,91475
148	29,9	15,0	75,0	76,0	74,0	75,0000	3,98667
149	29,0	15,0	69,0	71,0	70,0	70,0000	4,14286
150	30,5	15,4	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,06667
151	29,5	14,8	73,0	73,0	73,0	73,0000	4,04110
152	29,7	15,0	73,0	73,0	73,0	73,0000	4,06849
153	30,0	15,7	72,1	72,0	71,8	71,9667	4,16860
154	30,0	15,4	72,6	72,7	72,8	72,7000	4,12655
155	29,4	14,8	73,0	73,0	73,0	73,0000	4,02740
156	29,9	14,8	73,7	73,6	73,7	73,6667	4,05882
157	30,0	15,0	73,0	73,0	73,0	73,0000	4,10959
158	30,0	15,0	74,0	73,9	73,8	73,9000	4,05954
159	30,8	15,3	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,10667
160	30,2	15,4	73,6	73,6	73,5	73,5667	4,10512
161	30,8	15,3	75,0	76,0	77,0	76,0000	4,05263
162	30,0	15,3	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,00000
163	30,3	15,2	74,0	74,0	74,0	74,0000	4,09459
164	30,2	15,6	70,2	70,2	70,3	70,2333	4,29995
165	30,0	15,0	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,00000
166	30,0	15,0	75,0	76,0	74,0	75,0000	4,00000
167	30,1	15,0	73,8	74,0	74,0	73,9333	4,07124
168	30,3	15,0	73,0	73,0	73,0	73,0000	4,15068
169	30,2	15,1	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,02667
170	30,5	15,4	73,6	73,5	73,4	73,5000	4,14966
171	30,0	15,0	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,00000
172	30,0	15,2	72,8	72,7	72,7	72,7333	4,12466
173	30,3	15,4	77,0	77,0	77,0	77,0000	3,93506
174	30,1	15,5	76,0	76,0	76,0	76,0000	3,96053
175	30,2	15,0	74,0	76,0	74,0	74,6667	4,04464
176	30,0	15,0	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,00000
177	30,5	15,3	78,0	77,0	79,0	78,0000	3,91026
178	29,7	15,0	75,0	75,0	75,0	75,0000	3,96000
179	30,5	15,0	77,0	77,0	77,0	77,0000	3,96104
180	29,8	15,0	75,0	75,0	75,0	75,0000	3,97333
181	30,3	15,2	76,0	76,0	76,0	76,0000	3,98684
182	30,1	15,5	76,0	75,0	77,0	76,0000	3,96053
183	30,0	15,1	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,00000

CILINDRO No.	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO EN μ s				VELOCIDAD (Km/s)
			1	2	3	PROMEDIO	
184	30,0	15,0	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,00000
185	29,7	15,0	76,0	77,0	75,0	76,0000	3,90789
186	30,3	15,1	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,04000
187	29,1	14,9	73,0	73,0	73,0	73,0000	3,98630
188	29,8	15,6	75,0	75,0	75,0	75,0000	3,97333
189	30,9	15,5	76,0	76,0	76,0	76,0000	4,06579
190	29,2	15,2	73,0	73,0	73,0	73,0000	4,00000
191	29,9	14,8	72,0	71,9	71,9	71,9333	4,15663
192	29,7	15,0	72,0	72,0	72,0	72,0000	4,12500
193	30,2	15,0	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,02667
194	30,5	15,3	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,06667
195	30,0	15,0	73,0	73,0	73,0	73,0000	4,10959
196	30,4	15,4	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,05333
197	30,0	15,0	73,0	73,0	73,0	73,0000	4,10959
198	30,2	15,8	74,0	74,0	74,0	74,0000	4,08108
199	30,0	15,0	73,0	73,0	73,0	73,0000	4,10959
200	30,0	15,2	74,0	74,0	74,0	74,0000	4,05405
201	30,0	15,0	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,00000
202	30,1	15,4	72,5	72,6	72,6	72,5667	4,14791
203	30,5	15,4	74,0	74,0	74,0	74,0000	4,12162
204	30,0	15,0	74,0	74,0	74,0	74,0000	4,05405
205	29,4	15,3	77,0	77,0	77,0	77,0000	3,81818
206	30,0	15,0	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,00000
207	30,0	15,2	73,0	73,0	73,0	73,0000	4,10959
208	30,0	14,8	72,0	72,0	72,0	72,0000	4,16667
209	29,8	15,6	73,0	73,0	73,0	73,0000	4,08219
210	30,2	15,0	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,02667
211	30,0	15,0	73,0	73,0	73,0	73,0000	4,10959
212	30,5	15,3	73,0	73,0	73,0	73,0000	4,17808
213	29,2	15,0	70,2	70,3	70,3	70,2667	4,15560
214	30,4	15,5	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,05333
215	30,4	15,5	75,0	75,0	75,0	75,0000	4,05333
216	30,4	15,3	74,0	74,0	74,0	74,0000	4,10811
217	29,9	15,0	75,0	75,0	75,0	75,0000	3,98667
218	30,0	15,0	73,0	73,0	73,0	73,0000	4,10959
219	30,2	15,0	73,7	73,9	73,8	73,8000	4,09214
220	30,2	15,2	72,0	71,9	71,9	71,9333	4,19833
221	30,0	15,0	73,0	73,0	73,0	73,0000	4,10959
222	30,2	15,0	71,9	71,8	71,9	71,8667	4,20223
223	30,2	15,4	73,0	72,9	72,8	72,9000	4,14266

ANEXO 13 PULSO ULTRASÓNICO EMPRESA 3

 Universidad Pontificia Bolivariana <small>REGIONAL BUCARAMANGA</small> Km 7 vía Piedecuesta	PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO DEL CONCRETO PRODUCIDO EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA
ESTUDIANTES: LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ NATALIA ANDREA PORRAS ALVAREZ		
EMPRESA:		3
DESCRIPCIÓN: CILINDROS DE CONCRETO		
ENSAYO VELOCIDAD PULSO ULTRASÓNICO ASTM C 597-83		

CILINDRO No.	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO EN μ s				VELOCIDAD (Km/s)
			1	2	3	PROMEDIO	
1	30,4	15,5	75,1	75,3	75,4	75,2667	4,03897
2	29,7	14,8	75,3	75,3	75,3	75,3000	3,94422
3	30,0	15,0	74,3	74,3	74,4	74,3333	4,03587
4	29,4	15,0	74,4	74,3	74,2	74,3000	3,95693
5	30,2	15,7	76,1	76,1	76,0	76,0667	3,97020
6	30,2	15,7	76,3	76,3	76,2	76,2667	3,95979
7	29,5	14,8	74,7	74,7	74,7	74,7000	3,94913
8	30,8	15,2	77,0	76,9	76,7	76,8667	4,00694
9	29,4	15,0	73,8	73,7	73,6	73,7000	3,98915
10	30,2	14,8	74,2	74,2	74,2	74,2000	4,07008
11	30,7	15,7	76,4	76,5	76,6	76,5000	4,01307
12	30,0	14,9	74,9	74,8	74,7	74,8000	4,01070
13	30,2	15,3	75,1	75,0	75,1	75,0667	4,02309
14	29,8	14,5	75,1	75,2	75,3	75,2000	3,96277
15	30,2	15,2	76,1	76,0	75,9	76,0000	3,97368
16	30,2	15,4	76,3	76,2	76,1	76,2000	3,96325
17	30,2	15,0	76,1	76,0	76,0	76,0333	3,97194
18	29,8	15,0	74,2	74,1	74,2	74,1667	4,01798
19	30,7	15,3	76,2	76,2	76,1	76,1667	4,03063
20	30,6	15,3	77,8	77,8	77,9	77,8333	3,93148
21	29,9	15,6	74,9	74,8	74,8	74,8333	3,99555
22	29,5	14,5	73,4	73,4	73,5	73,4333	4,01725
23	30,7	15,7	78,3	78,5	78,4	78,4000	3,91582
24	29,8	14,7	76,3	76,4	76,5	76,4000	3,90052
25	30,0	14,9	76,6	76,7	76,8	76,7000	3,91134
26	29,4	15,0	74,4	74,6	74,6	74,5333	3,94454
27	29,8	14,6	74,2	74,2	74,1	74,1667	4,01798
28	29,7	14,9	76,1	75,9	75,9	75,9667	3,90961
29	29,9	15,7	75,8	75,8	75,7	75,7667	3,94633
30	30,4	15,4	75,5	75,5	75,4	75,4667	4,02827
31	30,2	14,8	74,4	74,4	74,5	74,4333	4,05732
32	29,4	14,7	74,1	74,1	74,1	74,1000	3,96761
33	29,7	14,9	74,7	74,7	74,6	74,6667	3,97768
34	30,0	15,0	79,4	79,3	79,3	79,3333	3,78151
35	30,4	15,3	79,5	79,4	79,3	79,4000	3,82872
36	30,6	15,6	79,8	79,6	79,7	79,7000	3,83940
37	30,5	15,5	77,8	77,8	77,8	77,8000	3,92031
38	30,9	15,6	78,3	78,4	78,3	78,3333	3,94468
39	30,2	15,0	79,3	79,3	79,1	79,2333	3,81153
40	30,4	15,6	76,7	76,6	76,6	76,6333	3,96694
41	30,4	15,5	70,4	70,5	70,5	70,4667	4,31410
42	30,4	15,4	70,0	70,1	70,1	70,0667	4,33873
43	30,6	15,5	69,7	69,6	69,6	69,6333	4,39445
44	30,6	15,8	68,0	68,1	68,1	68,0667	4,49559
45	29,4	15,0	65,6	65,7	65,7	65,6667	4,47716
46	29,4	14,8	66,4	66,4	66,3	66,3667	4,42993
47	29,3	14,5	65,3	65,3	65,3	65,3000	4,48698
48	30,1	15,7	69,0	69,0	68,9	68,9667	4,36443

CILINDRO No.	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO EN μ s				VELOCIDAD (Km/s)
			1	2	3	PROMEDIO	
49	29,3	14,4	64,9	64,8	64,6	64,7667	4,52393
50	29,4	14,7	66,2	66,2	66,1	66,1667	4,44332
51	30,8	15,4	68,7	68,7	68,6	68,6667	4,48544
52	30,2	15,2	67,7	67,7	67,6	67,6667	4,46305
53	29,8	15,7	64,7	64,7	64,7	64,7000	4,60587
54	30,1	15,7	66,7	66,7	66,7	66,7000	4,51274
55	30,0	15,0	67,4	67,3	67,2	67,3000	4,45765
56	30,1	15,0	66,0	66,0	65,9	65,9667	4,56291
57	29,5	15,0	64,6	64,5	64,5	64,5333	4,57128
58	30,5	15,4	68,2	68,2	68,1	68,1667	4,47433
59	30,1	15,1	66,8	66,8	66,7	66,7667	4,50824
60	30,0	15,5	67,5	67,5	67,4	67,4667	4,44664
61	29,8	15,7	67,0	67,0	66,9	66,9667	4,44998
62	30,1	15,4	69,6	69,6	69,5	69,5667	4,32678
63	29,4	14,6	68,0	67,9	67,9	67,9333	4,32777
64	30,2	15,7	70,6	70,5	70,4	70,5000	4,28369
65	30,0	15,0	70,2	70,2	70,1	70,1667	4,27553
66	29,5	14,8	69,1	69,0	68,9	69,0000	4,27536
67	29,8	15,0	68,7	68,6	68,4	68,5717	4,34582
68	30,2	15,3	71,7	71,7	71,7	71,7000	4,21199
69	30,2	15,3	71,1	71,0	71,0	71,0333	4,25153
70	30,0	15,7	71,7	71,7	71,6	71,6667	4,18605
71	30,6	15,2	72,9	72,9	72,9	72,9000	4,19753
72	29,5	15,0	68,8	68,8	68,9	68,8333	4,28571
73	29,0	15,0	68,4	68,4	68,5	68,4333	4,23770
74	29,8	15,4	71,3	71,1	71,1	71,1667	4,18735
75	29,4	15,9	72,4	72,3	72,1	72,2667	4,06827
76	29,3	14,6	69,0	69,0	68,9	68,9667	4,24843
77	30,0	15,7	70,1	70,1	70,2	70,1333	4,27757
78	29,7	14,7	68,7	68,8	68,8	68,7667	4,31895
79	30,4	15,5	71,7	71,6	71,5	71,6000	4,24581
80	29,5	14,8	66,6	66,7	66,7	66,6667	4,42500
81	30,3	15,3	69,0	69,0	69,1	69,0333	4,38918
82	30,3	15,4	71,2	71,3	71,4	71,3000	4,24965
83	30,0	14,9	69,4	69,4	69,4	69,4000	4,32277
84	30,3	15,9	68,6	68,6	68,7	68,6333	4,41476
85	30,4	15,4	71,6	71,4	71,2	71,4000	4,25770
86	29,9	15,1	70,3	70,3	70,4	70,3333	4,25118
87	30,2	15,3	70,5	70,6	70,6	70,5667	4,27964
88	29,8	14,8	63,5	66,4	66,3	65,4000	4,55657
89	30,6	15,4	70,7	70,8	70,7	70,7333	4,32611
90	29,3	14,7	68,6	68,6	68,5	68,5667	4,27321
91	30,0	15,0	69,4	69,5	69,6	69,5000	4,31655
92	30,0	15,0	70,6	70,5	70,5	70,5333	4,25331
93	30,0	14,9	68,6	68,6	68,5	68,5667	4,37530
94	29,7	14,7	69,1	69,0	68,8	68,9667	4,30643
95	30,3	15,7	69,6	69,5	69,4	69,5000	4,35971
96	30,2	15,5	67,9	67,8	67,8	67,8333	4,45209

CILINDRO No.	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO EN μ s				VELOCIDAD (Km/s)
			1	2	3	PROMEDIO	
97	29,8	14,9	68,2	68,1	68,1	68,1333	4,37378
98	29,2	15,0	67,5	67,5	67,4	67,4667	4,32806
99	30,3	15,3	68,1	68,0	67,9	68,0000	4,45588
100	29,6	15,0	67,6	67,6	67,6	67,6000	4,37870
101	31,0	15,2	69,6	69,6	69,5	69,5667	4,45616
102	30,5	15,0	69,1	69,0	69,0	69,0333	4,41816
103	30,2	15,7	69,7	69,7	69,7	69,7000	4,33286
104	30,0	15,5	71,2	71,0	71,1	71,1000	4,21941
105	30,3	15,4	72,1	72,2	72,3	72,2000	4,19668
106	30,1	15,1	71,5	71,4	71,4	71,4333	4,21372
107	30,5	15,5	80,5	80,5	80,4	80,4667	3,79039
108	29,7	14,8	76,2	76,1	76,0	76,1000	3,90276
109	29,6	15,0	76,7	76,7	76,7	76,7000	3,85919
110	30,2	15,0	79,8	79,8	79,7	79,7667	3,78604
111	30,8	15,4	80,5	80,4	80,4	80,4333	3,82926
112	30,0	15,0	78,1	77,9	77,9	77,9667	3,84780
113	29,5	14,9	77,4	77,4	77,4	77,4000	3,81137
114	30,3	15,5	77,7	77,6	77,6	77,6333	3,90296
115	29,6	14,8	77,0	76,9	76,9	76,9333	3,84749
116	29,9	15,0	77,8	77,7	77,6	77,7000	3,84813
117	29,6	14,8	75,2	75,3	75,3	75,2667	3,93268
118	30,4	15,6	79,2	79,1	79,0	79,1000	3,84324
119	30,0	15,4	76,3	76,3	76,4	76,3333	3,93013
120	30,0	15,6	77,3	77,3	77,2	77,2667	3,88266
121	29,3	15,0	76,5	76,4	76,3	76,4000	3,83508
122	30,3	15,6	78,2	78,1	78,1	78,1333	3,87799
123	29,9	15,0	77,1	77,2	77,1	77,1333	3,87640
124	30,0	15,0	67,6	67,7	67,8	67,7000	4,43131
125	30,0	14,8	69,3	69,3	69,3	69,3000	4,32900
126	29,9	15,0	69,0	69,9	68,8	69,2333	4,31873
127	30,1	15,3	69,2	69,1	69,0	69,1000	4,35601
128	30,6	15,7	70,4	70,5	70,5	70,4667	4,34248
129	31,0	15,3	72,0	72,0	71,9	71,9667	4,30755
130	30,5	15,5	70,8	70,7	70,6	70,7000	4,31400
131	30,0	14,8	69,5	69,5	69,6	69,5333	4,31448
132	29,8	15,0	67,7	67,8	67,9	67,8000	4,39528
133	30,0	15,0	68,2	68,2	68,1	68,1667	4,40098
134	30,2	16,0	71,2	71,1	71,0	71,1000	4,24754
135	29,6	14,4	66,3	66,4	66,5	66,4000	4,45783
136	29,6	15,0	67,5	67,4	67,4	67,4333	4,38952
137	30,8	15,4	70,4	70,4	70,3	70,3667	4,37707
138	30,5	16,0	68,0	67,9	68,0	67,9667	4,48749
139	29,5	14,6	67,1	67,2	67,3	67,2000	4,38988
140	29,7	15,0	67,2	67,2	67,1	67,1667	4,42184
141	30,7	15,8	71,1	71,0	70,9	71,0000	4,32394
142	30,0	15,3	68,5	68,4	68,4	68,4333	4,38383
143	30,4	15,6	69,7	69,7	69,6	69,6667	4,36364
144	30,1	15,1	66,9	66,8	66,8	66,8333	4,50374

CILINDRO No.	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO EN μ s				VELOCIDAD (Km/s)
			1	2	3	PROMEDIO	
145	30,4	15,5	68,3	68,4	68,5	68,4000	4,44444
146	30,1	15,7	67,2	67,1	67,1	67,1333	4,48361
147	30,4	15,7	67,1	67,1	67,0	67,0667	4,53280
148	29,8	15,0	66,0	65,9	65,8	65,9000	4,52200
149	30,1	15,2	64,8	64,8	64,9	64,8333	4,64267
150	30,4	15,5	68,3	68,4	68,4	68,3667	4,44661
151	30,4	15,4	67,0	66,9	66,9	66,9333	4,54183
152	29,8	14,9	65,2	65,3	65,3	65,2667	4,56588
153	29,6	14,8	64,2	64,3	64,4	64,3000	4,60342
154	29,6	15,0	64,9	64,9	64,8	64,8667	4,56321
155	30,0	15,2	66,3	66,3	66,3	66,3000	4,52489
156	29,9	14,8	66,1	66,2	66,2	66,1667	4,51889
157	29,5	15,0	65,6	65,6	65,7	65,6333	4,49467
158	30,3	15,5	67,5	67,4	67,3	67,4000	4,49555
159	30,4	15,4	67,2	67,3	67,3	67,2667	4,51933
160	30,1	15,1	67,0	67,0	67,1	67,0333	4,49030
161	30,0	15,8	65,7	65,8	65,9	65,8000	4,55927
162	29,8	15,3	64,8	64,8	64,9	64,8333	4,59640
163	30,2	15,8	65,5	65,6	65,7	65,6000	4,60366
164	30,4	15,4	70,2	70,2	70,1	70,1667	4,33254
165	29,3	14,7	65,6	65,6	65,6	65,6000	4,46646
166	30,1	15,0	66,1	66,1	66,2	66,1333	4,55141
167	30,5	15,3	71,0	71,0	71,1	71,0333	4,29376
168	30,2	15,2	66,4	66,4	66,4	66,4000	4,54819
169	30,3	15,6	66,0	65,9	65,8	65,9000	4,59788
170	29,6	14,5	65,0	65,1	65,2	65,1000	4,54685
171	29,7	14,7	64,5	64,6	64,6	64,5667	4,59990
172	30,2	15,3	66,1	66,2	66,2	66,1667	4,56423
173	30,0	14,7	66,2	66,2	66,3	66,2333	4,52944
174	29,3	14,6	63,5	63,5	63,5	63,5000	4,61417
175	29,7	14,9	65,0	64,9	64,8	64,9000	4,57627
176	30,1	14,9	65,5	65,4	65,3	65,4000	4,60245
177	29,5	14,8	65,1	65,1	65,2	65,1333	4,52917
178	30,0	15,2	66,5	66,4	66,4	66,4333	4,51581
179	30,0	15,6	65,5	65,5	65,3	65,4333	4,58482
180	30,3	15,4	66,5	66,5	66,4	66,4667	4,55868
181	29,6	14,9	64,1	64,0	63,9	64,0000	4,62500
182	29,0	15,0	63,4	63,5	63,5	63,4667	4,56933
183	30,0	15,8	65,5	65,5	65,4	65,4667	4,58248
184	30,2	15,2	66,2	66,3	66,4	66,3000	4,55505
185	30,0	15,6	65,6	65,5	65,4	65,5000	4,58015
186	30,4	15,0	67,6	67,5	67,4	67,5000	4,50370
187	30,8	15,3	68,6	68,6	68,5	68,5667	4,49198
188	29,5	14,9	65,8	65,7	65,7	65,7333	4,48783
189	30,1	15,5	69,4	69,4	69,4	69,4000	4,33718
190	29,3	15,0	64,4	64,4	64,3	64,3667	4,55205
191	29,5	14,8	67,2	67,2	67,1	67,1667	4,39206
192	29,7	15,0	66,4	66,5	66,6	66,5000	4,46617

CILINDRO No.	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO EN μ s				VELOCIDAD (Km/s)
			1	2	3	PROMEDIO	
195	29,7	15,0	67,1	67,1	67,0	67,0667	4,42843
196	30,0	15,7	68,4	68,3	68,2	68,3000	4,39239
197	30,1	15,4	68,0	68,1	68,2	68,1000	4,41997
198	30,0	15,0	69,6	69,5	69,5	69,5333	4,31448
199	29,9	14,9	68,9	68,8	68,7	68,8000	4,34593
200	30,0	15,8	68,5	68,4	68,4	68,4333	4,38383
201	30,3	15,5	69,2	69,1	68,9	69,0667	4,38707
202	29,9	15,7	66,9	66,8	66,8	66,8333	4,47382
203	29,9	15,0	67,1	67,2	67,2	67,1667	4,45161
204	30,3	15,4	67,5	67,6	67,6	67,5667	4,48446
205	30,4	15,6	67,8	67,9	68,0	67,9000	4,47717
206	29,8	15,0	66,0	65,9	65,9	65,9333	4,51972
207	30,1	15,4	66,4	66,5	66,5	66,4667	4,52859
208	30,2	15,2	67,4	67,3	67,4	67,3667	4,48293
209	29,5	14,5	65,0	65,1	65,2	65,1000	4,53149
210	30,1	15,7	66,5	66,4	66,3	66,4000	4,53313
211	30,1	15,0	67,6	67,5	67,4	67,5000	4,45926
212	30,6	15,3	68,4	68,4	68,3	68,3667	4,47587
213	29,7	14,6	65,7	65,8	65,9	65,8000	4,51368
214	29,5	14,8	66,0	66,1	62,2	64,7667	4,55481
215	29,3	14,2	66,4	66,2	66,0	66,2000	4,42598
216	30,0	14,8	67,1	67,0	66,9	67,0000	4,47761
217	29,1	15,0	65,6	65,5	65,6	65,5667	4,43823
218	29,8	14,6	66,4	66,3	66,3	66,3333	4,49246
219	29,5	14,5	66,6	66,5	66,3	66,4667	4,43831
220	29,8	15,0	68,7	68,7	68,8	68,7333	4,33560
221	30,5	15,2	69,4	69,4	69,4	69,4000	4,39481
222	30,0	15,2	68,0	67,8	67,7	67,8333	4,42260
223	29,7	15,8	68,1	68,1	68,2	68,1333	4,35910
224	29,9	15,6	67,9	68,0	68,0	67,9667	4,39922
225	30,0	15,2	67,1	67,0	67,0	67,0333	4,47539
226	29,7	15,0	67,3	67,4	67,5	67,4000	4,40653
227	30,0	16,0	70,3	70,1	70,0	70,1333	4,27757
228	30,3	15,7	67,5	67,6	67,7	67,6000	4,48225
229	30,5	15,4	69,5	69,4	69,3	69,4000	4,39481
230	30,7	15,4	70,1	70,1	70,2	70,1333	4,37738
231	30,0	15,0	66,9	67,0	67,0	66,9667	4,47984
232	30,5	15,4	68,5	68,6	68,6	68,5667	4,44823
233	30,2	15,5	70,2	70,3	70,4	70,3000	4,29587
234	29,6	14,7	67,5	67,5	67,4	67,4667	4,38735
235	29,8	14,8	69,0	69,0	68,9	68,9667	4,32093
236	29,4	14,6	67,7	67,7	67,5	67,6333	4,34697
237	29,5	15,0	67,6	67,5	67,4	67,5000	4,37037
238	29,7	14,4	67,6	67,5	67,5	67,5333	4,39783
239	29,7	14,5	69,2	69,1	69,0	69,1000	4,29812
240	30,6	15,5	71,5	71,4	71,3	71,4000	4,28571
241	30,4	15,1	70,6	70,5	70,4	70,5000	4,31206
242	30,2	15,7	68,4	68,5	68,5	68,4667	4,41091

CILINDRO No.	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO EN μ s				VELOCIDAD (Km/s)
			1	2	3	PROMEDIO	
243	30,0	15,6	70,1	70,0	69,9	70,0000	4,28571
244	30,3	15,4	71,0	71,0	70,9	70,9667	4,26961
245	30,4	14,8	68,5	68,5	68,4	68,4667	4,44012
246	30,0	15,0	67,7	67,8	67,8	67,7667	4,42696
247	29,7	14,7	67,4	67,4	67,5	67,4333	4,40435
248	30,2	15,2	67,3	67,3	67,3	67,3000	4,48737
249	29,2	14,8	65,6	65,5	65,5	65,5333	4,45575
250	29,4	14,7	64,5	64,6	64,6	64,5667	4,55343
251	30,3	15,5	66,8	66,8	66,7	66,7667	4,53819
252	30,2	15,6	65,7	65,6	65,6	65,6333	4,60132
253	29,4	14,7	64,5	64,5	64,6	64,5333	4,55579
254	29,0	15,0	63,7	63,8	64,0	63,8333	4,54308
255	30,3	14,8	65,5	65,5	65,6	65,5333	4,62360
256	30,0	15,7	67,4	67,4	67,3	67,3667	4,45324
257	30,0	15,5	70,0	70,0	69,9	69,9667	4,28776
258	29,3	14,2	64,1	64,1	64,2	64,1333	4,56861
259	30,3	15,3	66,4	66,4	66,5	66,4333	4,56096
260	30,5	15,4	66,8	66,8	60,7	64,7667	4,70921
261	29,7	14,9	65,6	65,6	65,5	65,5667	4,52974
262	29,5	14,7	64,7	64,7	64,7	64,7000	4,55951
263	30,7	15,2	67,7	67,7	67,8	67,7333	4,53248
264	30,0	15,0	66,0	66,0	66,0	66,0000	4,54545
265	30,0	15,1	66,6	66,5	66,5	66,5333	4,50902
266	30,5	15,5	66,7	66,7	66,7	66,7000	4,57271
267	30,0	15,0	65,5	65,3	65,4	65,4000	4,58716
268	30,0	15,0	69,1	69,1	69,2	69,1333	4,33944
269	29,5	14,7	65,4	65,4	65,4	65,4000	4,51070
270	29,9	15,3	67,1	67,1	67,1	67,1000	4,45604
271	29,3	14,7	64,2	64,1	64,0	64,1000	4,57098
272	30,3	15,3	67,5	67,4	67,3	67,4000	4,49555
273	30,0	15,6	67,3	67,2	67,2	67,2333	4,46207
274	30,1	15,6	66,1	66,1	66,2	66,1333	4,55141
275	29,3	14,6	63,7	63,8	63,9	63,8000	4,59248
276	29,3	15,0	62,8	62,8	62,9	62,8333	4,66313
277	29,3	14,6	64,5	64,5	64,3	64,4333	4,54734
278	30,1	14,8	65,3	65,3	65,3	65,3000	4,60949
279	30,5	15,3	66,1	66,1	66,1	66,1000	4,61422
280	29,5	14,5	66,1	65,0	65,8	65,6333	4,49467
281	29,5	14,9	65,2	65,1	65,1	65,1333	4,52917
282	30,5	15,3	67,8	67,8	67,9	67,8333	4,49631
283	30,0	15,2	65,1	65,1	65,2	65,1333	4,60594
284	29,6	15,7	65,0	65,1	65,1	65,0667	4,54918
285	30,0	15,1	64,4	64,6	64,7	64,5667	4,64636
286	29,8	14,9	67,0	67,0	67,0	67,0000	4,44776
287	30,0	15,2	65,9	65,9	65,8	65,8667	4,55466
288	29,7	15,0	64,4	65,5	65,5	65,1333	4,55988
289	30,2	15,5	67,5	67,5	67,6	67,5333	4,47187

ANEXO 14 RESUMEN Ec, Ed Y POISSON EMPRESA 1

(ver archivo anexo de excell)

ANEXO 15 RESUMEN Ec, Ed Y POISSON EMPRESA 2

(ver archivo anexo de excell)

ANEXO 16 RESUMEN Ec, Ed Y POISSON EMPRESA 3

(ver archivo anexo de excell)

**ANEXO 17 CONSOLIDADO Ec, Ed Y POISSON TODAS LAS
EMPRESAS**

(ver archivo anexo de excell)

