



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROBETAS CILÍNDRICAS DE DIMENSIONES 10,6X21,2 CM

AUTORES:

GUILLÉN, YUSMARI.

SOTO, JESÚS.

NOVIEMBRE DE 2012



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROBETAS CILÍNDRICAS DE DIMENSIONES 10,6X21,2 CM

**Trabajo Especial de Grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo
para optar al Título de Ingeniero Civil**

AUTORES:

GUILLÉN, YUSMARI.

SOTO, JESÚS.

TUTOR:

MSC. ING. FRANCISCO SOTO.

NOVIEMBRE DE 2012

DEDICATORIA

A DIOS quien me da Fortaleza para luchar cada día.

A MI MADRE María Mireya Pérez Mussett, por ser mi amiga apoyo, confidente y por ser el ser más bello del mundo.

A MI PADRE, Antonio Guillén por apoyándome desde el inicio de mi carrera por ser el primero que me impulso a la carrera de Ingeniería Civil.

A MIS HERMANOS, María Esther mi gemela consentida y María Isabel por todos sus consejos y regaños.

Especialmente a MI ABUELA Evangelista Del Carmen Mussett, por dedicarme un minuto de sus rezos los últimos días de su vida.

A MI TÍA HERMOSA NENA, por ser mi segunda madre y estar siempre pendiente de cada uno de mis pasos.

Yusmari Del Guillén Pérez.

DEDICATORIA

A DIOS

Porque todo lo puedo gracias a él que me fortalece y aumenta mi fe e ilumina mi camino todos los días de mi vida.

A MIS PADRES Y HERMANA (Carmen, Elpidio y Diana)

Quienes han sido mi ejemplo a seguir, han estado en los momentos buenos y malos a lo largo de mi vida, quienes a través de su amor, cariño y afecto me han enseñado lo importante que es la unión familiar, no bastan palabras para decir lo mucho que los quiero, todo se lo debo a ustedes.

A MIS ABUELOS (Mercedes, Francisca y Cesar Augusto)

Quienes siempre han estado pendientes de mi avance en la carrera universitaria y con su ejemplo me han dado fuerza para seguir luchando.

A MI ABUELITO (Elpidio)

Quien ya partió pero siempre está y estará presente en mi mente y en mi corazón, me enseñó que con estudio y educación se logran grandes cosas, y yo sé que está feliz en el cielo al ver como logro mi tan esperado objetivo.

A MIS TIOS (Coromoto Lugo, Cruz Ramírez y Fernando Torres)

Quienes hoy no están presentes, pero que en vida me enseñaron que de todo lo malo se saca algo bueno y la vida es para vivirla a plenitud.

A MIS TÍAS, TÍOS, MADRINAS, PADRINOS, PRIMAS Y PRIMOS

Con quienes he compartido momentos llenos de alegría y felicidad.

Jesús Alberto Soto Kristen.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a DIOS TODO PODEROSO, por darme salud para poder alcanzar mis metas.

A MI FAMILIA, por ser mi motivación, apoyo del día a día.

A MI TUTOR DE TESIS Francisco Soto, por su asesoría y guiarnos a alcanzar nuestra meta.

A MI COMPAÑERO DE TESIS JESÚS SOTO, por su gran paciencia y dedicación, Gracias.

A TODOS LOS COMPAÑEROS DE TESIS de laboratorio de materiales; Alberto Ga, Miguel, Sandra, Luis, Aileen, José, al Técnico Carlos Manzanares y a todos mis compañeros de clases.

A MIS AMIGOS de Puerto Cabello, Alejandra, Reina, Walter, Aarón, Briseyda, Gabriela y en especial a Jesús Ojeda, por su compañía por el recorrido de mi Carrera.

Al Sr. Julio y el Sr. Adán por su colaboración en la elaboración del presente investigación.

A Franklin J. López B. por su colaboración, apoyo y cariño; de igual forma a la Sra. Irangelis por la motivación en la elaboración del trabajo Especial de Grado.

A todos los Profesores que aportaron un granito de arena, en especialmente a MI Maestra Marianela De Pereira.

Yusmari Del Valle Guillén Pérez

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme Salud, Vida, Fuerza y Esperanza.

A mis Padres, incansable luchadores e inigualables consejeros.

A la Universidad de Carabobo por brindarme la oportunidad académica.

A mi compañera de Tesis Yusmari Guillen, fue todo un placer haber compartido durante todo este periodo.

Agradezco profundamente a Carlos Manzanares, quien durante todo esta etapa de elaboración de mezclas de concreto siempre se mostró atento y dispuesto a ayudar en todo momento sin esperar nada a cambio.

A los ingenieros Sandra Lugo y Francisco Soto, quienes con su experiencia y asesoría contribuyeron en el desarrollo de este Trabajo.

A mis compañeros Miguel Bazán, Alberto García, José Aular, Juan Abreu, Franklin López, Aileen Duarte, Luis Aponte, José Amaya, donde su colaboración fue vital en el avance de este Trabajo.

A mis compañeros de clase Sandra Hernández, Andreina Jiménez, Eliseth Lozada, Verónica Henríquez, Yuleidy Flores, Víctor Loyo, Javier Sánchez, Enrique Sudnicki y Jhoan González, que siempre me ayudaron de una u otra manera a lo largo de la carrera universitaria, donde pasamos buenos y desesperantes momentos pero al final se llego al objetivo que todos queríamos ser ingenieros, ahora es que todo comienza.

Jesús Alberto Soto Kristen



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROBETAS CILÍNDRICAS DE DIMENSIONES 10,6X21,2 CM

AUTORES: GUILLÉN, YUSMARI.
SOTO, JESÚS.

TUTOR: MSC. ING. FRANCISCO SOTO

RESUMEN

En Venezuela y en muchos otros países, durante años se ha empleado el uso de especímenes cilíndricos estándar de 15x30cm para el ensayo de la resistencia a la compresión. Mediante estudios las Normas se han actualizado y permiten el uso de probetas de dimensiones más pequeñas, siempre y cuando guarde la relación altura/diámetro dos a uno. A partir de ello comienza una tendencia de emplear probetas cilíndricas de 10x20cm tanto para el autocontrol de plantas como para el control del concreto en obra; contando así con un gran número de ventajas tales como: mayor facilidad de fabricación, manejo y transporte aumentando así el rendimiento del personal encargado y disminuyendo el costo que implica la operación de la muestra; menor capacidad de almacenamiento requerida, mayor espacio en las piscinas de curados, menor proporción peso-volumen disminuyendo la cantidad de concreto, mayor economía en los moldes; y una de la más importante, la disminución de la carga aplicada por la maquina durante su ensayo

Se estima la conveniencia de emplear cilindros de 10x20cm para altas resistencias, comparando y relacionando los resultados de resistencia a la compresión del concreto de las probetas de estas dimensiones, con los cilindros estándar 15x30cm, además de cotejar con la resistencia a la tracción por flexión de los especímenes primaticos 8x10x30cm, para lo cual se elaboraron 2 diseños de mezclas 250 kg/cm², 280 kg/cm² con un asentamiento de 6", utilizando arena lavada de San Joaquín, Piedra picada de Puerto Cabello con TMN 1" y cemento portland tipo cacp2; para las edades de 7 y 28 días, cumpliendo con las Normas Venezolana COVENIN referente a la elaboración y evaluación del concreto. En este caso, se analizaron los resultados obtenidos, determinando la relación que guardan entre si los especímenes ya nombrados, logrando establecer la aproximación de los factores de correlación.

Palabras Claves: Resistencia a la compresión, Cilindros 10x20 cm, Resistencia a la Tracción por flexión, Factor de Correlación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	14
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	3
Planteamiento del Problema.....	3
Formulacion del Problema	5
Objetivos de la Investigación	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
Justificación.....	6
Limitaciones	7
Alcance.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
Antecedentes de la Investigación.....	9
Marco Normativo	10
Fundamento Teórico	12
Concreto	12
Principales componentes del Concreto.....	12
Agregados	12
Cemento.....	12
Agua.....	13
Concreto en su Estado Fresco	13
Mezclado.....	14
Trabajabilidad	14
Efectos en el concreto endurecido.....	15

Curado del concreto.....	15
Resistencias Mecánicas.....	16
Resistencia de Compresión.....	16
Resistencia a la Tracción por flexión.....	17
Aplicación Axial de la Carga	19
Velocidad de Carga	19
Desarrollo de la resistencia.....	19
Factor K.....	21
Evaluación Estadística de la Resistencia de Concreto	21
Parámetros Estadísticos.....	21
Distribuciones teóricas de frecuencias	23
Ajuste de Curvas	25
Método de los Mínimos Cuadrados.....	25
Recta de mínimos cuadrados.....	27
Error estándar del estimado.....	28
Coefficiente de Correlación (r).....	29
Coefficiente de Determinación.....	30
Aceptación del coeficiente de Correlación.....	30
Relación entre la resistencia a la compresión y tracción por flexión.	33
Factor Kr.....	33
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	34
Tipoo de Investigación.....	34
Diseño de la Investigación	35
Población y Muestra.....	35
Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos	38
Técnica de Recolección de Datos.....	39
Instrumentos de Recolección de Datos	39
Descripción de los Materiales Empleados.....	40
Cemento.....	40
Agregado Fino	41

Agregado Grueso	41
Agua de mezclado.....	41
Control de Calidad de los Materiales	42
Diseño de mezcla.....	42
Análisis del Agregado	43
Granulometría.....	43
Determinación de la Relación Beta (β).....	44
Determinación del peso específico saturado con superficie seca y porcentaje de absorción.....	45
Determinación General de la dosificación para Mezcla de Concreto.....	46
Elaboración de la mezcla.....	50
Ensayo sobre el Concreto Fresco	51
Elaboración de Especímenes	51
Curado	53
Ensayo Sobre el Concreto Endurecido	53
Resistencia a la Compresión	53
Tracción por flexión.....	54
Equipos y Herramientas Utilizadas	54
Equipos:	54
Herramientas.....	56
Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	58
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	59
Ensayos de Pruebas	59
Resultados de ensayos de Compresión y Tracción	60
Criterios de aceptación: Norma Covenin 1753:2006.....	62
Desviaciones estándar obtenidas en cada ensayo.....	62
Curvas de correlación entre las resistencias media a compresión obtenida mediante los cilindros 10,6x21,2 cm y cilindros 15x30 cm. Mezcla N°1	64
Calculo del Factor de Correlación K.....	68

Curvas de correlación entre las resistencias a compresión Especímenes “A” y las resistencias a la tracción por flexión Especímenes “C”	70
Calculo del Factor de Correlación Kr	74
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
Conclusiones	76
Recomendaciones.....	78
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXO A: PLANILLAS DE CÁLCULO.....	84
ANEXO B: IMAGENES.....	145
ANEXO C: ASPECTOS ADMINISTRATIVOS DEL PROYECTO.....	155

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Valores Usuales de Asentamiento con el Cono de Abrams.....	15
Tabla 2	Valores Percentiles t_p para la Distribución t de Student con v grados de Libertad	24
Tabla 3	Valores de W en Función de r.....	32
Tabla 4	Volúmenes Teóricos.....	38
Tabla 5	Planilla de Observación Aplicada (Ensayo a la Compresión).....	39
Tabla 6	Planilla de Observación Aplicada (Ensayo de Tracción por Flexión).....	40
Tabla 7	Granulometría del Agregado Fino.....	43
Tabla 8	Granulometría del Agregado Grueso.....	44
Tabla 9	Peso Especifico Saturado con Superficie Seca y Porcentaje de Absorción de los Agregados.....	46
Tabla 10	Resistencia a la Compresión Requerida.....	47
Tabla 11	Volumen de Concreto por Edad de Estudio.....	47
Tabla 12	Dosificación por Peso para la Mezcla N°1	48
Tabla 13	Dosificación por Peso para la Mezcla N°2.....	48
Tabla 14	Dosificación Mezcla N°1 “Corrección por Humedad”.....	49
Tabla 15	Dosificación Mezcla N°2 “Corrección por Humedad”.....	49
Tabla 16	Nomenclatura de las Mezclas.....	58
Tabla 17	Nomenclatura de los Especímenes.....	58
Tabla 18	Ensayo a compresión de cilindros de concreto. Covenin 338:2002.....	59
Tabla 19	Resistencias a compresión y resistencia a la tracción por flexión Mezcla N° 1.....	61
Tabla 20	Resistencias a compresión y resistencia a la tracción por flexión Mezcla N° 2.....	61
Tabla 21	Comparación de las desviaciones estándar obtenidas en los ensayos de compresión de las repeticiones de la mezcla N° 1 a los 28 días.....	62

Tabla 22	Comparación de las desviaciones estándar obtenidas en los ensayos de compresión de las repeticiones de la mezcla N° 2 a los 28 días.....	63
Tabla 23	Evaluación de la desviación estándar.....	63
Tabla 24	Calculo del Factor de correlación "K" para la "Mezcla N° 1".....	68
Tabla 25	Calculo del Factor de correlación "K" para la "Mezcla N° 2".....	69
Tabla 26	Calculo del Factor Kr para la "Mezcla N° 1".....	74
Tabla 27	Calculo del Factor Kr para la "Mezcla N° 2".....	75
:		

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafica N° 1: Mezcla N°1. Relación de resistencias media a compresión 7 días.....	64
Grafica N° 2: Mezcla N° 1: Relación de resistencias media a compresión 28 días.....	65
Grafica N° 3: Mezcla N° 2: Relación de resistencias media a compresión, 7 días.....	66
Grafica N° 4: Mezcla N° 2: Relación de resistencias media a compresión 28 días.....	67
Grafica N° 5: Mezcla N° 1: Relación de resistencia a la flexión por tracción Espécimen “C” y resistencia media a compresión Espécimen “A” a los 7 días.....	70
Grafica N° 6: Mezcla N° 1: Relación de resistencia a la flexión por tracción Espécimen “C” y resistencia media a compresión Espécimen “A” a los 28 días.....	71
Grafica N° 7: Mezcla N° 2: Relación de resistencia a la flexión por tracción Espécimen “C” y resistencia media a compresión Espécimen “A” a los 7 días.....	72
Grafica N° 8: Mezcla N° 2: Relación de resistencia a la flexión por tracción Espécimen “C” y resistencia media a compresión Espécimen “A” a los 28 días.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Método de los Mínimos Cuadrados.....	26
Figura N° 2 Recta de los Mínimos Cuadrados.....	27
Figura N° 3 Relación Beta (β).....	45

INTRODUCCIÓN

El control de calidad del concreto es la herramienta con la cual se trata de disminuir la variabilidad que hasta cierto punto son controlables en una mezcla. Entendemos hoy por control de calidad no sólo el plan correctivo de medidas, comparaciones y enmiendas, sino los planes globales organizativos que tienen que ver con el material, con los procedimientos, con la empresa y con las condiciones generales.

Para la evaluación y aceptación del concreto se ha tomado como base la medida de la resistencia a la compresión simple, ya que es el más utilizado debido su economía y fácil realización; este ensayo desde la antigüedad lo practican por medio de probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, debido a muchos estudios sobre especímenes de diferentes dimensiones las resistencia obtenidas sobre los cilindros de 15x30cm evidenciaron ser muy cercanas a aquellas para las cuales se habían diseñado las mezclas así pues estableciendo estas dimensiones como estándar para el control o verificación del concreto.

Se han realizado investigaciones en cuanto a especímenes más pequeños que el estándar, para determinar la resistencia a la compresión y otras propiedades del concreto endurecido, con el fin de proponer otro tamaño en cuanto a sus dimensiones, tal como, el de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, manteniendo así una relación altura/diámetro igual a dos; al relacionar las variables, forma y tamaño de los cilindros con respecto a su esfuerzo de compresión, se puede decir que este disminuye con respecto al incremento de tamaño de los especímenes.

Uno de los propósitos de la presente investigación es determinar la relación existente entre los resultados de resistencia a la compresión de una probeta estándar de 15x30 cm con probetas de igual forma y relación altura/diámetro pero con una reducción en su volumen de aproximadamente el 70% de los cilindros 10x20 cm, en

consecuencia se minimizan los daños que se pueden originar en las maquinas por la aplicación de grandes cargas, determinando un factor de correlación aplicable a las probetas de 10x20 para reemplazar la utilización de los especímenes cilíndricos de 15x30 cm.

Otra forma de evaluar el concreto es mediante la resistencia a la tracción por flexión aunque esta se utiliza muy poco en proyectos de edificaciones, siendo su mayor aplicación en el control de campo y aceptación de los pavimentos rígidos. Resulta más útil y confiable el uso de la resistencia a compresión para juzgar la calidad del concreto entregado, por ello se plantea establecer la relación entre los especímenes prismáticos de 8x10x30cm y los cilindros innovadores de 10,6x21,2 cm mediante un factor de correlación.

La presente investigación está compuesta por cinco capítulos, estando estructuras de la siguiente manera:

- Capítulo I: Donde se plantea el problema y la formulación del mismo, el objetivo general y los específicos, justificación, limitaciones y alcance de la investigación.
- Capítulo II: Sujeta los antecedentes de la investigación, marco normativo y los fundamentos teóricos.
- Capítulo III: Se describe el tipo de investigación, su diseño además la población y muestra estudiada, las técnicas e instrumentos de recolección de datos empleadas y descripción de la metodología para la realización de todos los ensayos pertinentes a la investigación.
- Capítulo IV: Muestra los análisis y discusión de resultados.
- Capítulo V: Se concluye acerca de los resultados obtenidos planteando de tal manera las recomendaciones pertinentes a las conclusiones obtenidas que servirán de guía para futuras investigaciones.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

El concreto es uno de los principales materiales utilizados en la construcción de estructuras pequeñas y de gran envergadura, debido a sus propiedades mecánicas y durabilidad en el tiempo siendo la resistencia a la compresión el parámetro fundamental considerado por los ingenieros calculistas en el diseño estructural; donde a su vez el criterio de los mismos es de vital importancia para establecer las especificaciones técnicas adecuadas, con el propósito de garantizar la estabilidad de las estructuras, asegurando de esta manera el confort de los usuarios que van a dar uso.

La buena ejecución de una obra vaciada en concreto no solo depende de los factores especificados en la memoria de cálculo y planos estructurales del proyecto, sino también en gran proporción de la calidad de sus componente, las técnicas de elaboración, forma de transporte, colocación y curado, por tal razón es importante realizar un estricto control de calidad, de tal manera de reducir al mínimo las variables no controlables por ser el concreto unos de los materiales más heterogéneo.

Por lo general, en Venezuela y en muchos países, se evalúa a resistencia a compresión del concreto, mediante el ensayo de compresión simple, utilizando moldes cilíndricos de dimensiones de 15x30cm elaborados con el concreto utilizado en obra; donde posteriormente a la edad de estudio son sometida a una fuerza uniaxial, hasta que la misma alcance la ruptura. La dificultad se presenta cuando se necesita ensayar concretos de altas resistencias, donde frecuentemente las máquinas

que realizan este tipo de ensayo se someten a su mayor capacidad afectando su rendimiento a lo largo de su vida útil; además su manejo se dificulta en la manipulación en el laboratorio debido a su peso, aumentando el riesgo de fractura y pérdida de la probeta.

De acuerdo a la Norma Venezolana COVENIN 338:2003 “Concreto. Método para la Elaboración, Curado y Ensayo a Compresión de Cilindros de Concreto”, donde describe en la sección 3.2.1 la posibilidad de utilizar moldes de otras dimensiones, siempre que el diámetro sea como mínimo tres veces el tamaño nominal de agregado grueso, y que su relación altura diámetro se debe mantener dos a uno.

Se han realizado investigaciones a través de los años, planteando el uso de probetas de dimensiones más pequeñas, tales como 10x20cm y 7,5x15cm, donde se propone sustituir el cilindro de dimensiones estándar, encontrando así la solución para el problema presentado en las máquinas de ensayo a la compresión, además de proporcionar numerosas ventajas. Esto se puede lograr mediante un factor de correlación llamado k el cual relaciona la resistencia a la compresión del espécimen planteado respecto al estándar.

Debido a esto se propone determinar el factor de correlación k entre las resistencias a compresión obtenidas de las probetas cilíndricas 10,6x21,2 cm y 15x30 cm con los materiales conforme al estado Carabobo. A su vez se plantea estimar un factor k_r donde relaciona la resistencia a la compresión de 10,6x21,2 cm y la resistencia a la tracción por flexión para un estudio más amplio respecto a la nueva probeta y así estudiar su comportamiento respecto a los especímenes estandarizados.

Formulacion del Problema

En base al planteamiento antes descrito, surgieron las siguientes interrogantes:

¿Mediante que parámetro estadístico se puede relacionar las resistencias mecánicas entre las probetas de diferentes dimensiones con agregados característicos de la zona de estudio?

¿Cómo se verá afectada la resistencia a la compresión del concreto al cambiar las dimensiones de la probeta cilíndrica para su ensayo?

¿Qué relación guarda la resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos 10,6x21,2 cm con las probetas estandarizadas y a su vez con la resistencia a la tracción por flexión de las viguetas?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Evaluar el comportamiento de las probetas cilíndricas de dimensiones 10,6x21,2 cm.

Objetivos Específicos

- Definir los parámetros para el diseño de mezcla, de acuerdo a las resistencias estudiadas 250 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 .
- Estimar la cantidad de mezclas a elaborar mediante los respectivos parámetros estadísticos.

- Realizar los ensayos respectivos para el análisis de las probetas cilíndricas de 10,6x21,2 cm en relación a los cilindros estandarizados y los especímenes prismáticos de acuerdo a las edades en estudio 7 y 28 días de edad.
- Calcular un factor de correlación K entre las resistencias a la compresión de los especímenes cilíndricos en estudio para cada resistencia 250 kg/cm² y 280 kg/cm² a los 7 y 28 días de edad.
- Establecer un factor de correlación Kr entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción por flexión para las resistencias en estudio a los 7 y 28 días de edad.

Justificación

Debido a la poca información sobre la uso de probetas cilíndricas de 10,6x21,2 cm en Venezuela, en la obtención de la resistencia a compresión para el control de calidad del concreto; se ha propuesto la recolección de datos de laboratorio del espécimen ya mencionado, mediante la realización de los ensayos de compresión simple y tracción por flexión de acuerdo a las normas Venezolana COVENIN referente a la elaboración y evaluación del concreto, para su posterior análisis e interpretación, de tal manera proporcionando así a los futuros estudios un aporte técnico de referencia.

Otra razón que motiva el presente estudio la constituye la reducción de costos que se destinaria a las actividades de control de calidad del concreto, en cuanto al menor precio de las probetas cilíndricas y menor cantidad del mismo a emplear, por lo que se orientara al análisis del comportamiento del concreto a sustituir en la evaluación de la resistencia a la compresión especímenes cilíndricos de menor dimensión.

La finalidad de este trabajo de investigación es mostrar y verificar que al realizar el control de calidad de resistencia a la compresión del concreto, con el uso

de los especímenes reducidos, será o no necesario hacer ciertas correcciones a los resultados que arrojen al compararlas con la probetas normalizadas y viguetas; obteniendo así una correlación entre estos especímenes asociándolo directamente con un factor, demostrado de tal manera si existe diferencia significativa. Por otra parte se conocerán las características de los materiales utilizados.

Limitaciones

El presente trabajo se realizó bajo las siguientes limitaciones:

- Elaboración en los Moldes Cilíndricos 10x20 cm, esto debido a que sus dimensiones no son usuales presenta un alto costo en el mercado, se tuvo que utilizar material de PVC teniendo en un diámetro interno comercial de 10,6 cm, conforme con la norma COVENIN 338:2002 se obtuvo finalmente las dimensiones del cilindro de estudio igual a 10,6x21,2 cm.
- El volumen necesario para realizar una mezcla es aproximadamente 2 veces mayor a la capacidad de la mezcladora utilizada.

Alcance

La presente investigación se enfoca en el estudio del comportamiento de las resistencia a la compresión y resistencia a la tracción por flexión obtenidas en el laboratorio mediante la realización de los ensayos pertinentes aplicados a los especímenes cilíndricos 10,6x21,2 cm; 15x30cm y especímenes prismáticos 8x10x30cm, para ello se diseñó dos mezclas con resistencia de diseño de 250 Kgf/cm² y 280 Kgf/cm² manteniendo un asentamiento fijo de 6”(seis pulgadas) para ensayarlos a los 7 y 28 días de edad; utilizando arena lavada proveniente de San Joaquín, piedra picada de Puerto Cabello presentando un tamaño máximo nominal de 1”(una pulgada) y cemento tipo portland cacp2.

El objetivo final es la determinación de la correlación simple existente entre la resistencia a la compresión del espécimen en estudio 10,6x21,2 cm con respecto a la resistencia de las probetas cilíndricas estandarizada 15x30 cm; y a su vez con la resistencia a tracción por flexión de las viguetas con carga en el centro del tramo, estableciendo para cada caso la curva y factor de correlación k y k_r de acuerdo a las resistencias de diseño y edades de estudio mediante análisis estadístico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes de la Investigación

A continuación se hará una breve reseña de los trabajos relacionados con la investigación que se desarrolla:

El trabajo de investigación realizado por Marco Antonio Mondragón Órnelas en el año 2010, donde estudia la Correlación de la resistencia a la compresión entre cilindros de concreto 15x30 cm y 10x20 cm, variando el tamaño máximo de agregado grueso contribuye a la presente investigación gracias a las observaciones realizadas por el autor, donde plantean que los cilindros de 15x30 resisten más del doble de la carga que logran soportar los cilindros de 10x20 cm; además percibió que el comportamiento de los cilindros de 10x20 cm en relación al porcentaje de resistencia alcanzada es inferior un 25% a la edad de 28 días y 30% a los 90 días para el caso del TM de 1", con respecto a los cilindros de 15x30 cm. Proponiendo así una correlación al 80% de la resistencia de los cilindros 10x20cm, donde representa al 100% que debe soportar, debido a que el TM se excedió. Se realizó una comparación entre las resistencias de ambos especímenes con respecto a la norma NMX-C-83-ONNCCE, donde indica el % de resistencia que debe cumplir el concreto a determinadas edades; como lo estudio Mondragón a los 1, 2,3,7,14,21,28, 45, 60 y 90 días, realizando para cada una de las edades de pruebas 5 especímenes manteniendo el M.F constante.

José León y Víctor Niño en el año 2007 plantean en su estudio de correlación estadística entre la resistencia a la tracción por flexión y la resistencia a la compresión de probetas de 15x30 cm, para la misma mezclas a los 14 y 28 días de cada unos de

los diseños; que a mayor resistencia de la compresión se obtiene mayor resistencia de la tracción por flexión, indican que de todas las curvas posibles utilizadas observaron la lineal ya que estas presentaron un coeficiente de correlación superior a 0,60 además concluyen que el uso de ese tipo de curvas es sencillo, por no requerir de la utilización de cálculos complicados en campo. Los autores determinan el crecimiento de la resistencia a la tracción por flexión y resistencia a compresión de las mezclas.

Las tesis mencionadas contribuyeron al presente trabajo de grado como apoyo bibliográfico y modelo, para implementar y mejorar las técnicas de trabajo permitiéndonos cumplir con expectativas planteadas.

Marco Normativo

Las especificaciones o criterios relacionados a la interpretación, verificación y ajustes de los ensayos y resultados en las mezclas de concreto, están basadas en las Normas Venezolanas COVENIN “Comisión Venezolana de Normas Industriales” y ASTM “American Society for Testing and Materials”

Método de Ensayo para determinar la composición Granulométrica de agregados finos y gruesos. Covenin 255-77.

Método de Ensayo para la determinación cualitativa de la presencia de cloruros y sulfatos en arenas. Covenin 261-77.

Método de Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso. Covenin 269- ASTM C127.

Método de Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino. Covenin 268 – ASTM C128.

Agregados para concretos especificaciones. COVENIN 277-92.

Proyecto y Construcción de obras en concreto estructural. Norma Covenin Venezolana 1753-2006.

Concreto. Elaboración y curado de probetas en el laboratorio para ensayos a flexión. Norma Covenin Venezolana 340-2004.

Concreto. Evaluación y Métodos de Ensayos. Norma Covenin Venezolana 1976-2003.

Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto. Norma Covenin Venezolana 338-2002.

Concreto Fresco. Toma de Muestras. Norma Covenin Venezolana 344-2002.

Concreto. Método para mezclado en el laboratorio. Norma Covenin Venezolana 354:2001.

Tecnología del Concreto. Manual de elementos de estadística y diseño de experimentos. Norma Covenin Venezolana 3549-1999.

Concreto. Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams. Norma Covenin Venezolana 339-1994.

Método de Ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas, con carga en el centro del tramo. Norma Covenin Venezolana 343-1979.

Fundamento Teórico

Concreto

“El concreto es un material que se puede considerar constituido por dos partes: una es un producto pastoso y moldeable, que tiene la propiedad de endurecer con el tiempo, y la otra son trozos pétreos, es decir, agregados finos y gruesos que quedan englobados en esa pasta para formar una masa semejante a una roca. A su vez, la pasta está compuesta por agua y un producto aglomerante, que es cemento”(Porrero, J. Ramos, C. Grases, J. y Velazco, G, 2009, p. 31) “La calidad de un concreto dado va a depender de la calidad de sus componentes, de la calidad de su diseño de mezcla y de su posterior manejo, de los cuidados de su uso y mantenimiento, y del grado de satisfacción de los requerimientos del caso”. (Porrero, J. Salas, R., Grases, C y Velazco, G. 2009).

Principales componentes del Concreto

Agregados

Guillermo Mendoza (s.f.) sostiene que son materiales generalmente inertes, producto de la desintegración o abrasión de rocas o areniscas, conforman el 80% del peso total del concreto. Generalmente provienen de la desintegración de Areniscas Silíceas compactas o de rocas Calcáreas duras.

Cemento

Porrero, J. Ramos, C. Grases, J. y Velazco, G (2009) afirman que Cuando se habla del cemento, implícitamente se alude al cemento Portland o cemento sobre la base de Portland, ya que son los productos aglomerantes que se usan casi

exclusivamente con fines estructurales. El cemento Portland, es una especie de cal hidráulica perfeccionada (p. 91).

En el proceso para definir y especificar para la selección del cemento apropiado y el concreto potencialmente apto para cada aplicación en particular, es de trascendental importancia la definición del cemento apropiado, ya que de éste dependerán significativamente las características y propiedades de la matriz cementante y por consiguiente del concreto, la principal variable que se presenta es la disponibilidad en el mercado nacional.

Agua

Es imprescindible en varias etapas de la elaboración del concreto: mezclado, fraguado y curado.

- Agua de Mezclado: Ocupa normalmente entre 15% y 20% del volumen del concreto fresco y, conjuntamente con el cemento, forman un producto coherente, pastoso y manejable, que lubrica y soporta los agregados.
- Agua de Curado: es necesaria para reponer la humedad que se pierde por evaporación luego que el concreto ha sido colocado, compactado y alisado en su superficie.

Concreto en su Estado Fresco

El concreto es el material usado por excelencia en la mayoría de las obras civiles en Venezuela, como material de construcción debido a sus muchas características beneficiosas, una de las más significativas es una alta relación resistencia-costo en muchos de sus empleos. Además el concreto, mientras esta plástico, puede colocarse con facilidad y tiene una alta resistencia al fuego y a la penetración del agua.

Las tipologías del concreto pueden cambiar en un grado considerable, mediante el control de sus componentes. Por tanto, para una estructura específica, resulta económico utilizar un concreto que tenga las características exactas necesarias, aunque este débil en otras. Por ejemplo, el concreto para una estructura de un edificio debe poseer alta resistencia a la compresión, mientras que el concreto para una cortina de presa debe ser durable, hermético y la resistencia relativa puede ser pequeña.

Mezclado

Para asegurarse que los componentes básicos del concreto estén combinados en una mezcla homogénea se requiere de esfuerzo y cuidado. La secuencia de carga de los ingredientes en la mezcladora representa un papel importante en la uniformidad del producto terminado. Sin embargo, se puede variar esa secuencia y aún así producir concreto de calidad. Las diferentes secuencias requieren ajustes en el tiempo de adicionamiento de agua, en el número total de revoluciones del tambor de la mezcladora y en la velocidad de revolución. Otros factores importantes en el mezclado son los tamaños de la revoltura en relación al tamaño del tambor de la mezcladora, el tiempo transcurrido entre la dosificación y en mezclado, el diseño, la configuración y el estado del tambor mezclador y las paletas. Las mezcladoras aprobadas, con operación y mantenimiento correctos, aseguran un intercambio de materiales de extremo a extremo por medio de una acción de rolado, plegado y amasado de la revoltura sobre sí misma a medida que se mezcla el concreto.

Trabajabilidad

En la tecnología del concreto, la palabra trabajabilidad se emplea con dos acepciones distintas. Una, general, con la cual se designa el conjunto de propiedades del concreto que permiten manejarlo sin que se produzca segregación, colocarlo en los moldes y compactarlo adecuadamente. La otra acepción es específica para

designar el asentamiento medido por el procedimiento normalizado del Cono de Abrams.

Tabla 1: Valores Usuales de Asentamiento con el Cono de Abrams

Valores Usuales de Asentamiento con el Cono de Abrams	
Elemento	Rangos de Asentamiento (cm)
Prefabricados	Nulo-6
Fundaciones ciclópeas	3-8
Pedestales, muros de fundación armados	4-8
Pavimentos	5-8
Losas, vigas, columnas, muros de corte	6-11
Paredes estructurales delgadas	10-18
Transportado por bombeo	6-18
Autonivelante	Mayor de 18

Fuente: Manual del Concreto Estructural, Tercera Edición, 2009

Efectos en el concreto endurecido

Curado del concreto.

Aunque en las mezclas normales de concreto se incorpora más que suficiente agua para la hidratación, el secado del concreto después del fraguado inicial puede demorar o impedir la hidratación completa. El curado incluye todas las operaciones que mejoran la hidratación después que se ha fraguado el concreto. Si se efectúa en forma correcta por un periodo suficientemente largo, el curado produce un concreto más fuerte e impermeable. Los métodos pueden clasificarse como mantenimiento de un ambiente húmedo con la adición de agua, sellado del agua dentro del concreto y los que apresuran la hidratación.

Resistencias Mecánicas

En una estructura el concreto se encuentra sometido a solicitaciones muy variadas (compresión, corte, tracción, flexotracción, agentes agresivos y otras). No es práctico llevar a cabo ensayos de control que analicen todos esos estados tensionales, por lo que se ha establecido realizar el ensayo destructivo a compresión simple, sobre probetas normalizadas e inferir, a partir de sus resultados, los valores de otras características mecánicas tales como la resistencia a la tracción o al corte.

Las correspondientes normas de cálculo de estructuras de concreto ofrecen relaciones de tipo empírico que correlacionan: la resistencia del concreto bajo los diversos estados de sollicitación, con el valor de la resistencia a la compresión simple.

Resistencia de Compresión

Es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm^2).

Depende de diversos factores, entre los cuales destacan:

- Relación agua/cemento.
- Adherencia entre la pasta de cemento y los agregados.
- Resistencia de los agregados.

El ensayo que cuenta con mayor aceptación para determinar la resistencia a compresión del concreto, es el de “compresión simple” el cual es un ensayo destructivo, consiste en someter un número “n” de probetas con dimensiones tipificadas elaboradas en obra y curada en condiciones ideales en laboratorio usualmente durante 28 días, a una fuerza uniaxial, hasta que estas alcancen la ruptura.

Primero se debe calcular la resistencia de cada probeta ensayada, usando la siguiente ecuación:

$$R_i = \frac{P}{A} \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

Donde:

P: Fuerza Máxima que soporta el espécimen (Kgf).

A: Área del cilindro (cm²).

R_i: Resistencia a la Compresión del espécimen (Kgf/cm²).

La resistencia a la compresión queda definida por la siguiente expresión:

$$\bar{R}_{28 \text{ días}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} R_i}{n} \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Donde:

n: Numero de Probetas ensayadas.

$\bar{R}_{28 \text{ días}}$ = Resistencia a la compresión del concreto (Kgf/cm²).

Resistencia a la Tracción por flexión

(Norma Covenin Proyectos y construcción de obras en concreto estructural, 2006) “Es el valor aparente de la tensión máxima de tracción de una viga de concreto, sometida a una carga que produce la rotura en flexión, suponiendo condiciones de homogeneidad y elasticidad del material”.

La resistencia a la flexión del concreto se expresa como el modulo de rotura “Mr” (Kgf/cm²). Los métodos de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión del concreto son:

- i) En vigas simplemente apoyadas, con cargas a los tercio del tramo Norma Covenin 342-79.

- Cuando la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el Modulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$M_r = \frac{P \times L}{b \times h^2} \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

Donde:

M_r = Modulo de Rotura, expresado en Kgf/cm^2

P = Carga Máxima aplicada, indicada en la máquina de ensayo, en Kg.

L = Luz entre apoyos, expresa en cm.

b = Ancho promedio de la probeta, expresada en cm.

h = Altura promedio de la probeta, expresada en cm.

- Cuando la falla ocurre fuera del tercio central pero a una distancia de éste no mayor del 5% de la luz libre, el modulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$M_r = \frac{3 \times P \times a}{b \times h^2} \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

Donde:

A : distancia entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida sobre el eje de simetría de la cara inferior de la viga, expresada en cm.

Si la falla ocurre fuera del tercio central y a una distancia de éste mayor del 5% de la luz libre, los resultados del ensayo serán descartados.

- ii)** En vigas simplemente apoyadas, con carga en el centro del tramo Norma Covenin 343-79.

El Modulo de rotura se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_r = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2} \quad (\text{Ecuación 2.5})$$

Donde:

L= Luz, expresada en cm.

Aplicación Axial de la Carga

Si el eje del cilindro no queda ortogonal a los planos de aplicación de la carga, situación que puede ocurrir cuando el cabezote móvil de la prensa no se ajusta con libertad a la cara lisa del remate, el eje de la resultante de la carga aplicada no coincide con la dirección del eje del cilindro. En esas condiciones el resultado del ensayo es menor que el normalizado, dependiendo de su disminución del valor del ángulo entre ambos ejes; es sabido que las desviaciones de pocos grados están asociadas a reducciones del 30% y hasta el 50 % de las resistencias.

Velocidad de Carga

Algunos laboratorios emplean prensas de control manual, o no cuidan rigurosamente la velocidad de la aplicación de la carga de la prensa hidráulica. En tales casos se debe recordar que, velocidades de cargas mayores a las normalizada; producen resultados de resistencias mayores; por el contrario, los valores del ensayo son menores si la velocidad es más lenta. Igual comportamiento se observa en los ensayos a tracción.

Desarrollo de la resistencia

Tan importante como la magnitud de las resistencias que pueda alcanzar el concreto lo es la velocidad con que las adquiere.

Desde el momento en que los granos de cemento inician su proceso de hidratación comienza la reacción de endurecimiento, que se manifiestan primeramente con el atiesamiento del fraguado y continúan luego con una evidente ganancia de resistencia, al principio en forma rápida y, a medida que transcurre el tiempo, disminuyendo la velocidad.

En la mayoría de los países la edad normativa a la que se evalúa la resistencia en compresión es la de 28 días, aunque hay una importante tendencia para llevar esa fecha a la de 7 días. Es frecuente determinar esta resistencia en periodos de tiempo distintos a los 28 días, pero suele ser con un propósito meramente informativo. Las edades usuales, en tales casos, pueden ser: 1, 3, 7, 14, 90 y 365 días.

La edad de 28 días se eligió en los momentos en que se empezaba a estudiar a fondo la tecnología del concreto por razones técnicas y prácticas. Técnicas porque, para los 28 días, ya el desarrollo de la resistencia está adelantado en gran proporción y para tecnología de la construcción esperar ese tiempo no afectaba significativamente la marcha de las obras. Prácticas porque 28 es un múltiplo de los días de la semana y evita tener que ensayar en un día festivo, un concreto vaciado en un día laborable.

La velocidad de desarrollo de la resistencia mecánica depende de numerosas variables y resultan muy diferentes entre unos y otros concretos. De esas variables, las más importantes pueden ser: i) la relación agua/cemento, que cuanto más baja sea más favorece la velocidad.; ii) la composición y finura del cemento; iii) la calidad intrínseca de los agregados; iv) las condiciones de temperatura ambiental, y; v) la eficiencia del curado. Esto hace que los índices de la resistencia no puedan ser usados con carácter general para cualquier concreto en forma segura y precisa.

Factor K

Aun cuando la probeta normalizada es cilíndrica y de dimensiones 15x30cm, en otros países se utilizan de forma cubica o prismática, resultando conveniente disponer de los factores de correlación.

Si hubiese que ensayar en concreto en probetas no cilíndricas, lo mejor sería recurrir a los estudios de correlación directos, pero si esto no pudiera ser hecho, se acudiría al empleo de la siguiente ecuación:

$$R_N = K \times R \quad \text{(Ecuación 2.6)}$$

Que relaciona el valor de la resistencia en probetas cilíndricas normalizadas (R_N), con el valor obtenido en otro tipo de probeta (R), por medio de un coeficiente de corrección o correlación (K). Esos factores figuran en la norma COVENIN 345, “Método para la extracción de probetas cilíndricas y viguetas de concreto endurecido”, y son empleadas para corregir los resultados de los núcleos extraídos.

Evaluación Estadística de la Resistencia de Concreto

En vista de la heterogeneidad de los materiales que conforman el concreto, sumado a las operaciones de mezclado, transporte, colocación y curado, todas sus propiedades están sometidas a la influencia de muchas variables, por lo cual la forma más eficiente para considerar y manejar la variabilidad del concreto, es mediante procedimientos estadísticos.

Parámetros Estadísticos

Algunos de los parámetros estadísticos fundamentales se dan a continuación:

Media (μ): Es la tendencia central del valor del resultado de los ensayos.

$$\bar{X} = \frac{\sum_1^n X_i}{n} \quad (\text{Ecuación 2.7})$$

Rango (d): es la diferencia entre el valor mayor y el menor de los obtenidos en el grupo de ensayos que se analiza (Norma Covenin Evaluación y Métodos de Ensayo del Concreto, 2003, p. 5).

$$d = X_{\max} - X_{\min} \quad (\text{Ecuación 2.8})$$

Desviación Estándar (σ): es el índice de dispersión de un conjunto de datos, el cual es el parámetro estadístico más representativo al respecto (independiente del número de datos). (Norma Covenin Evaluación y Métodos de Ensayo del Concreto, 2003, p. 6).

$$s = \sqrt{\frac{\sum_1^n (X_i - X_{\text{promedio}})^2}{(n-1)}} \quad (\text{Ecuación 2.9})$$

Coefficiente de Variación (v): es la relación entre la desviación estándar y la resistencia media, expresada usualmente en forma porcentual.

$$v = \frac{S}{R} * 100 (\%) \quad (\text{Ecuación 2.10})$$

Valor máximo: Es el máximo valor de un ensayo de una misma muestra de estudio.

Valor Mínimo: Es el mínimo valor de un ensayo de una misma muestra en estudio.

Rango: Se denomina así a la magnitud de la diferencia entre el valor mayor y el menor del grupo de datos que se está en consideración.

Distribuciones teóricas de frecuencias

Se ha comprobado que los resultados de los ensayos de resistencia de una misma mezcla, se ajustan siguiendo una curva de “distribución normal” ó “Campana de Gauss”.

La curva queda completamente definida por los parámetros μ (media) y σ (desviación estándar), descritos anteriormente. De esta forma, como todas las curvas normales que representan distribuciones teóricas de frecuencias, tienen un área total igual a la unidad, al incrementarse el valor de σ la curva debe achatarse y extenderse a ambos lados y por el contrario, cuando se reduce su valor, la curva se afina y estrecha.

La curva de distribución normal se utiliza para estimar propiedades de población en muestras grandes ($n \geq 30$); para muestras pequeñas ($n < 30$) los modelos matemáticos demuestran que la distribución “t student” es más precisa, el cual es una curva simétrica como la distribución normal, a diferencia de ésta es que ella solo depende del valor de n (numero de muestras) siempre que la variable X posea una distribución normal.

La distribución t student se basa en establecer un nivel de confianza, mediante grados de libertad.

- Grados de Libertad: se define como el número de valores que podemos elegir libremente, en este caso, es el número de mezclas menos uno ($n-1$).

- Nivel de Confianza: es la probabilidad de que el intervalo construido en torno a un estadístico capte el verdadero valor del parámetro.

En la tabla 2 que se muestra a continuación contiene los valores de t student que corresponden a diferentes grados de libertad y a varias probabilidades.

Tabla 2: Valores percentiles t_p para la distribución t de student con v grados de libertad.

v	$t_{.55}$	$t_{.60}$	$t_{.70}$	$t_{.75}$	$t_{.80}$	$t_{.90}$	$t_{.95}$	$t_{.975}$	$t_{.99}$	$t_{.995}$
1	0.158	0.325	0.727	1	1.376	3.08	6.31	12.71	31.82	63.66
2	0.142	0.289	0.617	0.816	1.061	1.89	2.92	4.3	6.96	9.92
3	0.137	0.277	0.584	0.765	0.978	1.64	2.35	3.18	4.54	5.84
4	0.134	0.271	0.569	0.741	0.941	1.53	2.13	2.78	3.75	4.6
5	0.132	0.267	0.559	0.727	0.92	1.48	2.02	2.57	3.36	4.03
6	0.131	0.265	0.553	0.718	0.906	1.44	1.94	2.45	3.14	3.71
7	0.13	0.263	0.549	0.711	0.896	1.42	1.9	2.36	3	3.5
8	0.13	0.262	0.546	0.706	0.889	1.4	1.86	2.31	2.9	3.36
9	0.129	0.261	0.543	0.703	0.883	1.38	1.83	2.26	2.82	3.25
10	0.129	0.26	0.542	0.7	0.879	1.37	1.81	2.23	2.76	3.17
20	0.127	0.257	0.533	0.687	0.86	1.32	1.72	2.09	2.53	2.84
30	0.127	0.256	0.53	0.683	0.854	1.31	1.7	2.04	2.46	2.75
40	0.126	0.255	0.529	0.681	0.851	1.3	1.68	2.02	2.42	2.7
60	0.126	0.254	0.527	0.679	0.848	1.3	1.67	2	2.39	2.66
120	0.126	0.254	0.526	0.677	0.845	1.29	1.66	1.98	2.36	2.62
∞	0.126	0.253	0.524	0.674	0.842	1.28	1.645	1.96	2.33	2.58

Fuente: (Estadística serie de compendios Schaum. Segunda Edición Autor: Spiegel, Murray)

Ajuste de Curvas

Para hallar una ecuación que relacione las variables, el primer paso es recoger los datos que muestren valores correspondientes de las variables bajo consideración. Luego se marcan los puntos $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_N, Y_N)$ sobre un sistema de coordenadas rectangulares. El conjunto de puntos resultante se llama veces un diagrama de dispersión.

A menudo puede recurrirse a la intuición personal a la hora de dibujar una curva que ajusta un conjunto de datos. Esto se conoce como el método de ajuste de curvas a mano. Si el tipo de ecuación de esa curva es conocido, es posible obtener las constantes de la ecuación eligiendo tantos puntos de la curva como constantes haya en la ecuación. Si la curva es una recta son necesarios dos puntos. El método tiene la desventaja de que diferentes observadores obtendrán distintas curvas y ecuaciones.

Uno de los principales propósitos de la curva de ajuste es estimar una de las variables (la variable dependiente) a partir de la otra (la variable independiente). El proceso de estimación se conoce como regresión. Si y va a estimarse a partir de x con ayuda de alguna ecuación, denominamos dicha ecuación una ecuación de regresión de y en x y la curva correspondiente, la curva de regresión de y en x .

Método de los Mínimos Cuadrados

Por lo general, más de una curva de un tipo dado parece ajustarse al conjunto de datos. Para evitar el juicio individual en la construcción de rectas, parábolas u otras curvas de aproximación, es necesario estar de acuerdo con la definición de “mejor línea de ajuste”.

Es el método más utilizado para obtener la ecuación de regresión, minimizando la suma de los cuadrados de las distancias verticales entre los valores

verdaderos de “Y” y los valores estimados de “Y”. Para obtener una definición posible, consideramos la figura N° 1, en donde los puntos de los datos son $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$. Para un valor dado de x , digamos x_1 , habrá una diferencia entre el valor y_1 y el valor correspondiente, como se determina en la curva C. Denotamos esta diferencia como d_1 , la cual denominamos desviación, error o residuo, y que puede ser positiva, negativa o cero. De igual manera, los valores x_2, \dots, x_n , les corresponde las desviaciones d_2, \dots, d_n .

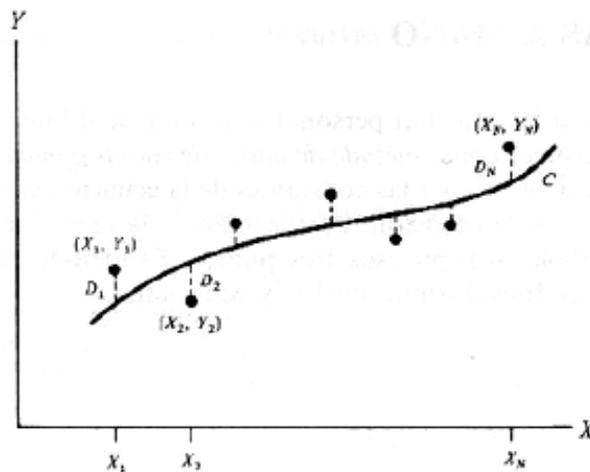


Figura N°1 Método de los Mínimos Cuadrados

La cantidad $d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2$ provee una medida de la bondad de ajuste de la curva C. Si esta es pequeña, el ajuste es bueno, si es grande, el ajuste es malo. Por consiguiente, ahora se plantea la siguiente definición.

Definición: De todas las curvas de una familia dada de curvas que se aproximan al conjunto de n puntos de datos, la curva que tenga la propiedad de.

$$d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2 = \text{un mínimo} \quad (\text{Ecuación 2.11})$$

Se llama la mejor curva de ajuste de familia.

Se dice que una curva que tenga esta propiedad ajusta los datos en el sentido de mínimos cuadrados, y se llama curva de regresión de mínimos cuadrados, o simplemente, curva de mínimos cuadrados, una línea con esta propiedad recibe el nombre de recta de mínimos cuadrados.

Recta de mínimos cuadrados

Existen numerosas leyes en las que se sabe de antemano que dos magnitudes x e y se relacionan a través de una ecuación lineal

$$y = ax + b \quad (\text{Ecuación 2.12})$$

Donde las constantes **b** (ordenada en el origen) y **a** (pendiente) dependen del tipo de sistema que se estudia y, a menudo, son los parámetros que se pretende encontrar. El método más efectivo para determinar los parámetros **a** y **b** se conoce como técnica de mínimos cuadrados.

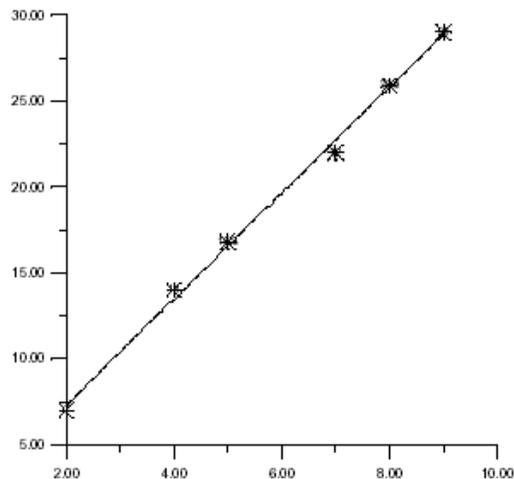


Figura N°2 Recta de Mínimos Cuadrados

Consiste en someter el sistema a diferentes condiciones, fijando para ello distintos valores de la variable independiente x , y anotando en cada caso el correspondiente valor medido para la variable dependiente y . De este modo se dispone de una serie de puntos $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ que, representados gráficamente, deberían caer sobre una línea recta. Sin embargo, los errores experimentales siempre presentes hacen que no se hallen perfectamente alineados (ver Fig. 2). El método de mínimos cuadrados determina los valores de los parámetros a y b de la recta que mejor se ajusta a los datos experimentales. Sin detallar el procedimiento, se dará aquí simplemente el resultado:

$$a = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2} \quad (\text{Ecuación 2.13})$$

$$b = \frac{(\sum y_i) - a(\sum x_i)}{n} \quad (\text{Ecuación 2.14})$$

Donde n es el número de medidas y \sum representa la suma de todos los datos que se indican.

Error estándar del estimado

Si y_{estimado} es el valor estimado de y para un valor dado de x , como se obtiene de la curva de regresión de y en x , entonces la medida de la dispersión alrededor de la curva de regresión está dada por la cantidad.

$$S_{x,y} = \sqrt{\frac{\sum (y - y_{\text{estimado}})^2}{n-2}} \quad (\text{Ecuación 2.15})$$

La cual se denomina error estándar del estimado de y en x .

Coeficiente de Correlación (r)

Se define como “Análisis de Correlación” al conjunto de técnicas estadísticas empleadas para medir el grado de relación entre dos variables de estudio.

El primer paso del análisis es mostrar los datos en un diagrama de dispersión, se entiende por “Diagrama de Dispersión” el grafico donde se representa la relación entre dos variables (independiente y dependiente).

- Variable Independiente: es la variable que proporciona las bases para el cálculo, cuya representación grafica es en el eje X.
- Variable Dependiente: es la variable que se predice o calcula, cuya representación grafica es en el eje Y.

Es una medida útil del grado relación entre las variables, solo cuando las mismas están relacionadas linealmente, además nos indica el grado de dependencia entre las variables **x** e **y**. El coeficiente de correlación *r* es un número que se obtiene mediante la fórmula:

$$r = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2][n(\sum y_i^2) - (\sum y_i)^2]}} \quad (\text{Ecuación 2.16})$$

Aspectos importantes de “r”:

- Puede tomar valores desde menos hasta uno. ($-1 \leq r \leq 1$).
- Mientras el valor este más cercano a uno (1) en cualquier dirección, mayor será el grado de relación lineal entre las dos variables.
- Mientras el valor este más cercano a cero (0), menor será el grado de relación lineal entre las dos variables.
- Si es igual a cero (0) no existe relación lineal entre las variables.

Coefficiente de Determinación

El coeficiente de determinación nos proporciona que tan bueno es el ajuste de la recta con respecto a los valores de y . se interpreta como el porcentaje de variación de la variable dependiente.

Luego de haber calculado por mínimos cuadrados una línea que pasa a la mínima distancia posible de los valores reales de la variable. Cualquier otra línea producirá mayores diferencias. Sin embargo, esto no pasa de ser una explicación matemática del problema, y para este propósito es necesario conocer el grado de variación y sus componentes.

El coeficiente de determinación es el cuadrado del coeficiente de correlación, y toma valores de 0 a 1.

Aceptación del coeficiente de Correlación

La interpretación del coeficiente de correlación como medida del grado de relación lineal entre dos variables es solo matemáticas y está desprovista totalmente de implicaciones de causa y efecto, o sea de que el hecho de que dos variables tiendan a aumentar o disminuir al mismo tiempo no implica necesariamente que una tenga algún efecto directo o indirecto sobre la otra, pues ambas pueden estar sujetas a la influencia de otras variables, de manera que resulten con una estrecha relación matemática, es por ello que los coeficientes de correlación deben manejarse con cuidado si se desea dar una información sensata respecto a la relación entre pares de variables.

Cuando un coeficiente de correlación se calcula a partir de una muestra, el valor que se obtiene de r no es más que una estimación de r , el verdadero coeficiente de correlación que se obtendría para toda la población, así si se clasificarán los

valores de r en una tabla de frecuencias, la distribución límite obtenida se puede derivar por métodos matemáticos, bajo el principio de que X y Y tengan distribuciones normales, entonces si se satisfacen estos requisitos la distribución de r depende sólo de n y de p . Así es posible demostrar que la distribución de r es decididamente no normal en apariencia para determinados valores de r y n , sin embargo haciendo un cambio simple de variable se puede transformar la distribución complicada de r a una distribución aproximadamente normal, que puede usarse entonces para determinar la exactitud de r como una estimación de r . Esta nueva variable se denota como w . En la Tabla 3, aparece la conversión de r a w y viceversa. El efecto de emplear como variable aleatoria una función particular de r (en lugar de r propiamente) es que la misma tiene una distribución aproximadamente normal y por tanto se pueden emplear los métodos de la distribución normal. En este caso el valor medio de la distribución de w está dado por:

$$\bar{w} = \frac{1}{2} \times \ln \frac{1+p}{1-p} \quad (\text{Ecuación 2.17})$$

Y la desviación típica de w está dada por:

$$\sigma_w = \frac{1}{\sqrt{n-3}} \quad (\text{Ecuación 2.18})$$

Esto permite hacer pruebas de significación para r .

Tabla 3: Valores de w en función de r, donde:

$$w = \frac{1}{2} \log \frac{1+r}{1-r} \quad (\text{Ecuación 2.19})$$

r	w	r	w	r	W	r	w
,00	,000	,25	,255	,50	,549	,75	,973
,01	,010	,26	,266	,51	,563	,76	,996
,02	,020	,27	,277	,52	,576	,77	1.020
,03	,030	,28	,288	,53	,590	,78	1.045
,04	,040	,29	,299	,54	,604	,79	1.071
,05	,050	,30	,310	,55	,618	,80	1.099
,06	,060	,31	,321	,56	,633	,81	1.127
,07	,070	,32	,332	,57	,648	,82	1.157
,08	,080	,33	,343	,58	,662	,83	1.188
,09	,090	,34	,354	,59	,678	,84	1.221
,10	,100	,35	,365	,60	,693	,85	1.256
,11	,110	,36	,377	,61	,709	,86	1.293
,12	,121	,37	,388	,62	,725	,87	1.333
,13	,131	,38	,400	,63	,741	,88	1.376
,14	,141	,39	,412	,64	,758	,89	1.422
,15	,151	,40	,424	,65	,775	,90	1.472
,16	,161	,41	,436	,66	,793	,91	1.528
,17	,172	,42	,448	,67	,811	,92	1.589
,18	,182	,43	,460	,68	,829	,93	1.658
,19	,192	,44	,472	,69	,848	,94	1.738
,20	,203	,45	,485	,70	,867	,95	1.832
,21	,213	,46	,497	,71	,887	,96	1.946
,22	,224	,47	,510	,72	,908	,97	2.092
,23	,234	,48	,523	,73	,819	,98	2.298
,24	,245	,49	,536	,74	,950	,99	2.647

Fuente: Norma COVENIN (3549:1999)

Relación entre la resistencia a la compresión y tracción por flexión.

La relación entre la resistencia a compresión y flexión no es proporcional y depende del nivel general de resistencia de concreto. En otras palabras, al aumentar la resistencia a compresión, la resistencia a flexión aumenta también pero en grado cada vez menor.

Varios factores afectan la relación entre las dos resistencias, uno de estos es tipo de agregado grueso, puesto que su forma y textura de superficie afecta mucho menos la resistencia a compresión que a flexión. La edad también es un factor en la relación entre estas dos resistencias; después de un mes la resistencia a la tracción por flexión aumenta más lentamente que la resistencia a compresión.

Factor K_r

Es un factor sugerido por la Norma COVENIN Venezolana 1753:2006 en su anexo F para correlacionar la resistencia a la flexión con la resistencia a compresión.

La ecuación para el cálculo es la siguiente:

$$k_r = \frac{F_r}{\sqrt{F_c}} \quad \text{(Ecuación 2.20)}$$

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En el Marco Metodológico, incluye los métodos, técnicas, tácticas, procedimientos y los trabajos que se realizaron antes, durante y después de realizar todos los ensayos correspondientes, además de las estrategias empleadas para poder lograr los objetivos de estudio, resolviendo los problemas planteados y surgidos durante el desarrollo del Trabajo Especial de Grado; para ello se describirá:

Tipo de Investigación

El presente estudio se encuentra enmarcada bajo la modalidad de investigación descriptiva la cual consiste en "...caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento..." (Arias, Fidas; 2006), puesto a que se propone establecer una correlación de la resistencia a la compresión entre las probetas cilíndricas de diferentes dimensiones y especímenes primaticos, por consiguiente se clasifica como investigación correlacional, donde (Ary, Jacobs y Razavieh, 1989, p. 318) indica "Los estudios correlacionales son un tipo de investigación descriptiva que trata de determinar el grado de relación existente entre las variables." (Ary, Jacobs y Razavieh, 1989, p. 318).

A través de la definición de los parámetros necesarios para la elaboración de las mezclas y realización de los ensayos, se establece el análisis de las relaciones existentes entre los especímenes, con el fin de disminuir el desgaste en las máquinas y determinar el factor de correlación entre las probetas de diferentes dimensiones.

Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación al cual pertenece el presente trabajo, corresponde a la Estrategia No Experimental ya que es: “la que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de investigación donde no hacemos variar intencionadamente las variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos” (Hernández, 184) teniendo en cuenta que en la misma se llevaron a cabo ensayos destructivos del concreto en su estado endurecido, donde se recolectaron datos a los 7 y 28 días en su estado fresco, además se tomaron bibliografías previas relacionados con el tema; teoría relacionada con la resistencia a compresión y la resistencia a la tracción por flexión del concreto. Se efectuaron revisiones de las normas Covenin referentes al control de calidad de los materiales, llevados a cabo en laboratorio.

Población y Muestra

El termino población según Rafael López Casuso (1978), se refiere a “El conjunto de elementos cuyas características, y acerca del cual deseamos información...”, reforzando lo anterior: Fideas Arias (2006) “...es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos de estudio.”

La población del presente trabajo de grado pertenece a todas las mezclas de 250 kg/cm² y 280 kg/cm², para un asentamiento de 6”, utilizando arena lavada de San Joaquín y piedra picada de 1” proveniente de Puerto Cabello.

En cuanto a la muestra se define como “... un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible.” Arias Fideas (2006). Para la

determinación de esta se utilizó el parámetro de t de student; antes de desarrollar el cálculo, es necesario dilucidar los siguientes parámetros utilizados:

n= Tamaño de la Muestra requerida.

S= Desviación Estándar fijada según la Norma Covenin 1753-2006. (kg/cm²).

E= Error máximo. (kg/cm²).

α = Nivel de Confiabilidad.

t= Parámetro de la t-student que depende del número de grados de libertad (n-1) y un nivel de confiabilidad dado (α).

V= Estimado previo del coeficiente de variación del proceso (%).

e= Máximo error o diferencia entre el promedio muestral y el real (%).

Con el propósito de que la cantidad de mezclas sean confiables, se fijaron los parámetros en concordancia con el tutor de trabajo, dando como resultado los siguientes valores:

S= 40 Kgf/cm² (Conforme a la Norma).

E= 15 Kgf/cm² (Conforme a la Norma).

α = 0.95 (Recomendado).

V= 5% (Recomendado).

e= 5% (Recomendado).

Se asumió en un principio un grado de libertad $n-1 = \infty$, ya que a medida que los grados de libertad son más grandes hasta tender al infinito, las formas de las curvas de t student tienden a ser más próximas a la forma de la curva normal.

Cantidad de Mezclas

Con $n-1 = \infty$ y $\alpha = 0.95$, mediante la tabla 2, se obtuvo un valor $t = 1.645$

$$n = \left(\frac{t \times S}{E} \right)^2 = \left(\frac{1.645 \times 40}{15} \right)^2 = 19.24 \approx 20 \text{ mezclas}$$

Lo que quiere decir, que se deben realizar 20 mezclas para cada diseño de mezcla en estudio, siendo esta cantidad inviable por razones económicas, por ende es necesario reducir el número de mezclas a un valor razonable. Por sugerencias del tutor de trabajo, se disminuyó el número de mezclas a 5, lo que implica que ahora el grado de confiabilidad será igual a:

$$t = \frac{\sqrt{n} \times E}{S} = \frac{\sqrt{5} \times 15}{40} = 0,8385$$

Del valor t de student calculado anteriormente y con (n-1)= 4 se interpola gráficamente de la tabla 2, resultando un nivel de confiabilidad igual al 77.44% aproximadamente 77%, el cual se considero aceptable para servir de punto de partida.

Cantidad de Especímenes por edades de estudio por cada mezcla

$$n = \left(\frac{t \times S}{E} \right)^2 = \left(\frac{1.645 \times 5}{5} \right)^2 = 2.7 \approx 3 \text{ especímenes}$$

Lo que implica un total de 3 cilindros por cada tipo de probeta cilíndrica en cada edad de estudio, cumpliendo con la Norma Covenin 1976-2003 (Evaluación y Métodos de Ensayos del Concreto) el cual en su artículo 7.5.1 establece como mínimo un total de 2 muestras por edades de estudio.

La cantidad de viguetas por mezclas será igual a 3 según lo estipulado en la norma Venezolana COVENIN 340-2004 “Concreto. Elaboración y Curado de Probetas en el Laboratorio para Ensayos a Flexión” donde indica que por cada variable a estudiar bien sea por edad o condición de ensayo, se deben elaborar tres o

más probetas. En la tabla 4 se simplifica con mayor detalle la cantidad de muestra total por mezcla.

Tabla 4: Volúmenes Teóricos

Diseño de Mezcla	Cantidad de Mezcla	Especímen	Cantidad de Especímenes			(*) Volumen Total (litros)
			7 días	28 días	Total	
F'c= 250 Kgf/cm² y Asent= 6''	5	Cilindros 10,6x21,2cm	3	3	6	70
		Cilindros 15x30 cm	3	3	6	
		Viguetas 8x10x30 cm	3	3	6	
F'c= 280 Kgf/cm² y Asent= 6''	5	Cilindros 10,6x21,2cm	3	3	6	70
		Cilindros 15x30 cm	3	3	6	
		Viguetas 8x10x30 cm	3	3	6	

(*) Considerando 20% de pérdida de material

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos se seleccionaron en atención a responder las interrogantes formuladas, en correspondencia con el problema, los objetivos y el diseño de la investigación; en este caso se optaron por las siguientes técnicas de recolección de datos debido al carácter práctico que posee la investigación.

Técnica de Recolección de Datos

En relación de los objetivos planteados en la presente investigación se utilizó la técnica de recolección de datos de ensayos de laboratorio.

Instrumentos de Recolección de Datos

En respuesta a la técnica utilizada siendo ésta de tipo: ensayos de laboratorio. Los resultados arrojados fueron almacenados en planilla posterior a la observación, la cual contiene datos referentes al tipo de mezcla que resultó factible para la investigación tales como: numero de mezcla, fecha de realización y concerniente a los especímenes se almacenaron: tipo de espécimen, numero, peso, diámetro, edad, carga de ruptura; además de la lista de cotejo, se utilizaron los siguientes instrumentos para la recolección de los datos: cámara fotográfica, cuaderno de anotaciones, computador, equipos de laboratorios necesarios para realizar comparaciones y conclusiones pertinentes.

Tabla 5: Planilla de observación aplicada (Ensayo a la compresión)

Ensayo a compresión cilindros de concreto. Covenin 338:2002									
Mezcla N°:								Fechas de ensayo:	
Fecha de realización de la mezcla:								7 días: día/mes/año	
								28 días: día/mes/año	
Datos de los especímenes									
Tipo de Especimen	N°	Peso (Kg)	Diámetro Superior (cm)	Diámetro Inferior (cm)	Alt. (cm)	Área (cm ²)	Edad de ensayo (días)	Carga de Ruptura (Kg)	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²)

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Tabla 6: Planilla de observación aplicada (Ensayo de tracción por flexión)

Ensayo de Especímenes

Mezcla N°:

Fecha de realización de la mezcla:

Fechas de ensayo:

7 días: día/mes/año

28 días: día/mes/año

Datos de los especímenes

Tipo de Especimen	N°	Peso (Kgf)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Prof. (cm)	Luz entre apoyos (cm)	Edad de ensayo (días)	Carga de Ruptura (Kgf)	Ubicación de la falla	Resistencia a la tracción por flexión (Kg/cm ²)

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Descripción de los Materiales Empleados

Cemento

Debido a la dificultad para la obtención del cemento en el país se utilizó cemento Portland tipo Cpc2 uso general para todas las mezclas, adquirido en una distribuidora de materiales de construcción; la cantidad total de sacos utilizados fueron de 17, determinado en el diseño de mezcla el cual se tiene que hacer previamente para definir cuanto de cada material se va a emplear.

El cemento fue conservado libre de humedad y almacenado bajo techo para así mantener sus propiedades, se mantuvo cerrado y se aseguró que provinieran de la misma marca comercial (Maestro), además para cada mezcla se utilizó el mismo lote; donde se trabajó con 3 tipos de lote N° 352, N° 359 y N° 356.

Agregado Fino

El agregado fino utilizado fue arena lavada, suministrada por la concretera CEMENTOS VENEZUELA C.A. sede La Cumaca. El lugar de origen de la arena está ubicado en San Joaquín.

Se tomaron 5 sacos, cada uno de ellos con aproximadamente 55 kg en tres viajes, en consecuencia se captó este material de un solo lote a diferentes alturas de la pila a cada tercio del material depositado en el patio de la concretera para así mantener las propiedades físico-químicas en los componentes de la mezcla de concreto, haciendo un total de 3 viajes en un día.

Agregado Grueso

El material grueso empleado en la mezcla fue Piedra Picada 1”, proveniente de Puerto Cabello, esta fue lavada y secada previo a su utilización para eliminar el material inorgánico y maleza que pudiera tener.

Todo el agregado grueso perteneciente a un mismo lote, depositado y transportado en 7 sacos en 3 viajes.

Agua de mezclado

Fue tomada directamente del acueducto que surte la Universidad de Carabobo, suministrado por HIDROCENTRO, es significativo no usar agua cuya naturaleza sea dudosa ya que puede estar contaminada y esto perturbaría la resistencia del concreto.

Control de Calidad de los Materiales

Los materiales fueron evaluados de acuerdo con las especificaciones dadas por la Norma Venezolana COVENIN “Comisión Venezolana de Normas Industriales”, ASTM “American Society For Testing and Materials”, con la finalidad de verificar la calidad en los agregados para su utilización en el concreto, y así obtener una menor variabilidad en los resultados. Los ensayos pertinentes realizados fueron:

- Covenin 255-77: Método de Ensayo para determinar la composición Granulométrica de agregados finos y gruesos.
- Covenin 261-77: Método de Ensayo para la determinación cualitativa de la presencia de cloruros y sulfatos en arenas.
- Covenin 269- ASTM C127: Método de Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso.
- Covenin 268 – ASTM C128 Método de Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino.
- Método de ensayo para determinar la humedad superficial en el agregado fino.

Diseño de mezcla

Las mezclas de concreto se diseñaron de acuerdo al método descrito por los especialistas Porrero J, Ramos C, Grases J y Velazco G, publicado en el “Manual del Concreto Estructural”, (de los mismos autores), en el año 2009, el cual ha sido probado en laboratorios y en plantas de preparación comercial de concreto, con excelentes resultados, y ha sido concebido para el caso de empleo de agregados medianamente controlados y de profesionales con poca experiencia.

Mediante el diseño de mezcla se calculan las cantidades de los componentes del concreto, previo a esto es necesario analizar y determinar las características del agregado para luego proceder a realizar las mezclas.

Análisis del Agregado

Las características necesarias procedentes de los ensayos de los agregados para diseñar la mezcla son: tipo de material a utilizar, granulometría del material fino y grueso, peso específico saturado con superficie seca de la arena, peso específico saturado con superficie seca de la piedra y porcentaje de absorción de ambos.

Granulometría.

La buena calidad granulométrica de los agregados es uno de los requisitos que debe cumplir un material para ser utilizado en la elaboración del concreto. La granulometría del agregado se analizó de acuerdo con la Norma COVENIN 255/77, arrojando como resultado un tamaño máximo nominal de 1" y un módulo de finura de 2,98; se realizaron un total de 2 granulometrías del agregado en estudio las cuales se muestra a continuación el promedio de las dos.

Tabla 7: Granulometría del Agregado Fino

Valores de la Grafica			
	Mínimo	Máximo	Ensayo
Cedazo	%	%	%
o	pasante	pasante	pasante
#4	85	100	90,97
#8	60	95	72,19
#16	40	80	57,83
#30	20	60	34,90
#50	8	30	29,89
#100	2	10	12,28

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

De acuerdo con la granulometría obtenida según el material utilizado se obtuvo que el pasante #100 se encuentre fuera de rango, sin embargo se decidió utilizar el material pese ya que el mismo está siendo empleado en las construcciones actuales y a su vez el valor que se excede no difiere significativamente con el permitido.

Tabla 8: Granulometría del Agregado Grueso

Valores de la Grafica			
Mínimo		Máximo	Ensayo
Ceda	%	%	%
zo	pasante	pasante	pasante
1"	90	100	96,17
3/4"	50	90	66,73
1/2"	15	45	31,4
3/8"	0	20	14,72

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Determinación de la Relación Beta (β).

Cuando se trata de dos agregados en este caso, fino (arena) y grueso (piedra), la relación de combinación entre ellos se expresa como el cociente entero entre el peso del fino y el del agregado total. Obteniendo así con los materiales seleccionados la relación beta igual a 0.43.

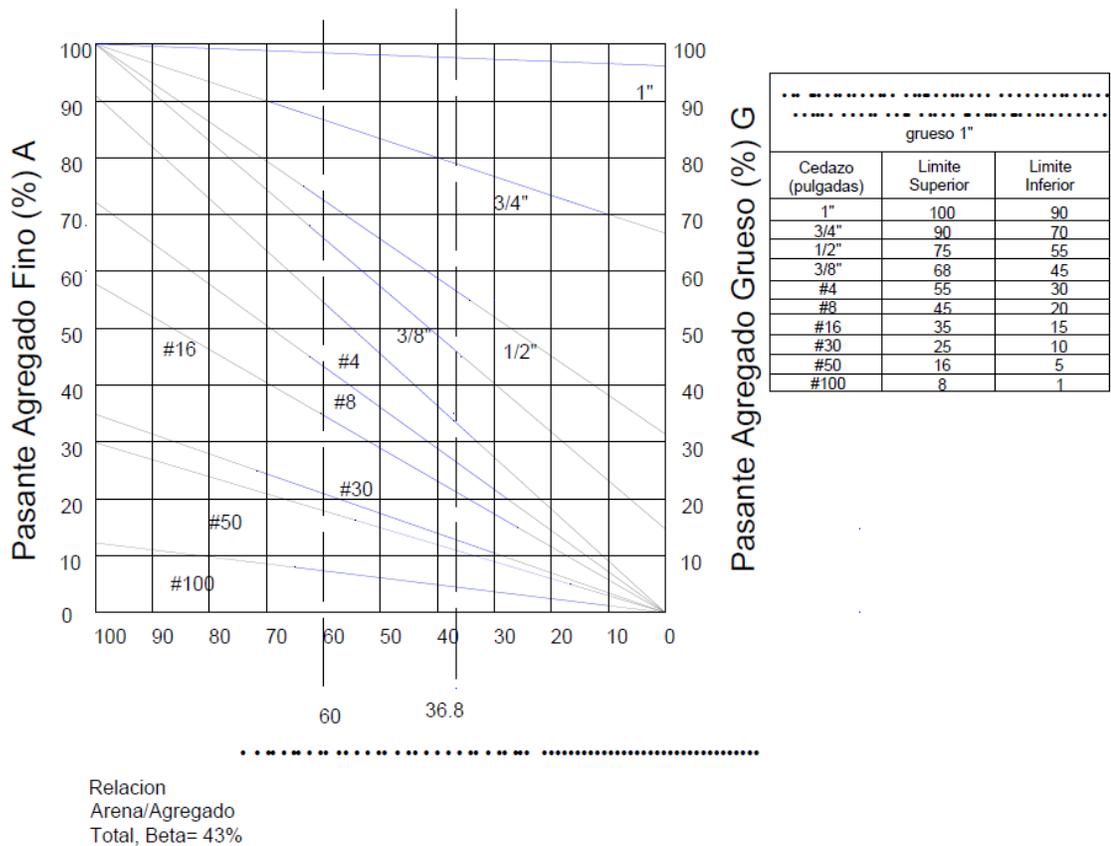


Figura N° 3 Relación Beta

Determinación del peso específico saturado con superficie seca y porcentaje de absorción.

El peso específico y absorción se analizaron según el método descrito en la Norma COVENIN 268/78, arrojando como resultado los valores obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 9: Peso Específico Saturado con Superficie seca y Porcentaje de Absorción de los Agregados

	Arena		Piedra
Absorción (%)	0,67	Absorción (%)	0,84
Humedad (%)	2,26	Humedad (%)	0,55

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Determinación General de la dosificación para Mezcla de Concreto

Los diseños se hicieron por resistencia, utilizando el método antes mencionado valido para concretos con asentamientos en el Cono de Abrams entre 2,5 cm (1") y 15 cm (6") y con resistencias a la compresión entre 180 y 430 Kgf/cm². Partiendo de esto se tomaron como datos las variables: asentamiento de 6", desviación estándar de 40 kg/cm², para resistencias a la compresión de 250 Kgf/cm² y 280 Kgf/cm², para las edades de 7 y 28 días, establecido conjuntamente con el tutor, dando como resultado las relaciones agua-cemento 0,43 y 0,40 respectivamente.

De acuerdo con la Norma Venezolana COVENIN 1753:2006 indica en la Sección 5.4.2.1 para la Resistencia Promedio requerida f'_{cr} , con desviación estándar conocida, que se utilizó como base para seleccionar la dosificación del concreto será la mayor de las calculadas por $f'_{cr} = f'_c + 1.34 \sigma$ y $f'_{cr} = f'_c + 2.34 \sigma - 35 \text{ Kgf/cm}^2$ para $f'_c \leq 350 \text{ Kgf/cm}^2$. Siendo f'_c la resistencia a la compresión especificada en el proyecto y σ la desviación estándar; obteniendo así una resistencia requerida para cada diseño de mezcla tal como se muestra:

Tabla 10: Resistencia a la Compresión Requerida

f'c (Kgf/cm ²)	Ecuaciones FONDORMA 1753:2006. Subsecc.: 5.4.2		f'cr (Kgf/cm ²)
	f'cr = f'c + 1,34 σ	f'cr = f'c + 2,34 σ -35	
250	303,6	308,6	309
280	333,6	338,6	339

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

En función a la capacidad de la mezcladora se tuvo que dividir la mezcla de cada una de las resistencia por la edad en cuanto a su volumen, realizando una edad (7 días) seguidamente la otra (28 días); siendo muy cuidadoso al momento del mezclado, cerciorando que se encuentre en las misma condiciones para obtener una menor variabilidad en los resultados. El volumen teórico total por edad corresponde a 35 litros de concreto incluyendo un porcentaje de desperdicios para solventar cualquier eventualidad, esto se resume en la siguiente tabla:

Tabla 11: Volumen de Concreto por Edad de Estudio.

Volumen de Concreto por Edad				
Especímenes	Cantidad	Volumen unitario (litros)	Desperdicio (%)	Volumen total (litros)
A	3	1.87	20	6.7
B	3	5.3	20	19.1
C	3	2.4	20	8.6
Volumen total (litros)				35

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Siendo:

A: Cilindro de 10,6x21,2 cm

B: Cilindro de 15x30 cm

C: Viguetas de 8x10x30 cm

Con el volumen definitivo por edad se calcularon las cantidades de los componentes del concreto, piedra arena y agua. A continuación se muestra los diseños por metro cubico de concreto:

Tabla 12: Dosificación por peso para la mezcla N° 1

Componentes	Volumen Absoluto (litros/m ³)	Peso (Kgf/m ³)	Volumen de la mezcladora (m ³)	Peso por volumen mezcladora (kgf)
Cemento	138	461	0,035	16,1
Agua	207	207		7,2
Arena	274	712		24,9
Piedra	363	944		33
Aire	18	---		
Total	1000	2324		

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Tabla 13: Dosificación por peso para la mezcla N° 2

Componentes	Volumen Absoluto (litros/m ³)	Peso (Kgf/m ³)	Volumen de la mezcladora (m ³)	Peso por volumen mezcladora (kgf)
Cemento	156	520,2	0,035	18,2
Agua	213	213		7,5
Arena	263	683		23,9
Piedra	348	906		31,7
Aire	20	---		
Total	1000	2322,2		

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Donde la arena y la piedra tienen absorción de 0,67% y 0,84% y humedad de 2,26% y 0,55% respectivamente. La proporción de cemento por metro cubico de concreto no debe alterarse, en efecto se debe ajustar la dosis de agua y agregados así se tomará en consideración que la piedra y la arena no se encuentran saturados con superficie seca, por lo que se procederá hacer corrección por humedad, quedando de la siguiente manera las proporciones de los componentes del concreto:

Tabla 14: Dosificación mezcla N°1 "Corrección por humedad"

Componentes	Volumen Absoluto (litros/m ³)	Peso (Kgf/m ³)	Volumen de la mezcladora (m ³)	Peso por volumen mezcladora (kgf)
Cemento	138	461	0,035	16,1
Agua	198,5	198,5		7
Arena	278	723,2		25,3
Piedra	362	941,3		33
Total	976,5	2324		

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Tabla 15: Dosificación mezcla N°2 "Corrección por humedad"

Componentes	Volumen Absoluto (litros/m ³)	Peso (Kgf/m ³)	Volumen de la mezcladora (m ³)	Peso por volumen mezcladora (kgf)
Cemento	156	520,2	0,035	18,2
Agua	204,8	204,8		7,2
Arena	267	693,8		24,3
Piedra	347	903,4		31,7
Total	974,8	2322,2		

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Elaboración de la mezcla

Para la elaboración de la mezcla de concreto, al igual que las otras fases se siguió las instrucciones estipuladas por las normas vigentes en este caso se tomó como referencia la Norma Venezolana COVENIN 354-01 “Método para el Mezclado en el Laboratorio” y el Manual para la Realización de Prácticas de Laboratorio en la Asignatura “Materiales y Ensayos” de la Carrera de Ingeniería Civil en la Universidad de Carabobo.

Este es uno de los pasos más relevantes ya que se debe tener un óptimo cuidado en la preparación, colocación, compactación, curado y ensayo del cilindro para que la variabilidad de sus resultados sea mínima y aceptable. Por ello se diseñó una estrategia para poder realizar con la misma técnica todos los ensayos, por tal razón las primeras cuatro mezclas se denominaron “Ensayos de Prueba”, cada una de ellas mostradas en el anexo A.

Cada mezcla se elaboró para un volumen de 35 litros en una mezcladora eléctrica en el laboratorio de Materiales y Ensayos de la Universidad De Carabobo, Facultad de Ingeniería, se utilizó un proceso de dosificación por peso, recomendada por las especificaciones, debido a la imprecisión al cuantificar el volumen del agregado, el agua de mezclado se midió en litros mediante un cilindro graduado. Previamente humedecida, se puso en marcha la mezcladora colocando el material grueso y parte del agua, luego se adicionó la arena, el cemento y el resto del agua, una vez añadido todos los materiales se mantuvo en proceso de mezclado durante tres minutos, seguido de tres minutos en reposo y finalmente otros 2 minutos adicionales de mezclado. Posteriormente el concreto fue descargado de la mezcladora en una carretilla limpia y humedecida. Para obtener una mezcla uniforme y homogénea, evitando la segregación se revolvió la mezcla con una cuchara metálica.

Ensayo sobre el Concreto Fresco

Para verificar la calidad del concreto, es necesario hacer prueba del concreto fresco, para ellos se llevó a cabo el ensayo del asentamiento ya que permite verificar la consistencia del mismo, la tolerancia permitida para el asentamiento fue de ± 1 pulgada, lo que da un rango de aceptación de 5 a 7 pulgadas. Este ensayo se llevó a cabo siguiendo los procedimientos de la Norma Venezolana COVENIN 339:2003 “Concreto. Método para la Medición del Asentamiento con el Cono de Abrams”.

Elaboración de Especímenes

Se utilizaron tres tipos de espécimen, antes descrito como A: probeta cilíndrica de 10,6 cm de diámetro y 21,2cm de alto, B: probeta cilíndrica de 15cm de diámetro y 30cm de altura y C: viguetas con dimensiones de 8x10x30 cm, estos fueron colocados en una superficie rígida, horizontal y libre de vibraciones, depurados de suciedad y debidamente engrasados antes de ser vaciados. Seguidamente se escoge una muestra representativa según lo específica la Norma COVENIN 344:2002 “Concreto Fresco. Toma de Muestra”, ésta se coloca en el molde, moviendo el cucharón por la orilla del molde para asegurar la distribución uniforme y evitar la segregación en la descarga; con respecto a los pasos a seguir para el llenado de los especímenes cada uno presenta diferencias muy importantes, descrita a continuación:

- **Especímenes A:** Basado en las especificaciones de la Norma ASTM C31 “Elaboración y Curado en Obra de Especímenes de Hormigón para Pruebas de Compresión” donde enuncia que se debe vaciar en dos capas, a la mitad de su altura, de igual forma compactando con 25 golpes con una barra de acero 3/8” de diámetro y 30 cm de longitud, la primera hasta el fondo y la segunda hasta 1” de profundidad de la capa anterior, esta última, se agrega la cantidad de concreto suficiente para que el molde quede lleno después de la compactación.

• **Especímenes B:** Se realizó según los procedimientos de la norma Venezolana COVENIN 338:2002 “Concreto. Método para la Elaboración, Curado y Ensayo a Compresión de Cilindros de Concreto” donde establece, que el vaciado se hace en 3 capas de igual volumen, la primera a un tercio de su altura se compacta con 25 golpes con la varilla 5/8” de diámetro y de 60cm de longitud con punta semiesférica, uniformemente repartidos, abarcando toda la sección del eje del molde, Compactar la capa inferior en todo su espesor, la segunda y tercera capa, penetrando 1 pulgada la capa anterior, esta última se rebosa luego se compacta.

• **Molde C:** De acuerdo con la norma COVENIN 340:2004 “Concreto. Elaboración y Curado de Probetas, en el Laboratorio para ensayos a Flexión”, estas fueron llenadas en dos capas de igual volumen compactándolas con 35 golpes mediante una barra de acero de 3/8” de diámetro y 30 cm de longitud, en función del área de la superficie del molde igual a 240 cm^2 encontrándose dentro del rango $(165-310) \text{ cm}^2$ descrito en dicha norma, donde especifica que se debe dar un golpe por cada 7 cm^2 , esto por cada capa.

Para todos los casos se golpea ligeramente las paredes del molde en cada capa hasta que su superficie se haya aproximado al plano, según la Norma Venezolana COVENIN 1896:82.

Después de llenar y compactar, se debe golpear los lados del molde ligeramente de 10 a 15 veces con un martillo de goma, con la finalidad de liberar las burbujas de aire que pueden quedar atrapadas teniendo cuidado de no dañar el molde y por último se enrasa el exceso de concreto con la varilla de compactación, y si es necesario se le da un acabado con una cuchara de albañil.

Curado

Luego de haber acontecido 24 horas de la elaboración de las viguetas y probetas cilíndricas, se desencofraron y se identificaron de acuerdo con la nomenclatura previamente señalada, para luego rápidamente introducirlas en las piscinas de curado evitando así la pérdida de agua por evaporación; en consecuencia de la cantidad de tesis en el laboratorio de materiales se recurrió de manera emergente a unas piscinas improvisadas, de tipo infantil siguiendo lo estipulado en la Norma Venezolana COVENIN 338:2002 “Concreto. Método para la Elaboración, Curado y Ensayo a Compresión de Cilindros de Concreto”.

Ensayo Sobre el Concreto Endurecido

El concreto elaborado se analizó en estado fresco mediante la trabajabilidad de las mezclas elaboradas; y en estado endurecido mediante la resistencia a la compresión para las probetas cilíndricas y para las viguetas a la tracción por flexión.

Resistencia a la Compresión

Los cilindros fueron sacados 24 horas antes de cumplir con las edades establecidas para su ensayo a compresión (7 y 28 días), para su secado. Cada una de las probetas fue pesada, el diámetro se obtenía como el promedio de cuatro mediciones aproximadamente ortogonales dos a dos, y la altura se tomó como el promedio de dos mediciones; para luego proceder al ensayo a compresión en una prensa hidráulica de capacidad de 120 toneladas y apreciación de 5 Kgf, y una velocidad de carga de (2 -3) m/seg para los especímenes tipo A y una velocidad de carga entre (3 - 3,5) m/seg para los especímenes tipo B. Los cilindros eran llevados a la ruptura en un tiempo de 50 seg \pm 30 seg según lo establecido en la Norma Venezolana COVENIN 1896:82 “Método de Ensayo para Determinar la Resistencia a la Compresión del Concreto y Mortero Liviano Aislante”, anotando para cada uno

de ellos la carga máxima, la forma de falla y las características presentada por el cilindro.

Tracción por flexión

Las viguetas a diferencia de los cilindros fueron sacadas al cumplir las edades establecidas las cuales son, 7 y 28 días, en acuerdo con la Norma COVENIN 340:2004 “Concreto. Elaboración y Curado de Probetas, en el Laboratorio para ensayos a Flexión”, estas fueron pesadas y medidas como el promedio de dos lecturas para cada una de sus dimensiones, luego se procedió a la determinación de la resistencia a la tracción por flexión o también llamado módulo de rotura, según la Norma COVENIN 342:79 “Método de Ensayo para Determinar la Resistencia a la Tracción del Concreto en Vigas Simplemente Apoyadas, con carga en el centro Tramo”, mediante la máquina de marca FRANK con apreciación de 10 Kg.

Equipos y Herramientas Utilizadas

Los siguientes son los equipos y herramientas básicas usadas para trabajar durante el desarrollo del Trabajo Especial de Grado.

Equipos:

- **Horno Eléctrico**

- **Balanza**

Capacidad: 50 kg.

Apreciación: 1 kg.

- **Balanza Digital**

Capacidad: 1000 gr.

Apreciación: 0,1 gr.

• **Cilindro Graduado**

Capacidad: 1000 ml.

Apreciación: ± 10 ml.

• **Cilindro Graduado**

Capacidad: 10 ml.

Apreciación: $\pm 0,2$ ml.

• **Tamizador Eléctrico (Agregado Grueso)**

Capacidad: Seis Cedazos.

• **Tamizador Eléctrico (Agregado Fino)**

Capacidad: Siete Cedazos.

• **Cedazos Normalizados para Agregados Grueso**

Abertura de Malla según COVENIN: 38,1 mm (1 ½”), 25,4 mm (1”), 19 mm (¾”), 12,7 mm, 9,53 mm (3/8”), 6,35 mm (1/4”), ciego.

• **Cedazos Normalizados para Agregados Fino**

Abertura de Malla según COVENIN: 4,76 mm (#4), 2,38 mm (#8), 1,19 mm (#16), 0,59 mm (#30), 0,29 mm (#50), 0,14 mm (#100), ciego.

• **Mezcladora de Concreto**

Capacidad: 35 Litros (Cap. Máx.).

• **Cono de Abrams Metálico**

Dimensiones según COVENIN: Cono truncado: 20 cm diámetro base mayor, 10 cm diámetro base menor y Altura 30cm.

- **Moldes Cilíndricos Metálicos (Encofrados)**

Dimensiones según COVENIN: Altura 30 cm y Diámetro 15 cm.

- **Moldes prismáticos Metálicos (Encofrado)**

Dimensiones según COVENIN: Altura 10, Ancho 8 y Largo 30.

- **Moldes Cilíndricos PVC (Encofrados) ⁽¹⁾**

Dimensiones según COVENIN: Altura 20 cm y Diámetro 10 cm.

- **Piscinas de Curado ⁽²⁾**

Herramientas

- Barras de acero de diámetro 5/8" (1,6 cm) aproximadamente y 24" (60 cm) de longitud.

- Barras de acero de diámetro 3/8" (0,9 cm) aproximadamente y de 12" (30cm) de longitud.

- Cuchara de albañil.

- Cinta métrica

- Cepillo de alambre.

- Espátulas.

- Palas.

- Baldes.

- Brocha.

- Mazo o martillo.

- Guantes.

- Cronometro.

- Taras.

- Vernier.

- Carretilla.

- Y todos los implementos necesarios para el control de calidad de los agregados.

Los equipos, materiales y herramientas antes descritos, están a la disposición en el laboratorio de Materiales y Ensayos la Universidad de Carabobo-Bárbula, excepto los indicados con numerales (1) y (2).

(1) Por ser las dimensiones de las probetas cilíndricas poco usuales no se cuenta con el encofrado en el laboratorio de materiales y ensayos de la Universidad de Carabobo, este molde presenta un alto costo al mandarlo a elaborar, por tal razón se optó por diseñar los especímenes cilíndricos con tuberías de PVC de diámetro 110 mm, teniendo esta exactamente un diámetro interno de 10,6 cm; cumpliendo con la norma COVENIN 338:2002 donde indica que “Se pueden utilizar moldes de otras dimensiones, siempre que el diámetro sea como mínimo tres veces el tamaño nominal del agregado grueso. La relación altura a diámetro se debe mantener 2 a 1 y en ningún caso su diámetro debe ser menor de 50 mm.”, siendo el tamaño máximo nominal de la piedra picada utilizada en la presente investigación de 1”, la tubería fue cortada a 21,2cm, quedando finalmente el molde de (10,6x21,2)cm. Este molde se apoyo sobre una base de madera aislándola del concreto con un material no absorbente.

(2) Poca capacidad de la piscina del laboratorio de materiales y ensayos de la facultad de ingeniería, se acudió de manera de emergencia a piscinas infantiles, bajo las especificaciones de la norma venezolana Covenin 338:2002.

Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Las pruebas de resistencia a compresión y la resistencia a la tracción por flexión se evaluaron en las edades de estudio 7 y 28 días, estableciendo el criterio de aceptación y rechazo de ensayos estipulados en la Norma COVENIN 1976-2003 “Método de Evaluación y Ensayo del Concreto”.

De acuerdo a la resistencia en estudio se utilizó la siguiente nomenclatura, diferenciando el diseño de mezcla para cada caso, mostrándose así:

Mezcla i,j

Donde:

Tabla 16: Nomenclatura de las Mezclas

Resistencia de diseño	250 kg/cm ²			280 kg/cm ²		
I	1			2		
Repetición de la mezcla	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅	n ₆
J	1	2	3	4	5	6

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Tabla 17: Nomenclatura de Especímenes

Nomenclatura	Tipo de Especímenes
A	Probeta Cilíndrica 10,6x21,2cm
B	Probeta Cilíndrica 15x30cm
C	Vigueta 8x10x30cm

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Ensayos de Pruebas

Con el propósito de adquirir una mejor técnica al momento de realizar los ensayos al concreto en su estado fresco, tal como la Trabajabilidad y en su estado endurecido mediante el ensayo de compresión simple, se hicieron pruebas de estudio antes de la recopilación de datos, mostrándose a continuación un ejemplo de cinco pruebas realizadas y el análisis general, en el anexo A se encuentran con mayor detalle todas las planillas de cálculos correspondientes a los ensayos de Pruebas.

Tabla 18 Ensayo a compresión de cilindros de concreto. Covenin 338:2002

Prueba N°: 1

Descripción: Neopreno colocado en ambas caras de los cilindros 10,5x21,2 ($F_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$)

Datos de los especímenes									
Tipo de Espécimen	N°	Peso (Kg)	Diam Sup. (cm)	Diam Inf. (cm)	Alt. (cm)	Área (cm ²)	Edad de ensayo (días)	Carga de Ruptura (Kg)	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)
A	A.1	3.95	10.5	10.5	20.05	86.59	7	5005	57.80
	A.2	4.00	10.5	10.56	20.05	87.09	7	4750	54.54
	A.3	3.95	10.6	10.6	20.15	88.25	7	6875	77.91
B	B.1	12.55	15	15.1	30.35	177.9	7	32655	183.56
	B.2	12.45	14.98	15	30.55	176.5	7	31680	179.51

Resultados estadísticos del ensayo

Espécimen	Edad de ensayo (días)	Resistencia a compresión Prom (Kg/cm ²)	Desviación Estándar (Kg/cm ²)	Coefficiente de Variación (%)
A	7	63	12.66	20.1
B	7	182	2.86	1.57

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Las resistencias obtenidas mediante el uso de las probetas 10,6x21,2 cm en todos los casos son considerablemente bajas con respecto a las obtenidas con los cilindros 15x30 cm, esto debido a que todas las probetas cilíndricas fueron ensayados en la máquina de compresión con el uso de neopreno (diámetro de 15 cm), tanto los cilindros de 15x30cm como los de 10,6x21,2cm, los especímenes tipo A presentaron en su totalidad falla por punzonado en los bordes del mismo. De acuerdo a lo descrito anteriormente se tomo como precaución ensayar dichos cilindros sin el uso de los neoprenos.

Resultados de ensayos de Compresión y Tracción

Una vez adquiridas las técnicas para una buena ejecución de cada uno de los ensayos pertinentes a realizar, se procedió a la recolección de los datos que validan la presente investigación, presentándose a continuación una tabla resumen con los resultados obtenidos en cada ensayo. En el Anexo A se sitúan las planillas de cálculo correspondiente para cada ensayo a su vez se encuentra los cuadros comparativos de las resistencias alcanzadas para cada mezcla.

**Tabla N° 19: Resistencias a compresión y resistencia a la tracción por flexión
Mezcla N° 1**

Edad (días)	7			28		
N°	Compresión cilindros 10.6x21.2 cm (Kg/cm ²)	Compresión cilindros 15x30 cm (Kg/cm ²)	Tracción por flexión Viguetas (Kg/cm ²)	Compresión cilindros 10.6x21.2 cm (Kg/cm ²)	Compresión cilindros 15x30 cm (Kg/cm ²)	Tracción por flexión Viguetas (Kg/cm ²)
1.1	191	213	38.5	233	267	45.5
1.2	172	193	37	223	247	43.5
1.3	175	199	36.5	224	249	44.5
1.4	174	192	38	226	254	45
1.5	192	225	38.5	223	252	44.5

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Las resistencias obtenidas con los cilindros 10,6x21,2 cm son menores a las alcanzadas con las probetas 15x30 cm.

**Tabla N° 20: Resistencias a compresión y resistencia a la tracción por flexión
Mezcla N° 2**

Edad (días)	7			28		
N°	Compresión cilindros 10.6x21.2 cm (Kg/cm ²)	Compresión cilindros 15x30 cm (Kg/cm ²)	Tracción por flexión Viguetas (Kg/cm ²)	Compresión cilindros 10.6x21.2 cm (Kg/cm ²)	Compresión cilindros 15x30 cm (Kg/cm ²)	Tracción por flexión Viguetas (Kg/cm ²)
2.1	236	271	49	275	318	57
2.2	214	247	45	251	287	56
2.3	197	220	40.5	231	277	45.5
2.4	208	233	45.5	243	284	51
2.5	221	242	43.5	237	282	46

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Se uso para la resistencia a tracción por flexión una apreciación de 0.5 Kgf/cm² conforme a la norma Covenin 343-79 y de 1 Kgf/cm² para la resistencia a la compresión.

Criterios de aceptación: Norma Covenin 1753:2006

El promedio de las resistencias del concreto obtenidas mediante el ensayo de compresión de los especímenes 15x30 cm de al menos 2 cilindros por cada mezcla (a los 28 días), se encuentra por encima de la resistencia requerida en más de 35 kgf/cm², además el conjunto de tres ensayos consecutivos excede a la resistencia especificada $f'c = 250$ Kgf/cm² y $f'c = 280$ Kgf/cm² respectivamente.

Desviaciones estándar obtenidas en cada ensayo

Tabla N° 21: Comparación de las desviaciones estándar obtenidas en los ensayos de compresión de las repeticiones de la mezcla N° 1 a los 28 días

Mezclas	Desviación Estándar (Kgf/cm²) Espécimen "A"	Desviación Estándar (Kgf/cm²) Espécimen "B"
1.1	7.69	5.84
1.2	6.22	2.90
1.3	8.98	2.10
1.4	9.67	5.00
1.5	7.01	6.27
Promedio (%)	7.91	4.42

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

El promedio de las desviaciones estándar obtenidas mediante los cilindros 10,6x21,2cm es mayor al promedio de las obtenidas con los cilindros 15x30 cm.

Tabla N° 22: Comparación de las desviaciones estándar obtenidas en los ensayos de compresión de las repeticiones de la mezcla N° 2 a los 28 días

Mezclas	Desviación Estándar (Kgf/cm ²) Espécimen "A"	Desviación Estándar (Kgf/cm ²) Espécimen "B"
2.1	6.85	1.83
2.2	6.31	3.51
2.3	4.87	7.91
2.4	5.98	5.33
2.5	8.78	4.49
Promedio (%)	6.56	4.61

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

La dispersión presentada sigue siendo mayor en los cilindros 10,6x21,2 cm.

De acuerdo a las tablas N° 21 y 22, las desviaciones estándar promedio de los ensayos son mayores en los especímenes "A", esto quiere decir que a menor dimensión de la probeta cilíndrica la desviación estándar aumenta. El promedio de las desviaciones estándar cumple con los valores usuales de ensayos realizados en laboratorio especificado en la norma COVENIN 1976-2003: Evaluación y métodos de ensayos en su artículo 7.4.1 Tabla N° 6.

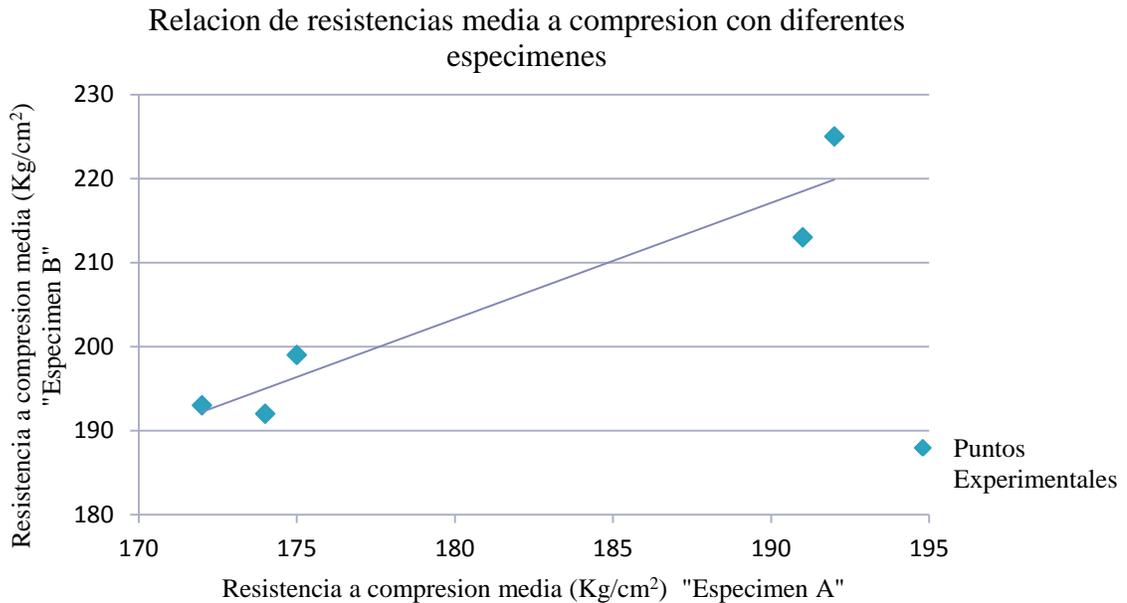
Tabla 23 Evaluación de la desviación estándar

Lugar de elaboración de los cilindros	Tipo de Control		
	Malo	Usual	Excelente
Obra	> 9	6 a 9	< 6
Laboratorio	> 8	5 a 8	< 5

Fuente: (Norma Covenin, 1976-2003: Evaluación y métodos de ensayos)

Curvas de correlación entre las resistencias media a compresión obtenida mediante los cilindros 10,6x21,2 cm y cilindros 15x30 cm. Mezcla N°1

Grafica N° 1: Mezcla N°1. Relación de resistencias media a compresión 7 días

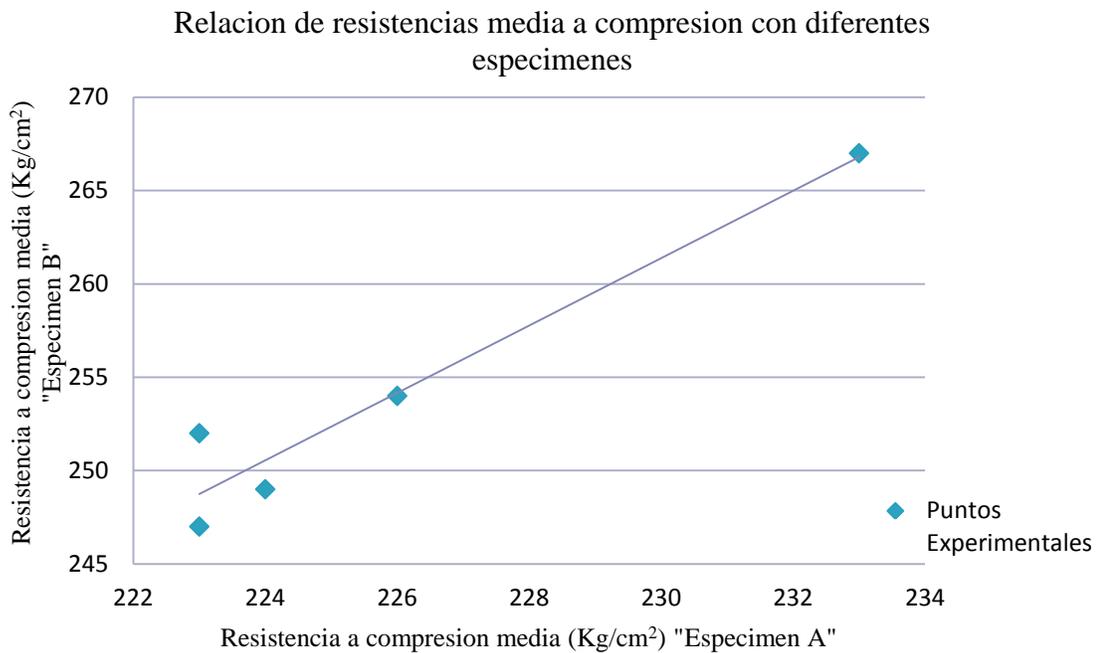


Parámetros estadísticos de la grafica			
Ecuación de la recta	Coef.de Determinación	Coef. de Correlación	Error Estándar del estimado
1.3816X-45.3919	0.9101	0.9540	4.80

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Todos los parámetros estadísticos fueron calculados según lo estipulado en la Norma COVENIN 3549:1999 Tecnología del Concreto. Manual de elementos de estadística y diseño de experimentos, todos los cálculos correspondientes se encuentran en el Anexo A.

Grafica N° 2 Mezcla N° 1: Relación de resistencias media a compresión 28 días

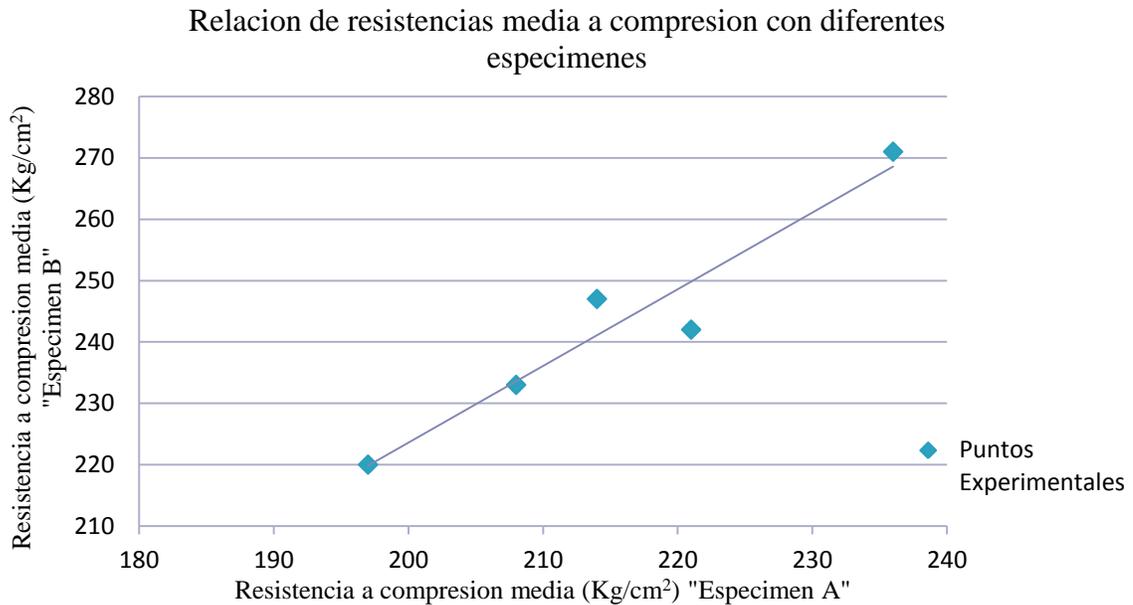


Parámetros estadísticos de la grafica			
Ecuación de la recta	Coef.de Determinación	Coef. de Correlación	Error Estándar del estimado
1.8051X-153.7881	0.9347	0.9668	2.38

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Al igual que la grafica anterior la pendiente de la recta calculada por el método de los mínimos cuadrados se mantiene positiva, lo que implica una relación directa entre las variables, es decir, a medida que aumenta la resistencia a compresión en los cilindros 10,6x21,2 cm aumenta la resistencia en los cilindros 15x30 cm, este último en mayor proporción debido a que la pendiente es mayor a 1.

Grafica N° 3 Mezcla N° 2: Relación de resistencias media a compresión, 7 días

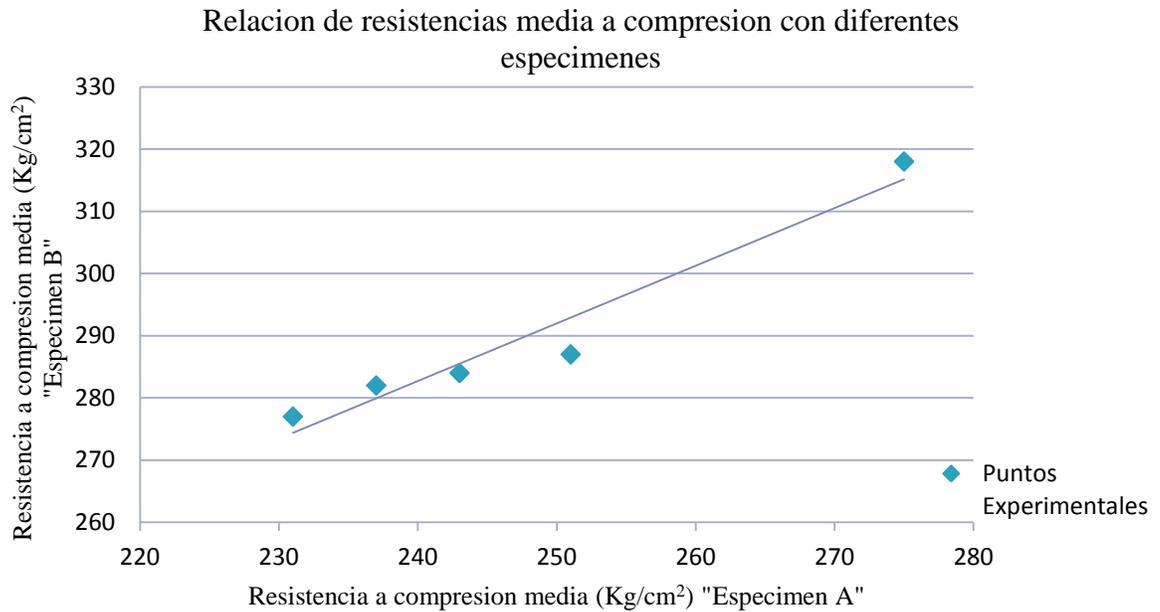


Parámetros estadísticos de la grafica			
Ecuación de la recta	Coef.de Determinación	Coef. de Correlación	Error Estándar del estimado
1.2487X-26.1218	0.9281	0.9634	5.92

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

El coeficiente de correlación supera al valor “r” igual a 0.70, mínimo establecido en la Norma Covenin 3549:1999 Tecnología del Concreto. Manual de elementos de estadística y diseño de experimentos.

Grafica N° 4 Mezcla N° 2: Relación de resistencias media a compresión, 28 días



Parámetros estadísticos de la grafica			
Ecuación de la recta	Coef.de Determinación	Coef. de Correlación	Error Estándar del estimado
0.9262X+60.4508	0.9469	0.9731	4.55

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Para este caso la pendiente se mantiene positiva pero menor a uno, esto no quiere que la resistencia a compresión en los especímenes tipos “A” aumente en mayor proporción a las obtenidas con la probeta tipo “B”, sino que para el mejor ajuste de la recta teórica la pendiente “a” disminuyó y el valor de “b” corte con las ordenadas aumentó.

Según las especificaciones descritas en la Norma 3549-1999: “Tecnología del concreto. Manual de elementos de estadística y diseño de experimentos” en su artículo 10, el coeficiente de correlación mínimo es $r = 0.70$ para $n=5$ (cantidad de

mezclas realizadas) y considerando un nivel de significación del 23%, los coeficientes de correlación de las Graficas N° 1, 2, 3 y 4 son mayores al coeficiente mencionado anteriormente por ende dichos coeficientes son significativos y representan una alta intensidad de relación entre las resistencias a compresión obtenidas con diferentes especímenes.

Calculo del Factor de Correlación K

Tabla N° 24: Calculo del Factor de correlación "K" para la "Mezcla N° 1"

Parámetros	Resistencia a compresión obtenida utilizando especímenes "A"		Resistencia a compresión obtenida utilizando especímenes "B"	
Edad (días)	7	28	7	28
Numero de ensayos	5	5	5	5
Resistencia Mínima (Kgf/cm ²)	172	223	192	247
Resistencia Máxima (Kgf/cm ²)	192	233	225	267
Rango "d" (Kgf/cm ²)	20	10	33	20
Resistencia Promedio (Kgf/cm ²)	178	228	201	257
Desviación Estándar (Kgf/cm ²)	10.41	6.45	14.57	11.62
% de Resistencia alcanzado	69	89	78	100
Asentamiento prom (pulgadas)	6			
Factor de Correlación "K" 7 días	1.13			
Factor de Correlación "K" 28 días	1.13			

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Las resistencias a compresión promedio en los especímenes tipo A se obtuvieron tomando valores arbitrarios dentro del rango "d" calculado, con dichos valores y mediante la ecuación de la recta se determinaron las resistencias alcanzadas con los cilindros 15x30 cm.

Tabla N° 25: Calculo del Factor de correlación "K" para la "Mezcla N° 2"

Parámetros	Resistencia a compresión obtenida utilizando especímenes "A"		Resistencia a compresión obtenida utilizando especímenes "B"	
	7	28	7	28
Edad (días)	7	28	7	28
Numero de ensayos	5	5	5	5
Resistencia Mínima (Kgf/cm ²)	197	231	220	277
Resistencia Máxima (Kgf/cm ²)	236	275	271	318
Rango "d" (Kgf/cm ²)	39	44	51	41
Resistencia Promedio (Kgf/cm ²)	213	246	240	288
Desviación Estándar (Kgf/cm ²)	13.51	17.82	16.62	16.54
% de Resistencia alcanzado	74	85	83	100
Asentamiento prom (pulgadas)	5 1/2"			
Factor de Correlación "K" 7 días	1.13			
Factor de Correlación "K" 28 días	1.17			

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

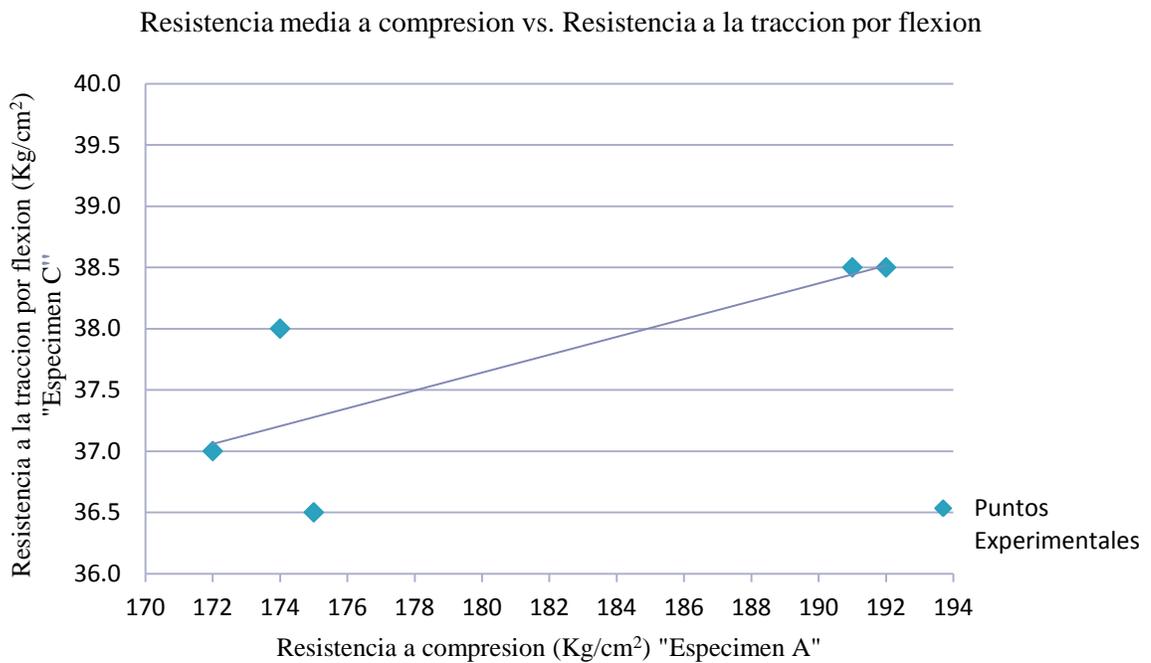
Los factores de correlación calculados a los 7 y 28 días en ambas mezclas resulto mayor a 1, ya que las resistencias calculadas mediante los especímenes "A" dieron menores a las obtenidas con los especímenes "B".

El factor de correlación calculado a los 28 días en la mezcla N° 2 fue el mayor de todos, por lo que se puede inferir que a medida que la resistencia a compresión de diseño aumenta, la resistencia a compresión obtenida mediante los cilindros 10,6x21,2 cm disminuye.

El tamaño máximo nominal del agregado grueso (1"), dificultó el proceso de compactación en los cilindros 10.6x21.2 cm, siendo este uno de los factores que influyeron en las bajas resistencias a la compresión presentadas con los especímenes "A" a los 28 días con respecto a los cilindros de dimensiones estandarizadas.

Curvas de correlación entre las resistencias a compresión Especímenes “A” y las resistencias a la tracción por flexión Especímenes “C”

Grafica N° 5 Mezcla N° 1: Relación de resistencias media a compresión y resistencias a la tracción por flexión, 7 días

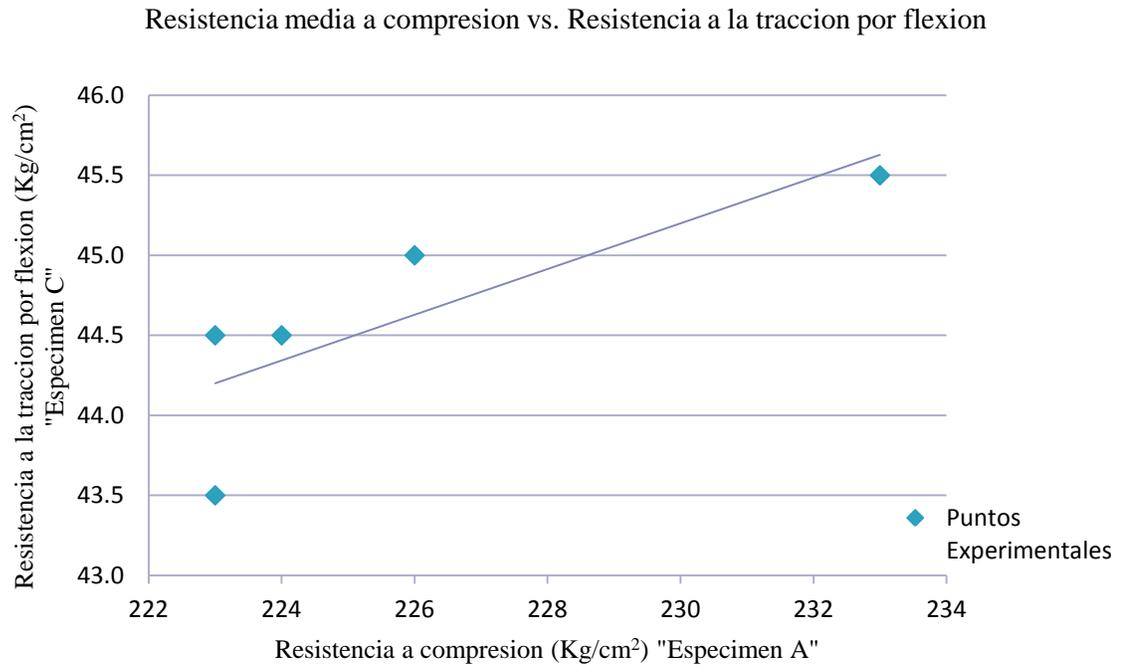


Parámetros estadísticos de la grafica			
Ecuación de la recta	Coef.de Determinación	Coef. de Correlación	Error Estándar del estimado
0.0729X+24.5189	0.6230	0.7893	0.76

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

El valor de la pendiente es positivo y menor a 1, lo que significa que la resistencia a tracción por flexión aumenta conforme lo hace la resistencia a compresión pero en menor proporción.

Grafica N° 6 Mezcla N° 1: Relación de resistencias media a compresión y resistencias a la tracción por flexión, 28 días

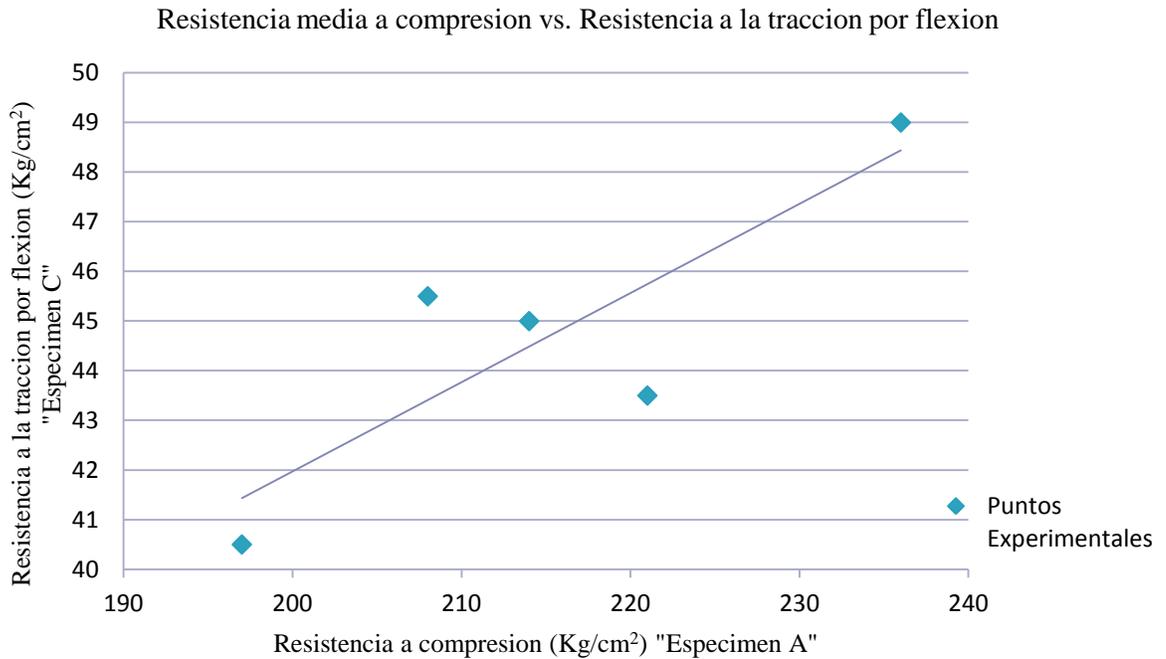


Parámetros estadísticos de la grafica			
Ecuación de la recta	Coef.de Determinación	Coef. de Correlación	Error Estándar del estimado
0.1427X+12.3884	0.6550	0.8093	0.65

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

El coeficiente de correlación cumple con el mínimo estipulado en la norma Covenin 3549: 1999.

Grafica N° 7 Mezcla N° 2: Relación de resistencias media a compresión y resistencias a la tracción por flexión, 7 días

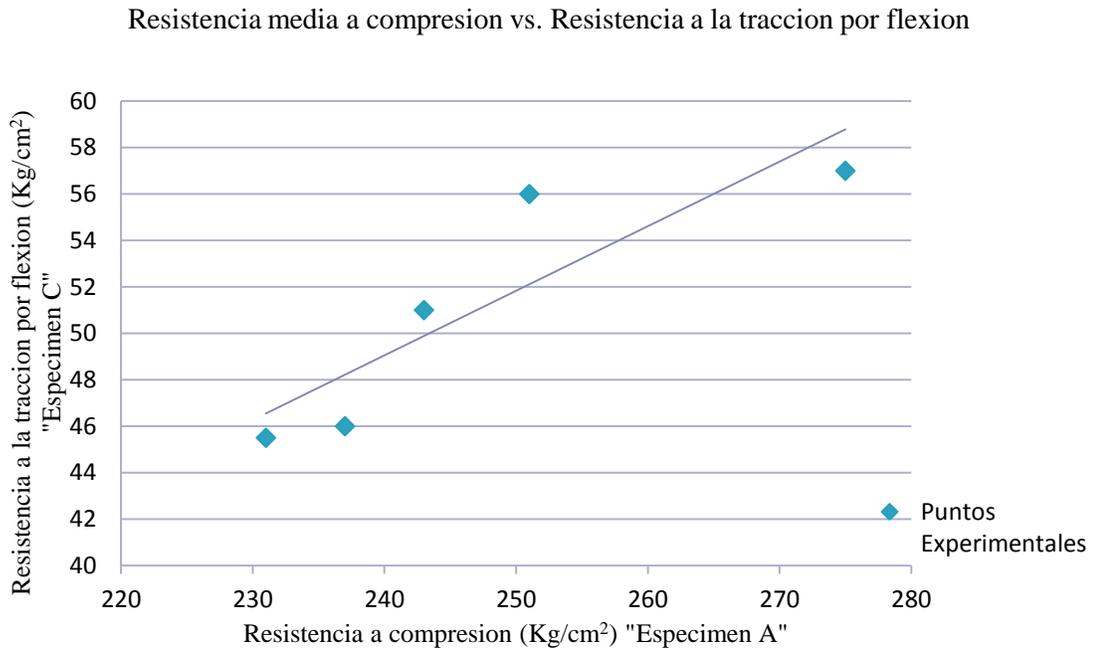


Parámetros estadísticos de la grafica			
Ecuación de la recta	Coef.de Determinación	Coef. de Correlación	Error Estándar del estimado
0.1796X+6.0510	0.7166	0.8465	1.98

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

La ecuación de la recta sigue la tendencia de las graficas anteriores, pendiente positiva y menor a 1.

Grafica N° 8 Mezcla N° 2: Relación de resistencias media a compresión y resistencias a la tracción por flexión, 28 días



Parámetros estadísticos de la grafica			
Ecuación de la recta	Coef.de Determinación	Coef. de Correlación	Error Estándar del estimado
0.2782X-17.7208	0.7799	0.8831	2.93

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Los coeficientes de correlación de las Graficas N° 5, 6, 7 y 8 son levemente mayores al coeficiente mínimo ($r=0.70$) por ende dichos coeficientes son significativos y representan una moderada intensidad de relación entre las resistencias a compresión y la resistencia a la tracción por flexión.

Calculo del Factor de Correlación Kr

Tabla N° 26: Calculo del Factor Kr para la "Mezcla N° 1"

Parámetros	Resistencia a la tracción por flexión obtenida utilizando especímenes "C"		Resistencia a compresión obtenida utilizando especímenes "A"	
Edad (días)	7	28	7	28
Numero de ensayos	5	5	5	5
Resistencia Mínima (Kgf/cm ²)	36.5	43.5	172	223
Resistencia Máxima (Kgf/cm ²)	38.5	45.5	192	233
Rango "d" (Kgf/cm ²)	2	2	20	10
Resistencia Promedio (Kgf/cm ²)	37.7	45	178	228
Desviación Estándar (Kgf/cm ²)	0.76	0.91	10.41	6.45
Factor de Correlación "Kr" 7 días	2.83			
Factor de Correlación "Kr" 28 días	2.98			

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Las resistencias promedio se determinaron de la misma manera que se realizo en el cálculo del factor de correlación K en la Tabla 24 y 25, en este caso obteniendo mediante la ecuación de la recta los valores de las resistencias a la tracción por flexión.

Tabla N° 27: Calculo del Factor Kr para la "Mezcla N° 2"

Parámetros	Resistencia a la tracción por flexión obtenida utilizando especímenes "C"		Resistencia a compresión obtenida utilizando especímenes "A"	
	7	28	7	28
Edad (días)	7	28	7	28
Numero de ensayos	5	5	5	5
Resistencia Mínima (Kgf/cm ²)	40.5	46	197	231
Resistencia Máxima (Kgf/cm ²)	49	57	236	275
Rango "d" (Kgf/cm ²)	8.5	12	39	44
Resistencia Promedio (Kgf/cm ²)	44.5	51	213	246
Desviación Estándar (Kgf/cm ²)	2.50	4.91	13.51	17.82
Factor de Correlación "Kr" 7 días	3.05			
Factor de Correlación "Kr" 28 días	3.25			

Fuente: (Guillen & Soto, 2012)

Los factores de correlación "Kr" calculado a los 7 y 28 días en ambas mezclas se aproximan a 3, valor diferente al que estipula la norma Covenin 1753:2006, en su artículo 9.6.2.1; esto es debido a que las resistencias obtenidas mediante los especímenes "A" son menores lo que implica que el factor "Kr" aumenta.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Las resistencias obtenidas a los 7 días alcanzaron altos porcentajes con respecto a los 28 días, debido a las bajas proporciones de la relación agua/cemento con la que se diseñaron las mezclas.
- Se dificultó el proceso de compactación en los cilindros 10,6x21,2 cm ya que la dosificación estaba diseñada con una relación beta (β) igual a 0.43 y un tamaño máximo nominal del agregado grueso igual a 1”.
- Las resistencias a compresión obtenida con los especímenes tipo A, disminuye en más de un 50% cuando se ensayan con bases de neoprenos de 15.7 cm de diámetro.
- Para disminuir el efecto de dispersión en las pruebas de compresión con los cilindros de dimensiones 10,6x21,2 cm, los ensayos se deben realizar con 4 probetas.
- A medida que aumenta la resistencia a compresión de diseño, el factor “K” estudiado aumenta.
- El factor K_r aumenta a medida que lo hace la resistencia cilíndrica a compresión.

- El uso de los factores de correlación establecido en el presente trabajo de investigación, es aplicable siempre y cuando se trabajen con las mismas características de los materiales utilizados.

Recomendaciones

- La varilla de compactación debe ser de un diámetro 3/8" y longitud de 30 cm para los cilindros 10.6x21.2 cm.
- Los golpes laterales en cada capa deberán realizarse mediante un martillo de goma con sumo cuidado, evitando utilizar la barra de compactación ya que está en muy débil para nivelar la superficie de la capa de concreto.
- Al realizar el ensayo a la compresión, no debe colocarse bases de neopreno de diámetro distinto al de la probeta en estudio.
- Realizar el ensayo de compresión simple en los cilindros 10.6x21.2 cm, con una velocidad de carga entre 2 a 3 Kgf/cm²/segundos, ya que se presento mucha dispersión en los resultados cuando se ensayaron los cilindros antes mencionados con velocidades de cargas mayores.
- Realizar el estudio de correlación con análisis estadístico entre los cilindros 10.6x21.2 cm y cilindros 15x30 cm, usando un agregado de tamaño máximo nominal igual a 3/4", con la finalidad de comparar las resistencias a compresión determinadas en la presente investigación.
- Evaluar el comportamiento de las probetas cilíndricas de dimensiones 10,6x21x2 cm mediante el uso de aditivos, estudiando a su vez la dispersión presente en los resultados de cada ensayo.
- Realizar el estudio de correlación con análisis estadístico entre los cilindros 10,6x21,2 cm y cilindros 15x30 cm, utilizando una dosificación con relación beta (β) superior o igual a 0.50, con el propósito de determinar mediante la

resistencia a compresión la influencia de la relación beta en el proceso de compactación en los cilindros de menores dimensiones.

BIBLIOGRAFÍA

ASTM C 31: Elaboración y curado en obra de especímenes de hormigón para pruebas de compresión.

COVENIN 255-77: Método de Ensayo para determinar la composición Granulométrica de agregados finos y gruesos.

COVENIN 261-77: Método de Ensayo para la determinación cualitativa de la presencia de cloruros y sulfatos en arenas.

COVENIN 269- ASTM C127: Método de Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso.

COVENIN 268 – ASTM C128: Método de Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino.

COVENIN 277-92: Agregados para concretos especificaciones.

COVENIN 1753-2006: Proyecto y Construcción de obras en concreto estructural.

COVENIN 340-2004. Concreto. Elaboración y curado de probetas en el laboratorio para ensayos a flexión.

COVENIN 1976-2003: Concreto. Evaluación y Métodos de Ensayos.

COVENIN 338-2002: Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto.

COVENIN 344-2002: Concreto Fresco. Toma de Muestras.

COVENIN 354: 2001: Concreto. Método para mezclado en el laboratorio.

COVENIN 3549-1999: Tecnología del Concreto. Manual de elementos de estadística y diseño de experimentos. Norma

COVENIN 339-1994: Concreto. Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams. Norma

COVENIN 343-1979: Método de Ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas, con carga en el centro del tramo.

Argueta, Alvarado J. y Acosta, Orellana D. (s.f.). *En ensayos de resistencia a la comprensión*. [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.ugb.edu.sv/index.php/resumenes-de-investigaciones/ingenieria-y-arte/156-en-ensayos-de-resistencia-a-la-compresion-.html>

Arias, Fidas G. (2006). *El Proyecto de Investigación*. Introducción a la Metodología Científica. (5ta Edición). Caracas: Editorial Episteme.

Asociación Argentina del Hormigón Elaborado. (2007). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.hormigonelaborado.com/default.asp?IDSEC=62&IDCONTPRI=534>

Del Viso, J., Ruiz, G., Carmona J. y Porrás-Soriano R. (s.f.) *Relación entre la resistencia a compresión obtenida con probetas cúbicas y cilíndricas de varios tamaños en hormigones de alta resistencia*. (2008). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.gef.es/Congresos/25/pdf/10-1.pdf>

Ingeniería Civil en el Salvador (s.f.). [Página web en línea]. Disponible en:
<http://ingenieriasalva.blogspot.com/2009/04/designacion-c-31c-31m-03a.html>

Nawy, E. (1995). *Concreto Reforzado*. (Primera Edición). New York: Editorial McGraw-Hill,

Porrero, J., Salas, R., Ramos, C., Grases, J. y Velazco, G. (2009). *Manual del Concreto Estructural*. (Tercera Edición). Caracas: Editorial Sidetur.

Waddell, J. y Dobrowski, J. (2000). *Manual de la Construcción con Concreto*. Tomo I y II. (Tercera Edición). Caracas: Editorial McGraw-Hill.

Francisco, S. *Diseño de mezcla utilizando Agregados de la Regio Central*. Tesis de Grado. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Carabobo. Naganagua

Hurtado, De Barrera J. (2005). *Como Formular Objetivos de Investigación. Un Acercamiento desde la Investigación Holística*. (Quinta Edición). Caracas: Ediciones Quirón.

Hurtado, De Barrera J. (2007). *El Proyecto de Investigación. Metodología de la Investigación Holística*. Caracas: Ediciones Quirón.

Mondragón, Órnelas M. (2010). *Correlación de la Resistencia a Compresión entre cilindros de concreto, de 15 x 30 cm y 10 x 20 cm, variando el T.M del agregado (1", ¾" y ½") y conservando constante el M.F., utilizando Cemento Tipo CPC 30*. [Tesis en línea]. Universidad Michoacana de San Nicola de Hidalgo. Consultada el 7 de mayo del 2012 en:
<http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/123456789/1273/1/CORR>

ELACI% C3% 93N% 20DE% 20LA% 20RESISTENCIA% 20A% 20COMPRESI% C3% 93N% 20ENTRE% 20CILINDROS% 20D.pdf.

Spiegel, Murray R. (2000). *Estadística, Serie de Compendios Schaum* (Segunda Edición). México: Editorial McGraw-Hill.

Kosmatka, S. y Paransese, W. (1992). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

León, José D. y Niño Víctor L., (2007). *Determinación de Diseños de Mezcla de Concreto para Pavimentos con Análisis de Correlación Estadística entre las Resistencia a la Tracción por Flexión y la Resistencia a la Compresión*. Tesis de Grado. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Carabobo.

López, Casuso R. (1978). *Introducción al Cálculo de Probabilidades e Inferencia Estadística*. Caracas: Autor.

Lugo, S. (s.f). *Manual para la Realización de Prácticas de Laboratorio en la Asignatura “Materiales y Ensayo” de la Carrera de Ingeniería Civil en la Universidad de Carabobo*.

Govinden, Lincoyán, (1985), *Introducción a la Estadística*, Bogotá: Ed. McGraw-Hill.