



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

TITULACIÓN DE INGENIERO CIVIL

***“Incidencia del desgaste de las almohadillas no adherentes en el ensayo de
compresión de cilindros de hormigón”***

Trabajo de fin de titulación.

AUTOR:

Quilambaqui Montaña José Alberto

DIRECTOR:

Valarezo Aguilar Marlon Francisco, M.Sc.

Loja-Ecuador

2012

CERTIFICACIÓN

Ing.

Marlon Francisco Valarezo Aguilar.

DIRECTOR

C E R T I F I C O:

*Que he dirigido y revisado el presente proyecto de investigación titulado “**INCIDENCIA DEL DESGASTE DE LAS ALMOHADILLAS NO ADHERENTES EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, realizado por el señor José Alberto Quilambaqui Montaña; y, en razón de que el mencionado trabajo cumple con los requisitos legales exigidos por la Escuela de Ingeniería Civil, autorizo su presentación ante el tribunal de grado respectivo.*

Loja, Noviembre de 2012

Ing. Marlon Francisco Valarezo Aguilar

DIRECTOR

AUTORÍA

Las ideas y conceptos, así como el tratamiento formal y científico de la metodología de la investigación contemplada en la tesis sobre “INCIDENCIA DEL DESGASTE DE LAS ALMOHADILLAS NO ADHERENTES EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN”, previa a la obtención del grado de Ingeniero Civil de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja, son de mi responsabilidad..

José Alberto Quilambaqui Montaña

CESIÓN DE DERECHOS DE TESIS

Yo, José Alberto Quilambaqui Montaña, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y de tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

Loja, Noviembre de 2012

José Alberto Quilambaqui Montaña

AUTOR

AGRADECIMIENTO

Especialmente le doy gracias a Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi vida; a mis padres que incondicionalmente siempre me apoyaron; de la manera más sincera agradezco al Ing. Marlon Valarezo A, quien con paciencia y dedicación me oriento con sus conocimientos de la manera más adecuada en el desarrollo de esta investigación; a los docentes de la UCG, que con dedicación me apoyaron y orientaron a lo largo de toda mi formación profesional; a todas las personas que de alguna manera colaboraron en el desarrollo de la presente investigación.

El autor

DEDICATORIA

A Dios por todas las bendiciones que me ha concedido a lo largo de mi vida; a mis padres José Quilambaqui y Mariana Montaña, quienes con todo su cariño y su gran esfuerzo me han brindado su apoyo y su confianza a lo largo de mi vida y permitieron cumplir con esta meta; a mis hermanos y a mi familia que nunca dejaron de apoyarme; y a todas las personas que de alguna forma me ayudaron en mi formación profesional.

José Alberto Quilambaqui Montaña

ÍNDICE DE CONTENIDOS

<i>CERTIFICACIÓN</i>	ii
<i>AUTORÍA</i>	iii
<i>CESIÓN DE DERECHOS DE TESIS</i>	iv
<i>AGRADECIMIENTO</i>	v
<i>DEDICATORIA</i>	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
<i>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</i>	ix
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	xi
<i>RESUMEN</i>	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
1 GENERALIDADES	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodología.....	3
1.4 Resultados esperados.....	4
2 FUNDAMENTOS TEORICOS.....	5
2.1 Ensayo de Resistencia a compresión.....	5
2.1.1 Refrentado de especímenes cilíndricos	7
2.2 Análisis estadístico	13
2.2.2 Funciones estadísticas.....	17
2.2.3 Análisis de varianza (ANOVA).....	20
2.2.4 Software utilizado para el análisis estadístico.....	27
3 MATERIALES Y METODOS	30

3.1	Materiales	30
3.1.1	Áridos.....	31
3.1.2	Cemento utilizado	32
3.1.3	Calidad del agua utilizada	32
3.1.4	Almohadillas Elastoméricas.....	33
3.2	Métodos empleados	34
3.2.1	Diseño del hormigón.....	34
3.2.2	Fabricación de las probetas cilíndricas.....	36
3.2.3	Curado y protección de las probetas	41
3.2.4	Ensayo de resistencia a la compresión	42
4	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	47
4.1	Análisis estadístico.....	47
4.1.1	Resultados de resistencia a compresión analizados.....	47
4.1.2	Análisis de Varianza con SPSS y R ESTADISTIC.....	48
4.1.3	Metodología de desgaste de las almohadillas elastoméricas	63
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
6	BIBLIOGRAFÍA	69
7	ANEXOS	72

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 2-1 Almohadillas elastoméricas.	11
Figura 2-2 Distribución F de Fisher	23
Figura 2-3 Subcuadro de dialogo ANOVA de un factor. Comparaciones múltiples post hoc. SPSS.	25
Figura 3-1 Áridos seleccionados.	31
Figura 3-2 Clasificación de almohadillas elastoméricas.	34
Figura 3-3 Medida de los materiales para el hormigón.	35
Figura 3-4 Equipo utilizado en la elaboración de especímenes.....	36
Figura 3-5 Fabricación del hormigón.....	37
Figura 3-6 Hormigón en estado fresco.	37
Figura 3-7 Ensayo de asentamiento.....	38
Figura 3-8 Equipo utilizado para determinar la masa volumétrica.	39
Figura 3-9 Fabricación de probetas.	39
Figura 3-10 Identificación de las probetas.....	41
Figura 3-11 Especímenes cilíndricos fabricados	41
Figura 3-12 Curado de especímenes cilíndricos	42
Figura 3-13 Verificación de verticalidad y planeidad de especímenes cilíndricos..	43
Figura 3-14 Registro de medidas para cada espécimen (Peso, diámetro, longitud)	43
Figura 3-15 Máquina de ensayo a compresión ACCU-TEK.....	44
Figura 3-16 Fallas en los especímenes cilíndricos.	45
Figura 3-17 Especímenes cilíndricos ensayados.	45
Figura 4-1 Histogramas de Frecuencias, cilindros 150x300 mm.....	49

Figura 4-2 Gráficos de normalidad, cilindros 150x300 mm (gráfico P-P).....	51
Figura 4-3 Gráficos de normalidad, cilindros 150x300 mm (gráfico Q-Q).....	51
Figura 4-4 Resistencias obtenidas con neoprenos nuevos vs neoprenos gastados, cilindros 150x300 mm.	52
Figura 4-5 Resistencias obtenidas con neoprenos reutilizados vs neoprenos gastados, cilindros 150x300 mm.	53
Figura 4-6 Comparación a un intervalo de confianza del 95%, cilindros 150x300 mm.	55
Figura 4-7 Comparación de resultados según tipo de neopreno, especímenes cilíndricos 150x300 mm.....	56
Figura 4-8 Histogramas de frecuencias, cilindros de 100x200 mm.	57
Figura 4-9 Gráficos de normalidad, cilindros 100x200 mm (gráfico P-P).....	58
Figura 4-10 Gráficos de normalidad, cilindros 100x200 mm (gráfico Q-Q).	58
Figura 4-11 Resistencias obtenidas con neoprenos nuevos vs neoprenos gastados, cilindros 100x200 mm.	59
Figura 4-12 Resistencias obtenidas con neoprenos reutilizados vs neoprenos gastados, cilindros 100x200 mm.	60
Figura 4-13 Comparación a un intervalo de confianza del 95%, cilindros 100x200 mm	62
Figura 4-14 Comparación de resultados según tipo de neopreno, especímenes cilíndricos 100x200 mm.....	63
Figura 4-15 Número de usos promedio de almohadillas, cilindros 150x300 mm ..	64
Figura 4-16 Número de usos promedio de almohadillas, cilindros 100x200 mm ..	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Dureza del neopreno según su uso	12
Tabla 2-2 Promedio de una muestra de tres resultados.....	17
Tabla 2-3 Rango máximo aceptable.....	17
Tabla 2-4 Datos típicos de un experimento con un solo factor	22
Tabla 2-5 Análisis de varianza para un experimento de un solo factor.....	24
Tabla 2-6 Comparaciones múltiples (HSD de Tukey)	26
Tabla 3-1 Características de los áridos.....	32
Tabla 3-2 Resumen de dosificación del hormigón	35
Tabla 3-3 Corrección de la dosificación por humedad	36
Tabla 3-4 Temperatura de curado, °C.....	42
Tabla 3-5 Número total de neoprenos utilizados en la investigación	46
Tabla 4-1 Valores descriptivos de especímenes cilíndricos 150x300 mm.....	49
Tabla 4-2 Análisis de varianza (SPSS) neoprenos nuevos vs gastados, especímenes cilíndricos 150x300 mm.....	52
Tabla 4-3 Análisis de varianza (SPSS) neoprenos reutilizados vs gastados, especímenes cilíndricos 150x300 mm.....	53
Tabla 4-4 Análisis post hoc (SPSS) comparaciones múltiples, cilíndricos 150x300 mm	54
Tabla 4-5 Análisis post hoc (SPSS) método de Tukey, cilíndricos 150x300 mm	54
Tabla 4-6 Análisis post hoc (R ESTADISTIC) método Tukey, cilíndricos 150x300 mm	55
Tabla 4-7 Valores descriptivos de especímenes cilíndricos 100x200 mm.....	57

Tabla 4-8 Análisis de varianza (SPSS) neoprenos nuevos vs gastados, especímenes cilíndricos 100x200 mm.....	59
Tabla 4-9 Análisis de varianza (SPSS) neoprenos reutilizados vs gastados, especímenes cilíndricos 100x200 mm.....	60
Tabla 4-10 Análisis post hoc (SPSS), comparaciones múltiples	61
Tabla 4-11 Análisis post hoc (SPSS), método de Tukey	61
Tabla 4-12 Análisis post hoc (R ESTADISTIC), método de Tukey	61

RESUMEN

Este trabajo analizó la incidencia del desgaste de almohadillas elastoméricas sobre los resultados de resistencia a compresión, los procedimientos para realizar el refrentado de especímenes cilíndricos con almohadillas elastoméricas se describen en ASTM C 1231.

Se diseñó hormigón con resistencia a la compresión de 21 MPa, a partir de esto se elaboraron 132 especímenes cilíndricos de 100x200 mm y 130 especímenes de 150x300 mm, además se analizaron 240 datos adicionales de especímenes ensayados que no fueron elaborados en esta investigación con resistencia a la compresión desde 17 hasta 40 MPa.

Se diseñó una escala de clasificación con tres niveles para identificar el estado de los neoprenos, en base a esto evaluó el desgaste en función del número de usos. Con el propósito de identificar la incidencia del desgaste sobre los resultados de resistencia a compresión, se utilizó los resultados obtenidos clasificados de acuerdo al tipo de neopreno usado en su ensayo, y con esto se realizó un análisis de varianza (ANOVA), este análisis se realizó en el software SPSS y R ESTADISTIC.

ABSTRACT

This work analyzed the incidence of wear of pads elastomeric on the results of compressive strength, the procedures for performing the facing of cylindrical specimens with elastomeric pads described in ASTM C 1231.

Designed concrete with resistance to compression of 21 MPa, 132 cylindrical specimens of 100 x 200 mm were developed from this and 130 specimens of 150 x 300 mm, also analyzed 240 additional specimen data tested which not were developed in this research with compressive strength from 17 up to 40 MPa.

A scale of classification with three levels has been designed to identify the status of the wetsuits, based on this assessed wear depending on the number of uses. Results obtained classified according to the type of neoprene used in his essay, was used with the purpose of identifying the incidence of wear on the results of resistance to compression, and with this, an analysis of variance (ANOVA), this analysis was carried out in SPSS and R ESTADÍSTIC software.



1 GENERALIDADES

1.1 Introducción

La resistencia a compresión del hormigón es la medida más común que se emplea en la actualidad para medir la calidad y el desempeño del hormigón en la obra. Esta propiedad se mide mediante la ruptura de probetas cilíndricas de concreto al aplicar una carga en una máquina de ensayos de compresión.

Antes de ensayar las probetas cilíndricas se debe preparar las caras de aplicación de la carga para que estas sean paralelas entre sí, con el fin de distribuir de manera uniforme la carga sobre toda su superficie, esto se realiza a través de un proceso denominado refrentado.

La norma ASTM C 1231 describe los procedimientos para el “Uso de almohadillas de refrentado para la determinación del esfuerzo de compresión de cilindros de hormigón endurecido”, para cilindros moldeados y fabricados de acuerdo a la norma ASTM C 31 o ASTM C 192. Los procedimientos de refrentado descritos en la norma ASTM C 1231 tienen como objetivo principal distribuir uniformemente la carga aplicada sobre toda la superficie del cilindro, esta misma norma también limita el uso de este método de refrentado solo para aceptación de cilindros de hormigón con resistencias a la compresión entre 10 y 85 MPa.

A su vez esta norma clasifica las almohadillas de neopreno de acuerdo a su dureza recomendando usar almohadillas de dureza 50 para hormigón con resistencia a compresión entre 10 a 40 MPa y con dureza entre 60 y 70 para hormigón con resistencia a compresión entre 40 a 85 MPa. El número de usos de una almohadilla también es limitado por la normativa, siendo el máximo valor aceptable 100 usos, con excepción de las que se usan para ensayar hormigón con resistencia a compresión entre 50 a 85 MPa en donde el límite es 50.



La norma ASTM C 1231, especifica y recomienda retirar las almohadillas cuando se observa un desgaste excesivo o cuando se observan grietas en la superficie de la almohadilla que superan los 10 mm en longitud sin importar su profundidad. También se recomienda llevar un registro de la fecha en que se pone en funcionamiento la almohadilla, de su dureza y del número de usos permitidos.

Estas recomendaciones resultan demasiado estrictas con respecto al uso de almohadillas, puesto que muchas almohadillas presentan estas rajaduras mucho antes de los 100 usos que dispone la norma, sumando a esto la gran mayoría de laboratorios en nuestro país y el mundo no llevan un registro adecuado sobre el número de utilizaciones que ha tenido una almohadilla, por esta razón en la mayoría de casos no se puede saber si la almohadilla utilizada en un ensayo de compresión cumplió o no con el número de usos recomendados por la norma. Esto implica que muchos de los resultados de resistencia ya reportados por los laboratorios fueron resultado del uso de almohadillas que no cumplen con la especificación ASTM C 1231.

En este ámbito se propuso el trabajo de investigación denominado “Incidencia del desgaste de las almohadillas no adherentes en el ensayo de compresión de cilindros de hormigón” con el que determinamos la incidencia del uso de almohadillas en las pruebas de resistencia, de esta manera se verificó si todas las especificaciones mencionadas son totalmente necesarias para un correcto desarrollo del ensayo.

1.2 Objetivos

- Establecer una escala de desgaste para las almohadillas elastoméricas.
- Evaluar el desgaste de almohadillas en función del número de usos.
- Comprobar los límites establecidos en la norma ASTM C 1231, comparando resultados de resistencia a compresión obtenidos con el empleo de los diferentes tipos de almohadillas elastoméricas establecidas en la escala de desgaste.



1.3 Metodología

Con el fin de cumplir con los objetivos planteados en el presente proyecto se ejecutó las siguientes actividades.

1. Se seleccionó los materiales con mejor calidad para la elaboración de las probetas cilíndricas, los áridos empleados fueron provenientes de la concesión minera MALCA 3. Se ejecutaron ensayos de calidad para los áridos que fueron utilizados.
2. Se estableció una escala de desgaste para las almohadillas elastoméricas que se utilizaron en el ensayo de resistencia a compresión, las mismas que incluyeron almohadillas nuevas, reutilizadas y deterioradas que no cumplen con los requerimientos de la norma ASTM C 1231; apropiadas para los cilindros de tamaño 100x200 mm y 150x300 mm.
3. Se desarrolló una dosificación de hormigón para 21 MPa de acuerdo con ACI 211.
4. Con la dosificación desarrollada se fabricaron 130 cilindros de hormigón en probetas de 100x200 mm y 132 cilindros en probetas de 150x300 mm, se realizó ensayos de control de calidad para el hormigón.
5. Una vez elaborados los cilindros todos se sometieron a las mismas condiciones de curado y protección por un tiempo de 28 días.
6. Finalmente los cilindros de hormigón fabricados se sometieron al ensayo de resistencia a compresión (ASTM C 39), utilizando los diferentes tipos de almohadillas y registrando los datos de los usos realizados a cada almohadilla.
7. Al final de este proceso se verificó el número de usos para cada almohadilla y su desgaste, así como la influencia de estos dos factores en la



determinación de la resistencia a compresión de los cilindros de hormigón.
Para este fin se realizó un análisis estadístico de los resultados obtenidos.

1.4 Resultados esperados

Se espera determinar la incidencia y el impacto que tiene el número de usos y el desgaste de una almohadilla elastomérica en los resultados del ensayo de resistencia a compresión de cilindros de hormigón endurecido.

Esta investigación se realizó en el laboratorio de Resistencia de Materiales de la UCG en la UTPL (Loja – Ecuador) durante los meses de diciembre 2011 hasta abril de 2012 en lo relacionado a ensayos de áridos y a elaboración de especímenes de prueba, prolongándose hasta mayo de 2012 con las pruebas de resistencia a la compresión.



2 FUNDAMENTOS TEORICOS

En la presente sección se detalla de manera general el estado del conocimiento respecto al uso de almohadillas de neopreno en el ensayo de resistencia a compresión del hormigón, además se describen los procedimientos y restricciones que se deben considerar para el uso de este tipo de refrentado, con el fin de obtener resultados satisfactorios.

Es un reto enorme producir hormigones más durables y más económicos, esto se consigue a través de un proceso de control de calidad. La industria del hormigón debe buscar la forma de mejorar las propiedades del material como pueden ser la resistencia, la durabilidad, entre otras.

La principal característica estructural del hormigón es que resiste muy bien los esfuerzos de compresión, pero no tiene buen comportamiento frente a otros tipos de esfuerzos (tracción, flexión, cortante, etc.).

Por esta razón se debe enfatizar en mejorar y optimizar los procesos de control de las propiedades del hormigón especialmente la resistencia a compresión, ya que esta se la puede considerar como la principal característica estructural; tomando esto como referencia en esta investigación se buscó identificar y disminuir al mínimo las fuentes de error que se pueden presentar en el proceso de refrentado con almohadillas de neopreno las mismas que puedan alterar los resultados esperados de la resistencia a compresión del hormigón.

2.1 Ensayo de Resistencia a compresión

La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de hormigón. Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm^2) o megapascuales (MPa) a una edad de 28 días (Kosmatka et al., 2004).



La norma ASTM C 39 se ha mantenido como estándar para la prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón durante más de 80 años.

Los especímenes cilíndricos de hormigón antes de ser ensayados se mantienen en curado sumergidos en agua por periodos que varían entre 24 horas a 90 días.

Esta norma requiere que se ensaye las probetas colocándolas en el rodillo inferior de una máquina de ensayos de compresión y cuidando que la probeta se encuentre alineada con el eje de carga (centrado entre las placas).

Una vez iniciada la prueba se debe aplicar la carga de manera uniforme sin choque a una velocidad consistente. La aplicación de la fuerza debe continuar de esta manera más allá del punto en que se logre la rotura de la probeta, hasta que la muestra exhiba un patrón de fractura bien definido.

Se recomienda leer y revisar la norma ASTM C 39 con el fin de entender totalmente los procedimientos y requisitos de esta prueba.

Para ensayos de resistencia a compresión se utilizan probetas cilíndricas con una altura igual a dos veces su diámetro, o probetas cúbicas generalmente de 150 mm por lado.

La probeta estándar para la resistencia a compresión del hormigón con árido de dimensión máxima de 50 mm o menor es un cilindro de 150 de diámetro por 300 mm de altura. El diámetro del cilindro debe ser, por lo menos, tres veces mayor que la dimensión máxima del árido y la altura debe ser dos veces el diámetro. Aunque se prefieren los moldes metálicos rígidos, se puede usar moldes plásticos. Se deben colocar los moldes sobre una superficie lisa, nivelada y rígida y se los debe llenar cuidadosamente para evitar distorsiones en su forma (Kosmatka et al., 2004).

El molde de cilindro con 100 mm de diámetro por 200 mm de altura está siendo utilizado normalmente para los hormigones de alta resistencia. El cilindro de



100x200 mm es más fácil de moldear, requiere menos muestra, pesa mucho menos que el cilindro de hormigón de 150x300 mm y, por lo tanto, es más fácil de manejarlo y requiere menos espacio para su curado húmedo.

Las probetas prismáticas o vigas usadas para determinar la resistencia a la tracción por flexión son comúnmente de sección transversal cuadrada de 150 mm de lado y una longitud de 500 mm (Kosmatka et al., 2004).

Antes de aplicar la carga en el ensayo de resistencia a la compresión se debe preparar las bases de las probetas con el propósito de que esta carga se distribuya sobre la totalidad de la superficie. Existen varios métodos que nos permiten cumplir con estos requisitos, en general este proceso se denomina “refrentado”.

Al final de la prueba de resistencia se registran datos como: carga máxima aplicada y tipo de fractura.

2.1.1 Refrentado de especímenes cilíndricos

El refrentado de especímenes cilíndricos consiste en preparar las superficies de las bases de las probetas de manera que resulten paralelas entre si y simultáneamente planas y lisas, de manera que la carga aplicada en el ensayo de resistencia a compresión se distribuya uniformemente sobre toda la superficie de la probeta ensayada, y de esta manera evitar errores en los resultados de resistencia a compresión.

“El tratamiento de las bases de las probetas es un tema que, aunque constituye una tarea de rutina, resulta de gran incidencia en el ensayo de compresión. Es por esta razón que se han investigado diversas formas de acondicionar o tratar las bases.

En los años ´20 el sistema de refrentado regularmente utilizado era el de pasta de cemento. En el año 1928 comenzó el estudio sobre el empleo de mortero de azufre para el tratamiento de las bases; para el año 1939 los laboratorios emplearían este sistema de manera común, el cual sigue siendo utilizado en la actualidad.



En los años '40 se investigó la variación de los resultados mediante la evaluación de mortero de azufre y uno de yeso en el cual se encontró que la utilización de azufre brindaba un pequeño aumento en el desempeño.

A partir de los años '50 se encontraron limitaciones en la utilización del azufre debido a que un estudio encontró que las probetas no desarrollaban su resistencia total debido al curado incompleto del refrentado. Basados en estos descubrimientos, se recomendó hacer la capa de mortero de azufre lo más delgada posible. Se evidencia esto en la norma, que en la actualidad impone un límite al espesor de las bases.

También se investigó el empleo de placas de aluminio, placas de corcho y el pulido para tratar las bases" (Alderete, 2009).

Como ya se describió anteriormente durante mucho tiempo, y aun en nuestros días, se ha utilizado el azufre puro o morteros de azufre (azufre mezclado con arena fina) para refrentar las caras o superficies de carga de cilindros normales de hormigón, para ensayos de resistencia a la compresión. Lo anterior garantiza que dichas caras tengan una superficie regular y ofrezcan un paralelismo adecuado, para que la carga sea lo más axial posible. Esta práctica se extendió a los ensayos de compresión para ladrillos de arcilla y bloques de hormigón, pero aún no ha sido validada (Vidal Valencia, 2004).

El uso del azufre presenta problemas que deben tenerse en consideración en el manejo cuidadoso que requiere esta práctica, como son: quemaduras, inhalación, contaminación, corrosión de partes metálicas, y electrónicas de los equipos cercanos al lugar de ensayo, debido a que el gas que produce el azufre en conjunto con la humedad higroscópica, produce ácido sulfúrico.

Por otra parte, para poder realizar el refrentado con azufre se deben tener las instalaciones propicias para el fundido del azufre, que causan así mismo costos en gas para el mechero y electricidad para el sistema de ventilación con el adicional



costo de mantenimiento periódico, sin olvidarnos que se deben poseer las normas de seguridad adecuadas, como ser elementos de protección para los operarios tales como guantes, gafas, etc. (Alderete, 2008).

A principios del año 1993, se implementó una metodología que permite el uso de almohadillas no adherentes de neopreno o caucho natural, retenidos en platos de acero para reemplazar el refrentado tradicional de azufre. La norma ASTM C 1231 hace referencia de esta práctica (Vidal Valencia, 2004).

Existe una reducción de costos en este método de refrentado en relación con el refrentado con azufre, ya que se necesitan dos discos metálicos que sus usos son prácticamente indefinidos y placas de neopreno las cuales pueden llegar a utilizarse hasta cien veces.

A su vez, no se necesitan instalaciones especiales ni un empleado destinado específicamente al refrentado, ya que se ensaya con solo colocar los discos en la prensa. Es necesario, sin embargo, debido a la rotura más enérgica de la probeta con refrentado de neopreno, una jaula de resguardo para la protección de la prensa y del operario (Alderete, 2008).

Asimismo un estudio comparativo entre las placas de neopreno y mortero de azufre arribó a la conclusión que aunque las resistencias con las placas parecían ser mayores, esta diferencia era insignificante. A su vez que la variación asociada con las placas elastoméricas no era mayor que aquella asociada con el mortero de azufre (Alderete, 2009).

Un programa de ensayo a pequeña escala diseñado por la *Federal Highway Administration* (FHWA) no encontró diferencias significativas en los ensayos a compresión entre refrentado con azufre y placas de neopreno. Aunque sí se hallaron diferencias significativas entre bases pulidas y refrentadas (Alderete, 2009).



2.1.1.1 Almohadillas Elastoméricas

Como se mencionó anteriormente es fundamental la relevancia del ensayo a compresión ya que con el mismo se determina una de las características primordiales del hormigón, además se debe considerar su gran influencia sobre otras propiedades.

Antes de realizar el ensayo a compresión es necesario tratar las caras de los especímenes cilíndricos de tal forma que estas sean superficies planas y paralelas entre si y normales al eje longitudinal de la probeta, con el fin de distribuir la carga aplicada de manera uniforme sobre la muestra ensayada (Alderete, 2008).

“Para realizar el refrentado con almohadillas de neopreno en la determinación de la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas es necesario contar con placas fabricadas de material elastomérico el cual debe poseer la tenacidad suficiente para soportar repetidos usos.

En la actualidad se ha aprendido a sintetizar muchos compuestos de alto peso molecular, que han hallado utilidad en la preparación de diferentes materiales, entre ellos los elastómeros utilizados por su gran capacidad para soportar niveles elevados de cargas.

Como resultado del estudio de los compuestos de alto peso molecular se ha establecido que las propiedades físico-mecánicas de estos dependen ante todo de la forma de las moléculas (enlaces entrecruzados), y la composición química juega un papel de subordinado.

Un requisito característico del comportamiento elastomérico es que la estructura molecular sea ligeramente entrecruzada. El proceso de entrecruzamiento de los elastómeros se denomina vulcanización, que se consigue mediante una reacción química no reversible. El caucho sin vulcanizar es blando y pegajoso y tiene poca resistencia a la abrasión.



Mediante la vulcanización aumentan el módulo de elasticidad, la resistencia a la tracción y la resistencia a la degradación por oxidación. La magnitud del módulo de elasticidad es directamente proporcional a la densidad de enlaces entrecruzados” (Barreda, Alderete, Sota, 2011).

“Las placas elastoméricas deben tener un espesor de 13 ± 2 mm, y su diámetro debe ser como máximo 2 mm menor que el diámetro interior del aro de retención. Las placas fabricadas de poliuretano u otros tipos de cauchos como el policloropreno (neopreno), o con un caucho natural que tenga dureza entre 50 y 70 son aceptables. Esta dureza ha de determinarse a través de la norma ASTM D 2000 “Método de ensayo para determinar la propiedad de dureza del caucho a través del durómetro” (Alderete, 2008).



Figura 2-1 Almohadillas elastoméricas.

Se debe mantener un registro indicando la fecha en que la almohadilla es puesta en servicio, la dureza y el número de usos permitido. Las almohadillas podrán ser usadas en una o ambas caras del espécimen.

“Es importante tener en cuenta que las placas cumplen una vida útil determinada, por lo que es necesario examinar las mismas para detectar un uso excesivo o algún deterioro en ellas. La norma ASTM C 1231 indica que se deben reemplazar aquellas placas que presenten agrietamientos o hendiduras que excedan los 10 mm de



largo, independientemente de su profundidad, además proporciona un número límite de usos en función de la dureza del neopreno” (Alderete, 2008).

En este aspecto, se puede señalar que los límites que se imponen son demasiado angostos, ya que las placas sufren rápidamente deformaciones que superan muchas veces estas condiciones con una cantidad muy baja de ensayos realizados. Por esta razón se analizó el impacto que tiene el desgaste de las almohadillas elastoméricas sobre los resultados de resistencia a compresión (Alderete, 2008).

Tabla 2-1 Dureza del neopreno según su uso

<i>f'c</i> CILINDRO	<i>DUREZA</i> <i>NEOPRENO</i>	<i>ENSAYOS DE</i> <i>CALIFICACIÓN</i>	<i>NÚMERO DE USOS</i> <i>(MÁXIMO)</i>
100 a 400 kg/cm ² 1500 a 6000 psi 10 a 40 MPa	50	Ninguno	100
170 a 500 kg/cm ² 2500 a 7000 psi 17 a 50 MPa	60	Ninguno	100
280 a 500 kg/cm ² 4000 a 7000 psi 28 a 50 MPa	70	Ninguno	100
500 a 800 kg/cm ² 7000 a 12000 psi 50 a 85 MPa	70	Reuquerido	50
> 800 kg/cm ² > 12000 psi > 85 MPa		No permitido	

Fuente: ASTM estándar C 1231 sección 10.1

Adicionalmente, las caras de las probetas a ensayar utilizando almohadillas de neopreno no deben presentar depresiones bajo un filo recto medido con un calibre a lo largo de cualquier diámetro que excedan los 5 mm. En el caso de que las probetas no cumplan con estas condiciones, no podrán ser ensayadas a menos que se eliminen las irregularidades mediante aserrado o amolado como se indica en ASTM C 1231 (Alderete, 2008).



2.1.1.2 Anillos de retención

Deben ser fabricados de metal o un material durable que permita reutilizarlos, además debe estar provisto con una concavidad de dos veces el espesor de la almohadilla. El diámetro de los anillos de retención no debe ser menor al 102% o mayor al 107% del diámetro del cilindro.

2.1.1.3 Especímenes cilíndricos

Los especímenes deben ser de 150x300 mm (6 x 12 pulg) o de 100x200 mm (4 x 8 pulg) y fabricados de acuerdo a la norma ASTM C 192 o ASTM C 31.

- Ningún cilindro se desviara en su eje perpendicular en más de 3 mm (0.5°) en 300 mm, o 1mm en 100 mm.
- Dos diámetros individuales tomados a la altura media del espécimen no debe diferir en más del 2%.
- Las depresiones medidas bajo un eje recto en cualquier diámetro no deben exceder de 5 mm (0.20 pulg).
- Si el cilindro no reúne estas condiciones no será ensayado a menos que las irregularidades sean corregidas por corte, pulido o esmerilado.

2.2 Análisis estadístico

Los especímenes cilíndricos de hormigón tanto de 150x300 mm como de 100x200 mm, normalmente se utilizan para determinar la resistencia a la compresión del hormigón. Para esta prueba se pueden utilizar distintos métodos de capeado o refrentado para obtener superficies planas en las probetas a ensayar, la norma ASTM C 1231 indica el procedimiento a seguir para realizar el refrentado con almohadillas de neopreno, la misma que propone condiciones para descartar las placas elastoméricas siendo la mayoría de veces demasiado estricta con respecto a los límites de uso impuestos, por lo que es preciso analizar la influencia del desgaste de las almohadillas de neopreno sobre los resultados de resistencia a compresión, para este fin se utilizó el método estadístico: Análisis de Varianzas



(ANOVA), a continuación se detalla cada uno de los elementos utilizados en esta investigación.

Los procesos de medida deben estar siempre bajo un proceso de control estadístico, de otra manera la precisión que puede llegar a alcanzar el proceso no tiene ningún significado. Todos los procesos de medida ejecutados bajo las Normas ASTM incluyen declaraciones de precisión y exactitud. Las normas ASTM E 177-90 y ASTM C 670-03 discuten y proporcionan una guía para el uso de estos términos y su aplicación sobre métodos de prueba.

El significado de precisión dado por las normas ASTM nos permitirá determinar en términos generales la utilidad del mismo con respecto a la variabilidad en aplicaciones propuestas.

Estos procesos de medida que se generan de la aplicación de métodos de prueba, pueden introducir variabilidad involuntariamente a través del impacto de muchas fuentes de error como son: material heterogéneo, mantenimiento y calibración de equipos, y fluctuación medioambiental.

Por estas razones el significado de precisión proporcionado por las normas estandarizadas aplicados simultáneamente con el proceso de evaluación estadística nos permitirá depurar un conjunto de valores iniciales, lo que nos lleva a obtener resultados confiables para establecer las relaciones en la investigación.

2.2.1.1 Precisión

La precisión de un proceso de medida es un concepto general que está relacionado con la proximidad alcanzada entre los resultados de la prueba.

El proceso de medida se puede describir como preciso cuando los resultados de la prueba se encuentran en un estado de control estadístico y la dispersión alcanzada es lo bastante pequeña para cumplir de manera confiable con las relaciones que se establecen en la investigación.



La precisión del proceso de medida dependerá de las fuentes de variabilidad, es por esto que para minimizar estos efectos de variación se escoge un material relativamente uniforme que elimine fuentes de error en los resultados.

2.2.1.2 Exactitud

La exactitud es un concepto genérico que describe la proximidad obtenida entre los promedios de uno o más resultados de prueba y un valor de referencia aceptado. A menos que se indique lo contrario, el uso de la palabra “exactitud” por si misma se interpretara como la exactitud de un resultado de prueba. Depende directamente de la precisión del método de prueba.

Para evitar confusiones resultantes del uso de estos términos, se utilizarán solo como descriptores de métodos ASTM.

2.2.1.3 Declaraciones de precisión en métodos de ensayo de materiales de construcción

Estos términos están basados en la norma ASTM C 670-03

Limite uno sigma (1s)

El fundamento estadístico bajo todos los indicadores de precisión es la desviación estándar de las medidas de características de la población del método de prueba. La terminología “limite uno-sigma” es usada en la práctica ASTM E 177 para denotar la tasa de desviación estándar o sigma que es característica de la población estadística total.

El limite uno-sigma es un indicador de la variabilidad (medida por las desviaciones arriba y abajo del promedio) de un gran grupo de resultados de prueba individualmente obtenidos en condiciones similares.



Rango aceptable de resultados

El rango aceptable que se puede permitir en la diferencia entre resultados se describe en ASTM C 670-03, y se clasifica de la siguiente manera:

- Diferencia aceptable entre dos resultados
- Rango aceptable de más de dos resultados
- Variaciones para operadores únicos

En nuestro caso se realizó la depuración tomando en cuenta el rango aceptable para más de dos resultados, a continuación se presenta un ejemplo de este cálculo:

Los resultados obtenidos en la presente investigación están basados en promedios que corresponden a muestras que van de dos a ocho resultados esto para cilindros de 150x300 mm, como para cilindros de 100x200 mm. Estos promedios son el resultado de una depuración de valores obtenidos bajo la aplicación de las declaraciones de precisión citadas en la norma ASTM C 670-03. En la tabla 4.3 se presenta un ejemplo de cómo obtener el promedio de una muestra con 3 resultados.

Dónde:

Amplitud de Variación = Diferencia entre dos resultados de pruebas individuales expresado en porcentaje

$$\text{Amplitud de Variación} = \left(\frac{21.87 - 21.65}{21.77} \right) \times 100 = 1.02$$

Rango Aceptable = Coef. Variación (cilindros 150x300 mm) x # de resultados de la muestra (tabla 2.2)

$$\text{Rango Aceptable} = 0.4 \times 3.3 = 1.32$$



Tabla 2-2 Promedio de una muestra de tres resultados

		RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
		Relación w/c= 0.61				
		Porcentaje y Amplitud de Variación				
MUESTRA #	Cilindro #	Resistencia MPa	Porcentaje de Variación	PROMEDIO MPa	Amplitud de variación en %	Rango aceptable %
1	1	21.80	-0.1	21.77	1.02	1.32
	2	21.65	0.6			
	3	21.87	-0.4			

Dentro del rango aceptable

En este ejemplo se puede ver que la amplitud de variación es menor al rango aceptable para 3 resultados de una muestra; en caso de no cumplir se debe eliminar el resultado que presente una mayor variación con respecto de los demás, se sigue este procedimiento hasta obtener un valor menor o igual al rango aceptable.

Tabla 2-3 Rango máximo aceptable

Numero de Resultados de ensayos	Multiplicador de (1s) o (1s%) para el Máximo Rango Aceptable
2	2.8
3	3.3
4	3.6
5	3.9
6	4.0
7	4.2
8	4.3
9	4.4
10	4.5

Fuente: ASTM estándar C 670 sección 3.3.2, Tabla 1, Valores obtenidos de la tabla A7 de "Order Statistics and Their Use in Testing and Estimation," Vol 1, for Leon Harter, Aerospace research laboratories, United States Air Force

2.2.2 Funciones estadísticas

Se define un resultado de prueba como el valor medio de todos los especímenes cilíndricos que tengan las mismas características en nuestro caso deberán ser muestras del mismo lote de hormigón, que tengan la misma edad de curado, el



mismo nivel de resistencia; además que hayan sido ensayados con el mismo par de neoprenos, esto con el fin de determinar la incidencia de estos sobre los valores de resistencia a la compresión; los datos que no tengan en común estas características con ningún otro serán rechazados por no ser comparables con otros resultados.

Para analizar estadísticamente los resultados obtenidos se han tomado en cuenta parámetros como: la media aritmética, la desviación estándar y otra medida estadística como el coeficiente de variación.

2.2.2.1 Medidas de dispersión

Son parámetros estadísticos que se utiliza para comparar la dispersión en dos o más distribuciones.

Estos valores numéricos describen el grado de dispersión, o variabilidad, de los datos. Los valores de estas medidas de dispersión serán mayores cuando los datos estén muy disgregados, y serán menores cuando los datos estén más cercanamente agrupados.

Los más utilizados son la amplitud de variación o intervalo que se basa en la localización de los valores más grandes y más pequeños de un conjunto de datos, la desviación media, la variancia, la desviación estándar se basa en las desviaciones respecto de la media y el coeficiente de variación.

2.2.2.1.1 Media aritmética

La media aritmética de resultados de prueba se calcula usando la siguiente ecuación:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Dónde:

$\bar{x}$ = media aritmética de los valores

x_i = valor de cada observación

n = número total de observaciones



2.2.2.1.2 Varianza

Es la media aritmética de las desviaciones cuadráticas $(x_i - \bar{x})^2$ de cada elemento, x_i respecto a la $\bar{x}$.

$$V = \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}$$

Dónde:

V = varianza

x_i = valor de cada observación

$\bar{x}$ = media aritmética de los valores

n = número total de observaciones

2.2.2.1.3 Desviación estándar

Es la raíz cuadrada positiva de la varianza. Es un índice de la precisión del proceso, indica que tan aplanada es la curva. Matemáticamente corresponde a la media cuadrática de las dispersiones de los valores con respecto al promedio y tiene las mismas unidades dimensionales que este.

$$DE = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Dónde:

DE =desviación estándar

x_i = valor de cada observación

$\bar{x}$ = media aritmética de los valores

n = número total de observaciones

2.2.2.1.4 Coeficiente de variación

Es la razón (cociente) de la desviación estándar y la media aritmética, expresada como un porcentaje. Se puede utilizar para comparar series de datos de muy distinta índole. Se calcula con la siguiente formula:



$$CV = \frac{DE}{\bar{x}} * 100$$

Dónde:

CV = coeficiente de variación

DE = desviación estándar

$\bar{x}$ = media aritmética de los valores

2.2.3 Análisis de varianza (ANOVA)

“Las técnicas englobadas bajo la denominación de análisis de la varianza o abreviadamente ANOVA (del inglés “analysis of variance”) han jugado un papel crucial en la metodología estadística moderna, desde que fueran ideadas por R.A. Fisher en 1925, y como sucede en tantas ocasiones, aunque conocidas por la gran mayoría, quizás no son adecuadamente comprendidas por los no especialistas.

Casi siempre se introduce el tema del análisis de la varianza como respuesta a la necesidad de utilizar una técnica de comparación de más de dos grupos, es decir como un método para comparar más de dos tratamientos: si disponemos de medidas cuantitativas continuas, que se puede suponer como procedentes de una distribución de probabilidad normal, y queremos comparar dos grupos (dos tratamientos), la prueba estadística que se utiliza es un contraste de medias basado en la t de Student, y cuando se dispone de más de dos grupos, la prueba a emplear es el análisis de la varianza. Aunque el enfoque es adecuado, refleja solo una parte del interés de la técnica, ideada no solo para analizar los datos sino también para planificar los experimentos, y más apropiado hablar de que el análisis de la varianza es un procedimiento estadístico que nos permite dividir la variabilidad observada en componentes independientes que pueden atribuirse a diferentes causas de interés” (Universidad del Valle de México, 2008).

2.2.3.1 Supuestos del análisis de varianza

De forma similar a lo que ocurre con la Regresión Lineal, en este tipo de análisis también existe un modelo de datos que cumple con las siguientes condiciones:



- Todas las mediciones fueron hechas de manera aleatoria.
- Todas las medidas son independientes entre sí.
- Todas las mediciones siguen una distribución normal.
- Todas las varianzas son homogéneas.

2.2.3.2 Hipótesis empleada

Usaremos el análisis de la varianza (ANOVA) para contrastar la hipótesis nula de que las medias de distintas poblaciones coinciden. El contraste a realizar sería:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_i$$

Frente a:

$$H_A = \text{No todas las medias poblacionales son iguales}$$

La hipótesis de que los distintos tratamientos no producen ningún efecto (o la de que las medias de todas las poblaciones son iguales) se contrasta mediante el análisis de la varianza de una vía, comparando la variabilidad entre grupos con la variabilidad dentro de los grupos (Terrádez, 2002).

El análisis de la varianza se basa en la descomposición de la variabilidad total en dos partes, una parte debida a la variabilidad entre las distintas poblaciones o tratamientos (variabilidad entre grupos o variabilidad explicada por el diseño) y otra parte que puede considerarse como la variabilidad intrínseca de las observaciones (variabilidad dentro de los grupos o residual).

2.2.3.3 Procedimiento de cálculo

Vamos a plantear el problema y comentar los cálculos que se efectúan en un análisis de la varianza para un factor. Estudiamos K grupos clasificados de acuerdo a los niveles 1,2... K del factor. En cada nivel tenemos $n_1, n_2, \dots, n_k$ observaciones independientes y obtenidas de forma aleatoria. Si designamos de forma general cada observación como y_{ij} , el subíndice i indica el grupo al que pertenece, j es el número de la observación dentro de ese grupo, de tal manera que por ejemplo y_{25} corresponderá al valor observado en el quinto sujeto del segundo grupo.



Si juntamos todas las observaciones $N=n_1+n_2+\dots+n_k$, calculamos la media global que vamos a denominar $\bar{y}$. También podemos calcular la media dentro de cada uno de los K grupos. La media para el grupo i la designamos como $\bar{y}_i$.

Tabla 2-4 Datos típicos de un experimento con un solo factor

Tratamiento	Observaciones					Totales	Promedio
1	y_{11}	y_{12}	.	.	y_{1n}	$y_{1.}$	$\bar{y}_{1.}$
2	y_{21}	y_{22}	.	.	y_{2n}	$y_{2.}$	$\bar{y}_{2.}$
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
k	y_{k1}	y_{k2}	.	.	y_{kn}	$y_{k.}$	$\bar{y}_{k.}$
						$y_{..}$	$\bar{y}_{..}$

Fuente: Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería, Douglas C. Montgomery y George C. Runger, pag 630

Luego se calcula la tabla denominada Anova, la primera columna representa la variabilidad entre los diferentes grupos (tratamientos) y la variabilidad intra grupo (error); en la segunda columna calculamos la suma de cuadrados con las siguientes formulas:

La variabilidad dentro de los grupos se calcula con:

$$SS_{Tratamientos} = \sum_{i=1}^k \frac{y_{i.}^2}{n_i} - \frac{y_{..}^2}{N}$$

La variabilidad total entre los grupos se calcula de la siguiente ecuación:

$$SS_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N}$$

Por lo tanto la variabilidad dentro de los tratamientos se define como:

$$SS_E = SS_T - SS_{Tratamientos}$$

$$SS_E = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N} - \sum_{i=1}^k \frac{y_{i.}^2}{n_i} - \frac{y_{..}^2}{N}$$



La media de los cuadrados de los errores se definirá como:

$$MS_E = \frac{SS_E}{n - k}$$

La media de los cuadrados de los grupos (tratamientos) se define como:

$$MS_{Tratamientos} = \frac{SS_{Tratamientos}}{k - 1}$$

El resumen de todos los cálculos realizados se los presenta en la tabla 2.5.

Finalmente tomamos la decisión de aceptación de la hipótesis nula en base a las siguientes condiciones:

De la tabla V del Apéndice A del libro (Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería, Douglas C. Montgomery y George C. Runger, pag A-10 hasta A14), calculamos F_{α} , con el valor de α , es decir el intervalo de confianza; y con los grados de libertad como sigue:

$$F_{\alpha, gl.numerador, gl.denominador} = F_{\alpha, k-1, n-1}$$

- a) Si $F_p \leq F_{k-1; n-1; \alpha}$, no rechazamos la hipótesis nula en favor de la alternativa con un nivel de significación α .
- b) Si $F_p > F_{k-1; n-1; \alpha}$, rechazamos la hipótesis nula en favor de la alternativa con un nivel de significación α .

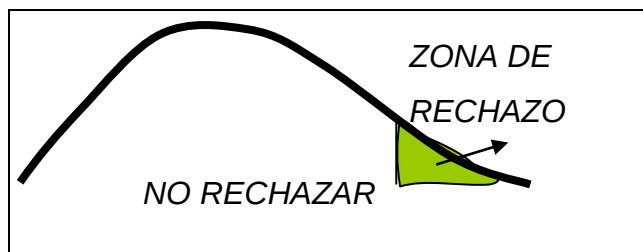


Figura 2-2 Distribución F de Fisher

Fuente: Primitivo Reyes A. (2007), *Análisis de varianza Anova de una vía*.



Otra manera de comprobar es con el valor de significancia p que no debe ser menor que el valor de significación α ;

$$P > \alpha (0.05)$$

Cuando no existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula es decir se cumple la condición a), se considera que las medias de los tratamientos son iguales.

Tabla 2-5 Análisis de varianza para un experimento de un solo factor

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	F_o
Tratamientos	$SS_{Tratamientos}$	$k-1$	$MS_{Tratamientos}$	$\frac{MS_{Tratamientos}}{MS_E}$
Error	SS_E	$n-k$	MS_E	
Total	SS_T	$n-1$		

Fuente: Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería, Douglas C. Montgomery y George C. Runger, pag 635

2.2.3.4 Comparaciones post hoc o a posteriori

El valor estadístico F del ANOVA únicamente nos permite contrastar la hipótesis general de que los promedios comparados son iguales. Al rechazar esta hipótesis, sabemos que las medias poblacionales comparadas no son iguales, pero no sabemos dónde en hormigón se encuentran las diferencias.

Para saber que media difiere de otra debemos utilizar un tipo particular de contraste denominados comparaciones múltiples post hoc o comparaciones a posteriori. Estas comparaciones permiten controlar la tasa de error al efectuar varios contrastes utilizando las mismas medias, es decir permiten controlar la probabilidad de cometer “errores tipo I” (Los errores tipo I se cometen cuando se decide rechazar una hipótesis nula que en realidad no debería rechazarse.) al tomar varias decisiones (Pardo, 2000)



A continuación se presenta los métodos ofrecidos por el software utilizado, para determinar que media en hormigón difiera de otras:

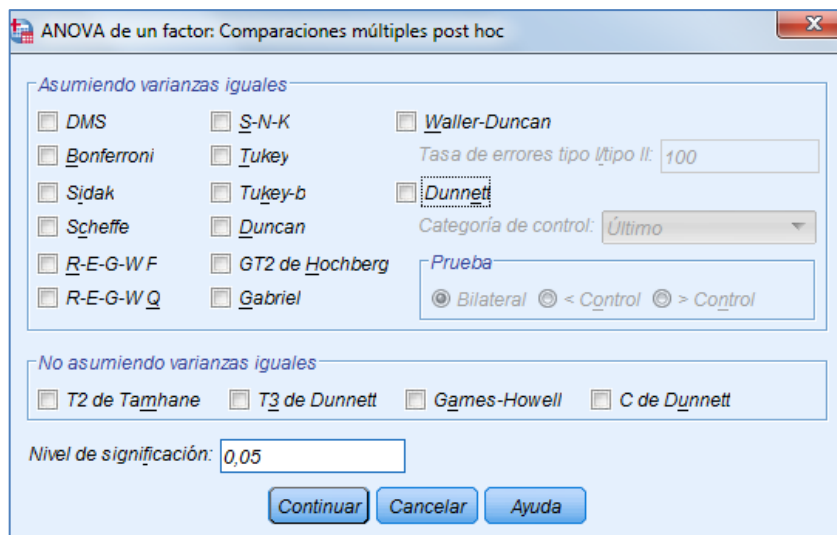


Figura 2-3 Subcuadro de dialogo ANOVA de un factor. Comparaciones múltiples post hoc. SPSS.

Asumiendo varianzas iguales podemos elegir uno o más de los procedimientos que ofrece el software entre los que se destacan:

- DMS
- Duncan
- Tukey
- Scheffe
- Bonferroni

En nuestro caso esta comparación la realizaremos con el siguiente método:

Tukey.- Diferencia honestamente significativa de Tukey. Equivale a utilizar el método de Student-Newman-Keuls con $r=J=n^{\circ}$ de medias. Por tanto, todas las comparaciones son referidas a una diferencia mínima. Es uno de los métodos de mayor aceptación (Pardo, 2000).

A continuación se presenta la manera de interpretar los resultados que se obtienen de este tipo de análisis.



Las dos primeras columnas de la tabla 2.6 nos indican las posibles combinaciones entre todos los tipos de tratamientos analizados, a continuación aparecen las diferencias entre las resistencias a compresión medias de cada dos grupos, el error típico de esas diferencias y el nivel crítico asociado a cada diferencia (significación). Los grupos que difieren significativamente al nivel de significación establecido (0.05 por defecto) están marcados con un asterisco.

Tabla 2-6 Comparaciones múltiples (HSD de Tukey)

(I) Tipo de Almohadilla	(J) Tipo de Almohadilla	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Almohadilla Nueva	Almohadilla Reutilizada	0.13897	0.12545	,511	-0.1586	0.4366
	Almohadilla Gastada	-.92705*	0.11031	,000	-1.1887	-0.6653
Almohadilla Reutilizada	Almohadilla Nueva	-0.13897	0.12545	,511	-0.4366	0.1586
	Almohadilla Gastada	-1.06602*	0.10686	,000	-1.3195	-0.8125
Almohadilla Gastada	Almohadilla Nueva	.92705*	0.11031	,000	0.6653	1.1887
	Almohadilla Reutilizada	1.06602*	0.10686	,000	0.8125	1.3195

Variable dependiente: Resistencia a la compresión

También podemos utilizar el índice del intervalo de confianza de las dos últimas columnas para estimar entre que límites se encuentra la verdadera diferencia entre las medias de los grupos. Estos intervalos también permiten tomar decisiones sobre si dos promedios difieren o no significativamente. Pero al utilizar estos intervalos para decidir sobre la hipótesis de igualdad de medias hay que tener en cuenta que el intervalo se obtiene individualmente para cada diferencia, sin establecer control sobre la tasa de error, por lo que las decisiones que podamos tomar basándonos en estos intervalos serán demasiadas arriesgadas. Cuando las dos columnas tienen signos diferentes se acepta la hipótesis de que las medias son iguales, caso contrario, es decir, cuando tienen signos iguales se rechaza la hipótesis de igualdad.



2.2.4 Software utilizado para el análisis estadístico

2.2.4.1 SPSS

“El programa estadístico SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) es uno de los programas de mayor uso en los Estados Unidos de Norteamérica así como en América Latina. Los procedimientos estadísticos que incluye son de mucha utilidad para aquellas organizaciones que necesiten desarrollar y subsecuentemente analizar bases de datos para aplicaciones prácticas o para diversas necesidades de investigación. Además ofrece diversas posibilidades para crear vínculos con otros programas comunes tales como Microsoft Word, Microsoft Excel, y Microsoft Power Point. Finalmente, SPSS permite manejar bancos de datos de gran magnitud y también efectuar análisis estadísticos muy complejos.

Familiarizarse con las diversas opciones y procedimientos estadísticos de un programa como SPSS permite administrar bancos de datos de manera eficiente y desarrollar perfiles de usuarios, hacer proyecciones y análisis de tendencias que permitirán planificar actividades a largo plazo y, en general, hacer un mejor uso de la información capturada en forma electrónica.

SPSS le facilita crear un archivo de datos en una forma estructurada y también organizar una base de datos que puede ser analizada con diversas técnicas estadísticas. A pesar de que existen otros programas (como Microsoft Excel) que se utilizan para organizar datos y crear archivos electrónicos, SPSS permite capturar y analizar los datos sin necesidad de depender de otros programas. Por otro lado, también es posible transformar un banco de datos creado en Microsoft Excel en una base de datos SPSS.

SPSS permite efectuar tanto análisis estadísticos básicos como avanzados. En la mayor parte de las ocasiones, las organizaciones necesitan reportes descriptivos del proyecto. Por ejemplo, una institución que recolectó información sobre sus estudiantes querrá tener un perfil del estudiantado que incluya una descripción del tipo de estudiante que asiste a la institución, sus características de edad,



intereses, ingreso familiar, lugar de origen, etc. SPSS podrá apoyar en el desarrollo de este perfil a través de diversos análisis descriptivos básicos de su base de datos.

En otros casos, se comparan las características de dos o más grupos con respecto a diversas variables: por ejemplo, para saber si existe una diferencia en el desempeño de los estudiantes según su género. SPSS permite responder a esta pregunta a través de procedimientos más avanzados como la Prueba-T. Igualmente, si se quiere comparar el desempeño de estudiantes dependiendo de su nivel socioeconómico, existen otros procedimientos para análisis estadísticos como el ONE-way ANOVA con el cual se pueden comparar más de dos grupos.

SPSS se desarrolló en una forma que, aparentemente, es fácil de navegar. El programa utiliza una serie de cuadros de diálogo que permiten, en forma secuencial, determinar las acciones a tomar y seleccionar aquellos análisis útiles. Sin embargo, si el usuario no tiene experiencia previa utilizando SPSS o si sus conocimientos de estadística no están actualizados, es difícil discernir que opciones seleccionar. Esta característica del programa puede convertirse en una desventaja e inhibir al usuario.

Otro aspecto del programa que puede causar inconvenientes es el hecho de que la mayoría de los reportes de resultados contiene un nivel excesivo de información que, más que aclarar, confunde al usuario. El programa SPSS incluye una gran cantidad de información en “forma automática” que distrae al usuario” (Castañeda et al., 2010).

2.2.4.2 R ESTADISTIC

“R es un conjunto integrado de programas para manipulación de datos, cálculo y gráficos. Entre otras características dispone de:

- Almacenamiento y manipulación efectiva de datos,
- Operadores para cálculo sobre variables indexadas (*Arrays*), en particular matrices,



- Una amplia, coherente e integrada colección de herramientas para análisis de datos,
- Posibilidades gráficas para análisis de datos, que funcionan directamente sobre pantalla o impresora, y
- Un lenguaje de programación bien desarrollado, simple y efectivo, que incluye condicionales, ciclos, funciones recursivas y posibilidad de entradas y salidas. (Debe destacarse que muchas de las funciones suministradas con el sistema están escritas en el lenguaje R)

R es en gran parte un vehículo para el desarrollo de nuevos métodos de análisis interactivo de datos. Como tal es muy dinámico y las diferentes versiones no siempre son totalmente compatibles con las anteriores. Algunos usuarios prefieren los cambios debido a los nuevos métodos y tecnología que los acompañan, a otros sin embargo les molesta ya que algún código anterior deja de funcionar.

En general podemos describir a R como un entorno en el que se han implementado muchas técnicas estadísticas, tanto clásicas como modernas. Algunas están incluidas en el entorno base de R y otras se acompañan en forma de bibliotecas (*packages*). El hecho de distinguir entre ambos conceptos es fundamentalmente una cuestión histórica. Junto con R se incluyen ocho bibliotecas (llamadas bibliotecas estándar) pero otras muchas están disponibles a través de Internet en CRAN (<http://www.r-project.org>).

Existe una diferencia fundamental en la filosofía que subyace en R (o S) y la de otros sistemas estadísticos. En R, un análisis estadístico se realiza en una serie de pasos, con unos resultados intermedios que se van almacenando en objetos, para ser observados o analizados posteriormente, produciendo unas salidas mínimas. Sin embargo en SPSS se obtendría de modo inmediato una salida copiosa para cualquier análisis, por ejemplo, una regresión o un análisis discriminante.

La forma más conveniente de usar R es en una estación de trabajo con un sistema de ventanas” (Venables, Smith, & R Core Team, 2012).



3 MATERIALES Y METODOS

En el presente capítulo se describen los materiales y métodos empleados para el desarrollo del experimento con el objetivo de determinar la incidencia que presenta el desgaste de almohadillas elastoméricas sobre los resultados de resistencia a compresión.

Antes de realizar el ensayo de resistencia a la compresión, y conforme con la norma ASTM C 39, deben prepararse las superficies de las bases de las probetas cilíndricas de manera que resulten paralelas entre si y simultáneamente planas y lisas. Esto se consigue efectuando el procedimiento denominado “refrentado”.

Es muy conocido que los valores de resistencia a compresión es uno de los principales parámetros de calidad del hormigón, por esto es imprescindible que el procedimiento de refrentado no influya en el resultado del ensayo, es decir, no modifique la resistencia real que posee el hormigón de la probeta.

La norma ASTM C 1231 permite el uso de almohadillas elastoméricas para el refrentado de probetas cilíndricas de hormigón endurecido.

Como objetivo primordial se analizara la relación entre el refrentado con 3 diferentes niveles de desgaste para las almohadillas elastoméricas, teniendo en cuenta que se utilizó almohadillas con dureza 70 para especímenes cilíndricos de 100x200 mm y almohadillas de dureza 60 para especímenes de 150x300 mm.

3.1 Materiales

A continuación se describe las propiedades y características de los materiales empleados para la elaboración de las mezclas de hormigón, así como las características de las almohadillas de neopreno usadas en el refrentado de los especímenes cilíndricos.



3.1.1 Áridos

Para la selección del árido se tomó en cuenta que este sea el que presente la mejor calidad para su uso en construcción. Como se describe en “Evaluación de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de áridos del cantón Loja” (Cartuche. M, Juan, 2012), en este trabajo de investigación se desarrolló un análisis comparativo de los áridos utilizados en nuestro medio, los mismos que provienen de canteras ubicadas fuera del cantón Loja, ya que los áridos producidos dentro del cantón no abastecen la demanda existente.

Esta comparación fue realizada en base a las propiedades que presentan los áridos, y tomando en consideración los requerimientos y límites exigidos por las normas técnicas para dichas propiedades. En base a esto se seleccionó los áridos provenientes de la concesión minera Malca 3 ubicada en el lecho del río Catamayo por presentar la mejor calidad para su utilidad en mezclas de hormigón.

3.1.1.1 Descripción de los áridos

El árido grueso que se utilizó para el presente trabajo investigativo fue material natural granular de tamaño máximo nominal de 25 mm.

El árido fino utilizado es natural, como ya se describió anteriormente los áridos provienen del lecho del río Catamayo concesión minera Malca 3.



a) Árido grueso



b) Árido fino

Figura 3-1 Áridos seleccionados.



3.1.1.2 Características del árido utilizado

Luego de realizar los ensayos de laboratorio se analizó las diferentes propiedades que poseen los áridos (Ver ANEXO 1). A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos:

Tabla 3-1 Características de los áridos

Tipo de Árido	Tipo de Ensayo					
	Densidad y Absorción del agua		Masa Unitaria		Materiales más finos que 75 μ	Módulo de finura
	Pa (%)	Da (kg/m ³)	Estado Suelto (kg/m ³)	Estado Compactado (kg/m ³)	P (%)	MF
Árido Grueso	1.35	2500	1677	585		
Árido Fino	2.80	2790	1738	722	4.9	2.3

3.1.2 Cemento utilizado

Para la fabricación de las mezclas de hormigón se utilizó el cemento portland tipo IP, que es de uso general y el más usado en nuestro medio, el mismo que fue de dos diferentes marcas comerciales; las mezclas identificadas desde la 1 hasta la 5 se fabricaron utilizando cemento Holcim tipo 1P y para las mezclas identificadas desde la 5 en adelante se utilizó cemento Guapan tipo 1P.

Para las mezclas correspondientes a los trabajos “Correlación entre resultados de resistencia de probetas cilíndricas de hormigón de 150x300 mm y probetas de 100x200 mm para un rango entre 17 MPa y 24 MPa” (Arias, K, 2012) y “Correlación entre resultados de resistencia de probetas cilíndricas de hormigón de 150x300 mm y probetas de 100x200 mm para un rango entre 25 MPa y 40 MPa” (Cabrera, G, 2012) se utilizó siempre cemento Holcim tipo IP.

3.1.3 Calidad del agua utilizada

El agua que se utilizó para la elaboración de las mezclas fue de la red de agua potable de la ciudad de Loja. La temperatura promedio del agua al momento de dosificar fue de 19 grados centígrados.



3.1.4 Almohadillas Elastoméricas

Las características de las almohadillas elastoméricas que se deben utilizar para determinar la resistencia a la compresión se describen en el apartado 2.3.1.1.

En esta investigación se utilizó siempre neoprenos con dureza 60 para especímenes cilíndricos de 150x300 mm y de dureza 70 para especímenes cilíndricos de 100x200 mm.

Con el objetivo de determinar la influencia del desgaste de neoprenos sobre los resultados de resistencia a compresión y tomando como referencia lo descrito en *"Tests of used unbonded pad caps"* (Gaynor, R. Mullings, G. Rodriguez, F, 2001), donde se realizó el análisis de resultados de resistencia obtenidos con neoprenos que poseían diferentes niveles de desgaste, aquí se realiza una escala de clasificación para diferenciar estos niveles de desgaste.

En base a esta investigación se elaboró una escala de desgaste basada en la norma ASTM C 1231, para clasificar las almohadillas dependiendo del estado que estas presentaban, los ensayos de resistencia a compresión se realizaron con tres diferentes tipos de neoprenos, los mismos que se clasifican de acuerdo a los niveles presentados en la siguiente tabla:

Tabla 3.2 Clasificación de los Neoprenos según su estado de desgaste.

Escala de Desgaste	Nivel de Clasificación	Estado de Neopreno
1	P	Neopreno nuevo, o que cumple con lo especificado en ASTM C 1231
2	PR	Neopreno que presenta 1 grieta de más de 10 mm sin importar su profundidad, tal como se describe en ASTM C 1231, hasta 2 grietas con las mismas características
3	G	Neopreno que no cumple con ASTM C 1231 ya que presenta un desgaste considerable con mínimo más de 2 grietas de 10 mm sin importar su profundidad

El color describe el nivel al que se hace referencia.



a) Almohadillas para cilindros de 100x200 mm



a) Almohadillas para cilindros de 150x300 mm

Figura 3-2 Clasificación de almohadillas elastoméricas.

3.2 Métodos empleados

A continuación se describe los métodos y su respectiva Norma de regulación empleados para el desarrollo de la investigación.

3.2.1 Diseño del hormigón

Se realizó la dosificación del hormigón mediante el método ACI 211.1 aplicando el procedimiento de volumen absoluto (métrico).



Figura 3-3 Medida de los materiales para el hormigón.

Para medir los diferentes componentes del hormigón se utilizó el pesaje mediante balanza. Esta forma de dosificación se aplicó debido a que todos los elementos se fabricaron en el laboratorio en donde se puede tener garantías de seguridad y uniformidad en los resultados.

3.2.1.1 Resumen de dosificación

A continuación se presenta un resumen de la dosificación diseñada para esta investigación, los detalles de este diseño se muestran en el ANEXO 2.

Tabla 3-2 Resumen de dosificación del hormigón

Material	Dosificación en peso (Kg)
Grava	1287.60
Arena	440.30
Agua	193.00
Cemento	314.85

Antes de preparar el hormigón se corrigió esta dosificación dependiendo de las condiciones de humedad presentadas diariamente por los áridos empleados. La corrección por humedad se la realizó con la finalidad de determinar la cantidad de agua exacta que se requiere para la elaboración de hormigón.



Tabla 3-3 Corrección de la dosificación por humedad

MATERIAL	Dosificación Peso Kg/m3	Capacidad Absorción	Contenido Humedad	Agua Porcentaje	Agua Peso	Dosificación Corregida
Cemento	314.85					314.85
Agua	193.00				23.28	169.72
Arena	440.30	2.80	5.00	2.20	9.12	423.48
Grava	1287.60	1.40	2.50	1.10	14.16	1301.76
Total	2209.81					2209.81

3.2.2 Fabricación de las probetas cilíndricas

El hormigón se fabricó de acuerdo a los materiales y proporciones especificados en la dosificación diseñada para esta investigación, y para la fabricación de las probetas cilíndricas se cumplió con los procedimientos especificados según la norma ASTM C 31.

El equipo utilizado para la elaboración de los especímenes cilíndricos cumple con lo especificado en la norma ASTM C 31 y se muestra en la figura 3.4.



Figura 3-4 Equipo utilizado en la elaboración de especímenes.



Figura 3-5 Fabricación del hormigón.

Antes de fabricar los especímenes cilíndricos se realizaron los siguientes ensayos de aceptación con el fin de verificar la calidad del hormigón fabricado:

Muestreo del Hormigón fresco

Los procedimientos de muestreo de hormigón se describen en la norma ASTM C 172, en la que se especifica que se deben tomar muestras compuestas con un intervalo que no exceda de 15 minutos entre la primera y la última porción de la muestra; los ensayos de temperatura, asentamiento y contenido de aire se deben realizar en los primeros 5 minutos, de la misma manera se debe iniciar con el moldeo de especímenes cilíndricos dentro de los 15 minutos siguientes a la fabricación del hormigón.



Figura 3-6 Hormigón en estado fresco.



Revenimiento (Asentamiento)

Este ensayo nos permite medir la consistencia del hormigón, la norma ASTM C 143 describe el procedimiento para realizar este ensayo mediante el método del cono de Abrams que mide el asentamiento de un tronco de cono moldeado con el hormigón fresco. El revenimiento tiene como propósito permitirnos determinar si el hormigón tiene una consistencia seca, plástica, blanda o fluida.



Figura 3-7 Ensayo de asentamiento.

Temperatura del hormigón

La norma ASTM C 1064 describe métodos y especificaciones para determinar la temperatura del hormigón fresco, se debe colocar una muestra representativa en un recipiente no absorbente con un tamaño suficiente para proveer un mínimo de 75 mm en todas las direcciones alrededor del sensor de temperatura y tomar la lectura con una aproximación de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ después de un tiempo mínimo de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice.

Masa Volumétrica y rendimiento

Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad del hormigón fresco, además deben ser suficientemente precisos para determinar la cantidad volumétrica (rendimiento) del concreto producido en cada mezcla, el ensayo se realiza de acuerdo a la norma ASTM C 138.



Figura 3-8 Equipo utilizado para determinar la masa volumétrica.

Contenido de aire

Para determinar el contenido de aire del hormigón fresco se pueden utilizar varios métodos como son:

- Método de presión ASTM C 231
- Método Volumétrico ASTM C 173

En esta investigación se realizó este ensayo utilizando el método de presión que se describe en ASTM C 231.

3.2.2.1 Probetas Fabricadas

Todas las mezclas fabricadas se elaboraron bajo condiciones de campo usando el método ACI para el diseño de su dosificación desarrollada para hormigón convencional y realizando corrección por humedad para cada una de ellas, se elaboró los especímenes cilíndricos con los métodos descritos en ASTM C 31.



Figura 3-9 Fabricación de probetas.



Todas las mezclas de esta investigación se diseñaron con una relación agua-cemento (w/c) de 0.611, y con una resistencia a la compresión de 21 MPa. Se elaboraron 20 mezclas identificadas con una numeración que va de 1 a 20 siguiendo el orden cronológico de su fabricación. La mezcla numero 1 fue diseñada como una mezcla de prueba para calibrar la dosificación por lo que no se tomaron en cuenta estos resultados.

Se adjuntaron las mezclas realizadas en el trabajo “Correlación entre resultados de resistencia de probetas cilíndricas de hormigón de 150x300 mm y probetas de 100x200 mm para un rango entre 17 MPa y 24 MPa” (Arias, K, 2012) con un total de 22 mezclas para los siguientes niveles de resistencia: 17, 20, 22 y 24 MPa; las mismas que se identifican con una numeración que va de 1 a 22 de acuerdo al orden en que se elaboraron.

Además también fueron adjuntadas las mezclas realizadas en el trabajo “correlación entre resultados de resistencia de probetas cilíndricas de hormigón de 150x300 mm y probetas de 100x200 mm para un rango entre 25 MPa y 40 MPa” (Cabrera, G, 2012) con un total de 21 mezclas para los siguientes niveles de resistencia: 25, 30, 35 y 40 MPa; las mismas que se identifican con una numeración que va de 1 a 21 de acuerdo al orden en que se elaboraron.

En total en esta investigación se fabricaron 130 probetas de 100x200 mm y 132 especímenes cilíndricos de 150x300 mm. Los especímenes siempre fueron fabricados en muestras pares.

Todas los especímenes cilíndricos fabricados se identificaron y se colocaron en un lugar protegido de movimientos y vibraciones para que cumplan con un curado inicial satisfactorio.



Figura 3-10 Identificación de las probetas.

Los detalles de todas las mezclas fabricadas, así como los datos de los especímenes cilíndricos fabricados en cada una de ellas se muestran en el ANEXO 3.



Figura 3-11 Especímenes cilíndricos fabricados

3.2.3 Curado y protección de las probetas

Luego de la fabricación de las probetas se procedió a la etapa de curado, con el fin de evitar evaporación y pérdida de agua de los especímenes, el curado estándar desde su inicio se debe ajustar a los requerimientos de la norma ASTM C 31 para cilindros elaborados en campo.



Para curar los especímenes fabricados en esta investigación se construyó tinas de acero que nos permitieron mantenerlos en posición vertical y totalmente cubiertos de agua por un periodo de 28 días antes de ser ensayados.



Figura 3-12 Curado de especímenes cilíndricos

Se registró datos de temperatura ambiente y temperatura dentro de la tina de curado tres veces al día y se promedió estas medidas obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3-4 Temperatura de curado, °C

Medio evaluado	Hora de medida			Total
	8:00 am	12:00 pm	18:00 pm	
<i>Ambiente</i>	18.9	21.6	19	19.9
<i>Agua</i>	17.5	19.4	17.4	18.1

3.2.4 Ensayo de resistencia a la compresión

Los ensayos de resistencia a compresión se realizaron en base a los procedimientos establecidos en ASTM C 39, después de cumplir un periodo de 28 días de curado. Antes de ser ensayados se verificó la verticalidad y planeidad de todos los especímenes cilíndricos, de acuerdo a los procedimientos descritos según la norma ASTM C 1231.



Figura 3-13 Verificación de verticalidad y planeidad de especímenes cilíndricos.

Luego de realizar estas comprobaciones y de hacer las respectivas correcciones por pulido cuando fueron necesarias, se procedió a registrar datos de peso, diámetro y longitud de cada espécimen cilíndrico como se describe en la norma ASTM C 1231.



Figura 3-14 Registro de medidas para cada espécimen (Peso, diámetro, longitud)

Una vez que los especímenes cilíndricos fueron calificados y medidos, estos se ensayaron con los procedimientos que se describen en ASTM C 39, que son los métodos para determinar la resistencia a compresión del hormigón.



Finalmente para realizar el ensayo de resistencia a la compresión se utilizó la máquina principal (ACCU-TEK) propiedad de la UCG, con una capacidad de carga de 2,225 KN. Esta máquina admite una amplia variedad de especímenes para ensayos tal como: cilindros, cubos, bloques y ensayos de resistencia a la flexión.

El procedimiento y funcionamiento de esta máquina de ensayos de compresión para cilindros normales se ajusta a lo descrito en la norma ASTM C 39 (Prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón).

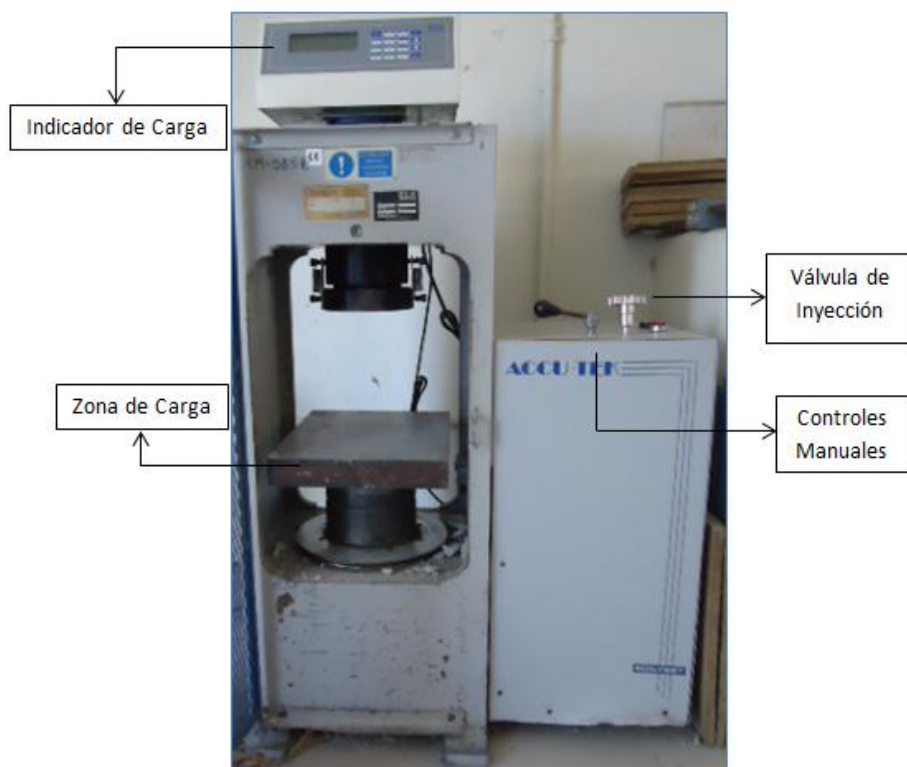


Figura 3-15 Máquina de ensayo a compresión ACCU-TEK

Para cada espécimen cilíndrico ensayado se registraron datos como: tipo de falla, carga máxima obtenida a la que se produjo la falla en el espécimen cilíndrico. (Ver ANEXO 4)



a) Falla tipo 5

b) Falla tipo 3

Figura 3-16 Fallas en los especímenes cilíndricos.



Figura 3-17 Especímenes cilíndricos ensayados.

3.2.4.1 Neoprenos usados en la prueba de compresión

Además de los neoprenos usados en esta investigación, también se llevó un registro del uso de las almohadillas elastoméricas utilizadas en los trabajos: “Correlación entre resultados de resistencia de probetas cilíndricas de hormigón de 150x300 mm y probetas de 100x200 mm para un rango entre 17 MPa y 24 MPa” (Arias, K, 2012) y “Correlación entre resultados de resistencia de probetas cilíndricas de hormigón de 150x300 mm y probetas de 100x200 mm para un rango entre 25 MPa y 40 MPa” (Cabrera, G, 2012).



A continuación se presenta un resumen del número total de almohadillas elastoméricas analizadas en esta investigación clasificadas de acuerdo al tipo de desgaste presentado y el tamaño del espécimen cilíndrico en el que fueron ensayados.

Tabla 3-5 Número total de neoprenos utilizados en la investigación

Tipo de Neopreno	N° total de neoprenos utilizados según su tipo			
	1 (P)	2 (PR)	3 (G)	Total
Cilindros de 150 x 300 mm (Dureza 60)	8	8	2	18
Cilindros de 100 x 200 mm (Dureza 70)	18	11	2	31

Como se fabricó muestras de cilindros pares se ensayaron siempre uno con almohadillas tipo 1 y el otro con almohadilla tipo 3, y luego uno con almohadilla tipo 2 y el otro con almohadillas tipo 3, esto se lo realizó tanto para especímenes de 100x200 mm como para especímenes de 150x300 mm, con el propósito de establecer las diferencias en los resultados obtenidos con cada tipo de neopreno. El detalle del uso de las almohadillas especificadas para cada cilindro se muestra en el ANEXO 6.



4 ANALISIS DE RESULTADOS

En el presente capitulo se evalúa los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión tanto de especímenes cilíndricos de 100x200 mm como de especímenes de 150x300 mm individualmente, el análisis se realizó en base a la comparación de los resultados obtenidos al emplear diferentes tipos de almohadillas elastoméricas clasificadas según su desgaste.

Para este fin utilizaremos el análisis de varianza (ANOVA) el mismo que se calculó en el software SPSS y R ESTADISTIC. Además se establece una metodología de desgaste para las almohadillas elastoméricas, en función de los datos obtenidos del uso que se le dio a cada neopreno. Con esto se determinará si los límites impuestos en ASTM 1231 respecto al número de usos permitido para las almohadillas son totalmente necesarios en la práctica.

4.1 Análisis estadístico

Como se mencionó anteriormente se utilizó el Análisis de Varianza (ANOVA), con el fin de determinar si el desgaste de neoprenos tiene influencia sobre los resultados de resistencia a compresión, para esto se utilizó como herramientas complementarias el software SPSS y R ESTADISTIC.

4.1.1 Resultados de resistencia a compresión analizados

Se elaboró un total de 132 especímenes cilíndricos de tamaño 150x300 mm y un total de 130 especímenes cilíndricos de tamaño 100x200, todas las muestras se elaboraron para un nivel de resistencia de 21 MPa; con un total de 20 lotes de hormigón, en cada uno de estos lotes se fabricaron de 2 a 12 especímenes de 100x200 mm y de 2 a 10 especímenes de 150x300 mm (Ver ANEXO 3).

Luego de su fabricación se determinó la resistencia a compresión de cada una de estas probetas, tomando en cuenta que se fabricaron en muestras pares de manera que se ensayó el primer espécimen con neopreno nuevo y el segundo con neopreno gastado, y después el primer espécimen con neopreno reutilizado y el



segundo con neopreno gastado (Ver ANEXO 3). Con estos resultados se realizó una depuración como se describe en ASTM C 670, en esta depuración se descartó el lote N° 1 por no cumplir con la normativa y por ser una mezcla de prueba, únicamente los resultados con iguales características, es decir, edad de curado, par de almohadillas elastoméricas de ensayo y número de lote; fueron analizados para determinar sus medidas de tendencia central (media, varianza, desviación estándar), los resultados que no se pudieron comparar con otros con características iguales de su lote se descartaron en el análisis de resultados (Ver ANEXO 4). Una vez realizada la depuración, se procedió a realizar el análisis de resultados. Todo este proceso se realizó en base a un análisis de varianza (ANOVA), el que nos permitió determinar la incidencia de la calidad de los neoprenos sobre los resultados de resistencia a compresión.

4.1.2 Análisis de Varianza con SPSS y R ESTADISTIC

El análisis de resultados se realizó individualmente tanto para especímenes de 150x300 mm como para especímenes de 100x200 mm, los resultados obtenidos se presentan a continuación:

4.1.2.1 Especímenes cilíndricos de 150X300 mm

Se obtuvo resultados de resistencia a compresión clasificados de acuerdo al tipo de neopreno usado en su ensayo. (Ver ANEXO 5)

De estas series de resultados se obtuvo las siguientes medidas de tendencia para cada una de las series de acuerdo al neopreno usado en su ensayo de resistencia a compresión.



Tabla 4-1 Valores descriptivos de especímenes cilíndricos 150x300 mm

Estadísticos descriptivos										
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza	Asimetría		Curtosis	
	Estadís	Estadís	Estadís	Estadís	Estadís	Estadís.	Estadís.	Error típico	Estadís.	Error típico
Resist. a la compresión almohadillas nuevas	22	21.22	22.58	21.795	0.3624	0.131	0.574	0.491	-0.88	0.953
Resist. a la compresión almohadillas reutilizadas	37	20.64	22.77	21.631	0.4531	0.205	0.477	0.388	0.272	0.759
Resist. a la compresión almohadillas gastadas	59	20.16	22.40	20.979	0.4802	0.231	0.802	0.311	0.761	0.613

Para detallar de manera gráfica estos valores se presenta a continuación un histograma de frecuencias para cada uno de los grupos de resistencia a compresión obtenidos con los diferentes tipos de almohadillas elastoméricas, donde se puede observar que la mayoría de resultados se centran en un intervalo alrededor de la media.

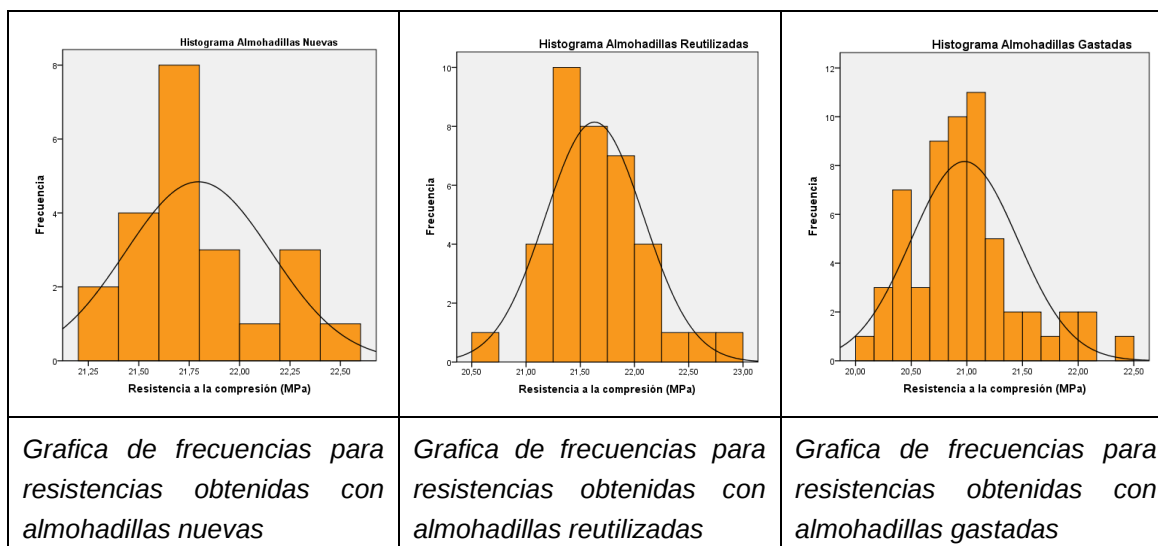


Figura 4-1 Histogramas de Frecuencias, cilindros 150x300 mm.



En el histograma de frecuencia se puede observar que aparentemente tenemos una distribución normal de los resultados, para comprobar esto nos basaremos en los gráficos de normalidad P-P y Q-Q, estos gráficos nos permiten comparar la distribución empírica de un conjunto de datos con la distribución Normal. Por tanto, dichos gráficos se pueden considerar como una técnica gráfica para la prueba de normalidad de un conjunto de datos.

En el gráfico P-P, se representa para cada probabilidad acumulada de los valores de la variable (Prob. acum. observada) la probabilidad acumulada esperada si la muestra perteneciera a una distribución normal. Si la variable sigue una distribución Normal, los puntos estarán dispersados a lo largo de la línea diagonal, que representa la igualdad entre las probabilidades observadas y esperadas. El gráfico Q-Q representa los valores observados de la variable obtenida tipificados frente a los valores normales esperados de una distribución Normal. La variable estudiada seguirá una distribución Normal si los puntos de la figura se encuentran alrededor de la línea diagonal (Canal, 2006).

Como podemos observar en ambos casos los puntos se encuentran alrededor de la diagonal, en base a esto se puede decir que es una distribución Normal. Por lo tanto se procedió a realizar el análisis de varianza (ANOVA).

Se realizó el análisis de varianza empleando el software descrito anteriormente, para este análisis se comparó primero los resultados obtenidos con neoprenos nuevos con los obtenidos con neoprenos gastados, luego se realizó otro análisis para comparar los resultados obtenidos con neoprenos reutilizados y los obtenidos con neoprenos gastados, obteniendo lo siguiente:

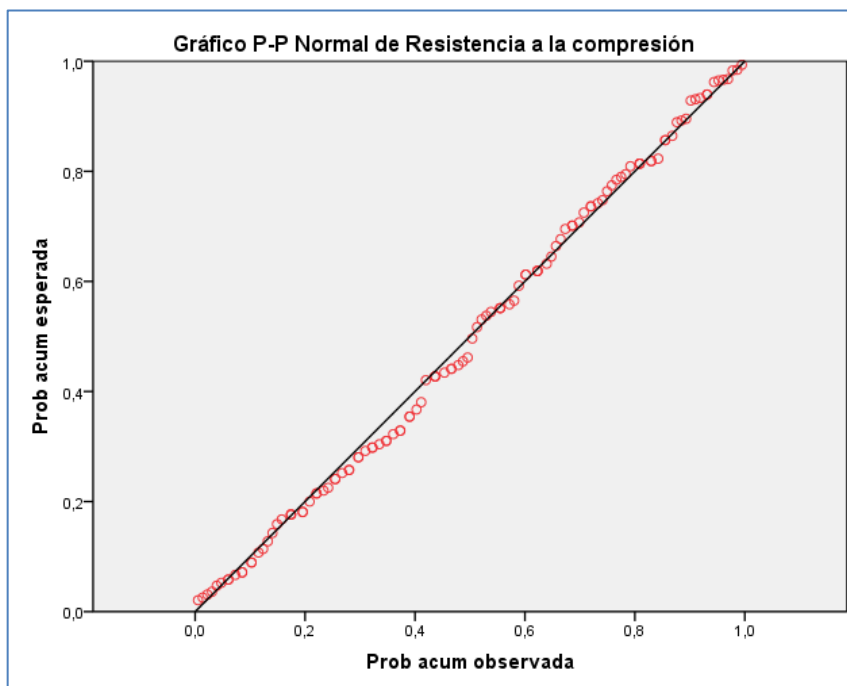


Figura 4-2 Gráficos de normalidad, cilindros 150x300 mm (gráfico P-P).

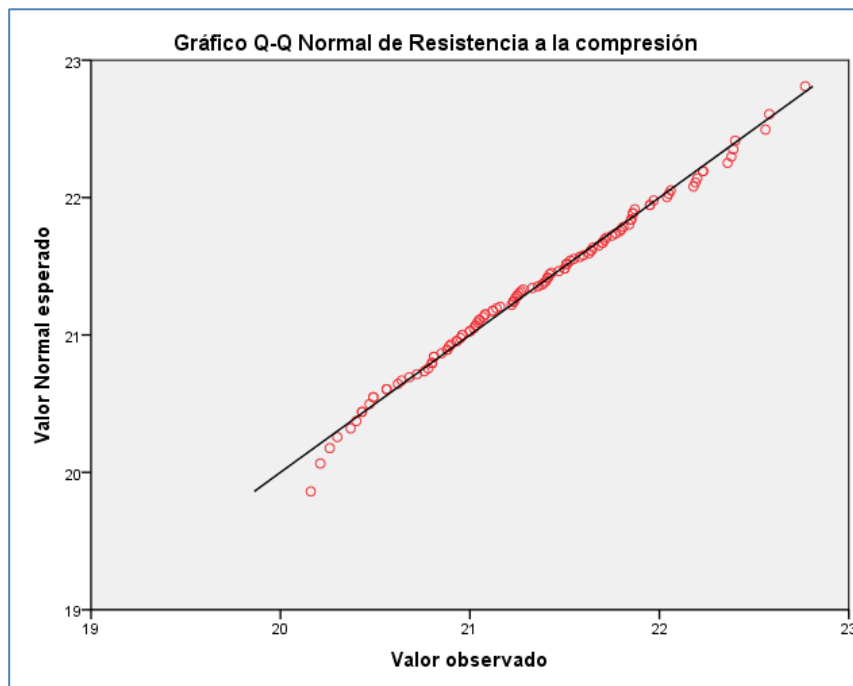


Figura 4-3 Gráficos de normalidad, cilindros 150x300 mm (gráfico Q-Q).



ANOVA resultados obtenidos con neoprenos nuevos vs neoprenos gastados

En la tabla 4.2 se muestran los resultados del análisis de varianza, los resultados que se obtuvieron en el software SPSS son iguales a los obtenidos con el software R ESTADISTIC, por lo que se presenta una sola tabla donde el valor de F es 47.133 y si lo comparamos con $F_{\alpha} = 4.072$ para un valor de significancia de 0.05 con 44 datos y 1 grado de libertad, como se puede observar:

$$F < F_{\alpha} \quad 4.072 < 47.133$$

Por lo tanto no existe igualdad en las medias de estos grupos, esto también se comprueba en el valor de significancia que debería ser mayor a 0.05 para que exista igualdad en las medias.

Tabla 4-2 Análisis de varianza (SPSS) neoprenos nuevos vs gastados, especímenes cilíndricos 150x300 mm

ANOVA - Nuevos vs Gastados					
<i>Resistencia a la compresión</i>					
	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>gl</i>	<i>Media cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Inter-grupos</i>	9.255	1	9.255	47.133	.000
<i>Intra-grupos</i>	8.247	42	.196		
<i>Total</i>	17.503	43			

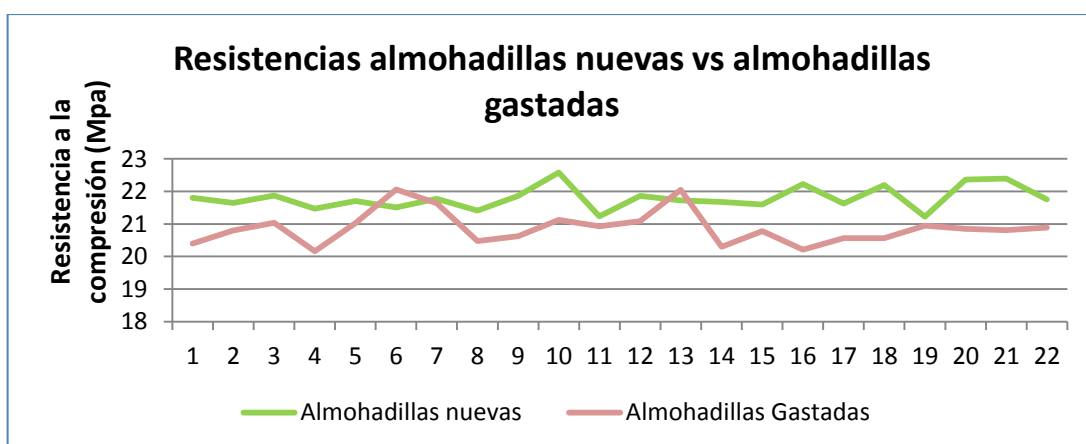


Figura 4-4 Resistencias obtenidas con neoprenos nuevos vs neoprenos gastados, cilindros 150x300 mm.



ANOVA resultados obtenidos con neoprenos reutilizados vs neoprenos gastados

El valor de F es 31.249, este lo comparamos con $F_{\alpha} = 3.981$ para un valor de significancia de 0.05 con 44 datos y 1 grado de libertad, como se puede observar:

$$F < F_{\alpha} \quad 3.981 < 31.249$$

También podríamos comprobar que las medias no son iguales con en el valor de significancia que debería ser mayor a 0.05 para que exista igualdad en las medias.

Tabla 4-3 Análisis de varianza (SPSS) neoprenos reutilizados vs gastados, especímenes cilíndricos 150x300 mm

ANOVA Reutilizados vs Gastados					
Resistencia a la compresión					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	6.475	1	6.475	31.249	.000
Intra-grupos	14.919	72	.207		
Total	21.395	73			

Por lo tanto se rechazó la hipótesis nula que nos dice que las medias de los diferentes tratamientos son iguales, esto quiere decir que realizar este ensayo con almohadillas gastadas no es igual a realizarlo con almohadillas nuevas o reutilizadas.

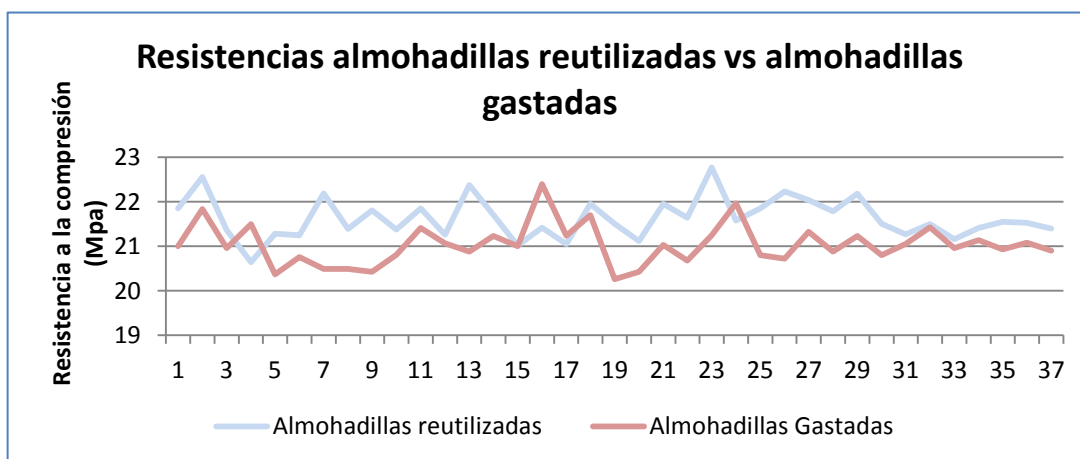


Figura 4-5 Resistencias obtenidas con neoprenos reutilizados vs neoprenos gastados, cilindros 150x300 mm.



Por esta razón existe la posibilidad de que por lo menos dos series sean iguales, es por esto que se realiza un análisis posterior denominado “post hoc” o “posteriori”, como se describió en el capítulo 2 se utilizara el método de Tukey para realizar este análisis.

Tabla 4-4 Análisis post hoc (SPSS) comparaciones múltiples, cilíndricos 150x300 mm

Comparaciones múltiples						
Resistencia HSD de Tukey		a	la	compresión		
(I) Tipo de Almohadilla	(J) Tipo de Almohadilla	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Almohadilla Nueva	Almohadilla Reutilizada	.16419	.12177	.372	-.1249	.4533
	Almohadilla Gastada	.81602*	.11299	.000	.5477	1.0843
Almohadilla Reutilizada	Almohadilla Nueva	-.16419	.12177	.372	-.4533	.1249
	Almohadilla Gastada	.65183*	.09485	.000	.4266	.8770
Almohadilla Gastada	Almohadilla Nueva	-.81602*	.11299	.000	-1.0843	-.5477
	Almohadilla Reutilizada	-.65183*	.09485	.000	-.8770	-.4266

* La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05

Tabla 4-5 Análisis post hoc (SPSS) método de Tukey, cilíndricos 150x300 mm

Resistencia a la compresión			
HSD de Tukey ^{a,b}			
Tipo de Almohadilla	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Almohadilla Gastada	59	20.9790	
Almohadilla Reutilizada	37		21.6308
Almohadilla Nueva	22		21.7950
Sig.		1.000	.301

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.



Tabla 4-6 Análisis post hoc (R ESTADISTIC) método Tukey, cilíndricos 150x300 mm

HSD Tukey				
Comparaciones Múltiples	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Almohadilla Reutilizada - Almohadilla Nueva	-0.16419	0.12177	-1.348	0.369
Almohadilla Gastada - Almohadilla Nueva	-0.81602	0.11299	-7.222	<1e-04
Almohadilla Gastada - Almohadilla Reutilizada	-0.65183	0.09485	-6.872	<1e-04

Después de realizar el análisis “post hoc”, se observó que los resultados obtenidos utilizando almohadillas gastadas son diferentes significativamente a los demás, también se determinó que existe igualdad en las medias de los resultados obtenidos con almohadillas nuevas y los obtenidos con almohadillas reutilizadas.

Esto se demuestra de una manera más sencilla por medio de una gráfica de comparación a un intervalo de confianza del 95%.

Para entender mejor esto, a continuación se presenta un gráfico de los resultados obtenidos y de sus respectivas medias, clasificados de acuerdo al tipo de almohadilla elastomérica utilizada en su ensayo, de esta manera se puede observar claramente la diferencia que existe entre los diferentes grupos.

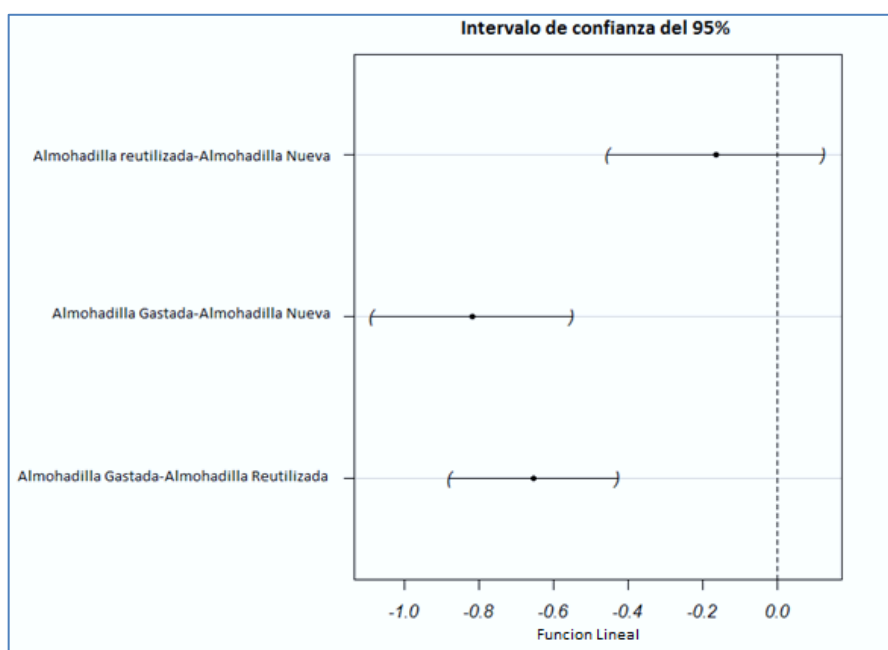


Figura 4-6 Comparación a un intervalo de confianza del 95%, cilindros 150x300 mm.

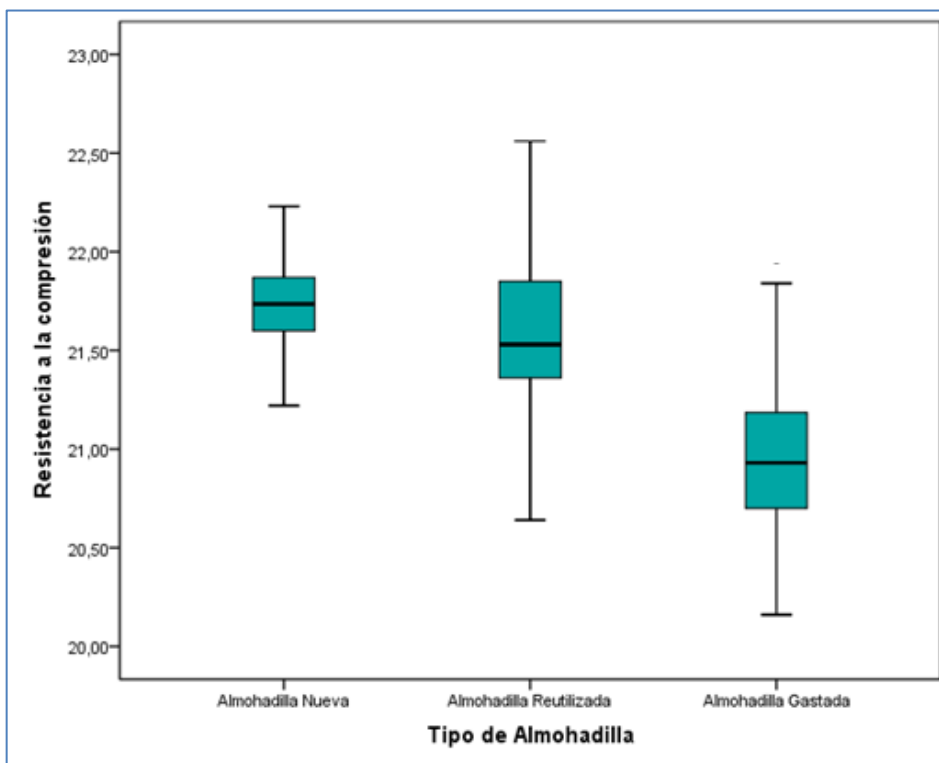


Figura 4-7 Comparación de resultados según tipo de neopreno, especímenes cilíndricos 150x300 mm.

4.1.2.2 Especímenes cilíndricos de 100X200 mm

De la misma manera que se analizó los resultados obtenidos para los especímenes de 150x300 mm se procedió a realizar un análisis de manera individual para los especímenes cilíndricos de 100x200 mm, utilizando los programas estadísticos SPSS y R ESTADISTIC (Ver ANEXO 5). De estos resultados también se determinó las medidas de tendencia para cada una de las series de acuerdo al neopreno usado en su ensayo de resistencia a compresión.



Tabla 4-7 Valores descriptivos de especímenes cilíndricos 100x200 mm

<i>Estadísticos descriptivos</i>										
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza	Asimetría		Curtosis	
	Estadís.	Estadís.	Estadís.	Estadís.	Estadís.	Estadís.	Estadís.	Error típico	Estadís.	Error típico
Resist. a la compresión almohadillas nuevas	30	20.03	22.38	21.039	0.5149	0.265	0.654	0.427	0.767	0.833
Resist. a la compresión almohadillas reutilizadas	33	20.05	21.81	20.899	0.4649	0.216	0.056	0.409	-0.730	0.798
Resist. a la compresión almohadillas gastadas	63	20.82	23.42	21.966	0.5050	0.255	0.245	0.302	0.536	0.595

Estos valores se detallan por medio de un histograma de frecuencia, en el cual se puede observar que la mayoría de los resultados obtenidos se centran alrededor de la media (Figura 4.7).

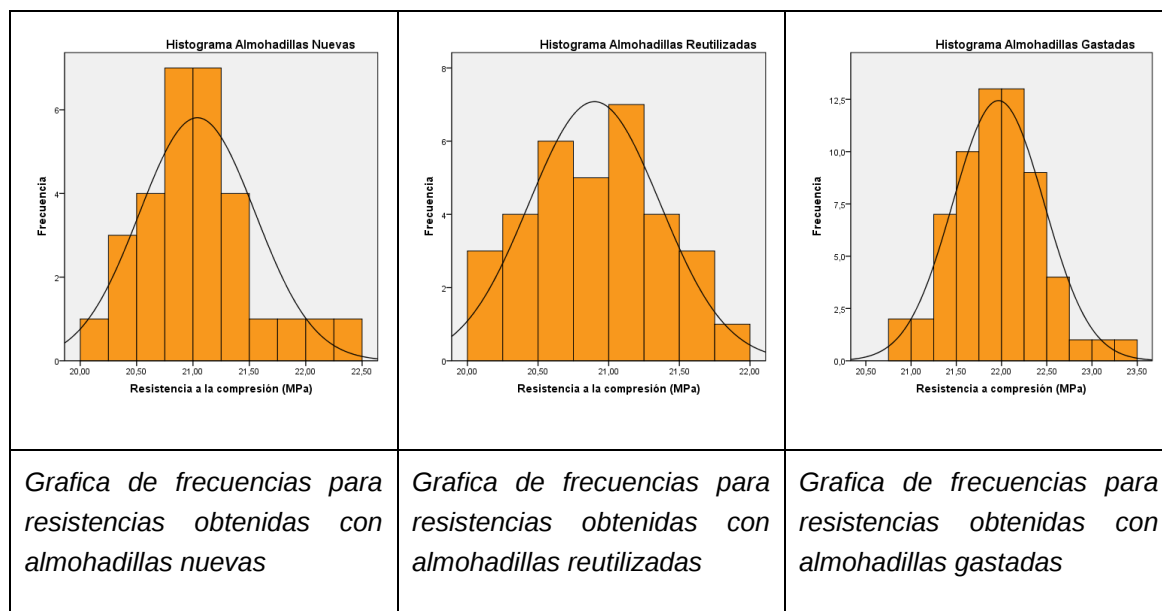


Figura 4-8 Histogramas de frecuencias, cilindros de 100x200 mm.

Aparentemente los resultados conforman una distribución normal para comprobar esto se utilizó los gráficos de normalidad P-P y Q-Q, los mismos que se presentan a continuación:

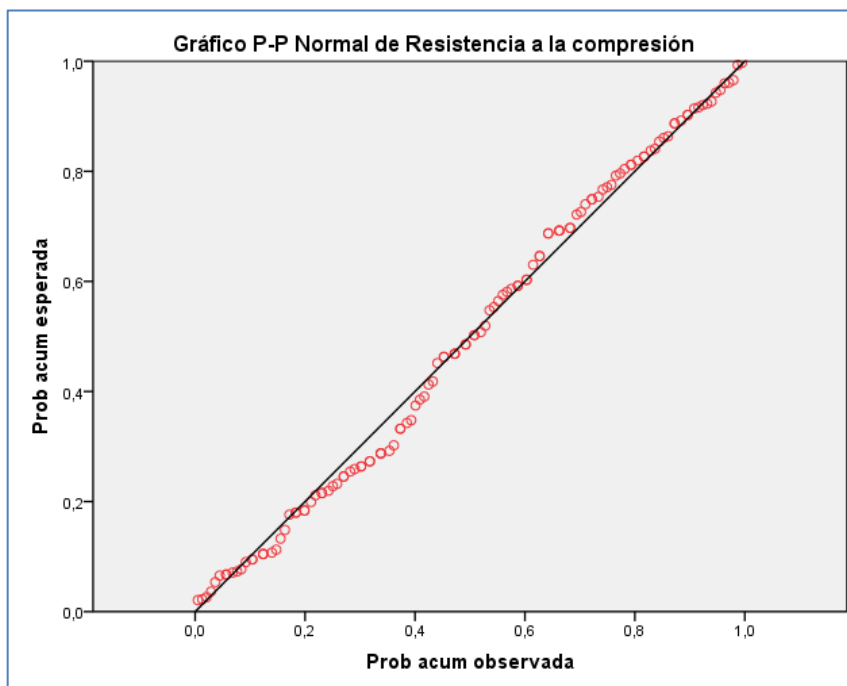


Figura 4-9 Gráficos de normalidad, cilindros 100x200 mm (gráfico P-P).

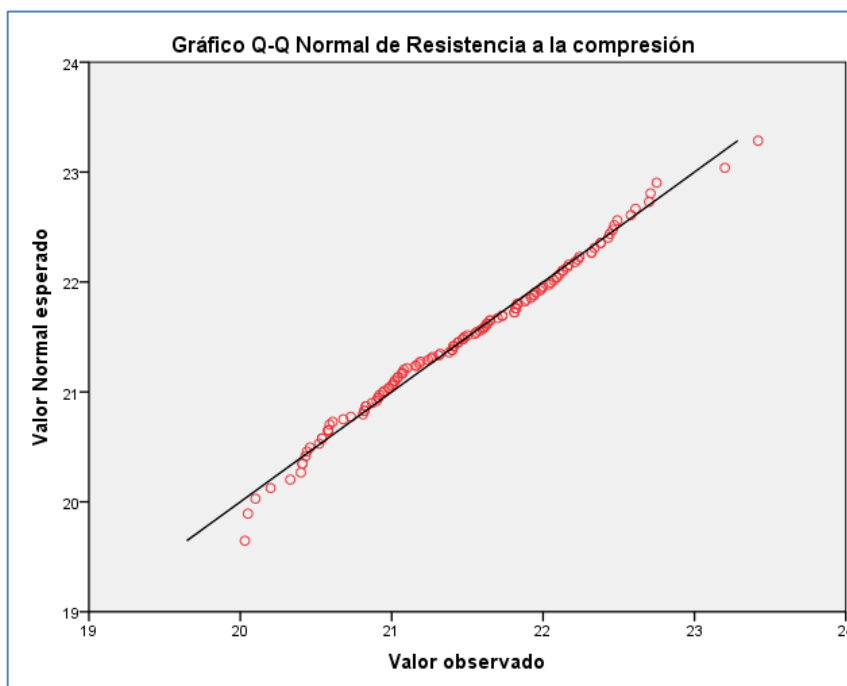


Figura 4-10 Gráficos de normalidad, cilindros 100x200 mm (gráfico Q-Q).



Como podemos observar en ambos casos los puntos se encuentran alrededor de la diagonal, en base a esto se puede decir que es una distribución normal. Por lo tanto se procedió a realizar el análisis de varianza (ANOVA).

ANOVA resultados obtenidos con neoprenos nuevos vs neoprenos gastados

A continuación se presenta los resultados obtenidos del análisis de resultados:

$$F < F_{\alpha} \quad 4.0 < 49.422$$

Por lo tanto no existe igualdad entre las medias de estos grupos.

Tabla 4-8 Análisis de varianza (SPSS) neoprenos nuevos vs gastados, especímenes cilíndricos 100x200 mm

ANOVA Nuevos vs Gastados					
Resistencia a la compresión					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	14.534	1	14.534	49.422	.000
Intra-grupos	17.506	58	.294		
Total	31.590	59			

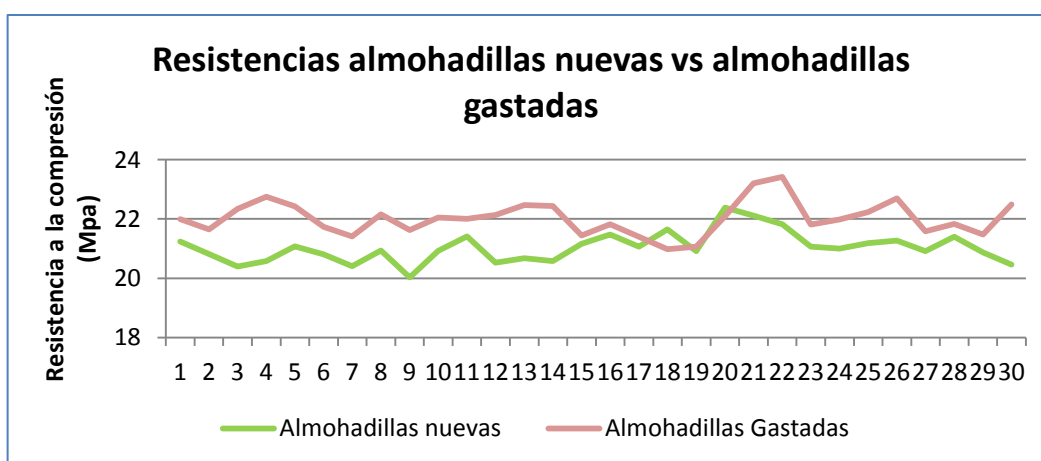


Figura 4-11 Resistencias obtenidas con neoprenos nuevos vs neoprenos gastados, cilindros 100x200 mm.



ANOVA resultados obtenidos con neoprenos reutilizados vs neoprenos gastados

A continuación se presenta los resultados obtenidos del análisis de resultados:

$$F < F_{\alpha} \quad 3.992 < 82.418$$

Tabla 4-9 Análisis de varianza (SPSS) neoprenos reutilizados vs gastados, especímenes cilíndricos 100x200 mm

ANOVA Reutilizados vs Gastados					
Resistencia a la compresión					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	16.963	1	16.963	82.418	.000
Intra-grupos	13.172	64	.206		
Total	30.136	65			

Por lo tanto se rechazó la hipótesis nula que nos dice que las medias de los diferentes tratamientos son iguales, esto quiere decir que realizar este ensayo con almohadillas gastadas no es igual a realizarlo con almohadillas nuevas o reutilizadas, por esta razón se realizó un análisis “post hoc” para determinar si existe diferencia en dos de estos grupos.

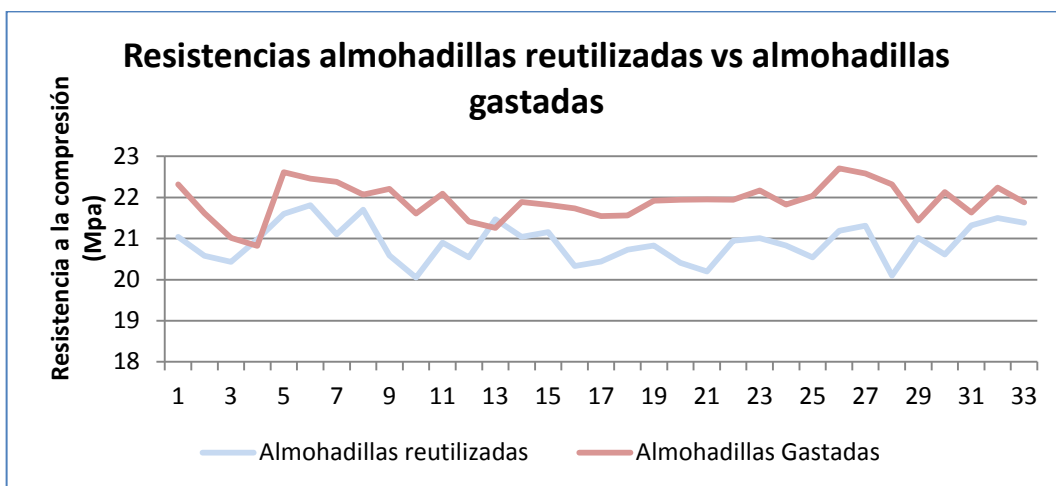


Figura 4-12 Resistencias obtenidas con neoprenos reutilizados vs neoprenos gastados, cilindros 100x200 mm.



Tabla 4-10 Análisis post hoc (SPSS), comparaciones múltiples

Comparaciones múltiples						
<i>Resistencia a la compresión (HSD de Tukey)</i>						
(I) Tipo de Almohadilla	(J) Tipo de Almohadilla	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Almohadilla Nueva	Almohadilla Reutilizada	.13897	.12545	.511	-.1586	.4366
	Almohadilla Gastada	-.92705 *	.11031	.000	-1.1887	-.6653
Almohadilla Reutilizada	Almohadilla Nueva	-.13897	.12545	.511	-.4366	.1586
	Almohadilla Gastada	-1.06602 *	.10686	.000	-1.3195	-.8125
Almohadilla Gastada	Almohadilla Nueva	.92705 *	.11031	.000	.6653	1.1887
	Almohadilla Reutilizada	1.06602 *	.10686	.000	.8125	1.3195

* La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05

Tabla 4-11 Análisis post hoc (SPSS), método de Tukey

Resistencia a la compresión			
<i>HSD de Tukeya,b</i>			
Tipo de Almohadilla	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Almohadilla Reutilizada	33	20.8997	
Almohadilla Nueva	30	21.0387	
Almohadilla Gastada	63		21.9657
Sig.		.447	1.000

Tabla 4-12 Análisis post hoc (R ESTADISTIC), método de Tukey

HSD Tukey				
Comparaciones Múltiples	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Almohadilla Reutilizada - Almohadilla Nueva	-0.139	0.1254	-1.108	0.509
Almohadilla Gastada - Almohadilla Nueva	0.927	0.1103	8.404	<1e-04
Almohadilla Gastada - Almohadilla Reutilizada	1.066	0.1069	9.976	<1e-04



Luego de realizar el análisis “post hoc” para los datos de resistencia a compresión, determinamos que existen diferencias entre los resultados obtenidos con almohadillas gastadas al compararlos con los otros tipos de almohadillas usadas; también determinamos que no existen diferencias en los resultados obtenidos con almohadillas nuevas al compararlos con los obtenidos con almohadillas reutilizadas.

De igual forma este análisis se puede demostrar de una manera más sencilla por medio de una gráfica de comparación a un intervalo de confianza del 95%.

A continuación se presenta un gráfico de los resultados obtenidos y de sus respectivas medias, clasificados de acuerdo al tipo de almohadilla elastomérica utilizada en su ensayo, de esta manera se puede observar claramente la diferencia que existe entre los diferentes grupos.

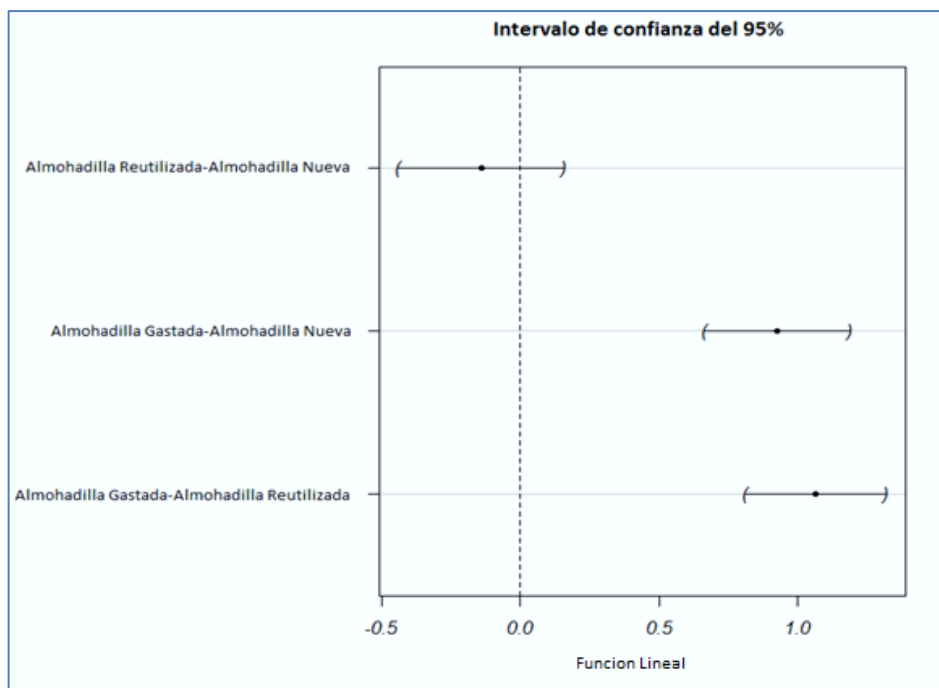


Figura 4-13 Comparación a un intervalo de confianza del 95%, cilindros 100x200 mm

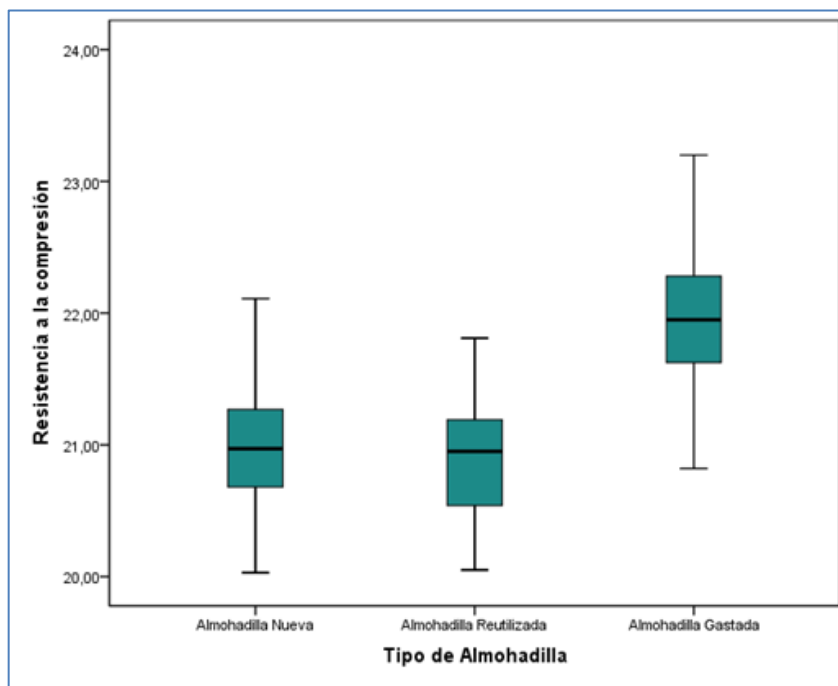


Figura 4-14 Comparación de resultados según tipo de neopreno, especímenes cilíndricos 100x200 mm

Para ambos casos se puede observar que existe una clara diferencia en los resultados cuando se usa almohadillas gastadas que no cumplen con lo descrito en ASTM C 1231, en los especímenes de 150x300 mm los resultados obtenidos con este tipo de neoprenos tienden a ser menores que la resistencia real que se puede llegar a obtener con neoprenos nuevos y reutilizados, por el contrario cuando analizamos los especímenes de 100x200 mm se determinó que al usar almohadillas gastadas los resultados tienden a ser superiores que cuando se usa neoprenos nuevos y reutilizados. No obstante en ambos casos se obtuvo resultados similares al utilizar neoprenos nuevos y neoprenos reutilizados.

4.1.3 Metodología de desgaste de las almohadillas elastoméricas

Después de analizar la incidencia del desgaste de almohadillas elastoméricas sobre los resultados de resistencia a compresión, se procedió a evaluar los resultados referentes al uso de almohadillas elastoméricas, con el fin de establecer una



metodología de desgaste, lo que nos permitirá aprovechar al máximo las almohadillas sin que estas incidan en los valores de resistencia a compresión.

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos, para el número de usos de cada tipo de neopreno usado en la investigación. El detalle de estos resultados se presenta en el ANEXO 6.

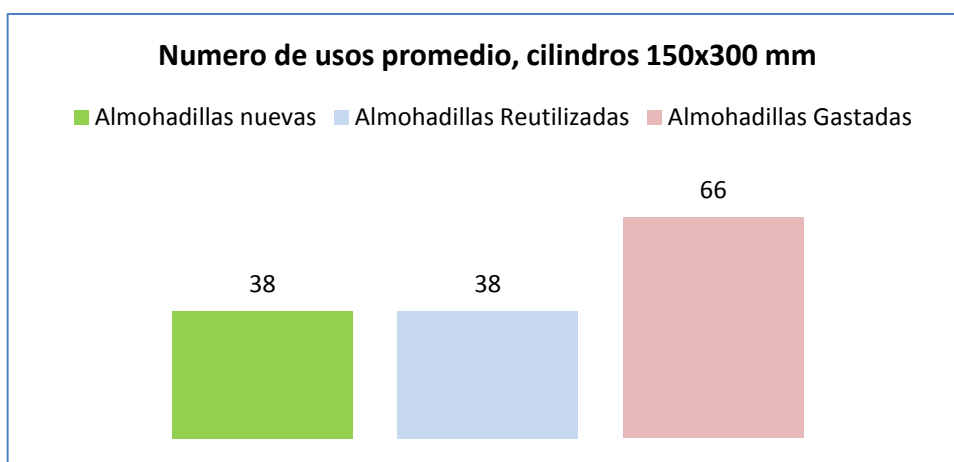


Figura 4-15 Número de usos promedio de almohadillas, cilindros 150x300 mm

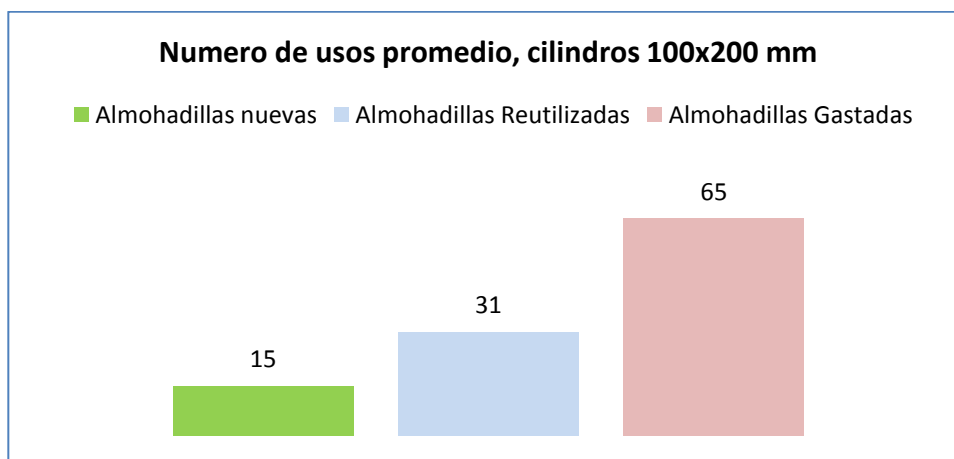


Figura 4-16 Número de usos promedio de almohadillas, cilindros 100x200 mm



Las almohadillas elastoméricas se deben descartar según nos dice la norma ASTM C 1231, cuando presentan un grieta de 10 mm sin importar su profundidad o después de cumplir un número máximo de 100 usos.

Pero como se puede observar en ambos casos las almohadillas presentan una grieta de estas características de manera muy temprana, es decir sin ni siquiera llegar a la mitad de usos permitidos.

Es por esto que se consideró duplicar estos límites y se analizó en otro nivel hasta que aparecieron mínimo 2 grietas de 10 mm con una profundidad considerable, y aun así se obtuvo un número de ensayos adicionales similar hasta el primer descarte.

Los límites máximos de uso se alcanzaron en un solo caso, las almohadillas elastoméricas del tipo 2, es decir reutilizadas no alteraron los resultados con respecto a los obtenidos con almohadillas calificadas según ASTM C 1231.



5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de haber realizado el análisis de los resultados alcanzados en esta investigación se obtuvo las siguientes conclusiones:

Se estableció una escala de clasificación para el desgaste de almohadillas de neopreno, la misma que consta de los siguientes niveles:

1(P) Almohadillas nuevas.- cumplen con los requisitos de ASTM C 1231 y con número máximo de 100 usos.

2(PR) Almohadillas reutilizadas.- no cumplen con los requisitos de ASTM C 1231 ya que presentan de una a dos grietas con más de 10 mm de longitud.

3(G) Almohadillas desgastadas.- no cumplen con los requisitos de ASTM C 1231 ya que presentan más de 2 grietas con más de 10 mm de longitud.

Se propuso esta escala de clasificación por presentar las mejores condiciones para analizar el estado de desgaste de las almohadillas elastoméricas al momento de realizar el ensayo de resistencia a compresión, ya que recoge tres de los estados que comúnmente se presentan en la práctica.

Para los especímenes de 100x200 mm las almohadillas nuevas tuvieron la tendencia de fallar a un número promedio de 38 usos, estando por debajo de la mitad del límite establecido en ASTM C 1231; de igual manera para neoprenos reutilizados se descartaron luego de un número promedio de 38 usos, que de igual manera está por debajo de los límites de uso.

De la misma manera para especímenes de 150x300 mm las almohadillas nuevas tuvieron la tendencia de fallar a un número promedio de 15 usos, estando muy por debajo del límite establecido en ASTM C 1231; para neoprenos reutilizados se descartaron luego de un número promedio de 31 usos, que de igual manera está por debajo de los límites de uso.



Al analizar los resultados obtenidos con almohadillas nuevas y los obtenidos con almohadillas desgastadas se puede apreciar que existe una diferencia significativa entre ambos grupos ya que existe una diferencia entre los promedios de 0.93 MPa para especímenes de 100x200 mm y una diferencia de 0.81 MPa para especímenes de 150x300 mm; al referirnos a los especímenes de 100x200 mm la diferencia que existe tiende a superar los resultados que se obtuvieron con almohadillas nuevas y por el contrario la diferencia que existe con respecto a almohadillas nuevas en especímenes de 150x300 mm tiende a disminuir. En cualquier caso se aprecia que es lo mismo ensayar especímenes con almohadillas nuevas y con almohadillas desgastadas ya que estas tienden a producir errores en los resultados.

De la misma manera al comparar los resultados obtenidos con almohadillas reutilizadas con los obtenidos con almohadillas desgastadas, se observa una diferencia considerable de 1.07 MPa para especímenes de 100x200 mm y de 0.65 MPa para especímenes de 150x300 mm, manteniéndose la tendencia de aumento y disminución de resultados respectivamente.

Por el contrario al realizar un análisis post hoc entre los grupos, se determinó que al comparar los resultados obtenidos entre almohadillas nuevas y reutilizadas existe una diferencia muy pequeña que no altera los resultados, siendo de 0.14 MPa para especímenes de 100x200 mm y de 0.16 MPa para especímenes de 150x300 mm.

En base a estos resultados se concluye que los límites para el uso de almohadillas elastoméricas descritos en la norma ASTM C 1231 son demasiado estrictos, ya que la mayoría de neoprenos presenta una grieta de más 10 mm de longitud mucho antes de llegar a la mitad del número de usos permitido, y como se demostró en esta investigación estas almohadillas se pueden seguir utilizando hasta cierto límite sin afectar los resultados obtenidos



En base a las conclusiones obtenidas del análisis de resultados, se propone las siguientes recomendaciones para realizar el ensayo de resistencia a compresión usando refrentado con almohadillas elastoméricas:

Para evitar errores en los resultados de resistencia a compresión con refrentado de almohadillas elastoméricas, los laboratorios donde se realiza esta práctica deben garantizar la calidad de las almohadillas utilizadas en los ensayos, a través de registros históricos que permitan validar los neoprenos usados, así se comprueba que los neoprenos cumplan con los requisitos descritos en ASTM C 1231.

Se recomienda revisar las condiciones que se describen en ASTM C 1231 para descartar una almohadilla elastomérica, ya que son demasiado estrictas, como se demostró en esta investigación estos límites se podrían duplicar sin llegar a tener incidencia sobre los resultados de resistencia a compresión, tanto para especímenes de 150x300 mm como para especímenes de 100x200 mm.

Con el propósito de evaluar de forma más detallada la incidencia del desgaste de las almohadillas elastoméricas sobre los resultados de resistencia a compresión, en estudios posteriores se recomienda analizar estos efectos considerando una escala de desgaste más amplia, es decir que considere más niveles de calidad para los neoprenos usados en el ensayo de resistencia a compresión; de la misma manera se recomienda evaluar la incidencia del desgaste de las almohadillas elastoméricas sobre hormigones con diferentes niveles de resistencia a compresión.



6 BIBLIOGRAFÍA

- ACI 211.1-91 (reapproved 2002) "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete".
- Alderete, Natalia. (2008). *Análisis del uso de las placas de dureza Shore A = 50. Tesis de becario en Estructuras y materiales de construcción. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional La Plata. Argentina.*
- Alderete, Natalia. (2009). "Estudio del sistema de encabezado de probetas cilíndricas con placas de elastómero". *Análisis del uso de las placas de dureza Shore A= 50, A=60 y A=70. Tesis de becario en Estructuras y materiales de construcción. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional La Plata. Argentina.*
- Arias, K. (2012). *Correlación entre resultados de resistencia de probetas cilíndricas de hormigón de 150x300 mm y probetas de 100x200 mm para un rango entre 17 MPa y 24 MPa. Tesis no publicada, Universidad Técnica particular de Loja, Loja, Ecuador.*
- Arriaza, G. A, J. Fernández, P. F. López, S. M. A. Muñoz, M. M. Pérez, P. S. Sánchez, N. A. (2008), *Estadística Básica con R y R-Commander. Universidad de Cádiz. España.*
- ASTM Standard C 117, 2004, "Standard Test Method for Materials Finer than 75- μ m," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2004, DOI C117-04, www.astm.org.
- ASTM Standard C 1231, 2000, "Standard Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders," www.astm.org.
- ASTM Standard C 127, 2007, "Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2007, DOI C127-07, www.astm.org.



- ASTM Standard C 128, 2001, "Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2001, DOI C128-01, www.astm.org.
- ASTM Standard C 136, 2006, "Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2006, DOI C136-06, www.astm.org.
- ASTM Standard C 29, 2009, "Standard Test Method for Bulk Density," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2009, DOI C29/C29M-09, www.astm.org.
- ASTM Standard C 31 / C31M, 2012 "Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field," West Conshohocken, www.astm.org.
- ASTM Standard C 33, 2008, "Standard Specification for Concrete Aggregates," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2008, DOI: C33/ C 33M, www.astm.org.
- ASTM Standard C 39 / C39M, 2012 "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens," West Conshohocken, www.astm.org.
- ASTM Standard D702, 1998 (2003), "Standard Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2003, DOI: D 75-98R03, www.astm.org.
- ASTM Standard D75, 2003, "Standard Practice for Sampling Aggregates," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2003, DOI: D 75-03, www.astm.org.
- Barreda, M. Alderete, N. Sota, J. (2011). *Cemento hormigón. " Estudio del sistema de encabezado de probetas cilíndricas de hormigón con placas elastoméricas"*, 947, 36-42.
- Bausela, H. Esperanza. (2005), "SPSS: Un instrumento de análisis de datos cuantitativos". Universidad de León. España.



- Cabrera. C. (2012). *Correlación entre resultados de resistencia de probetas cilíndricas de hormigón de 150x300 mm y probetas de 100x200 mm para un rango entre 25 MPa y 40 MPa*. Tesis no publicada, Universidad Técnica particular de Loja, Loja, Ecuador.
- Canal, D. N. (2006, diciembre 03) *Distribuciones de probabilidad. El teorema central del límite. Métodos estadísticos para enfermería nefrológica*. Consultado el 12 de septiembre, 2012. En: www.revistaseden.org/files/8-CAP%208.pdf.
- Cartuche, M. Juan, M. (2012). *“Evaluación de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de áridos del cantón Loja”*. Trabajo de Grado de Ingeniera Civil. Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador.
- Castañeda, M. Cabrera, A. Navarro, Y. Vries, W. (2010), *Procesamiento de datos y análisis estadístico utilizando SPSS*. Editora Universitaria de PUCRS. Porto Alegre, Brasil.
- Castillo, G. Sonia. Lozano, A. Emilio, D. (2007), *Q-Q Plot Normal. Los puntos de posición gráfica*. Universidad de Jaén. España.
- Gaynor, R. Mullings, G. Rodriguez, F. (2001). *Tests of used unbonded pad caps*. ASTM C09.61 TG on 1231.
- Instituto ecuatoriano del cemento y del concreto – INECYC, (2009). *Notas Técnicas. Control de calidad en el hormigón (1ª ed.)*. Ecuador: eds. ISBN. www.inecyc.org.ec.
- Jiménez Montoya P., García Meseguer A., Morán Cabré F. (1987). *Hormigón Armado Tomo I*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A
- Julián Vidal Valencia (2004), *“Uso de refrentado no adherido en ensayos de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón: comprobación de una norma”*. Universidad EAFIT, 40, 73-78.
- Kosmatka, S. Kerkhoff, B. Panarese, C. Tanesi, J. (2004), *Diseño y Control de Mezclas de Concreto (1a ed.)* México: Eds. Portland Cement Association.



- Montgomery. Douglas, C. Runger. George, C. (2007), *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería*. México: editorial McGraw-Hill.
- Pardo, A. Ruiz, M. (2000). *Estructura del SPSS*. editorial McGraw-Hill.
- Pedroza. Henry. Dicovskyi. Luis. (2006), *Sistema de análisis estadístico con SPSS*. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. Nicaragua.
- Reyes, A. P. (2007). *Análisis de varianza Anova de una vía*. Consultado el 10 de septiembre, 2012. En: www.icicm.com/files.
- Rodríguez, F. (2010). *Diseños de Hormigón de 180 Kg/cm², 210 Kg/cm², 250 Kg/cm² y 300 Kg/cm² con árido triturados de 1 pulg, 1.5 pulg y 2 pulg*. Loja, Ecuador.
- Sáez, C. Antonio, J. (2011), *Apuntes de estadística para ingenieros*. Departamento de estadística e investigación operativa. Universidad de Jaén. España.
- Terrádez, M. Juan, A. (2002). *Análisis de la varianza (ANOVA)*, Secretaría de Estado de Educación y Universidades, España.
- Universidad del Valle de México. (2008). *"Análisis de datos"*, México.
- Venables, W. N. Smith, D. M. & R Core Team. (2012). *Introducción a R*.

7 ANEXOS



ANEXO 1: ENSAYOS DE ACEPTACIÓN DE ÁRIDOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMINERA
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

**DETERMINACIÓN DE LOS MATERIALES MAS FINOS QUE 75 MICRAS EN LOS
ÁRIDOS PARA HORMIGÓN**

IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL

MUESTRA		ENSAYO	
<i>Tipo de árido:</i>	<i>Arena natural</i>	<i>Fecha:</i>	<i>29-nov-11</i>
<i>Procedencia:</i>	<i>Catamayo</i>	<i>Norma:</i>	<i>INEN 697</i>
<i>Sector:</i>	<i>Malca 3</i>	<i>Realizado por:</i>	<i>José Q</i>

REGISTRO DE DATOS Y RESULTADOS

No. Prueba	1	2
<i>Masa de la muestra de ensayo en gr: A</i>	<i>301.44</i>	<i>305.45</i>
<i>Masa de la muestra lavada y seca en gr: B</i>	<i>286.43</i>	<i>291.05</i>
<i>Porcentaje de material fino < 75 micras</i>	<i>4.98</i>	<i>4.71</i>
<i>Porcentaje de Material Fino < 75 micras $= \frac{A-B}{A} \times 100$</i>		Material Fino < 75 micras Valor Promedio 4.85%
<i>Requisito de materiales más finos que 75 micrones en la Arena: Máximo Porcentaje 5 %</i>		



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMINERA
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD

MUESTRA		ENSAYO	
Tipo de árido.	Arena natural	Norma:	INEN 862
Procedencia:	Rio Catamayo	Fecha:	29-nov-11
Sector:	Malca 3	Realizado por:	José Q

REGISTRO DE DATOS Y RESULTADOS

No. Prueba	1	2
Masa de la muestra húmeda (gr) : A	500.00	500.00
Masa de la muestra seca al horno (gr): B	492.00	492.00
Contenido de humedad (%) : CH	1.63	1.63

$$CH = 100 \times (A - B) / B \quad CH = 1.63\%$$



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMINERA
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA.

MUESTRA		ENSAYO	
Tipo de árido:	Arena natural	Norma:	INEN 856
Procedencia:	Rio Catamayo	Fecha:	29-nov-11
Sector:	Malca 3	Realizado por:	José Q

REGISTRO DE DATOS Y RESULTADOS

No. Prueba	1	2
Masa de la muestra de ensayo (sss) (gr).	501.18	505.20
Masa del matraz más agua (gr) : B	1225.10	1225.15
Masa del matraz más agua más muestra (gr) : C	1537.70	1540.17
Masa de la muestra seca al horno (gr). A	488.01	491.13
Densidad real (estado sss): Dsss (gr/cm ³)	2.658	2.656
Densidad seca (estado seco): Ds (gr/cm ³)	2.588	2.582
Densidad aparente: D (gr/cm ³)	2.782	2.789
Porcentaje de absorción: Pa en %	2.70	2.86

Dsss = 2.66 gr/cm ³	Densidad real	$D_{sss} = 500 / (B+500-C)$
Ds = 2.59 gr/cm ³	Densidad seca	$D_s = A / (B+500-C)$
D = 2.79 gr/cm ³	Densidad aparente	$D = A / (B+A-C)$
Pa = 2.8 %	Porcentaje de absorción	$Pa = 100 \times (500-A) / A$



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMINERA
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

ÁRIDO GRUESO PARA HORMIGÓN

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA.

MUESTRA		ENSAYO	
Tipo de árido:	Arena natural	Norma:	INEN 856
Procedencia:	Rio Catamayo	Fecha:	29-nov-11
Sector:	Malca 3	Realizado por:	José Q

REGISTRO DE DATOS Y RESULTADOS

No. Prueba	1	2
Masa de la muestra en el aire estado sss (gr.) : B	5971.20	5870.30
Masa de la muestra sumergida en agua (gr.) : C	3555.20	3461.80
Masa de la muestra seca al horno (gr) : A	5892.60	5791.50
Densidad real (estado sss): Dsss (gr/cm ³)	2.472	2.437
Densidad seca (estado seco): Ds (gr/cm ³)	2.439	2.405
Densidad aparente: D (gr/cm ³)	2.521	2.486
Porcentaje de absorción: Pa en %	1.33	1.36

Dsss = $\frac{2.45}{5}$ gr/cm ³	Densidad real	$D_{sss} = B / (B - C)$
Ds = $\frac{2.42}{2}$ gr/cm ³	Densidad seca	$D_s = A / (B - C)$
D = $\frac{2.50}{4}$ gr/cm ³	Densidad aparente	$D = A / (A - C)$
Pa = 1.35 %	Porcentaje de absorción	$Pa = 100 \times (B - A) / A$



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMINERA
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN

DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA

MUESTRA		ENSAYO	
Tipo de árido:	Arena	Norma:	INEN 696
Procedencia:	Catamayo	Fecha:	29-nov-11
Sector:	Malca 3	Realizado por:	José Q

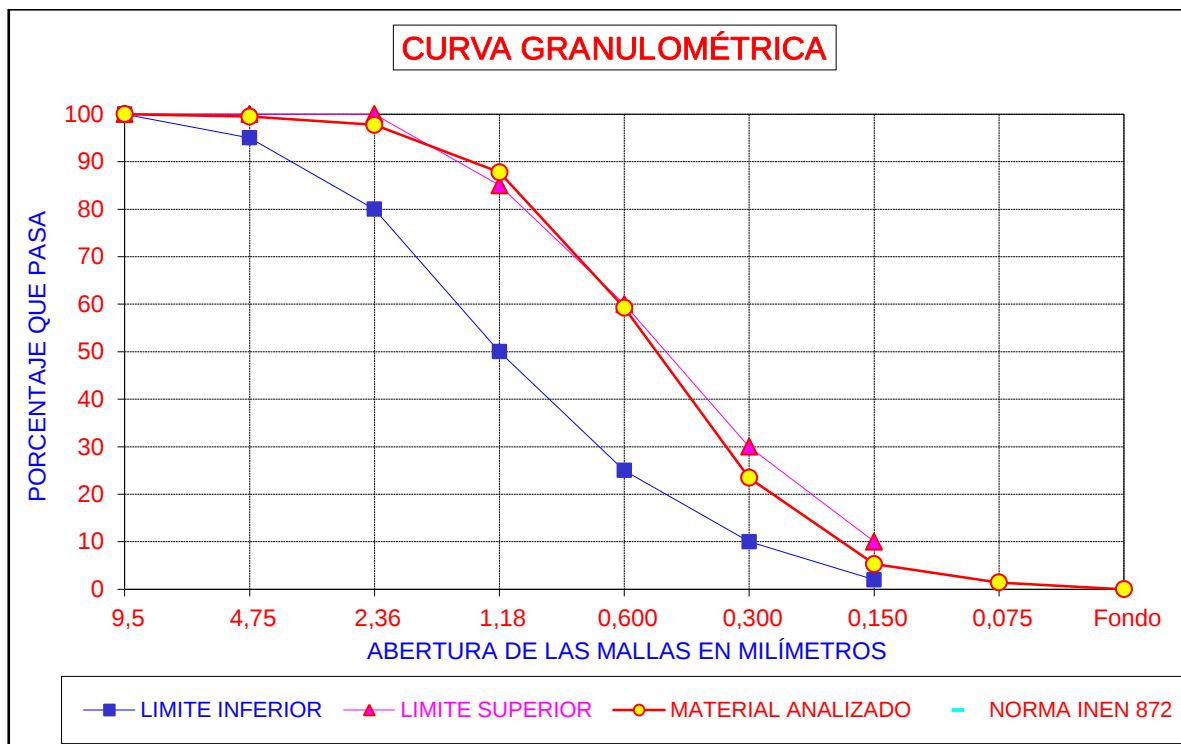
REGISTRO DE DATOS Y RESULTADOS

Tamiz (mm)	RETENIDO			PASA %	REQUISITO % PASA	
	PESO (gr)	%	Acumulado		Lim. Inf.	Lim. Sup.
9,5	0	0.00	0.00	100.00	100	100
4,75	1.99	0.49	0.49	99.51	95	100
2,36	7.205	1.78	2.27	97.73	80	100
1,18	40.335	9.96	12.23	87.77	50	85
0,600	115.425	28.50	40.73	59.27	25	60
0,300	145.13	35.83	76.56	23.44	10	30
0,150	73.53	18.15	94.71	5.29	2	10
0,075	15.68	3.87	98.58	1.42		
Fondo	5.75	1.42	100.00	0.00		
Total	405.05	100.00				

Masa Muestra de 3000.00 gramos	Módulo de finura (Mf):	2.3
Requisito de Gradación de la Arena para hormigón		Módulo de Finura: 2,3 a 3,1



Gráfica de la Curva Granulométrica del Árido Fino para Hormigón





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMINERA
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

ÁRIDO GRUESO PARA HORMIGÓN

DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA

MUESTRA		ENSAYO	
Tipo de árido:	Grava	Norma:	INEN 696
Procedencia:	Catamayo	Fecha:	29-nov-11
Sector:	Malca 3	Realizado por:	José Q

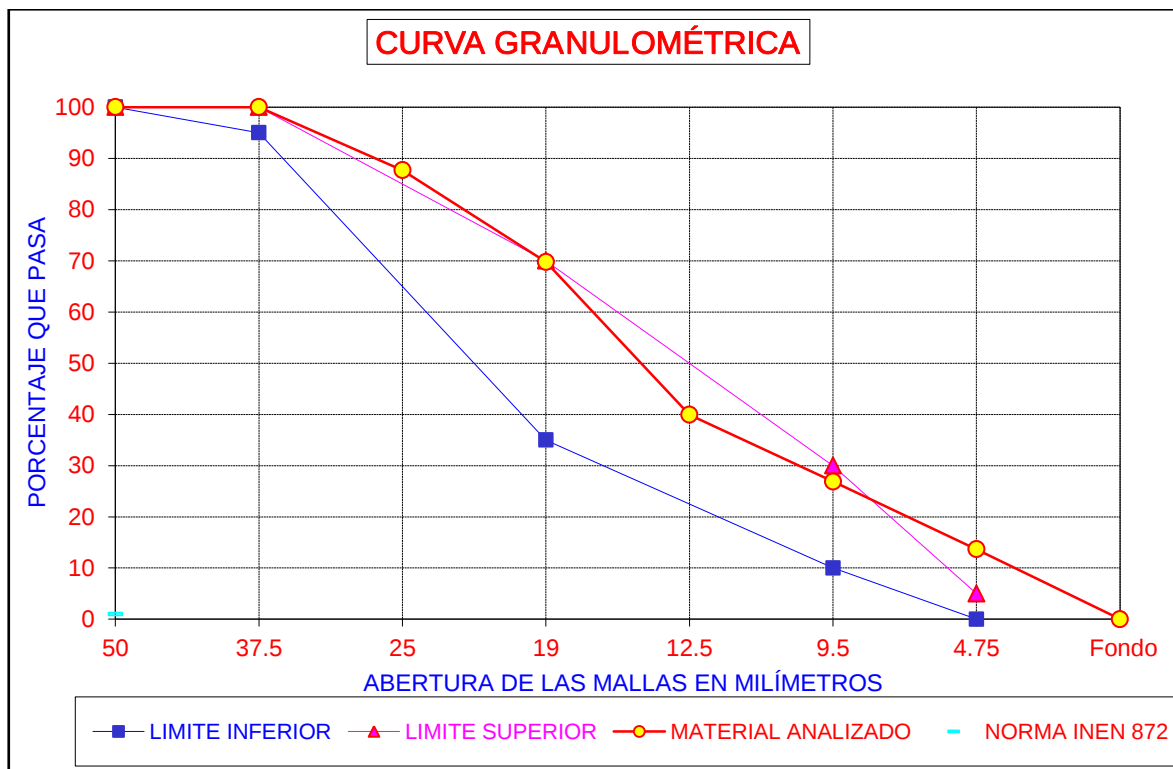
REGISTRO DE DATOS Y RESULTADOS

Tamiz (mm)	RETENIDO			PASA %	REQUISITO % PASA	
	PESO (gr)	%	Acumulado		Lim. Inf.	Lim. Sup.
75						
63						
50	0	0.00	0.00	100.00	100	100
37.5	0	0.00	0.00	100.00	95	100
25	1983.26	12.31	12.31	87.69		
19	2882.055	17.89	30.21	69.79	35	70
12.5	4808.09	29.85	60.06	39.94		
9.5	2100.94	13.04	73.10	26.90	10	30
4.75	2132.495	13.24	86.34	13.66	0	5
Fondo	2200.7	13.66	100.00	0.00		

Masa Muestra de	13517.00	gramos	Tamaño máximo (mm):	37.5
Ensayo:			Tamaño máximo nominal en mm:	37.50



Gráfica de la Curva Granulométrica del Árido Grueso para Hormigón





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMINERA
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN

DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA

MUESTRA		ENSAYO	
Tipo de árido:	Arena	Norma:	INEN 858
Procedencia:	Catamayo	Fecha:	19/06/2007
Sector:		Realizado por:	José Q

REGISTRO DE DATOS Y RESULTADOS

Peso del recipiente vacío más placa de vidrio:	11130.00	gramos
Peso del recipiente más agua más placa de vidrio:	25240.00	gramos
Temperatura del agua (°C) :	19.5	Densidad del agua (gr/cm ³) : 0.997969
Masa del recipiente vacío (gr)	9660.00	Volumen del recipiente (cm ³) : 14138.72

ESTADO SUELTO

No. Prueba	1	2
Volumen del recipiente (cm ³) : V	14138.72	14138.72
Masa del recipiente más muestra (gr) :	17840.00	18020.00
Masa de la muestra de ensayo (gr) : m	8180.00	8360.00
Densidad aparente: D (gr/cm ³)	0.579	0.591

ESTADO COMPACTADO

No. Prueba	1	2
Volumen del recipiente (cm ³) : V	14138.72	14138.72
Masa del recipiente más muestra (gr) :	19760.00	19970.00
Masa de la muestra de ensayo (gr) : m	10100.00	10310.00
Densidad aparente: D (gr/cm ³)	0.714	0.729

Masa unitaria (densidad aparente) suelta:	0.585 gr/cm ³
Masa unitaria (d. aparente) compactada:	0.722 gr/cm ³



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMINERA
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

ÁRIDO GRUESO PARA HORMIGÓN

DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA

MUESTRA		ENSAYO	
Tipo de árido:	Grueso	Norma:	INEN 858
Procedencia:	Catamayo	Fecha:	29-nov-11
Sector:		Realizado por:	José Q

REGISTRO DE DATOS Y RESULTADOS

Peso del recipiente vacío más placa de vidrio:	11120.00	gramos
Peso del recipiente más agua más placa de vidrio:	25200.00	gramos
Temperatura del agua (°C) :	19.3	Densidad del agua (gr/cm ³) : 0.998174
Masa del recipiente vacío (gr)	9640.00	Volumen del recipiente (cm ³) : 14105.76

ESTADO SUELTO

No. Prueba	1	2
Volumen del recipiente (cm ³) : V	14105.76	14105.76
Masa del recipiente más muestra (gr) :	33320.00	33280.00
Masa de la muestra de ensayo (gr) : m	23680.00	23640.00
Densidad aparente: D (gr/cm ³)	1.679	1.676

ESTADO COMPACTADO

No. Prueba	1	2
Volumen del recipiente (cm ³) : V	14105.76	14105.76
Masa del recipiente más muestra (gr) :	34220.00	34080.00
Masa de la muestra de ensayo (gr) : m	24580.00	24440.00
Densidad aparente: D (gr/cm ³)	1.743	1.733

Masa unitaria (densidad aparente)

suelta:

1.677 gr/cm³

Masa unitaria (d. aparente)

compactada:

1.738 gr/cm³



ANEXO 2: DISEÑO DEL HORMIGÓN

Dosificación por el método del ACI 211.4R

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS MATERIALES

Densidad específica del cemento	3000	Kg/m ³
Densidad real de la arena estado sss	2660	Kg/m ³
Densidad real de la grava estado sss	2455	Kg/m ³
Densidad relativa seca grava	2422	Kg/m ³
Densidad relativa seca arena	2590	Kg/m ³
Densidad aparente de grava estado suelto	1677	Kg/m ³
Densidad aparente grava estado compactado	1738	kg/m ³
Módulo de finura de la arena	2.30	
Tamaño máximo del árido grueso	25.00	mm
Material más fino que 75 μ	4.90	%
Capacidad de absorción de la arena	2.80	%
Capacidad de absorción de la grava	1.350	%

Resistencia de diseño

Resistencia requerida $f'_{cr} = 21 + 8.5 = 29.5$ MPa.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN MEDIA REQUERIDA

Resistencia a compresión especificada, f'_c MPa	Resistencia a compresión media requerida, MPa
Menos de 21	$f'_c + 7$
21 a 35	$f'_c + 8.5$
Más de 35	$1.10f'_c + 5.0$

Fuente: Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Boletín de Ingeniería EB201, 2004. Cap. 9, pag. 195

Relación Agua-Cemento

Para la resistencia requerida de 29.5 MPa es:

$$w/c = 0.61$$



RELACIONES AGUA CEMENTO PARA DISTINTAS RESISTENCIAS A 28 DÍAS

Resistencia a compresión a los 28 días, kg/cm ² (MPa)	Relación agua- cemento en masa	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
45	0.38	0.31
40	0.43	0.34
35	0.48	0.40
30	0.55	0.46
25	0.62	0.53
20	0.70	0.61
15	0.80	0.72

Fuente: Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Boletín de Ingeniería EB201, 2004. Cap. 9, pag. 187

Revenimiento (Asentamiento)

El revenimiento especificado esta entre 75 mm y 100 mm use 100 ± 20 mm para el proporcionamiento.

Contenido de Agua

$$W = 193 \text{ kg/m}^3.$$

REQUISITOS APROXIMADOS DE AGUA DE MEZCLA PARA DIFERENTES
ASENTAMIENTOS Y TAMAÑOS MÁXIMOS NOMINALES DE AGREGADOS.

Revenimiento (asentamiento) (mm)	Agua, kilogramos por metro cúbico de concreto, para los tamaños de agregado indicados							
	9.5 mm	12.5 mm	19 mm	25 mm	37.5 mm	50 mm	75 mm	150 mm
	Concreto sin aire incluido							
25 a 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 a 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 a 175	243	228	216	202	190	178	160	-
Cantidad aproximada de aire atrapado en un concreto sin aire incluido, porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Fuente: Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Boletín de Ingeniería EB201, 2004. Cap. 9, pag. 190



Contenido de Cemento

$$\frac{w}{c} = 0.611$$

$$c = \frac{193 \text{ kg/m}^3}{0.61} = 314.85 \text{ kg/m}^3$$

Contenido de Árido Grueso

De la tabla 2.4 = 0.74

$$\text{Agregado grueso} = 0.74 \times 1740 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 1287.6 \text{ kg/m}^3$$

VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO POR VOLUMEN UNITARIO DE CONCRETO

Tamaño máximo nominal del agregado (mm)	Volumen del agregado grueso varillado (grueso) en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Boletín de Ingeniería EB201, 2004. Cap. 9, pag. 188

Contenido de Árido Fino

Agua	=	$\frac{193}{1 \times 1000}$	= 0.193 m ³
Cemento	=	$\frac{314.85}{3 \times 1000}$	= 0.105 m ³
Árido Grueso	=	$\frac{1287.6}{2.42 \times 1000}$	= 0.532 m ³
Volumen total de los ingredientes			= 0.830 m ³



El volumen absoluto calculado del árido fino es: $1 - 0.830 = 0.170 \text{ m}^3$

La masa seca del árido fino es: $0.170 \times 2.59 \times 1000 = 440.30 \text{ kg}$

Resumen de la Dosificación

Resumen de Dosificación del hormigón

Material	Dosificación en peso (Kg)
Grava	1287.60
Arena	440.30
Agua	193.00
Cemento	314.85

Corrección por Humedad

Corrección de la dosificación por humedad

MATERIAL	Dosificación Peso Kg/m ³	Capacidad Absorción	Contenido Humedad	Agua Porcentaje	Agua Peso	Dosificación Corregida
Cemento	314.85					314.85
Agua	193.00				23.28	169.72
Arena	440.30	2.80	5.00	2.20	9.12	423.48
Grava	1287.60	1.40	2.50	1.10	14.16	1301.76
Total	2209.81					2209.81

ANEXO 3: RESULTADOS DE CILINDROS Y ALMOHADILLAS ELASTOMÉRICAS ENSAYADAS

Resistencia requerida= 21MPa

N° de Lote	MATERIALES				Asentamiento (mm)	Cilindros Fabricados en el lote		N° de cilindros ensayados con cada tipo de almohadilla					
	Agua w (kg)	Cemento c (kg)	Árido grueso AG (kg)	Árido fino AF (kg)				150x300 mm			100x200 mm		
						150x300 mm	100x200 mm	Nivel 1 (P)	Nivel 2 (PR)	Nivel 3 (G)	Nivel 1 (P)	Nivel 2 (PR)	Nivel 3 (G)
1	8.55	14.11	59.38	20.38	140	8	2	4		4	1		1
2	6.51	10.74	45.18	15.5	100	6	4	3		3	2		2
3	7.44	12.27	51.64	17.72	80	4	12	2		2	6		6
4	6.32	10.43	43.89	15.06	75	4	8	2		2	4		4
5	4.28	7.06	29.69	10.19	90	2	8	1		1	4		4
6	8.92	14.73	61.96	21.26	75	6	10	3		3	5		5
7	9.67	15.95	67.13	23.03	90	8	6	4		4	3		3
8	9.11	15.03	63.25	21.71	85	8	4	4		4	2		2
9	5.02	8.28	34.85	11.96	80	4	4	2		2	2		2
10	7.06	11.66	49.05	16.83	80	6	4	3		3	2		2

N° de Lote	MATERIALES				Asentamiento (mm)	Cilindros Fabricados en el lote		N° de cilindros ensayados con cada tipo de almohadilla					
	Agua w (kg)	Cemento c (kg)	Árido grueso AG (kg)	Árido fino AF (kg)		150x300 mm	100x200 mm	150x300 mm			100x200 mm		
								Nivel 1 (P)	Nivel 2 (PR)	Nivel 3 (G)	Nivel 1 (P)	Nivel 2 (PR)	Nivel 3 (G)
11	5.02	8.28	34.85	11.96	95	4	4		2	2	2		2
12	9.11	15.03	63.25	21.71	95	8	4		4	4		2	2
13	7.06	11.66	49.05	16.83	92	6	4		3	3		2	2
14	9.11	15.03	63.25	21.71	87	8	4		4	4		2	2
15	10.97	18.1	76.16	26.14	80	10	4		5	5		2	2
16	9.11	15.03	63.25	21.71	76	8	4		4	4		2	2
17	10.78	17.79	74.87	25.69	65	8	10		4	4		5	5
18	9.48	15.65	65.84	22.59	75	6	12		3	3		6	6
19	11.34	18.71	78.75	27.02	85	8	12		4	4		6	6
20	11.34	18.71	78.75	27.02	80	8	12		4	4		6	6
TOTAL						130	132	28	37	65	33	33	66

Cilindros fabricados en:

“Correlación entre resultados de resistencia de probetas cilíndricas de hormigón de 150x300 mm y probetas de 100x200 mm para un rango entre 17 MPa y 24 MPa”

Resistencia requerida mezcla 1-7= 17 MPa

Resistencia requerida mezcla 8-12= 20 MPa

Resistencia requerida mezcla 13-17= 22 MPa

Resistencia requerida mezcla 18-22= 24 MPa

N° de Lote	MATERIALES				Asentamiento (mm)	Cilindros Fabricados en el lote		N° de cilindros ensayados con cada tipo de almohadilla					
	Agua w (kg)	Cemento c (kg)	Árido grueso AG (kg)	Árido fino AF (kg)		150x300 mm	100x200 mm	150x300 mm			100x200 mm		
								Nivel 1 (P)	Nivel 2 (PR)	Nivel 3 (G)	Nivel 1 (P)	Nivel 2 (PR)	Nivel 3 (G)
1	5.58	12.75	52.29	27.07	65	2	1	2			1		
2	5.58	12.75	52.29	27.07	65	5	5	5			5		
3	5.58	12.75	52.29	27.07	65	3	4	3			4		
4	5.85	12.75	52.02	27.07	59	5	5	5			5		
5	6.68	12.75	51.17	26.57	72	5	5	5			5		
6	6.82	12.75	51.59	26.53	75	5	5	5			5		
7	7.64	14.87	60.19	31.26	75	5	5	5			5		
8	6.39	15.97	60.83	30.95	73	6	7	6			7		
9	5.47	13.69	52.14	26.53	73	6	5	6			5		
10	7.47	15.97	60.95	29.75	68	6	8	6			8		
11	6.4	13.69	52.24	25.5	68	6	4	6			4		
12	7.7	15.97	60.72	29.75	75	6	6	6				6	
13	6.86	17.37	60.82	29.24	75	6	8		8			8	
14	5.83	14.89	52.02	25.28	75	6	4		4			4	
15	6.86	17.37	60.82	29.24	32	6	8		8			8	

N° de Lote	MATERIALES				Asentamiento (mm)	Cilindros Fabricados en el lote		N° de cilindros ensayados con cada tipo de almohadilla					
	Agua w (kg)	Cemento c (kg)	Árido grueso AG (kg)	Árido fino AF (kg)				150x300 mm			100x200 mm		
						150x300 mm	100x200 mm	Nivel 1 (P)	Nivel 2 (PR)	Nivel 3 (G)	Nivel 1 (P)	Nivel 2 (PR)	Nivel 3 (G)
16	5.88	14.89	52.19	25.06	32	6	4		4			4	
17	8.37	17.37	60.88	27.73	58	6	6		6			6	
18	7.49	18.31	60.62	28.08	48	6	8		8			8	
19	6.42	15.7	51.96	24.07	48	6	4		4			4	
20	7.43	18.31	60.42	28.34	40	6	8		8			8	
21	6.37	15.7	51.79	24.29	40	6	4		4			4	
22	8.37	17.37	60.88	27.73	40	6	6		6			6	
TOTAL						120	120	60	60	0	54	66	0

Cilindros fabricados en:

“correlación entre resultados de resistencia de probetas cilíndricas de hormigón de 150x300 mm y probetas de 100x200 mm para un rango entre 25 MPa y 40 MPa”

Resistencia requerida mezcla 1-6= 25 MPa

Resistencia requerida mezcla 7-11= 30 MPa

Resistencia requerida mezcla 12-16= 35 MPa

Resistencia requerida mezcla 17-21= 40 MPa

N° de Lote	MATERIALES				Asentamiento (mm)	Cilindros Fabricados en el lote		N° de cilindros ensayados con cada tipo de almohadilla					
	Agua w (kg)	Cemento c (kg)	Árido grueso AG (kg)	Árido fino AF (kg)		150x300 mm	100x200 mm	150x300 mm			100x200 mm		
								Nivel 1 (P)	Nivel 2 (PR)	Nivel 3 (G)	Nivel 1 (P)	Nivel 2 (PR)	Nivel 3 (G)
1	5.77	16.13	52.29	24.03	49	5	5	5			5		
2	5.77	16.13	52.29	24.03	49	5	5	5			5		
3	6.82	16.13	51.7	23.58	56	5	5	5			5		
4	6.82	16.13	51.7	23.58	56	5	5	5			5		
5	5.63	16.13	52.14	24.31	48	5	5	5			5		
6	5.63	16.13	52.14	24.31	48	5	5	5			5		
7	7.63	21.2	60.95	25.17	32	6	8	6			8		
8	6.54	18.17	52.24	21.58	32	6	4	6			4		
9	7.74	21.2	60.83	25.15	35	6	8	6			4	4	
10	6.55	18.17	52.04	21.77	35	6	4	6				4	
11	7.64	21.2	60.72	25.39	40	6	6	6				6	
12	7.2	23.88	60.88	23.41	28	6	8	6				8	
13	6.17	20.47	52.19	20.06	28	6	4		4			4	
14	7.73	23.88	60.62	23.14	30	6	8		8			8	
15	6.62	20.47	51.96	19.84	30	6	4		4			4	

N° de Lote	MATERIALES				Asentamiento (mm)	Cilindros Fabricados en el lote		N° de cilindros ensayados con cada tipo de almohadilla					
	Agua w (kg)	Cemento c (kg)	Árido grueso AG (kg)	Árido fino AF (kg)		150x300 mm	100x200 mm	150x300 mm			100x200 mm		
								Nivel 1 (P)	Nivel 2 (PR)	Nivel 3 (G)	Nivel 1 (P)	Nivel 2 (PR)	Nivel 3 (G)
16	7.73	23.88	60.62	23.14	28	6	6		6			6	
17	8.23	27.02	60.42	20.19	46	6	7		7			7	
18	7.05	23.16	51.79	17.31	46	6	4		4			4	
19	8.02	27.02	60.7	20.13	32	6	8		8			8	
20	6.87	23.16	52.03	17.25	32	6	4		4			4	
21	7.73	23.88	60.62	23.14	32	6	6		6			6	
TOTAL						120	119	66	51	0	46	73	0

ANEXO 4: RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN

SIMBOLOGIA: DATOS RECHAZADOS POR NO CUMPLIR CON LA NORMATIVA

DATOS ACEPTADOS

ESPECIMENES CILINDRICOS DE 150x300 mm

Resistencia Requerida (MPa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD (cm)	DIAMETRO (cm)	PESO (kg)	CARGA (KN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
21	1	140	28	29.75	15.03	12.48	139.6	8.02	P3	P2	2	7.9	0.1	1.1
			28	29.95	15.05	12.56	136.4	7.81	P3	P2	6			
			28	29.6	15.19	12.58	141.7	7.98	P3	P2	5			
	2	100	28	29.55	15.15	12.7	385.4	21.8	P5	P6	3	21.8	0.1	0.4
			28	29.55	15.36	12.8	393.5	21.65	P5	P6	3			
			28	29.6	15.01	12.48	379.6	21.87	P5	P6	3			
	3	80	28	30.15	15.12	12.88	378.4	21.47	P5	P6	3	21.6	0.1	0.5
			28	29.65	15.16	12.83	384.3	21.7	P5	P6	3			
			28	29.8	15.18	12.5	711.4	40.06	P5	P6	3	40.1	0	0
	4	75	28	29.5	14.95	12.54	370.7	21.51	P5	P6	3	21.6	0.1	0.6
			28	29.75	15.09	12.72	381.8	21.77	P5	P6	3			
	5	90	28	30.15	15.14	12.76	384.6	21.76	P7	P6	3	21.8	0	0

Resistencia Requerida (MPa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD (cm)	DIAMETRO (cm)	PESO (kg)	CARGA (KN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
21	6	75	28	29.7	15.17	12.48	379.5	21.41	P5	P6	3	22	0.5	2.2
			28	29.85	15.15	12.48	386.5	21.86	P5	P6	3			
			28	29.7	15.02	12.42	392.3	22.58	P5	P6	3			
	7	90	28	29.6	15.19	12.48	377.3	21.23	P7	P6	3	21.6	0.2	1.1
			28	29.75	15.06	12.16	381.8	21.86	P7	P6	5			
			28	29.25	15.06	12.06	379.4	21.72	P7	P6	5			
			28	29.85	15.09	12.32	380.6	21.68	P7	P6	5			
	8	85	28	29.95	15.07	12.4	376.3	21.5	P7	P6	5	21.5	0	0
			28	29.65	14.86	12.02	367.6	21.6	P7	P8	5	21.8	0.3	1.3
			28	29.25	14.75	11.6	372.8	22.23	P7	P8	5			
			28	29.45	15.08	12.18	379.1	21.63	P7	P8	3			
	9	80	28	29.3	14.77	11.6	373	22.2	P7	P8	5	21.7	0.5	2.3
			28	29.75	15.07	12.3	371.2	21.22	P7	P8	5			
	10	80	28	29.95	15	12.24	387.7	22.36	P7	P8	5	22.2	0.3	1.3
			28	29.55	14.87	11.6	381.3	22.39	P7	P8	5			
			28	29.35	15.03	11.74	378.5	21.75	P7	P8	5			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
21	11	95	28	29.8	15.03	11.96	380.2	21.85	PR5	PR8	3	22.2	0.4	1.6
			28	29.2	14.76	11.58	378.5	22.56	PR5	PR8	5			
	12	95	28	29.95	15.06	12.3	373.4	21.36	PR5	PR8	5	21.1	0.3	1.4
			28	29.2	15.04	12.16	359.6	20.64	PR5	PR8	6			
			28	29.45	15.07	12.12	372.3	21.28	PR5	PR8	5			
			28	29.65	15.3	12.64	383.1	21.25	PR5	PR8	3			
			28	29.2	14.76	11.46	372.4	22.19	PR5	PR8	3	21.8	0.3	1.5
	13	92	28	29.7	14.89	12.12	365.4	21.39	PR5	PR8	3			
			28	29.95	15.01	12.36	378.7	21.81	PR5	PR8	3			
	14	87	28	29.75	15.06	12.36	373.8	21.38	PR5	PR2	3	21.7	0.4	2
			28	29.45	15.14	12.46	385.7	21.85	PR5	PR2	3			
			28	29.55	15.22	12.44	379.4	21.26	PR5	PR2	3			
			28	29.05	14.81	11.52	378.4	22.38	PR5	PR2	3			
			28	29.55	14.93	12.32	372.8	21.71	PR5	PR2	3	21.4	0.4	1.7
	15	80	28	29.5	15.17	12.52	372.6	21.02	PR5	PR2	5			
			28	29.2	15	12.36	371.3	21.42	PR5	PR2	3			
			28	29.55	15.14	12.4	372	21.05	PR5	PR2	5			
			28	29.6	14.98	12.16	379.5	21.95	PR5	PR2	5			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
21	16	76	28	29.45	15.08	12.18	377	21.51	PR5	PR8	5	21.6	0.3	1.4
			28	29.75	14.97	12.26	364.5	21.12	PR5	PR8	3			
			28	29.6	14.87	11.9	373.9	21.95	PR5	PR8	3			
			28	29.3	14.81	11.44	365.9	21.64	PR5	PR8	5			
	17	65	28	29.6	14.88	11.86	388.6	22.77	PR5	PR8	3	22.1	0.4	2
			28	29.9	15.05	12.2	376.6	21.58	PR5	PR8	5			
			28	29.65	15.06	12.1	381.7	21.85	PR5	PR8	3			
			28	29.25	15.03	11.98	387	22.23	PR5	PR8	3			
	18	75	28	29.65	15.05	12.22	384.5	22.04	PR5	PR8	3	22	0.2	0.7
			28	29.5	15.03	12.14	379.4	21.79	PR5	PR8	5			
			28	29.75	15.03	12.22	386.2	22.18	PR5	PR8	3			
	19	85	28	29.75	15.04	12.24	375.1	21.51	PR5	PR8	5	21.4	0.1	0.7
			28	29.75	15.02	12.32	369.9	21.27	PR5	PR8	5			
			28	29.7	15.08	12.3	376.6	21.5	PR5	PR8	5			
			28	29.75	15.05	12.22	369.2	21.16	PR5	PR8	5			
	20	80	28	29.75	15.05	12.28	373.5	21.41	PR5	PR8	5	21.5	0.1	0.3
			28	29.8	15.03	12.4	375.3	21.55	PR5	PR8	5			
			28	29.75	15.04	12.26	375.2	21.53	PR5	PR8	5			
			28	29.85	15.04	12.34	372.8	21.4	PR5	PR8	3			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
21	1	140	28	29.68	15.09	12.52	137.5	7.84	P1	P2	3	7.8	0	0
			28	29.85	15.06	12.48	136.3	7.8	P1G	P2G	3	7.8	0.1	1.5
			28	29.8	15.07	12.58	138.4	7.91	P1G	P2G	3			
			28	29.6	15.17	12.16	135.1	7.62	P1G	P2G	5			
	2	100	28	29.85	15.06	12.6	356.7	20.4	P1G	P2G	3	20.7	0.3	1.3
			28	29.65	15.05	12.32	363.1	20.8	P1G	P2G	5			
			28	29.45	15.08	12.5	368.7	21.04	P1G	P2G	3			
	3	80	28	29.7	15.27	12.94	362.2	20.16	P1G	P2G	5	20.6	0.4	2.1
			28	29.55	15.04	12.33	366.6	21.03	P1G	P2G	5			
			28	29.6	15.01	12.22	638.1	36.75	P1G	P2G	5	36.8	0	0
	4	75	28	29.45	15.15	12.72	390.2	22.06	P1G	P2G	5	21.9	0.2	1
			28	29.8	15.09	12.74	379.7	21.64	P1G	P2G	5			
	5	90	28	30	15.06	12.76	364.1	20.83	P1G	P2G	5	20.8	0	0
	6	75	28	29.5	15.09	12.38	359.2	20.47	P1G	P2G	5	20.7	0.3	1.3
			28	29.9	15.13	12.38	363.9	20.62	P1G	P2G	5			
			28	29.5	15.06	12.22	369.1	21.12	P1G	P2G	5			
	7	90	28	29.65	15.04	12.34	364.6	20.93	P1G	P2G	5	21.1	0.6	3
			28	29.5	15.07	12.22	369.1	21.08	P1G	P2G	5			
			28	29.1	15.13	12.08	388.8	22.05	P1G	P2G	3			
			28	29.4	15.07	12.18	355.3	20.3	P1G	P2G	5			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
21	8	85	28	29.8	15.09	12.28	358.9	20.47	P1G	P2G	5	20.47	0.0	0.0
			28	29.25	15.08	12.26	364	20.78	P1G	P2G	5	20.5	0.2	1
			28	29.7	15.25	12.62	362.3	20.21	P1G	P2G	5			
			28	29.5	15.2	12.42	365.8	20.56	P1G	P2G	5			
	9	80	28	29.65	15.28	12.6	369.7	20.56	P1G	P2G	5	20.8	0.2	0.9
			28	29.45	15.06	12.18	365.9	20.95	P1G	P2G	5			
	10	80	28	29.8	14.96	12.32	359.6	20.85	P1G	P2G	3	20.8	0	0.2
			28	29.15	15.17	11.8	368.9	20.81	P1G	P2G	5			
			28	29.35	15.12	11.94	368.1	20.89	P1G	P2G	5			
	11	95	28	29.7	14.88	12.78	358.3	21	P1G	P2G	5	21.4	0.4	1.9
			28	29.45	14.89	11.98	373.2	21.84	P1G	P2G	5			
	12	95	28	29.6	15.09	12.18	367.8	20.96	P1G	P2G	5	20.9	0.4	1.9
			28	29.7	14.99	12.16	372.5	21.5	P1G	P2G	3			
			28	29.1	15.14	12.22	359.6	20.37	P1G	P2G	5			
			28	29.5	15.16	12.36	367.4	20.76	P1G	P2G	3			
	13	92	28	29.7	15.27	12.62	367.9	20.49	P1G	P2G	3	20.5	0	0.1
			28	29.6	15.06	12.3	357.8	20.49	P1G	P2G	5			
			28	29.5	15.07	12.32	357.3	20.43	P1G	P2G	3			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
21	14	87	28	29.45	15.08	12.14	364.7	20.81	P1G	P2G	5	21	0.2	1.1
			28	29.25	15.16	12.28	379	21.41	P1G	P2G	3			
			28	29.5	15.03	12.04	366.7	21.07	P1G	P2G	3			
			28	29.05	15.11	12.16	367.1	20.88	P1G	P2G	3			
	15	80	28	29.75	14.87	12.12	361.7	21.23	P1G	P2G	5	21.5	0.5	2.3
			28	29.85	15.07	12.5	367.4	21	P1G	P2G	5			
			28	29.45	14.93	12.34	384.9	22.4	P1G	P2G	3			
			28	29.8	14.94	12.16	365.4	21.24	P1G	P2G	3			
			28	29.1	14.74	11.44	363.3	21.7	P1G	P2G	5			
	16	76	28	29.6	15.2	12.58	360.8	20.26	P1G	P2G	5	20.6	0.3	1.4
			28	29.5	15.09	12.28	358.3	20.43	P1G	P2G	5			
			28	29.6	15.03	12.1	365.8	21.03	P1G	P2G	5			
			28	29.55	15.07	12.16	361.8	20.68	P1G	P2G	3			
	17	65	28	29.6	15.08	12.24	372.2	21.25	P1G	P2G	5	21.2	0.5	2.3
			28	29.3	15.06	11.98	384.1	21.97	P1G	P2G	5			
			28	29.15	15.2	12.16	370.4	20.8	P1G	P2G	5			
			28	29.7	15.22	12.5	369.9	20.72	P1G	P2G	5			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
21	18	75	28	29.45	15.01	12.12	370.2	21.33	P1G	P2G	5	21.1	0.2	0.9
			28	29.55	15.07	12.18	365.4	20.88	P1G	P2G	3			
			28	29.6	15.03	12.16	369.5	21.23	P1G	P2G	5			
	19	85	28	29.8	15.06	12.28	363.2	20.8	P1G	P2G	5	21.1	0.2	1.1
			28	29.65	15.03	12.24	366.3	21.05	P1G	P2G	5			
			28	29.8	15.07	12.3	375	21.43	P1G	P2G	5			
			28	29.85	15.03	12.38	364.5	20.96	P1G	P2G	3			
	20	80	28	29.75	15.06	12.24	369.6	21.14	P1G	P2G	3	21	0.1	0.5
			28	29.7	15.05	12.32	365.1	20.93	P1G	P2G	5			
			28	29.85	15.06	12.24	368.4	21.08	P1G	P2G	3			
			28	29.8	15.05	12.28	364.9	20.9	P1G	P2G	3			

ESPECIMENES CILINDRICOS DE 100x200 mm

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
21	1	140	28	20	10.165	3.78	83.8	10.53	P1	P2	5	10.5	0	0
	2	100	28	19.95	10.095	3.78	169.5	21.59	P3	P4	5	21.6	0	0
	3	80	28	19.95	10.17	3.84	169.3	21.24	P3	P4	5	20.8	0.3	1.4
			28	19.75	10.24	3.78	168.2	20.82	P3	P4	5			
			28	19.95	10.155	2.84	162.1	20.4	P3	P4	5			
			28	20	10.21	3.88	165.3	20.58	P3	P4	5			
			28	20.15	10.15	3.74	167.3	21.08	P3	P4	5			
			28	20	10.16	3.84	165.5	20.81	P3	P4	5			
	4	75	28	19.95	10.225	3.86	164.4	20.41	P3	P4	5	20.6	0.4	1.8
			28	19.9	10.225	3.86	168.7	20.94	P3	P4	5			
			28	19.95	10.245	3.9	162	20.03	P3	P4	5			
			28	19.75	10.19	3.86	167.4	20.92	P3	P4	5			
	5	90	28	19.95	10.145	3.8	169.8	21.41	P12	P14	5	20.8	0.4	1.7
			28	19.85	10.17	3.8	163.5	20.52	P12	P14	3			
			28	20	10.195	3.84	165.6	20.68	P12	P14	5			
			28	19.9	10.16	3.8	163.7	20.58	P12	P14	5			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
21	6	75	28	19.8	10.135	3.74	167.5	21.16	P12	P14	5	21.3	0.3	1.3
			28	19.8	10.17	3.74	171.2	21.48	P12	P14	5			
			28	19.95	10.125	3.76	166.4	21.07	P12	P14	5			
			28	20	10.145	3.74	171.7	21.65	P12	P14	3			
			28	20.2	10.19	3.8	167.3	20.91	P12	P14	5			
	7	90	28	19.85	10.145	3.74	177.5	22.38	P12	P14	5	22.1	0.2	1
			28	20	10.125	3.74	174.6	22.11	P12	P14	5			
			28	19.9	10.17	3.76	173.9	21.82	P12	P14	5			
	8	85	28	20	10.175	3.76	168.1	21.07	P12	P15	5	21	0	0.2
			28	19.9	10.11	3.74	165.4	21	P12	P15	5			
	9	80	28	19.85	10.2	3.7	169.8	21.18	P18	P17	5	21.2	0	0.2
			28	19.85	10.26	3.7	172.5	21.27	P18	P17	5			
	10	80	28	19.9	10.235	3.72	168.8	20.91	P18	P17	5	21.2	0.2	1.2
			28	19.95	10.135	3.72	169.4	21.4	P18	P17	5			
	11	95	28	19.65	10.14	3.62	165.3	20.87	P18	P17	5	20.7	0.2	1
			28	19.75	10.175	3.6	163.2	20.46	P18	P17	5			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.r	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
21	12	95	28	19.9	10.155	3.7	167.2	21.04	PR5	PR2	5	20.8	0.2	1.1
			28	19.65	10.145	3.7	163.2	20.58	PR5	PR2	5			
	13	92	28	20	10.145	3.68	162	20.43	PR5	PR6	3	20.7	0.3	1.3
			28	19.9	10.18	3.7	167.5	20.98	PR5	PR6	3			
	14	87	28	19.95	10.105	3.64	169.9	21.6	PR11	PR6	5	21.7	0.1	0.5
			28	19.9	10.21	3.66	175.2	21.81	PR11	PR6	5			
	15	80	28	19.75	10.285	3.68	172	21.1	PR11	PR6	5	21.4	0.3	1.4
			28	19.9	10.065	3.66	169.4	21.7	PR11	PR6	5			
	16	76	28	19.85	10.185	3.64	164.6	20.59	PR11	PR6	5	20.3	0.3	1.3
			28	19.85	10.195	3.68	160.6	20.05	PR11	PR6	5			
	17	65	28	19.9	10.165	3.68	166.4	20.9	PR11	PR6	5	21	0.3	1.5
			28	19.75	10.14	3.66	162.7	20.54	PR11	PR6	5			
			28	19.65	10.15	3.62	170.4	21.47	PR11	PR6	5			
			28	19.85	10.165	3.68	167.5	21.04	PR11	PR6	5			
			28	19.75	10.235	3.7	170.8	21.16	PR11	PR6	5			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.r	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
21	18	75	28	19.8	10.155	3.64	161.5	20.33	PR7	PR9	3	20.5	0.2	1.1
			28	19.75	10.19	3.62	163.5	20.44	PR7	PR9	5			
			28	19.75	10.13	3.62	163.9	20.73	PR7	PR9	5			
			28	19.8	10.08	3.62	163.1	20.83	PR7	PR9	5			
			28	19.85	10.2	3.62	163.6	20.41	PR7	PR9	5			
			28	19.85	10.19	3.66	161.6	20.2	PR7	PR9	5			
	19	85	28	19.75	10.13	3.6	165.6	20.95	PR7	PR9	5	21	0.2	1.2
			28	19.75	10.12	3.64	165.8	21.01	PR7	PR9	3			
			28	19.8	10.17	3.64	166	20.83	PR7	PR9	5			
			28	19.9	10.165	3.62	163.5	20.54	PR7	PR9	5			
			28	19.8	10.19	3.6	169.5	21.19	PR7	PR9	5			
			28	19.85	10.145	3.62	169	21.31	PR7	PR9	5			
	20	80	28	19.85	10.149	3.62	159.5	20.1	PR7	PR9	5	21	0.5	2.3
			28	19.75	10.14	3.6	166.5	21.02	PR7	PR9	5			
			28	19.7	10.065	3.62	160.9	20.61	PR7	PR9	5			
			28	19.85	10.155	3.64	169.4	21.32	PR7	PR9	3			
			28	19.85	10.065	3.62	167.8	21.5	PR7	PR9	3			
			28	19.75	10.075	3.64	167.2	21.38	PR7	PR9	5			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (dias)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef.var.
									Superior	Inferior	Tipo			
21	1	140	28	19.9	10.165	2.78	79	9.92	P1G	P2G	3	9.92	0	0
	2	100	28	19.95	10.16	3.82	167.9	21.11	P1G	P2G	3	21.11	0	0
	3	80	28	19.95	10.14	3.84	174.2	21.99	P1G	P2G	3	22.1	0.4	1.8
			28	19.95	10.175	3.82	172.7	21.65	P1G	P2G	3			
			28	19.95	10.21	3.76	179.4	22.34	P1G	P2G	5			
			28	20	10.13	3.86	179.9	22.75	P1G	P2G	5			
			28	20.1	10.195	3.72	179.6	22.43	P1G	P2G	5			
			28	19.9	10.085	3.82	170.3	21.73	P1G	P2G	5			
	4	75	28	19.95	10.22	3.88	172.3	21.41	P1G	P2G	3	21.8	0.3	1.4
			28	19.85	10.165	3.82	176.4	22.16	P1G	P2G	3			
			28	19.9	10.215	3.84	173.9	21.63	P1G	P2G	5			
			28	19.9	10.155	3.84	175.2	22.05	P1G	P2G	5			
	5	90	28	19.9	10.27	3.86	178.8	22	P1G	P2G	5	22.3	0.2	0.9
			28	19.95	10.165	3.86	176.2	22.13	P1G	P2G	5			
			28	19.95	10.165	3.84	178.9	22.47	P1G	P2G	5			
			28	19.85	10.14	3.78	177.8	22.44	P1G	P2G	3			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef.var.
									Superior	Inferior	Tipo			
21	6	75	28	20	10.22	3.76	172.5	21.44	P1G	P2G	5	21.3	0.3	1.4
			28	20.05	10.17	3.78	173.9	21.82	P1G	P2G	5			
			28	20	10.135	3.76	169.4	21.4	P1G	P2G	5			
			28	20	10.13	3.76	165.9	20.98	P1G	P2G	3			
			28	20	10.37	4	174.6	21.07	P1G	P2G	5			
	7	90	28	19.85	10.155	3.76	175.5	22.09	P1G	P2G	5	22.9	0.6	2.5
			28	19.8	10.13	3.78	183.4	23.2	P1G	P2G	3			
			28	19.95	10.215	3.76	188.3	23.42	P1G	P2G	5			
	8	85	28	20	10.2	3.74	174.8	21.81	P1G	P2G	3	21.9	0.1	0.4
			28	19.85	10.07	3.72	171.7	21.98	P1G	P2G	5			
	9	80	28	19.75	10.145	3.68	176.3	22.23	P1G	P2G	5	22.5	0.2	1
			28	20	10.245	3.72	183.6	22.7	P1G	P2G	5			
	10	80	28	19.8	10.265	3.74	175.2	21.58	P1G	P2G	5	21.7	0.1	0.6
			28	19.85	10.13	3.7	172.6	21.83	P1G	P2G	5			
	11	95	28	19.8	10.175	3.6	171.3	21.47	P1G	P2G	5	22	0.5	2.3
			28	19.75	10.055	3.62	175.2	22.49	P1G	P2G	5			
	12	95	28	19.8	10.19	3.74	178.6	22.32	P1G	P2G	5	22	0.4	1.6
			28	19.75	10.235	3.74	174.5	21.62	P1G	P2G	5			
	13	92	28	19.9	10.19	3.72	168.2	21.02	P1G	P2G	5	20.9	0.1	0.5
			28	19.85	10.18	3.72	166.2	20.82	P1G	P2G	5			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (dias)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef.var.
									Superior	Inferior	Tipo			
21	14	87	28	19.85	10.12	3.66	178.4	22.61	P1G	P2G	3	22.5	0.1	0.3
			28	19.9	10.18	3.7	179.3	22.46	P1G	P2G	3			
	15	80	28	19.75	10.145	3.68	177.5	22.38	P1G	P2G	5	22.2	0.2	0.7
			28	19.75	10.14	3.66	174.8	22.07	P1G	P2G	3			
	16	76	28	19.8	10.115	3.62	175.1	22.21	P1G	P2G	3	21.9	0.3	1.4
			28	19.75	10.14	3.66	171.2	21.61	P1G	P2G	3			
	17	65	28	19.65	10.155	3.66	175.5	22.09	P1G	P2G	3	21.7	0.3	1.4
			28	19.8	10.175	3.68	170.8	21.41	P1G	P2G	3			
			28	19.7	10.145	3.62	168.6	21.26	P1G	P2G	3			
			28	19.75	10.14	3.66	173.4	21.89	P1G	P2G	5			
			28	19.7	10.2	3.66	174.9	21.82	P1G	P2G	3			
	18	75	28	19.8	10.08	3.62	170.1	21.73	P1G	P2G	5	21.8	0.2	0.8
			28	19.9	10.185	3.66	172.2	21.55	P1G	P2G	5			
			28	19.85	10.19	3.62	172.5	21.56	P1G	P2G	3			
			28	19.85	10.13	3.64	173.3	21.92	P1G	P2G	3			
			28	19.9	10.085	3.62	171.9	21.94	P1G	P2G	5			
			28	19.85	10.155	3.6	174.4	21.95	P1G	P2G	5			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (dias)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef.var.
									Superior	Inferior	Tipo			
21	19	85	28	19.85	10.135	3.6	173.6	21.94	P1G	P2G	5	22.2	0.3	1.5
			28	19.9	10.125	3.64	175.1	22.17	P1G	P2G	3			
			28	19.85	10.23	3.62	176	21.83	P1G	P2G	5			
			28	19.9	10.135	3.62	174.4	22.04	P1G	P2G	3			
			28	19.8	10.135	3.64	179.7	22.71	P1G	P2G	5			
			28	19.8	10.155	3.62	179.4	22.58	P1G	P2G	5			
	20	80	28	19.75	10.12	3.64	176.1	22.32	P1G	P2G	3	21.9	0.3	1.5
			28	19.8	10.156	3.6	170.4	21.44	P1G	P2G	5			
			28	19.9	10.075	3.66	173.1	22.13	P1G	P2G	3			
			28	19.8	10.145	3.6	171.5	21.63	P1G	P2G	5			
			28	19.9	10.14	3.62	176.2	22.24	P1G	P2G	5			
			28	19.85	10.135	3.6	173.2	21.88	P1G	P2G	5			

Cilindros fabricados en:

“Correlación entre resultados de resistencia de probetas cilíndricas de hormigón de 150x300 mm y probetas de 100x200 mm para un rango entre 17 MPa y 24 MPa”

Resistencia requerida mezcla 1-7= 17 MPa

Resistencia requerida mezcla 8-12= 20 MPa

Resistencia requerida mezcla 13-17= 22 MPa

Resistencia requerida mezcla 18-22= 24 MPa

ESPECIMENES CILINDRICOS DE 150x300 mm

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
17	1	65	28	30	15.16	12.70	343.3	19.39	P1	P2	5	19.39	0.0	0.0
			28	30.1	15.04	12.54	351.1	20.14	P3	P2	5	20.14	0.0	0.0
	2	65	28	29.8	15.09	12.52	361.1	20.58	P4	P2	5	20.3	1	4.8
			28	29.9	15.31	12.74	386	21.38	P4	P2	5			
			28	29.6	14.69	12.32	316	19.01	P4	P2	5			
			28	30	14.97	12.6	365.9	21.2	P4	P2	5			
			28	30.1	15	12.48	334.8	19.32	P4	P2	5			
	3	65	28	29.5	15.04	12.28	332.6	19.09	P4	P2	5	20.2	0.9	4.3
			28	29.6	15.11	12.36	355.3	20.21	P4	P2	3			
			28	29.9	15.08	12.38	371.6	21.21	P4	P2	5			
	4	59	30	29.5	15.03	12.62	387.9	22.27	P5	P6	3	20.9	1	4.8
			30	29.4	14.65	11.72	329.2	19.9	P5	P6	5			
			30	29.9	15.01	12.6	347.7	20.04	P5	P6	4			
			30	29.6	14.89	12.34	350.2	20.51	P5	P6	3			
			30	29.7	15.19	12.88	391	22	P5	P6	3			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
17	5	72	30	30	14.99	12.68	324.2	18.71	P5	P6	2	19.1	0.2	1.3
			30	29.9	15.03	12.64	331	19.02	P5	P6	2			
			30	30.1	15.01	12.68	336.5	19.39	P5	P6	2			
			30	30.1	14.97	12.66	333.1	19.28	P5	P6	3			
			30	30.1	14.98	12.46	333.1	19.26	P5	P6	3			
	6	75	28	29.5	14.67	11.82	287.9	17.35	P5	P6	6	17.8	0.7	3.8
			28	29.7	14.92	12.42	294.5	17.17	P5	P6	3			
			28	29.9	14.99	12.7	302.7	17.48	P5	P6	2			
			28	29.9	15.03	12.58	317.7	18.25	P5	P6	2			
			28	30.1	15.02	12.64	329.7	18.96	P5	P6	2			
	7	75	28	29.4	14.68	11.78	322.7	19.44	P5	P6	5	20.1	1.2	5.9
			28	30.1	14.98	12.74	316.5	18.3	P5	P6	2			
			28	29.6	14.92	12.32	347	20.24	P5	P6	2			
			28	29.9	14.97	12.64	375.4	21.74	P5	P6	3			
			28	30.1	15.03	12.7	363.3	20.86	P5	P6	5			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
20	8	73	28	29.7	14.98	12.4	351.8	20.35	P7	P6	3	20.6	0.5	2.3
			28	29.6	14.98	12.44	369	21.33	P7	P6	3			
			28	29.7	15.21	12.88	370.6	20.79	P7	P6	3			
			28	30	15.36	13.16	359.9	19.81	P7	P6	3			
			28	29.9	15.05	12.64	366.2	20.99	P7	P6	3			
			28	30.2	14.98	12.7	356.8	20.63	P7	P6	2			
	9	73	28	30	15.04	12.66	401.6	23.05	P7	P6	2	23.9	0.6	2.4
			28	30	15.09	12.7	414.7	23.65	P7	P6	3			
			28	29.7	15.19	12.62	427.7	24.07	P7	P6	3			
			28	30.1	15.07	12.78	432.2	24.69	P7	P6	3			
			28	29.6	15.01	12.42	407.8	23.49	P7	P6	3			
			28	30.1	15.03	12.7	427.5	24.55	P7	P6	3			
	10	68	28	30.2	15.04	12.68	390.6	22.42	P7	P6	5	23.3	0.6	2.7
			28	30.1	15	12.66	410.2	23.65	P7	P6	2			
			28	30.1	15.02	12.7	403.5	23.2	P7	P6	2			
			28	30	15.05	12.72	401.4	23.01	P7	P6	2			
			28	29.5	14.94	12.3	399.1	23.21	P7	P6	2			
			28	30	14.8	13.12	413.4	24.48	P7	P6	2			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
20	11	68	28	29.6	15.24	12.76	409.5	22.89	P7	P6	2	22.8	0.4	1.7
			28	29.5	14.98	12.28	405.7	23.48	P7	P6	3			
			28	29.8	15.14	12.62	405.4	22.96	P7	P6	2			
			28	29.5	14.99	12.36	389.1	22.48	P7	P6	3			
			28	30	15.04	12.56	395.7	22.69	P7	P6	3			
			28	30.2	15.01	12.58	386.6	22.26	P7	P6	2			
	12	75	30	29.7	15.22	12.8	426.1	23.87	P7	P8	3	23.8	0.6	2.7
			30	29.6	14.99	12.46	431	24.9	P7	P8	2			
			30	30.1	15.02	12.6	397.4	22.87	P7	P8	2			
			30	30.1	15.03	12.66	419.9	24.12	P7	P8	3			
			30	29.8	14.97	12.36	407.7	23.6	P7	P8	3			
			30	30.1	15.01	12.62	405.2	23.36	P7	P8	2			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (dias)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
22	13	75	28	29.70	15.19	12.90	467.5	26.28	PR7	PR2	2	26.3	0.4	1.5
			28	29.70	14.87	12.36	459.5	26.97	PR7	PR2	2			
			28	30.10	15.04	12.72	452.7	25.96	PR7	PR2	2			
			28	29.80	15.17	12.62	475.1	26.79	PR7	PR2	5			
			28	29.90	15.02	12.62	452.9	26.07	PR7	PR2	5			
			28	29.90	15.08	12.68	454.8	25.97	PR7	PR2	2			
	14	75	28	29.70	14.89	12.36	430.2	25.19	PR7	PR2	3	24.6	0.4	1.6
			28	29.50	14.99	12.44	428.3	24.72	PR7	PR2	5			
			28	30.10	15.02	12.68	425.2	24.45	PR7	PR2	5			
			28	30.20	15.01	12.66	418.1	24.09	PR7	PR2	2			
			28	30.10	15.02	12.66	410.8	23.63	PR1	PR2	5	23.7	0.0	0.2
			28	29.90	15.34	13.18	430.0	23.73	PR1	PR2	5			
	15	32	28	29.70	14.92	12.42	444.1	25.88	PR1	PR2	3	25.9	0.0	0.0
			28	30.10	15.01	12.66	449.8	25.92	PR3	PR2	3	25.5	0.4	1.7
			28	30.00	15.02	12.66	445.9	25.66	PR3	PR2	3			
			28	29.80	15.23	12.88	443.3	24.79	PR3	PR2	3			
			28	30.10	14.98	12.70	440.0	25.46	PR3	PR2	3			
			28	30.00	15.29	13.20	434.3	24.10	PR4	PR2	3	24.1	0.0	0.0

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (dias)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
22	16	32	28	29.60	14.97	12.52	433.3	25.11	PR5	PR8	3	25.4	0.3	1.2
			28	29.80	15.09	12.66	447.2	25.49	PR5	PR8	2			
			28	30.20	14.99	12.70	432.4	24.99	PR5	PR8	3			
			28	30.10	14.99	12.70	437.9	25.29	PR5	PR8	3			
			28	29.70	14.90	12.38	435.5	25.46	PR5	PR8	3			
			28	30.10	14.97	12.68	447.9	25.95	PR5	PR8	3			
	17	58	28	30.00	15.33	13.16	467.4	25.82	PR5	PR8	2	24.4	0.9	3.6
			28	29.80	15.28	12.92	434.2	24.13	PR5	PR8	3			
			28	30.00	15.01	12.64	432.6	24.92	PR5	PR8	3			
			28	29.70	14.93	12.40	429.1	24.97	PR5	PR8	2			
			28	30.20	14.99	12.86	408.3	23.59	PR5	PR8	3			
			28	29.80	15.00	12.48	402.5	23.23	PR5	PR8	2			
24	18	48	28	30.30	15.03	12.80	489.5	28.12	PR5	PR8	3	27.6	1.2	4.5
			28	30.20	15.06	12.72	474.1	27.13	PR5	PR8	2			
			28	30.20	15.02	12.72	505.0	29.04	PR5	PR8	3			
			28	30.20	15.22	12.74	478.8	26.81	PR5	PR8	2			
			28	29.70	14.99	12.68	504.1	29.10	PR5	PR8	5			
			28	29.80	14.97	12.38	443.3	25.68	PR5	PR8	3			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (dias)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
24	19	48	28	29.70	15.19	12.86	458.5	25.78	PR5	PR8	3	25.5	0.4	1.7
			28	30.10	15.02	12.66	444.0	25.54	PR5	PR8	3			
			28	30.00	15.33	13.14	472.9	26.12	PR5	PR8	3			
			28	30.00	14.97	12.58	426.4	24.69	PR5	PR8	2			
			28	29.70	14.96	12.46	442.5	25.66	PR5	PR8	3			
			28	29.70	14.98	12.40	438.2	25.35	PR5	PR8	3			
	20	40	28	30.30	15.05	12.76	590.4	33.85	PR5	PR8	3	33.9	0.7	2.0
			28	30.00	15.09	12.72	597.5	34.07	PR5	PR8	3			
			28	29.90	15.18	12.72	579.7	32.66	PR5	PR8	3			
			28	30.20	15.01	12.84	585.1	33.69	PR5	PR8	2			
			28	30.30	15.13	12.82	606.2	34.36	PR5	PR8	3			
			28	29.80	14.97	12.40	602.4	34.88	PR5	PR8	2			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (dias)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
24	21	40	28	29.60	15.07	12.44	587.8	33.60	PR5	PR8	3	31.0	1.8	5.9
			28	29.70	15.05	12.56	572.5	32.80	PR5	PR8	3			
			28	29.90	15.40	13.24	566.8	31.03	PR5	PR8	3			
			28	30.30	15.11	12.76	498.8	28.37	PR5	PR8	3			
			28	29.80	15.22	12.94	553.9	31.03	PR5	PR8	3			
			28	30.10	15.06	12.70	510.9	29.23	PR5	PR8	3			
	22	40	28	29.60	14.97	12.48	550.6	31.88	PR5	PR8	3	33.7	1.3	3.9
			28	30.00	15.06	12.78	588.2	33.65	PR5	PR8	3			
			28	29.70	14.98	12.60	576.7	33.33	PR5	PR8	2			
			28	30.30	15.02	12.80	564.9	32.48	PR5	PR8	3			
			28	29.90	15.05	12.78	623.1	35.69	PR5	PR8	2			
			28	29.80	14.90	12.48	598.7	35.01	PR5	PR8	3			

ESPECIMENES CILINDRICOS DE 100x200 mm

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
17	1	65	28	20	10.115	3.78	164.5	20.87	P1	P2	6	20.87	0.0	0.0
	2	65	28	20	10.104	3.76	166	21.1	P1	P2	5	20.2	0.5	2.5
			28	19.8	10.205	3.8	157.9	19.68	P1	P2	6			
			28	19.9	10.19	3.82	163.9	20.49	P1	P2	5			
			28	19.8	10.145	3.78	158.2	19.95	P1	P2	6			
			28	19.8	10.125	3.76	157.9	19.99	P1	P2	5			
	3	65	28	19.8	10.19	3.78	172.6	21.57	P1	P2	5	20.1	1.6	7.9
			28	19.8	10.17	3.76	145.8	18.3	P1	P2	5			
			28	19.6	10.19	3.74	174.7	21.84	P1	P2	2			
			28	20	10.065	3.78	146.8	18.81	P1	P2	5			
	4	59	30	19.9	10.1	3.82	170.9	21.74	P3	P5	5	19.6	1.6	8
			30	19.9	10.165	3.8	135.2	16.98	P3	P5	6			
			30	19.8	10.225	3.78	155.9	19.35	P3	P5	2			
			30	19.9	10.235	3.84	157.5	19.51	P3	P5	2			
			30	20.1	10.16	3.82	162.2	20.39	P3	P5	5			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
17	5	72	30	19.9	10.12	3.82	156.2	19.8	P3	P5	5	18.3	1.1	5.8
			30	20	10.08	3.8	151.6	19.37	P3	P5	5			
			30	19.9	10.12	3.82	134.4	17.03	P3	P5	2			
			30	19.8	10.175	3.8	140.5	17.61	P3	P5	5			
			30	19.8	10.075	3.78	140	17.9	P3	P5	5			
	6	75	28	19.8	10.085	3.8	148.3	18.92	P3	P5	3	18.9	0.8	4.2
			28	19.9	10.215	3.82	156.3	19.44	P3	P5	3			
			28	19.9	10.18	3.8	147	18.41	P3	P5	5			
			28	20	10.175	3.82	140.9	17.66	P3	P5	6			
			28	19.9	10.085	3.82	156.3	19.95	P3	P5	5			
	7	75	28	19.9	10.1	3.8	144.4	18.37	P3	P5	6	18.5	0.6	3.5
			28	20.1	10.175	3.82	141.6	17.75	P3	P5	6			
			28	20	10.17	3.82	154	19.33	P3	P5	5			
			28	20	10.31	4	163.2	19.93	P3	P6	3	20.5	0.6	2.7
			28	20.2	10.295	4.04	171.9	21.05	P3	P6	6			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
20	8	73	28	20	10.14	3.8	166.6	21.03	P12	P13	3	21.1	0.3	1.6
			28	20	10.195	3.82	166.2	20.75	P12	P13	2			
			28	20	10.135	3.86	165.9	20.96	P12	P13	2			
			28	20	10.35	4.02	175.7	21.29	P12	P13	5			
			28	19.9	10.18	3.8	173.8	21.77	P12	P13	5			
			28	19.9	10.15	3.84	165.7	20.88	P12	P13	5			
	9	73	28	20.1	10.36	4.06	171	20.68	P12	P14	5	20.68	0	0
			28	19.9	10.115	3.86	193.9	24.6	P12	P14	6	24.6	0	0
			28	19.9	10.17	3.86	213	26.73	P12	P15	5	25.73	0	0
			28	19.9	10.125	3.84	194.8	24.66	P16	P15	5	25.1	0.4	1.4
			28	20.1	10.445	4.1	214.6	25.53	P16	P15	2			
			28	20	10.115	3.86	199	25.24	P16	P15	2			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
20	10	68	28	20.1	10.45	4.08	187.1	22.24	P18	P17	2	22.5	1.1	4.9
			28	20.2	10.435	4.04	178.5	21.28	P18	P17	5			
			28	19.9	10.1	3.82	181.1	23.04	P18	P17	2			
			28	19.9	10.19	3.82	195.5	24.44	P18	P17	5			
			28	20.1	10.395	4.04	197	23.66	P18	P17	5			
			28	19.8	10.1	3.8	172.2	21.91	P18	P17	5			
			28	20	10.125	3.84	166.5	21.08	P18	P17	5			
			28	19.9	10.165	3.78	175.7	22.07	P18	P17	5			
	11	68	28	19.8	10.195	3.8	163.5	20.42	P18	P17	3	21.7	0.9	4
			28	20.2	10.175	3.88	172	21.56	P18	P17	5			
			28	20	10.17	3.84	180.9	22.7	P18	P17	5			
			28	20	10.155	3.84	177.3	22.31	P18	P17	2			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.r	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
20	12	75	28	20.2	10.2	3.9	182.2	22.73	PR1	P17	5	23.5	0.7	2.9
			28	20.2	10.41	4.08	190.7	22.84	PR1	P17	5			
			28	19.9	10.155	3.84	183.6	23.11	PR1	P17	2			
			28	19.9	10.065	3.82	191.7	24.56	PR1	P17	3			
			28	19.9	10.1	3.82	188.3	23.96	PR1	P17	2			
			28	20.2	10.415	4.08	201.1	24.06	PR1	P17	2			
22	13	75	28	20	10.11	3.82	229.7	29.17	PR1	P17	2	28.2	1.2	4.3
			28	19.9	10.145	3.82	240.1	30.28	PR1	P17	3			
			28	19.9	10.15	3.82	228.8	28.82	PR1	P17	5			
			28	20.2	10.35	4.06	220	26.66	PR1	P17	3			
			28	20.2	10.4	4.06	243.1	29.17	PR1	P17	3			
			28	19.9	10.13	3.82	216.9	27.43	PR1	P17	5			
			28	20	10.365	4.04	223.5	27	PR1	P17	2			
			28	20.2	10.175	3.9	218.7	27.42	PR1	P17	3			
	14	75	28	19.9	10.155	3.8	185.9	23.4	PR1	P17	5	24.5	1.1	4.6
			28	19.9	10.075	3.82	203.4	26.01	PR1	P17	2			
			28	20	10.12	3.8	184.2	23.34	PR1	P17	3			
			28	19.9	10.09	3.82	196.8	25.09	PR1	P17	2			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.r	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
22	15	32	28	19.9	10.16	3.86	204.4	25.7	PR5	PR6	2	25	0.4	1.7
			28	20	10.15	3.82	200.5	25.26	PR5	PR6	3			
			28	20	10.165	3.84	194.2	24.39	PR5	PR6	5			
			28	19.9	10.165	3.84	199.8	25.1	PR5	PR6	5			
			28	20	10.135	3.84	199.9	25.26	PR5	PR6	5			
			28	20	10.175	3.86	200.2	25.1	PR5	PR6	3			
			28	20	10.16	3.86	197.3	24.81	PR5	PR6	3			
			28	20	10.165	3.82	193.5	24.31	PR5	PR6	2			
	16	32	28	20.2	10.35	4.06	209.3	25.36	PR5	PR6	5	25.7	0.5	2.1
			28	20.2	10.405	4.1	208.7	25.02	PR5	PR6	2			
			28	20.2	10.435	4.1	217.7	25.95	PR5	PR6	3			
			28	20	10.22	3.9	212.6	26.42	PR5	PR6	2			
	17	58	28	19.9	10.095	3.8	179.6	22.87	PR11	PR6	5	22.6	0.5	2.4
			28	19.8	10.14	3.82	187.2	23.63	PR11	PR6	5			
			28	19.9	10.185	3.84	178.5	22.33	PR11	PR6	2			
			28	19.9	10.085	3.82	172.5	22.01	PR11	PR6	5			
			28	20	10.105	3.82	174.7	22.21	PR11	PR6	2			
			28	19.8	10.165	3.84	178.3	22.4	PR11	PR6	5			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.r	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
24	18	48	28	19.9	10.06	3.86	199.3	25.56	PR11	PR6	2	27	1.5	5.7
			28	19.9	10.175	3.84	216.2	27.1	PR11	PR6	2			
			28	19.9	10.115	3.8	222.4	28.21	PR11	PR6	3			
			28	19.8	10.165	3.8	203.9	25.61	PR11	PR6	5			
			28	20	10.14	3.8	220.4	27.82	PR11	PR6	5			
			28	19.9	10.14	3.8	233.6	29.49	PR11	PR6	2			
			28	19.9	10.165	3.82	218.4	27.43	PR11	PR6	2			
			28	20	10.185	3.82	195.2	24.42	PR11	PR6	2			
	19	48	28	20.1	10.415	4.02	197.9	23.68	PR11	PR6	5	25.3	1.5	5.8
			28	20.2	10.155	3.86	196.7	24.76	PR11	PR6	3			
			28	20.1	10.42	4.08	209.5	25.04	PR11	PR6	3			
			28	20.1	10.41	4.06	231.1	27.68	PR11	PR6	2			
	20	40	28	20.1	10.08	3.82	294.9	37.67	PR11	PR6	2	34.9	2.6	7.4
			28	20.1	10.16	3.84	273.6	34.4	PR11	PR6	2			
			28	19.8	10.05	3.78	277	35.59	PR11	PR6	2			
			28	20	10.105	3.84	271.4	34.5	PR11	PR6	2			
			28	19.9	10.12	3.82	281.8	35.71	PR11	PR6	2			
			28	20	10.155	3.84	276.5	34.8	PR11	PR6	2			
			28	20	10.15	3.84	299.6	37.74	PR11	PR6	5			
			28	20.1	10.175	3.86	230.6	28.91	PR11	PR6	5			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.r	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
24	21	40	28	20.2	10.455	4.06	303.2	36	PR11	PR6	2	35.3	0.7	2
			28	20.1	10.215	3.9	275.3	34.24	PR11	PR6	2			
			28	20.1	10.465	4.04	296	35.08	PR11	PR6	3			
			28	20.3	10.4	4.08	299.2	35.9	PR11	PR6	2			
	22	58	28	20	10.155	3.86	263.3	33.14	PR8	PR4	2	33.1	1.6	4.8
			28	19.9	10.15	3.88	245.6	30.94	PR8	PR4	2			
			28	19.9	10.09	3.84	271.3	34.59	PR8	PR4	3			
			28	19.9	10.125	3.82	254.1	32.17	PR8	PR4	2			
			28	20	10.085	3.84	251.2	32.06	PR8	PR4	5			
			28	20	10.13	3.84	281.9	35.65	PR8	PR4	3			

Cilindros fabricados en:

“correlación entre resultados de resistencia de probetas cilíndricas de hormigón de 150x300 mm y probetas de 100x200 mm para un rango entre 25 MPa y 40 MPa”

Resistencia requerida mezcla 1-6= 25 MPa

Resistencia requerida mezcla 7-11= 30 MPa

Resistencia requerida mezcla 12-16= 35 MPa

Resistencia requerida mezcla 17-21= 40 MPa

ESPECIMENES CILINDRICOS DE 150x300 mm

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
25	1	49	28	30	15.11	12.56	477.9	27.18	P4	P2	5	26.4	0.5	1.9
			28	29.6	15.04	12.42	456.9	26.21	P4	P2	3			
			28	29.8	15.08	12.48	452.9	25.85	P4	P2	5			
			28	30.2	15.03	12.64	455.7	26.2	P4	P2	3			
			28	29.8	14.91	12.32	435.8	25.44	P4	P6	5	25.44	0.0	0.0
	2	49	28	30	15.05	12.52	436.5	25.01	P5	P6	3	25.7	0.5	1.9
			28	29.9	15.01	12.5	446.5	25.73	P5	P6	3			
			28	29.6	15.1	12.4	450.4	25.63	P5	P6	3			
			28	29.7	15.08	12.52	452.7	25.82	P5	P6	3			
			28	29	14.74	11.64	444.5	26.54	P5	P6	3			
	3	56	29	30	15.22	12.94	490.8	27.51	P5	P6	3	28.3	1.2	4.3
			29	29.9	15.04	12.78	463.3	26.58	P5	P6	3			
			29	30	15.13	12.78	493.8	27.99	P5	P6	5			
			29	30	15.04	12.68	524.6	30.08	P5	P6	3			
			29	30.2	14.97	12.7	502.3	29.1	P5	P6	3			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
25	4	56	29	29.4	14.76	11.8	446	26.57	P5	P6	3	27.6	0.7	2.4
			29	30.2	15.02	12.64	474.4	27.28	P5	P6	3			
			29	29.8	14.88	16.28	471.5	27.62	P5	P6	3			
			29	30	14.99	12.62	495	28.6	P5	P6	5			
			29	29.8	15.01	12.46	482.4	27.8	P5	P6	2			
	5	48	28	29.8	15.25	12.96	505.5	28.2	P5	P6	3	28.6	0.4	1.5
			28	30.1	15.03	12.72	505.4	29.06	P5	P6	2			
			28	29.8	15.11	12.7	538.7	30.64	P7	P6	3	30.6	0.1	0.2
			28	30	14.98	12.76	529.4	30.6	P7	P6	3			
			28	30.1	15.05	12.82	531.7	30.47	P7	P6	3			
	6	48	28	29.8	15.01	12.4	503.1	29	P7	P6	3	28.6	0.4	1.3
			28	30.2	15.02	12.78	491.3	28.25	P7	P6	3			
			28	29.7	15.06	12.58	489.4	28.02	P7	P6	2			
			28	30.2	15.04	12.72	500.2	28.7	P7	P6	2			
			28	30	15.05	12.66	504.1	28.88	P7	P6	3			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
30	7	32	28	29.7	15.35	13.14	594.1	32.72	P7	P6	2	34	1.7	5.1
			28	29.8	15.13	12.62	570.7	32.34	P7	P6	2			
			28	29.7	15.03	12.66	653.5	37.53	P7	P6	2			
			28	30.3	15.05	12.66	592.3	33.94	P7	P6	3			
			28	29.7	15.06	12.66	601.8	34.45	P7	P6	3			
			28	30.1	15.03	12.66	574.2	33.01	P7	P6	3			
	8	32	28	29.9	14.98	12.34	558.8	32.33	P7	P6	5	32	0.6	2
			28	29.9	15.22	12.86	548.8	30.74	P7	P6	3			
			28	30.1	14.97	12.3	545.7	31.6	P7	P6	2			
			28	30.1	15.03	12.66	558.1	32.08	P7	P6	2			
			28	30.1	15.02	12.46	567.9	32.65	P7	P6	2			
			28	30.2	15.02	12.62	564.2	32.45	P7	P6	2			
	9	35	28	29.7	14.93	12.26	545.1	31.75	P7	P6	2	33.5	1.1	3.1
			28	29.7	14.95	12.4	581	33.75	P7	P6	2			
			28	29.5	15.25	12.74	612.6	34.18	P7	P6	3			
			28	29.6	14.98	12.38	595.2	34.41	P7	P6	3			
			28	30.1	14.96	12.56	579	33.6	P7	P8	2	33.6	0	0.1
			28	30.3	15.06	12.66	588	33.67	P7	P8	3			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (días)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
30	10	35	28	30.2	15.02	12.58	619.8	35.65	P7	P8	3	33.3	2	6.1
			28	30.1	14.99	12.58	567	32.74	P7	P8	2			
			28	30	15.33	13.12	648.2	35.79	P7	P8	3			
			28	29.9	15.08	12.58	594.3	33.92	P7	P8	3			
			28	30.1	15.05	12.64	545.5	31.27	P7	P8	3			
			28	29.8	15.17	12.54	538.7	30.4	P7	P8	2			
	11	40	28	29.8	15.14	12.62	545.4	30.88	P7	P8	2	30.8	0.3	0.9
			28	29.7	14.99	12.34	534.8	30.88	P7	P8	5			
			28	30	15.05	12.58	544.5	31.21	P7	P8	3			
			28	29.9	15.35	13.02	551.2	30.35	P7	P8	3			
			28	30.1	15	12.64	531.5	30.67	P7	P8	2			
			28	30.1	15.01	12.62	537	30.95	P7	P8	3			
35	12	28	28	29.9	15.03	12.6	635.6	36.5	P7	P8	3	36.7	0.5	1.5
			28	30.2	14.99	12.64	633.3	36.57	P7	P8	2			
			28	29.7	14.95	12.32	628.8	36.53	P7	P8	3			
			28	30.1	15.07	12.66	651.7	37.25	P7	P8	2			
			28	30.2	14.97	12.6	648.8	37.58	P7	P8	2			
			28	30.2	15.01	12.62	623.7	35.93	P7	P8	2			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (dias)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
35	13	28	28	29.90	15.17	12.66	658.8	37.15	PR4	PR2	3	37.0	0.7	1.8
			28	29.70	14.91	12.30	639.0	37.29	PR4	PR2	2			
			28	30.20	14.97	12.62	636.2	36.85	PR4	PR2	3			
			28	29.70	15.03	12.46	629.5	36.18	PR4	PR2	2			
			28	30.00	15.31	13.10	688.3	38.13	PR4	PR2	3			
			28	29.80	15.22	12.78	648.0	36.30	PR4	PR2	3			
	14	30	28	30.00	15.37	13.10	665.2	36.53	PR4	RP5	2	36.8	0.8	2.2
			28	29.80	14.94	12.34	647.9	37.66	PR4	RP5	3			
			28	29.60	15.01	12.44	656.3	37.82	PR4	RP5	3			
			28	30.00	15.03	12.58	630.8	36.23	PR4	RP5	3			
			28	29.80	15.26	12.86	637.5	35.55	PR4	RP5	3			
			28	30.10	14.97	12.64	642.6	37.21	PR4	PR5	3			
	15	30	28	29.70	14.93	12.36	599.3	34.90	PR5	PR8	3	36.3	1.2	3.2
			28	30.20	15.01	12.58	609.2	35.08	PR5	PR8	3			
			28	30.20	15.01	12.66	640.9	36.93	PR5	PR8	3			
			28	30.20	15.05	12.68	662.6	37.98	PR5	PR8	3			
			28	30.10	14.96	12.62	642.3	37.26	PR5	PR8	2			
			28	29.90	15.08	12.60	623.8	35.59	PR5	PR8	3			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (dias)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
35	16	28	28	29.80	14.91	12.30	660.6	38.58	PR5	PR8	3	37.5	0.6	1.5
			28	30.20	15.00	12.70	650.4	37.50	PR5	PR8	2			
			28	30.20	15.01	12.62	652.7	37.59	PR5	PR8	3			
			28	30.10	15.04	12.66	649.7	37.29	PR5	PR8	2			
			28	29.90	15.13	12.66	649.5	36.85	PR5	PR8	3			
			28	30.30	15.06	12.74	646.9	37.03	PR5	PR8	3			
40	17	46	28	29.80	15.18	12.60	724.4	40.79	PR5	PR8	3	41.6	0.5	1.1
			28	29.50	15.01	12.32	729.0	42.00	PR5	PR8	3			
			28	30.20	15.04	12.62	729.5	41.88	PR5	PR8	3			
			28	30.20	15.02	12.64	726.3	41.80	PR5	PR8	2			
			28	30.00	15.05	12.58	717.3	41.10	PR5	PR8	3			
			28	30.20	15.02	12.64	728.7	41.90	PR5	PR8	3			
	18	46	28	30.00	15.38	13.16	720.2	39.51	PR5	PR8	3	40.7	0.7	1.7
			28	29.70	15.23	12.88	714.0	39.97	PR5	PR8	3			
			28	29.60	14.95	12.56	713.6	41.43	PR5	PR8	3			
			28	29.70	15.03	12.50	710.2	40.78	PR5	PR8	3			
			28	30.20	15.02	12.70	716.9	41.23	PR5	PR8	3			
			28	30.20	15.05	12.70	718.7	41.19	PR5	PR8	3			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (dias)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESISTENCIA OBTENIDA	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	Coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
40	19	32	28	30.30	15.02	12.64	754.8	43.42	PR6	PR8	3	42.6	0.8	2.0
			28	29.60	14.97	12.34	743.7	43.05	PR6	PR8	3			
			28	30.20	15.11	12.72	765.4	43.51	PR6	PR8	3			
			28	30.00	15.10	12.62	738.4	42.02	PR6	PR8	3			
			28	30.20	15.02	12.66	742.9	42.73	PR6	PR8	3			
			28	29.80	15.24	12.64	736.2	41.12	PR6	PR8	3			
	20	32	28	29.60	14.98	12.46	740.1	42.83	PR6	PR8	3	42.6	0.3	0.8
			28	29.70	15.00	12.40	733.0	42.28	PR6	PR8	3			
			28	29.80	15.21	12.84	769.4	43.19	PR6	PR8	3			
			28	30.20	15.03	12.66	739.2	42.47	PR6	PR8	3			
			28	30.10	14.94	12.68	732.8	42.60	PR6	PR8	3			
			28	30.00	15.35	13.18	766.6	42.21	PR6	PR8	3			
	21	32	28	29.30	14.63	11.74	766.2	46.45	PR6	PR8	2	42.2	2.4	5.7
			28	30.10	15.09	12.60	771.5	43.98	PR6	PR8	2			
			28	30.00	15.00	12.56	699.6	40.35	PR6	PR8	3			
			28	30.00	15.30	13.04	758.7	42.05	PR6	PR8	2			
			28	29.90	15.24	12.82	723.5	40.42	PR6	PR8	3			
			28	30.00	15.03	12.56	690.6	39.66	PR6	PR8	3			

ESPECIMENES CILINDRICOS DE 100x200 mm

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (dias)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
25	1	49	28	19.8	10.125	3.84	213.3	27	P1	P2	3	27.3	0.4	1.5
			28	19.7	10.18	3.78	222.1	27.82	P1	P2	5			
			28	19.7	10.18	3.76	213.4	26.73	P1	P2	5			
			28	19.9	10.195	3.82	221.6	27.67	P1	P2	4			
			28	20	10.145	3.86	217.8	27.47	P1	P2	5			
	2	49	28	19.9	10.165	3.8	218.1	27.4	P1	P2	6	27	0.4	1.4
			28	19.7	10.165	3.76	211.9	26.62	P1	P2	5			
			28	19.9	10.135	3.78	205	25.9	P3	P2	1	26.7	0.6	2.1
			28	19.9	10.195	3.78	215.6	26.92	P3	P2	6			
			28	19.9	10.155	3.8	216	27.19	P3	P2	6			
	3	56	29	20	10.17	3.84	240.8	30.22	P3	P6	2	29.1	2	6.8
			29	19.9	10.145	3.84	203.7	25.69	P3	P6	5			
			29	19.9	10.115	3.82	242.8	30.8	P3	P6	3			
			29	20	10.08	3.84	240.9	30.77	P3	P6	3			
			29	19.9	10.075	3.82	220.1	28.14	P3	P6	5			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (dias)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
25	4	56	29	19.9	10.13	3.82	201.9	25.54	P7	P6	5	25.5	0	0
			29	19.9	10.205	3.78	216.5	26.98	P8	P6	5	27	0	0
			29	20	10.125	3.82	229.6	29.07	P8	P9	5	29.1	0	0
			29	20	10.035	3.82	217.2	27.99	P10	P9	6	28.3	0.3	1.1
			29	19.9	10.155	3.84	227.5	28.63	P10	P9	5			
	5	48	20	20.2	10.38	4.1	233.9	28.18	P11	P9	5	29.8	1.1	3.8
			20	20	10.255	3.86	246	30.36	P11	P9	5			
			20	20	10.08	3.86	225.6	28.82	P11	P9	3			
			20	20.1	10.425	4.1	261.5	31.23	P11	P9	3			
			20	20	10.365	4.06	251.3	30.36	P11	P9	5			
	6	48	20	20.1	10.195	3.9	213.9	26.71	P12	P13	5	27.4	0.5	1.8
			20	20	10.165	3.82	214.8	26.98	P12	P13	5			
			20	20	10.19	3.86	222.1	27.76	P12	P13	5			
			20	20	10.135	3.84	221.7	28.01	P12	P13	2			
			20	19.9	10.1	3.84	217.4	27.66	P12	P13	6			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (dias)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
30	7	32	28	20.20	10.425	4.06	291.6	34.82	P16	P15	5	34.7	1.4	4.1
			28	19.90	10.145	3.82	291.9	36.81	P16	P15	2			
			28	20.20	10.425	4.08	290.9	34.74	P16	P15	5			
			28	20.00	10.240	3.84	262.0	32.43	P16	P15	5			
			28	19.90	10.160	3.82	277.4	34.88	P16	P15	3			
			28	20.10	10.360	4.04	278.9	33.73	P16	P17	2	33.8	0.2	0.5
			28	20.00	10.180	3.82	269.4	33.74	P16	P17	3			
			28	19.90	10.195	3.80	272.8	34.07	P16	P17	3			
	8	32	28	20.00	10.185	3.82	252.8	31.63	P16	P17	5	31.4	0.3	0.8
			28	20.20	10.160	3.88	247.5	31.12	P16	P17	2			
			28	20.00	10.095	3.82	259.1	33.00	P18	P17	5	33.0	0.0	0.1
			28	20.00	10.120	3.80	260.0	32.95	P18	P17	2			
	9	35	28	20.20	10.410	4.10	276.7	33.14	P18	P17	2	36.4	2.3	6.3
			28	20.00	10.390	4.04	304.4	36.60	P18	P17	3			
			28	20.00	10.115	3.82	312.0	39.58	P18	P17	2			
			28	20.00	10.200	3.82	291.7	36.39	P18	P17	5			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (dias)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.r	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
30	9	35	28	19.90	10.085	3.82	290.1	37.02	PR1	PR17	2	36.3	0.8	2.2
			28	19.90	10.165	3.80	278.7	35.01	PR1	PR17	2			
			28	19.90	10.140	3.84	292.2	36.88	PR1	PR17	2			
			28	19.90	10.165	3.80	289.9	36.41	PR1	PR17	2			
	10	35	28	20.10	10.395	4.06	288.9	34.70	PR1	PR17	2	35.8	1.1	3.2
			28	19.90	10.175	3.82	300.5	37.67	PR1	PR17	5			
			28	19.90	10.155	3.82	281.8	35.47	PR1	PR17	3			
			28	20.10	10.155	3.88	280.1	35.25	PR1	PR17	3			
	11	40	28	19.90	10.140	3.82	258.3	32.61	PR1	PR17	3	30.8	1.0	3.2
			28	19.90	10.135	3.80	235.9	29.81	PR1	PR17	3			
			28	20.00	10.140	3.82	239.5	30.23	PR1	PR17	3			
			28	20.00	10.140	3.82	239.9	30.28	PR1	PR17	2			
			28	19.90	10.130	3.82	250.0	31.62	PR1	PR17	5			
			28	20.10	10.410	4.06	252.1	30.19	PR1	PR17	3			
35	12	28	28	19.90	10.150	3.82	314.3	39.60	PR1	PR17	2	37.5	2.1	5.7
			28	20.20	10.170	3.92	286.4	35.94	PR1	PR17	2			
			28	20.20	10.395	4.08	334.6	40.19	PR1	PR17	2			
			28	19.90	10.135	3.84	294.5	37.21	PR1	PR17	3			
			28	20.10	10.370	4.04	286.2	34.54	PR1	PR17	2			
			28	19.90	10.185	3.80	311.0	38.91	PR3	PR17	2	38.9	0.0	0.0
			28	20.20	10.365	4.08	346.7	41.88	PR3	PR2	2	41.9	0.0	0.0
			28	20.00	10.155	3.82	288.4	36.30	PR5	PR2	3	36.3	0.0	0.0

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (dias)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.r	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
35	13	28	28	20.00	10.090	3.80	311.3	39.69	PR5	PR2	5	38.0	1.5	4.0
			28	20.00	10.170	3.84	296.9	37.26	PR5	PR2	2			
			28	19.90	10.145	3.82	310.8	39.19	PR5	PR2	5			
			28	20.00	10.130	3.84	284.2	35.95	PR5	PR2	2			
	14	30	28	19.90	10.125	3.80	312.4	39.55	PR5	PR6	3	37.6	2.0	5.4
			28	20.00	10.165	3.82	321.0	40.32	PR5	PR6	5			
			28	20.00	10.090	3.82	293.3	37.39	PR5	PR6	2			
			28	20.00	10.190	3.82	280.3	35.04	PR5	PR6	2			
			28	19.90	10.190	3.82	317.2	39.65	PR5	PR6	2			
			28	19.90	10.105	3.82	285.0	36.23	PR5	PR6	5			
			28	19.90	10.135	3.80	279.2	35.28	PR5	PR6	5			
			28	20.00	10.185	3.82	287.0	35.91	PR11	PR6	2	35.9	0.0	0.0
	15	30	28	20.10	10.355	4.04	308.1	37.29	PR11	PR6	2	37.3	0.6	1.5
			28	20.20	10.415	4.08	311.1	37.22	PR11	PR6	2			
			28	20.20	10.175	3.88	292.4	36.66	PR11	PR6	2			
			28	20.10	10.390	4.00	317.7	38.20	PR11	PR6	2			
	16	28	28	20.00	10.440	4.04	295.9	35.24	PR11	PR6	5	35.4	0.4	1.1
			28	20.20	10.200	3.90	285.6	35.63	PR11	PR6	5			
			28	20.10	10.440	4.08	290.6	34.60	PR11	PR6	2			
			28	20.00	10.165	3.82	285.0	35.80	PR11	PR6	5			
			28	19.90	10.055	3.82	276.6	35.51	PR11	PR6	2			
			28	20.20	10.440	4.06	298.6	35.56	PR11	PR6	3			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (dias)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.r	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
40	17	46	28	20.00	10.080	3.84	317.6	40.57	PR11	PR6	3	41.8	2.1	5.0
			28	19.90	10.245	3.82	318.8	39.42	PR11	PR6	2			
			28	20.00	10.220	3.82	315.9	39.25	PR11	PR6	3			
			28	19.90	10.155	3.82	328.6	41.36	PR11	PR6	2			
			28	19.80	10.125	3.88	354.8	44.92	PR11	PR6	5			
			28	19.90	10.150	3.82	349.2	43.99	PR11	PR6	2			
			28	20.00	10.170	3.82	345.5	43.36	PR11	PR6	2			
	18	46	28	20.10	10.220	3.90	349.5	43.43	PR11	PR6	5	42.1	0.9	2.0
			28	20.00	10.450	4.02	345.3	41.04	PR11	PR6	5			
			28	20.20	10.415	4.08	349.8	41.85	PR11	PR6	2			
			28	20.20	10.425	4.06	352.5	42.10	PR11	PR6	2			
	19	32	28	20.00	10.160	3.82	338.7	42.59	PR8	PR4	5	44.2	1.6	3.6
			28	19.90	10.155	3.80	355.4	44.73	PR8	PR4	5			
			28	19.90	10.170	3.80	344.0	43.17	PR8	PR4	5			
			28	20.00	10.145	3.82	336.1	42.38	PR8	PR4	2			
			28	19.90	10.120	3.84	337.9	42.82	PR8	PR4	2			
			28	20.00	10.180	3.82	371.1	46.48	PR8	PR4	3			
			28	19.80	10.215	3.76	368.0	45.77	PR8	PR4	3			
			28	19.90	10.160	3.84	365.3	45.93	PR8	PR4	3			

Resistencia Requerida (Mpa)	MEZCLA #	ASENTAMIENTO (mm)	EDAD (dias)	LONGITUD(cm)	DIAMETRO(cm)	PESO (kg)	CARGA (kN)	RESIST. OBTENIDA (MPa)	ALMOHADILLA		FALLA	MEDIA	Desv. Estan.r	coef. Var.
									Superior	Inferior	Tipo			
40	20	32	28	20.20	10.220	3.92	344.0	42.75	PR8	PR4	2	44.5	2.1	4.6
			28	20.00	10.420	4.06	396.9	47.44	PR8	PR4	2			
			28	20.20	10.425	4.10	380.4	45.43	PR8	PR4	3			
			28	20.10	10.435	4.08	356.0	42.43	PR8	PR4	3			
	21	28	28	20.00	10.155	3.84	356.6	44.88	PR8	PR4	2	44.4	1.1	2.5
			28	19.90	10.165	3.78	368.4	46.27	PR8	PR4	3			
			28	19.90	10.100	3.78	355.4	45.22	PR8	PR4	2			
			28	19.90	10.155	3.80	344.1	43.31	PR8	PR4	3			
			28	19.90	10.080	3.80	338.4	43.23	PR8	PR4	3			
			28	20.00	10.165	3.82	348.4	43.76	PR8	PR4	3			



ANEXO 5: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, CLASIFICADOS DE ACUERDO AL TIPO DE NEOPRENO UTILIZADO EN SU ENSAYO

Valores de resistencia a compresión especímenes 150x300 mm

Valores de resistencia a compresión (MPa)					
A. Nuevas	A. Gastadas	A. Reutilizadas	A. Gastadas	A. Reutilizadas	A. Gastadas
21.8	20.4	21.85	21	22.77	21.25
21.65	20.8	22.56	21.84	21.58	21.97
21.87	21.04	21.36	20.96	21.85	20.8
21.47	20.16	20.64	21.5	22.23	20.72
21.7	21.03	21.28	20.37	22.04	21.33
21.51	22.06	21.25	20.76	21.79	20.88
21.77	21.64	22.19	20.49	22.18	21.23
21.41	20.47	21.39	20.49	21.51	20.8
21.86	20.62	21.81	20.43	21.27	21.05
22.58	21.12	21.38	20.81	21.5	21.43
21.23	20.93	21.85	21.41	21.16	20.96
21.86	21.08	21.26	21.07	21.41	21.14
21.72	22.05	22.38	20.88	21.55	20.93
21.68	20.3	21.71	21.23	21.53	21.08
21.6	20.78	21.02	21	21.4	20.9
22.23	20.21	21.42	22.4		
21.63	20.56	21.05	21.24		
22.2	20.56	21.95	21.7		
21.22	20.95	21.51	20.26		
22.36	20.85	21.12	20.43		
22.39	20.81	21.95	21.03		
21.75	20.89	21.64	20.68		



Valores de resistencia a compresión especímenes 100x200 mm

Valores de resistencia a compresión (MPa)			
A. Nuevas	A. Gastadas	A. Reutilizadas	A. Gastadas
21.24	21.99	21.04	22.32
20.82	21.65	20.58	21.62
20.4	22.34	20.43	21.02
20.58	22.75	20.98	20.82
21.08	22.43	21.6	22.61
20.81	21.73	21.81	22.46
20.41	21.41	21.1	22.38
20.94	22.16	21.7	22.07
20.03	21.63	20.59	22.21
20.92	22.05	20.05	21.61
21.41	22	20.9	22.09
20.52	22.13	20.54	21.41
20.68	22.47	21.47	21.26
20.58	22.44	21.04	21.89
21.16	21.44	21.16	21.82
21.48	21.82	20.33	21.73
21.07	21.4	20.44	21.55
21.65	20.98	20.73	21.56
20.91	21.07	20.83	21.92
22.38	22.09	20.41	21.94
22.11	23.2	20.2	21.95
21.82	23.42	20.95	21.94
21.07	21.81	21.01	22.17
21	21.98	20.83	21.83
21.18	22.23	20.54	22.04
21.27	22.7	21.19	22.71
20.91	21.58	21.31	22.58
21.4	21.83	20.1	22.32
20.87	21.47	21.02	21.44
20.46	22.49	20.61	22.13
		21.32	21.63
		21.5	22.24
		21.38	21.88



ANEXO 6: REGISTRO DEL USO DE ALMOHADILLAS ELASTOMÉRICAS

ESPECIMENES CILINDRICOS 150x300 mm

USO DE ALOMHADILLAS, CILINDROS DE 150X300mm(Dureza 60)					
Par de almohadillas N°	Identificación	Ubicación	Condición	Usos	Observación
1	P1	Superior	Nueva	2	La almohadilla P1 presento una grieta de más de 10mm después de 2 usos
	P2	Inferior	Nueva	2	
2	P3	Superior	Nueva	4	La almohadilla P3 presento una grieta de más de 10mm después de 4 usos
	P2	Inferior	Nueva	4	
3	P4	Superior	Nueva	12	La almohadilla P2 presento una grieta de más de 10mm después de 18 usos
	P2	Inferior	Nueva	12	
4	P4	Superior	Nueva	1	La almohadilla P4 presento una grieta de más de 10mm después de 13 usos
	P6	Inferior	Nueva	1	
5	P5	Superior	Nueva	48	La almohadilla P5 Presento una grieta de más de 10mm después de 48 usos
	P6	Inferior	Nueva	48	
6	P7	Superior	Nueva	54	La almohadilla P6 Presento una grieta de más de 10mm después de 103 usos
	P6	Inferior	Nueva	54	
7	P7	Superior	Nueva	34	La almohadilla P7 Presento una grieta de más de 10mm después de 88 usos, y la P8 luego de 34 usos
	P8	Inferior	Nueva	34	



USO DE ALOMHADILLAS, CILINDROS DE 150X300mm(Dureza 60)					
Par de almohadillas N°	Identificación	Ubicación	Condición	Usos	Observación
8	PR5	Superior	Reutilizada	94	
	PR8	Inferior	Reutilizada	94	
9	PR7	Superior	Reutilizada	10	La almohadilla PR7 Presento más de dos grietas 10mm después de 10 usos
	PR2	Inferior	Reutilizada	10	
10	PR1	Superior	Reutilizada	3	La almohadilla PR1 Presento más de dos grietas 10mm después de 3 usos
	PR2	Inferior	Reutilizada	3	
11	PR3	Superior	Reutilizada	4	La almohadilla PR3 Presento más de dos grietas 10mm después de 4 usos
	PR2	Inferior	Reutilizada	4	
12	PR4	Superior	Reutilizada	7	
	PR2	Inferior	Reutilizada	7	
13	PR5	Superior	Reutilizada	9	La almohadilla PR2 Presento más de dos grietas 10mm después de 33 usos
	PR2	Inferior	Reutilizada	9	
14	PR4	Superior	Reutilizada	6	La almohadilla PR8 Presento más de dos grietas 10mm después de 112 usos y PR6 después de 18 usos
	PR5	Inferior	Reutilizada	6	
15	PR6	Superior	Reutilizada	18	La almohadilla PR5 Presento más de dos grietas 10mm después de 109 usos y PR4 después de 13 usos
	PR8	Inferior	Reutilizada	18	
15	G1	Superior	Gastada	66	La almohadilla conservo las condiciones de desgaste que presentaba al comenzar los ensayos
	G2	Inferior	Gastada	66	



Numero de usos de almohadillas elastoméricas, cilindros 150x300 mm

Almohadillas Nuevas			Almohadillas Reutilizadas			Almohadillas Gastadas		
Identificación de almohadilla	N° de usos Totales	Promedio de usos	Identificación de almohadilla	N° de usos Totales	Promedio de usos	Identificación de almohadilla	N° de usos Totales	Promedio de usos
P1	18	15	PR5	28	31	G1	65	65
P2	21		PR2	8		G2	65	
P3	39		PR6	85				
P4	11		PR11	64				
P5	18		PR7	18				
P6	9		PR9	18				
P7	1		PR1	37				
P8	2		PR17	38				
P9	8		PR3	2				
P10	2		PR8	24				
P11	5		PR4	24				
P12	28							
P13	11							
P14	14							
P15	11							
P16	13							
P17	29							
P18	24							



ESPECIMENES CILINDRICOS 100x200 mm

USO DE ALOMHADILLAS, CILINDROS DE 100X200mm(Dureza 70)					
Par de almohadillas N°	Identificación	Ubicación	Condición	Usos	Observación
1	P1	Superior	Nueva	18	La almohadilla P1 presento una grieta de más de 10mm después de 18 usos
	P2	Inferior	Nueva	18	
2	P3	Superior	Nueva	3	La almohadilla P2 presento una grieta de más de 10mm después de 21 usos
	P2	Inferior	Nueva	3	
3	P3	Superior	Nueva	11	La almohadilla P4 presento una grieta de más de 10mm después de 11 usos
	P4	Inferior	Nueva	11	
4	P3	Superior	Nueva	18	La almohadilla P5 presento una grieta de más de 10mm después de 18 usos
	P5	Inferior	Nueva	18	
5	P3	Superior	Nueva	7	La almohadilla P3 presento una grieta de más de 10mm después de 39 usos
	P6	Inferior	Nueva	7	
6	P7	Superior	Nueva	1	La almohadilla P7 presento una grieta de más de 10mm después de 1 uso
	P6	Inferior	Nueva	1	
7	P8	Superior	Nueva	1	La almohadilla P6 presento una grieta de más de 10mm después de 9 usos
	P6	Inferior	Nueva	1	
8	P8	Superior	Nueva	1	La almohadilla P8 presento una grieta de más de 10mm después de 2 usos
	P9	Inferior	Nueva	1	
9	P10	Superior	Nueva	2	La almohadilla P10 presento una grieta de más de 10mm después de 2 usos
	P9	Inferior	Nueva	2	
10	P11	Superior	Nueva	5	La almohadilla P11 presento una grieta de más de 10mm después de 5 usos y P9 después de 8 usos
	P9	Inferior	Nueva	5	
11	P12	Superior	Nueva	11	La almohadilla P13 presento una grieta de más de 10mm después de 11 usos
	P13	Inferior	Nueva	11	
12	P12	Superior	Nueva	14	La almohadilla P14 presento una grieta de más de 10mm después de 14 usos
	P14	Inferior	Nueva	14	
13	P12	Inferior	Nueva	3	La almohadilla P12 presento una grieta de más de 10mm después de 28 usos
	P15	Inferior	Nueva	3	
14	P16	Inferior	Nueva	8	La almohadilla P15 presento una grieta de más de 10mm después de 11 usos
	P15	Inferior	Nueva	8	
15	P16	Superior	Nueva	5	La almohadilla P16 presento una grieta de más de 10mm después de 13 usos
	P17	Inferior	Nueva	5	
16	P18	Inferior	Nueva	24	La almohadilla P17 presento una grieta de más de 10mm después de 29 usos y P18 después de 24 usos
	P17	Inferior	Nueva	24	



USO DE ALMOHADILLAS, CILINDROS DE 100X200mm(Dureza 70)					
Par de almohadillas N°	Identificación	Ubicación	Condición	Usos	Observación
17	PR5	Superior	Reutilizada	7	La almohadilla PR2 Presento más de dos grietas de 10mm de longitud después de 7 usos
	PR2	Inferior	Reutilizada	7	
18	PR5	Superior	Reutilizada	21	La almohadilla PR5 Presento más de dos grietas de 10mm de longitud después de 28 usos
	PR6	Inferior	Reutilizada	21	
19	PR11	Superior	Reutilizada	64	La almohadilla PR5 Presento más de dos grietas de 10mm de longitud después de 64 usos y PR6 después de 85 usos
	PR6	Inferior	Reutilizada	64	
20	PR7	Superior	Reutilizada	18	La almohadilla PR7 Presento más de dos grietas de 10mm de longitud después de 18 usos y PR9 después de 18 usos
	PR9	Inferior	Reutilizada	18	
21	PR1	Superior	Reutilizada	37	La almohadilla PR1 Presento más de dos grietas de 10mm de longitud después de 37 usos
	PR17	Inferior	Reutilizada	37	
22	PR3	Superior	Reutilizada	1	La almohadilla PR17 Presento más de dos grietas de 10mm de longitud después de 38 usos
	PR17	Inferior	Reutilizada	1	
23	PR8	Superior	Reutilizada	24	La almohadilla PR8 Presento más de dos grietas de 10mm de longitud después de 24 usos y PR4 después de 24 usos
	PR4	Inferior	Reutilizada	24	
24	PR3	Superior	Reutilizada	1	La almohadilla PR3 Presento más de dos grietas de 10mm de longitud después de 2 usos y PR2 después de 1 usos
	PR2	Inferior	Reutilizada	1	
25	G1	Superior	Gastada	65	La almohadilla conservo las condiciones que presentaba al comenzar los ensayos
	G2	Inferior	Gastada	65	



Numero de usos de almohadillas elastoméricas, cilindros 100x200 mm

Almohadillas Nuevas			Almohadillas Reutilizadas			Almohadillas Gastadas		
Identificación de almohadilla	N° de usos Totales	Promedio de usos	Identificación de almohadilla	N° de usos Totales	Promedio de usos	Identificación de almohadilla	N° de usos Totales	Promedio de usos
P1	2	38	PR1	3	38	G1	66	66
P2	18		PR2	33		G2	66	
P3	4		PR3	4				
P4	13		PR4	13				
P5	48		PR5	109				
P6	100		PR6	18				
P7	85		PR7	10				
P8	34		PR8	112				