



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR LADRILLO Y CONCRETO RECICLADOS, EN DIFERENTES PORCENTAJES”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERIO CIVIL

Autor:

Bach. Cayotopa Cabanillas, Kevin Johann.

Asesor:

Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados; a mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres".

AGRADECIMIENTO

“A la Universidad Prida del Norte, la cual me dio la bienvenida a un mundo de oportunidades, y permitió que fuera posible este logro, de igual forma, estoy infinitamente agradecido de mis maestros por compartir conmigo todos sus conocimientos y haber contribuido en gran manera en mi desarrollo profesional, a mis compañeros por ser parte importante de mi desarrollo como persona y por el apoyo que me brindaron en su momento.”

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE GRÁFICOS	6
ÍNDICE DE IMAGENES	7
ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Formulación del problema	38
1.3. Objetivos	39
1.4. Hipótesis.....	39
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	40
2.1. Tipo de investigación.	40
2.2. Diseño de investigación	40
2.3. Variables de estudio	40
2.4. Población y muestra.	41
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de dato.	41
2.6. Procedimiento.....	42
2.6.1. Preparación de materiales.....	42
CAPÍTULO III. RESULTADOS	59
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	65
4.1 Discusión	65
4.2 Conclusiones	67
REFERENCIAS	68
ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Ranking de producción de concreto reciclado a nivel mundial.</i>	14
Tabla 2: <i>Norma técnica peruana 339-601, 2015.</i>	28
Tabla 3: <i>Dimensiones de bloques huecos de concreto.</i>	30
Tabla 4: <i>Dimensiones para albañilería armada.</i>	30
Tabla 5: <i>Espesor mínimo de pared de tabique.</i>	30
Tabla 6: <i>Requisitos de resistencia y absorción.</i>	31
Tabla 7: <i>Porcentajes de reemplazo del agregado.</i>	40
Tabla 8: <i>Variable dependiente.</i>	40
Tabla 9: <i>Variable independiente.</i>	41
Tabla 10: <i>Porcentajes de reemplazo del agregado.</i>	41
Tabla 11: <i>Relación de tamaño versus peso de agregado grueso.</i>	47
Tabla 12: <i>Peso mínimo de la muestra de ensayo.</i>	51
Tabla 13: <i>Resultado de ensayos en agregado fino.</i>	59
Tabla 14: <i>Resultado de ensayos en agregado grueso.</i>	59
Tabla 15: <i>Resultado de ensayos a compresión con 7 días de curado.</i>	59
Tabla 16: <i>Resultado de ensayos a compresión con 7 días de curado.</i>	59
Tabla 17: <i>Resultado de ensayos a compresión con 14 días de curado.</i>	60
Tabla 18: <i>Resultado de ensayos a compresión con 14 días de curado.</i>	60
Tabla 19: <i>Resultado de ensayos a compresión con 28 días de curado.</i>	61
Tabla 20: <i>Resultado de ensayos a compresión con 28 días de curado.</i>	62
Tabla 21: <i>Resultado de resistencia a compresión promedio.</i>	62
Tabla 22: <i>Variación promedio de la resistencia a compresión, con respecto a la muestra patrón.</i>	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: <i>Relación de resistencias a compresión expresado en %, curado a los 7 días. ..</i>	60
Gráfico 2: <i>Relación de resistencias a compresión expresado en %, curado a los 14 días. 61</i>	61
Gráfico 3: <i>Relación de resistencias a compresión expresado en %, curado a los 28 días. 62</i>	62
Gráfico 4: <i>Comparación de resistencias promedio: reemplazos de concreto reciclado con respecto a la muestra patrón (curado a los 7, 14 y 28 días).</i>	63
Gráfico 5: <i>Comparación de resistencias: reemplazos de ladrillo reciclado con respecto a la muestra patrón (curado a los 7, 14 y 28 días).</i>	64

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1: <i>Representación del cono se Abrams</i>	25
--	----

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIA 1: <i>Obtención del agregado grueso en cantera</i>	71
FOTOGRAFIA 2: <i>Cuarteo del agregado grueso en cantera.</i>	71
FOTOGRAFIA 3: <i>Recolección del concreto reciclado.</i>	72
FOTOGRAFIA 4: <i>Obtención del agregado fino en cantera</i>	72
FOTOGRAFIA 5: <i>Cuarteo del agregado fino en cantera.</i>	73
FOTOGRAFIA 6: <i>Elaboración de ensayo granulométrico para agregado fino</i>	73
FOTOGRAFIA 7: <i>Elaboración de ensayo de peso específico de agregado grueso</i>	74
FOTOGRAFIA 8: <i>Elaboración de ensayo de gravedad específica y absorción de agregado fino.</i>	74
FOTOGRAFIA 9: <i>Elaboración de ensayo granulométrico para agregado grueso.</i>	75
FOTOGRAFIA 10: <i>Elaboración de ensayo de peso específico de agregado grueso</i>	75
FOTOGRAFIA 11: <i>Elaboración de ensayo de abrasión del agregado grueso</i>	76
FOTOGRAFIA 12: <i>Extracción de muestras del horno – ensayos de contenido de humedad.</i>	76
FOTOGRAFIA 13: <i>Preparación del ladrillo chancado para reemplazo de agregado grueso.</i>	77
FOTOGRAFIA 14: <i>Elaboración de ensayo de pesos unitarios del agregado fino.</i>	77
FOTOGRAFIA 15: <i>Realizando el pesaje de los agregados para la realización de ladrillos patrón (7,14y 28 días)</i>	78
FOTOGRAFIA 16: <i>Elaboración del concreto para ladrillos patrón (7,14 y 28 días)</i>	78
FOTOGRAFIA 17: <i>Supervisión del asesor en la elaboración de los ladrillos.</i>	79
FOTOGRAFIA 18: <i>Realizando el proceso de elaboración de ladrillos.</i>	79
FOTOGRAFIA 19: <i>Realizando el desmoldado de ladrillos patrón (7,14 y 28 días)</i>	80
FOTOGRAFIA 20: <i>Realizando el vibrado de los ladrillos.</i>	80

FOTOGRAFIA 21: *Termino de la elaboración de 18 ladrillos patrón, 18 con 10% de reemplazo de agregado grueso por concreto chancado y 18 con 15% de reemplazo del agregado grueso por concreto chancado. 81*

FOTOGRAFIA 22: *Elaboración de 18ladrillos con reemplazo del agregado grueso del 20% por concreto chancado. 82*

FOTOGRAFIA 23: *Realizando ensayos a compresión de los ladrillos, bajo supervisión del asesor..... 83*

FOTOGRAFIA 24: *Muestra de ladrillo número 4 a los 14 días de curado, antes de ser ensayado. 83*

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. <i>Peso del agua</i>	53
Ecuación 2. <i>Peso del suelo seco</i>	54
Ecuación 3. <i>Contenido de humedad</i>	54
Ecuación 4. <i>Material que pasa por tamiz n°200</i>	54
Ecuación 5. <i>Porcentaje que pasa por tamiz n°200</i>	55
Ecuación 6. <i>Volumen del Molde</i>	55
Ecuación 7. <i>Peso de agregado compactado</i>	56
Ecuación 8. <i>Peso unitario compactado</i>	56
Ecuación 9. <i>Peso del agregado suelto</i>	56
Ecuación 10. <i>Peso unitario suelto</i>	56
Ecuación 11. <i>Porcentaje retenido</i>	57
Ecuación 12. <i>Porcentaje retenido acumulado</i>	58
Ecuación 13. <i>Porcentaje retenido que pasa</i>	58
Ecuación 14. <i>Resistencia a la compresión</i>	36
Ecuación 15. <i>Área de la sección</i>	36

RESUMEN

En la presente investigación se realizó ensayos en laboratorio a los agregados procedentes de la cantera "Roca Fuerte", dichos ensayos arrojaron los datos necesarios para el diseño de mezclas utilizando el método A.C.I del comité 211, también se hizo la recolección de concreto reciclado, el cual fue recolectado en un botadero ubicado en el distrito de Otuzco provincia de Cajamarca, y en el caso del ladrillo industrial, en una obra de construcción de un edificio ubicado en la intersección de los jirones Paul Rivet con Alexander Von Humbolt de la provincia de Cajamarca; posteriormente se hizo el chancado de ambos materiales de tal manera que se obtenga agregado grueso con una granulometría en las mallas 3/8" y N°4; Seguidamente a la dosificación del concreto el cual fue utilizado para la elaboración de ladrillos con reemplazo del agregado grueso, tanto de concreto reciclado como de ladrillo reciclado, en porcentajes de 10%, 15% y 20% de ambos materiales, haciendo un total de 108 ladrillos; Posterior a la realización de los ladrillos se procedió al curado de cada uno de los especímenes, en 7, 14 y 28 días; así como la realización de los ensayos a compresión a cada ladrillo, obteniendo como resultado; para ladrillos con reemplazo de concreto reciclado del 10%, 15% y 20% la resistencia incrementa en relación al ladrillo patrón en 2.77%, 1.42% y 1.11% respectivamente, para ladrillos con reemplazo de ladrillo reciclado del 10% y 15% la resistencia incrementa en 8.23% y 6.07% respectivamente, y únicamente para ladrillos con reemplazo con ladrillo reciclado en 20% la resistencia disminuye en 6.79%.

Palabras clave: Resistencia, diseño de mezclas, compresión, concreto reciclado.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática, el reciclaje o recuperación de estos desechos presenta dos ventajas principales: “reduce la utilización de nuevos agregados vírgenes y los costos ambientales de explotación y transporte y asociados” y “reduce el desecho innecesario de materiales valiosos que pueden ser recuperados y reutilizados” (Obla, 2007).

La revista Cement Sustainability Initiative publicó en 2009 un artículo en el cual se detalla que el ladrillo y el concreto están en todas partes, siendo el concreto el segundo material más consumido después del agua y juntamente con el ladrillo moldean nuestro entorno. Hogares, escuelas, hospitales, oficinas, vías y aceras, todos se hacen a partir del concreto y ladrillo. Estos materiales son extremadamente perdurables y puede conservarse por cientos de años en muchas aplicaciones. No obstante, las necesidades humanas cambian y se generan desechos – más de 900 millones de toneladas por año tan solo en Europa, los estados Unidos y Japón, y otro tanto desconocido en el resto del mundo. Estos materiales pueden ser recuperados – ambos materiales pueden ser triturado y reutilizado como agregado en nuevos proyectos. Abocado el esta iniciativa podemos considerar el reciclaje de estos materiales ya reciclados como un componente de las mejores prácticas para el desarrollo sostenible.

En escasos países se logra la recuperación casi completa de estos materiales, mientras tanto en otros países es ignorada la totalidad del potencial reciclado y termina como desechos innecesarios en basureros municipales. Adicionalmente, las estadísticas sobre desecho de concreto no son fáciles de encontrar, en parte, por el relativamente bajo peligro que dicho desecho representa en comparación a otros tipos de desechos y por el poco interés del público al respecto (Obla, 2007).

Aunque el concreto y el ladrillo son desechos relativamente inofensivos, la industria del cemento apoya iniciativas para recuperar estos recursos y minimizar la generación de desechos (Obla, 2007).

En este año 2019, la mayoría del concreto recuperado es utilizado como sub-base vial y en proyectos de ingeniería civil. Desde la perspectiva de la sostenibilidad, actualmente estos usos de grados relativamente bajos proporcionan los mejores resultados (Clark, 2013).

Una percepción equivocada muy común es que los agregados a partir de concreto y ladrillo reciclado no deberían ser utilizados en concreto estructural. Los lineamientos y regulaciones a menudo consideran las limitaciones físicas de los agregados a partir de concreto reciclado, pero idealmente deberían promover su uso. Un estudio realizado por la National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA) en los Estados Unidos concluyó que los agregados de concreto reciclado son sustitutos aptos en reemplazo de materiales vírgenes hasta en un 10% para la mayoría de aplicaciones del concreto, incluso concreto estructural (Obla et.al., 2007).

Investigaciones en el Reino Unido indican que se puede utilizar hasta un 20% de agregados de concreto reciclado en la mayoría de aplicaciones (también concreto estructural) (Dhir y Paine, 2007).

Los lineamientos del gobierno australiano indican que se puede utilizar hasta un 30% de agregados reciclados en concreto estructural sin que esto implique algún detrimento en su fuerza y maleabilidad en comparación con agregados vírgenes (Clark, 2013).

*Tabla 1:
Ranking de producción de concreto reciclado a nivel mundial.*

País	1	2	3	4	5
Alemania	120	357,121	80	1.5	336.02
Argentina	5.5	2 780 400	43	0.13	1.99
Australia	550	7,692,024	21.5	25.58	71.5
Austria	22	83,371	8.3	2.65	266.88
Bélgica	14	30,510	10.4	1.36	458.87
Brasil	50	8,500,000	200	0.25	5.88
China	200	9,600,000	1,300	0.15	20.83
Colombia	13	1,141,748	47.4	0.27	11.38
Costa Rica	0.5	51,100	5	0.1	9.78
Dinamarca	5	43,098	5.6	0.89	116.01
Estados Unidos	335	9,826,675	316	1.06	34.09
España	39	504,645	47.1	0.83	77.28
Finlandia	1.6	337,030	5.4	0.3	4.74
Francia	25	675,417	66	0.38	37.01
Holanda	26	41,526	16.8	1.55	626.11
Irlanda	17	84,421	6.2	2.74	201.37
Israel	7.5	22 145	8.6	0.87	3.39
Italia	40	301,338	59.4	0.67	132.74
Japón	77	377,835	126.7	0.61	203.79
Luxemburgo	2.7	2,586	0.54	5	1044.08
México	30	1,964,375	119	0.25	15.27
Portugal	4	92,391	10.6	0.38	43.29
Reino Unido	70	243,610	63.2	1.11	287.34
República Checa	9	78,866	10.5	0.86	114.12
Suiza	7	41,290	7.9	0.89	169.53
Suecia	1.2	449,964	9.6	0.13	2.67
Taiwán	67	35,980	23.1	2.9	1862.15
Tailandia	10	513,115	65.5	0.15	19.49
Mundial	900	150,386,640	7000	0.13	5.98

Fuente: Martínez (2007). Nota: Se describe cada ítem enumerado de la tabla número 1, (1. Millones de Toneladas de concreto reciclado (CSI Recycling Concrete Full Report 2007); 2. Territorio del país en km²; 3. Habitantes en millones; 4. Relación de Concreto Reciclado en millones de toneladas por cápita y 5. Relación de Toneladas de concreto reciclado producidas por km² de territorio).

También los ingenieros Gilpin y Menzie (2003), publicaron en la revista "European Thematic Network" que "debido a la falta de disponibilidad de agregados gruesos en Holanda ya se han llevado a cabo varios proyectos piloto donde se ha remplazado el 20% del agregado grueso por una mezcla de concreto y ladrillo triturado. Este

agregado reciclado se empleó en la construcción de un viaducto cerca de la ciudad de Helmond. En las obras de la compuerta del puerto de Schijndel, se emplearon alrededor de 300 m³ de concreto con agregado reciclado procedente de una mezcla de hormigón y ladrillo. Desde 1994 el gobierno holandés permite el uso de este tipo de agregado reciclado en hormigón estructural, con un remplazo máximo del 20% del agregado grueso; sin embargo, entre 1997 y 1998 se construyeron 272 casas unifamiliares empleando un 100% de agregado reciclado. Se utilizó para la construcción de muros de carga de concreto en masa y elementos de concreto para fachada y suelos”. reduktados

Estados Unidos: de los aproximadamente 2,7 millones de toneladas anuales de agregado reciclado se utiliza actualmente de 10 a 15% para pavimentación, de 20 a 30% para construcción de carreteras y otros trabajos de mantenimiento y alrededor del 60 a 70% se utilizan para la elaboración de concreto estructural (Gilpin y Menzie, 2003).

En el ranking internacional, nuestro país no se encuentra considerado como uno de los países que producen agregados a partir del reciclado de áridos de construcción tales como los residuos sólidos de ladrillo y concreto demolidos, únicamente podemos encontrar una norma que nos indica el manejo de residuos de construcción que dice lo siguiente: “los RCD que contienen materiales que pueden ser reaprovechados, como son el desmonte limpio, concreto y otros materiales de demolición, instalaciones de mobiliarios fijo de cocina, baños, tejas, tragaluces y claraboyas, soleras prefabricadas, tableros, placas sándwich, puertas, ventanas, revestimientos de piedra, elementos prefabricados de hormigón, mamparas, tabiquerías móviles o fijas, barandillas, puertas, ventanas, cielo raso (escayola), pavimentos flotantes, alicatos, elementos de decoración, vigas y pilares, elementos prefabricados de hormigón, entre otros.” (Anexo 4 Decreto Supremo N.º 003-2013-VIVIENDA).

En Cajamarca los residuos de la construcción no tienen un lugar específico en el cual depositarlos, y muchas de las veces los residuos producto de una demolición estructural, el cual contiene concreto y ladrillo, son depositados en parcelas con desnivel; es importante precisar que este material es solicitado casi en la mayoría de las veces por los propietarios de las parcelas.

En el caso del ladrillo industrial, este es utilizado por proyectos de gran inversión, los cuales tienen requerimientos más específicos; siendo así este material el que más desperdicio genera conjuntamente con el concreto. Al realizar este proyecto se mitigaría el impacto ambiental generado por el desperdicio.

Anteriormente se han realizado estudios relacionados a la presente investigación, los cuales son expuestos a continuación:

Martínez (2006), Se realizó una investigación en la que uno de sus objetivos principales es conseguir el cumplimiento de la norma ASTM C 33, para la composición de agregados con reemplazo de marial reciclado, en esta investigación la granulometría original de los agregados naturales estaba fuera de los límites establecidos en la norma ASTM C 33, por lo que fue necesario triturar el material para recomponer sus tamaños y cumplir así con la norma. Esta recomposición de tamaños se hizo considerando una proporción del 35% de partículas que pasan la malla de 9.5 mm (3/8") y 65% que pasan la malla de 19 mm (3/4"). Esta proporción permitió cumplir con lo establecido en la norma ASTM C 33.

Debido a la necesidad de encontrar un tratamiento a los residuos sólidos de construcción, se han realizado una cantidad considerable de investigaciones en torno a este tema, es por eso que en el Perú se han presentado investigaciones en la Universidad tecnología del Perú, en el cual se rescata que los resultados obtenidos por el investigador Pintos (2013), son positivos con respecto a la evaluación de hormigones a los que se le incorporaron diferentes RCD y RP, realizando ensayos de resistencia mecánica como compresión simple, tracción indirecta, flexión, de durabilidad desde el punto de vista de la capacidad y velocidad de succión de los diferentes cuerpos de prueba, en el cual afirma que el concreto reciclado debería ser reutilizado ya que en sus ensayos a compresión existe un incremento del 2% al 7%.

En la investigación "Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados", publicado en 2006 por la Ingeniera Iris Esmeralda Martínez, se presenta el desempeño de concretos fabricados con agregados reciclados obtenidos a partir de cilindros de concreto premezclado y diferentes consumos de cemento. Los resultados experimentales mostraron que el comportamiento del concreto con agregados reciclados es similar al del concreto con agregados naturales; con respecto a los

resultados obtenidos en sus ensayos a la compresión, se observa que los concretos reciclados con reemplazo del 20% con resistencias 116.70 kg/cm², 145.08 kg/cm² y 188.20kg/cm², a los 7, 14 y 28 días, tienen mayores resistencias respecto de los naturales con resistencias 103.52 kg/cm², 140.48 kg/cm² y 185.53 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días, para una misma relación a/c. Hay que tomar en cuenta que los concretos reciclados requieren de mayores consumos de agua que los naturales para alcanzar revenimientos similares.

En 2000, European Thematic Network publicó que “la primera experiencia práctica del concreto reciclado” en la que se utilizó concreto con agregados reciclados se llevó a cabo en Cardington, para la construcción de la losa de la segunda planta de un edificio de esta ciudad. La losa estaba fuertemente armada y tenía 50 cm de espesor. Se optó por una sustitución del 20% del agregado grueso y se emplearon unas 100 toneladas de agregado reciclado. La dosificación del concreto fue la misma que la de la losa construida en la primera planta de ese mismo edificio y para ambos concretos se obtuvieron unas resistencias similares (60 N/mm² a los 91 días) (611.832 kg/cm² a los 91 días).

En Cajamarca existen residuos de construcción (Concreto, ladrillo y morteros) estos se arrojan como escombros, sin ser clasificados ni estimados, los mismos que se convierten en un impacto ambiental que necesita solución, estos residuos de concreto pueden ser utilizados para fabricar agregados reciclados, pudiendo estos sustituir a los agregados de origen aluvial, ya que se presume que los agregados de origen aluvial se están agotando debido a la gran demanda de la construcción (Pintos, 2013).

En este trabajo se presenta el efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión sobre el concreto de $f'_c=210$ kg/cm², obtenidos a partir de la elaboración de especímenes estándar según norma NTP 339.183:2013 o ASTM C 192, con agregados de concreto reciclado y agregados naturales para un $F'_c=210$ Kg/cm² de diseño a los 28 días de edad. Los resultados experimentales mostraron que la resistencia a la compresión del concreto de $f'_c=210$ kg/cm² elaborado con agregados de concreto reciclado es 15.49% menor que el concreto de $f'_c=210$ kg/cm² elaborado con agregados naturales (Ascencio, 2014).

A continuación, se exponen algunas bases teóricas que nos permitirán entender un poco más la presente investigación.

Para esto iniciaremos conociendo sobre el conglomerante del concreto.

Cemento portland: Es un cemento hidráulico, cemento que fragua y endurece por interacción química con el agua, producido por la pulverización de clinker, el cual consiste esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos conteniendo de manera usual uno o más formas de sulfato de calcio adicionado en el proceso de molienda (Arteaga,2009).

Obtención del cemento portland: Para la elaboración se emplean materias primas capaces de aportar principalmente carbonato de calcio y sílice, así como óxido de hierro y alúmina para lo cual se seleccionan materiales calizos y arcillosos de composición adecuada. La materia prima procesada se introduce en hornos rotatorios donde se calcinan a temperaturas de orden de 1450 °C, hasta que alcanza un estado de fusión incipiente. Al material resultante de la calcinación se le denomina clinker Portland. Cuando se encuentra frío el Clinker se muele conjuntamente con una proporción de yeso, que tiene la función de regular el tiempo de fraguado y así se obtiene un polvo fino de color gris que se conoce como cemento portland simple (Arteaga,2009).

También es necesario conocer sobre la parte aglomerante del concreto.

Los Agregados: Rivva (2000) plantea la siguiente definición de agregado: Conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial de las cuales se establecen unas dimensiones que se contemplan en la norma NTP 400.011; Se conoce que para concretos estructurales comunes los agregados ocupan aproximadamente entre el 70 y el 75% del volumen de la masa endurecida, el resto está conformado por la pasta de cemento no endurecida, agua no combinada (es decir, agua no utilizada en la hidratación del cemento) y vacíos de aire (Nilson , 2001, Pág. 30). Neville clasifica los agregados según su tamaño en dos grupos: 1. Los agregados finos y 2. los agregados gruesos o grava, los primeros son arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partículas que van de 5 mm hasta 60 μ m, los segundos son aquellas partículas que son mayores a 5 mm y hasta 125 mm (como se citó en Chan, Solís & Romel, 2006).

De acuerdo a su peso Alatorre y Uribe (1998) clasifican los agregados como ligero, normal y pesado, estas diferencias determinan concretos con cierta variedad en el peso unitario la cual es una característica básica del material. Mientras más densamente pueda empaquetarse el agregado, mejor será el refuerzo, la resistencia a la intemperie y la economía del concreto, de esta manera es muy importante el proceso de gradación del tamaño de las partículas en los agregados para producir el empaquetamiento compacto.

Chan, Solís & Romel, (2006) plantean en relación a la influencia de los agregados sobre las propiedades del concreto fresco, se conoce que la absorción es la propiedad que más influye en la consistencia del concreto ya que las partículas absorben agua directamente en la mezcladora, se conoce además que entre mayor sea la superficie de agregado para cubrir con pasta menor fluidez se tendrá. Alaejos y Fernández (1996) expresan que una óptima consistencia y manejabilidad se obtiene con la combinación de índices bajos de absorción y un coeficiente bueno de forma (Partículas redondas). En relación a la forma se evidencia que esta tiene una forma sobre la trabajabilidad del concreto fresco, son cuatro los tipos de formas así: 1. Esférica, 2. Prismática, 3. Tabular y 4. Irregular, de todas estas la que mayor problema tiene es la pieza plana y alargada (Tabular Alargada).

Dosificación y Mezcla del Concreto: Nilson (2001) indica que la dosificación debe garantizar que el concreto resultante tenga una resistencia adecuada, una manejabilidad apropiada a la hora del vaciado y un bajo costo, en el último caso se requiere el uso de la mínima cantidad de cemento (el material más costoso) que asegure las propiedades adecuadas para el concreto, lo anterior es expuesto a su vez por Gutiérrez (2003) quien expresa que el diseño de mezclas de concreto tiene por objeto encontrar la dosificación más económica de cemento, agregado grueso y arena para producir un material con la resistencia, manejabilidad, impermeabilidad y durabilidad requeridos por el diseño de la estructura y por el método constructivo a utilizar. Es importante aclarar que mientras menor sea la gradación de los agregados (menor sea el volumen de vacíos) menor será la pasta de cemento necesaria para llenar estos vacíos.

Respecto al agua, se conoce que a medida que se adiciona, la plasticidad y la fluidez de la mezcla aumentan (Mejora la manejabilidad). Sin embargo, la resistencia

disminuye, debido al mayor volumen de vacíos creados por el agua libre; para lograr una reducción del agua libre y lograr la manejabilidad se debe agregar cemento: La relación Agua – Cemento es el factor principal que controla la resistencia del concreto. La relación agua-cemento tiene una influencia decisiva sobre la resistencia a la compresión del concreto. En relación a este tipo de resistencia se conoce que se utiliza como criterio de calidad del concreto, este tipo de resistencia se calcula dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen por el área de la sección transversal del mismo Torrado y Porras (2009), como lo expresa Gutiérrez (2003) la resistencia a la compresión simple es la característica mecánica más importante del concreto; se expresa en términos de esfuerzo en kg/cm^2 . O en (PSI.) $1 \text{ PSI.} = 0.073 \text{ kg/cm}^2$. O en Mega Pascales. $10.195 \text{ kg/cm}^2. = 1 \text{ Mpa}$. Para medir la resistencia a la compresión, se elabora una determinada cantidad de cilindros teniendo en cuenta las muestras que se vayan a realizar, los cuales son los testigos de las mezclas que se están preparando.

Para la realización de los ensayos a compresión es necesario saber los procedimientos previos al ensayo.

Especímenes de prueba: Se ensayarán medidas unidades secas, de ancho y altura equivalentes a las de la unidad original, y longitud igual a media unidad $\pm 25 \text{ mm}$. Si la capacidad de resistencia del espécimen excede la capacidad de la máquina, se podrá ensayar piezas menores, con altura y espesor de la unidad original y longitud no menor de $\frac{1}{4}$ de la longitud total de la unidad, y con un área de sección horizontal bruta no menor de 90cm^2 .

El espécimen de prueba se obtendrá por cualquier método de corte que produzca un espécimen con extremos aproximadamente planos y paralelos, sin astillas ni rajaduras .se deberá ensayar como mínimo cinco especímenes.

Eventualmente se podrá utilizar para el ensayo de compresión, unidades enteras, en cuyo caso deberá efectuarse la corrección en el valor promedio de resistencia, mediante un coeficiente que responde a la correlación obtenida en investigaciones de laboratorio. estos coeficientes se detallan en el anexo A (NTP 339.613,2005).

Refrentado del espécimen: Todos los especímenes deberán estar preparado, antes de proceder al Refrentado de los mismos.

Si las superficies de contacto del espécimen son ahuecadas o apanaladas, llenar las depresiones con un mortero de cemento portland y dos partes, en peso, de arena, incorpore un aditivo o cloruro de calcio en porcentaje no mayor de 2%. Dejar reposar los especímenes por lo menos 48 horas antes de aplicar el refrentado. Cuando las cavidades excedan 13mm, usar un fragmento de ladrillo o una sección de teja o placa metálica como relleno en el núcleo.

Para refrentar los especímenes se aplicarán los procedimientos indicados en los apartados 8.2.3 y 8.2.4 (NTP 339.613,2005).

Refrentado con yeso: cubrir las caras opuestas de contacto del espécimen con goma laca. Una vez completamente secos, cubrir una de las superficies con una capa delgada de yeso calcinado (yeso hemihidrato), que ha sido distribuida sobre una placa no absorbente y aceitada, tal como vidrio o metal procesado. La placa para la superficie de refrentado debe ser plana con margen de 0,008 mm en 400 mm, y suficientemente rígida y apoyada de tal manera que no tenga deformación detectable durante el proceso.

Cúbrase ligeramente con una capa de aceite u otro apropiado. Repítase esta operación con la otra superficie de contacto de los especímenes. Cuidar de tener las superficies de contacto, así conformadas aproximadamente paralelas entre sí y perpendiculares al eje vertical de espécimen y que los espesores de refrentado sean aproximadamente los mismos sin exceder de 3mm. Se dejará reposar el refrenado por lo menos 24 horas antes de ensayar los especímenes.

Nota: El yeso calcinado tendrá una resistencia a la compresión a las dos horas de 10 Mpa, determinada en cubos de 50 mm.

Cada espécimen de ladrillo se debe ensayar sobre su mayor dimensión (esto es la carga será aplicada en la dirección de la profundidad del ladrillo). Centrar los especímenes debajo del apoyo superior con un margen de 2mm.

La máquina de ensayo debe satisfacer los requerimientos habituales de práctica que se especifiquen en la norma ASTM E4.

El apoyo superior será un bloque metálico endurecido, asentado esféricamente y firmemente fijo en el centro de cabeza superior de la maquina (rotula). El centro de la

rótula se alineará con el centro de la superficie del bloque en contacto con el espécimen. La rótula tendrá libertad de girar en cualquier dirección y su perímetro tendrá, por lo menos 6mm libres del cabezal para permitir su uso con especímenes cuyas superficies de contacto no sean exactamente paralelos a la placa. El diámetro de la superficie de contacto será la menos de 130mm. Usar un bloque de contacto de metal endurecido debajo del espécimen para minimizar el desgaste de la placa inferior de la máquina. Las superficies del bloque de apoyo destinadas a contactar los especímenes tendrán una dureza no menor de 60HRC (HB620). Estas superficies serán planas con una tolerancia de 0,03mm. Cuando el área de contacto de los bloques apoyados esféricamente no sea suficiente para cubrir el área del espécimen, colocar una plancha de acero con superficie aplanada de 0,03 mm y con espesor igual a 1/3 de la distancia del extremo del apoyo esférico a la esquina más distante entre el bloque apoyado esféricamente y el espécimen con cobertura .estas planchas serán de la misma calidad 60HCR, y tendrán una longitud y ancho que por lo menos exceda 15 mm que la longitud y ancho del espécimen y serán de una dureza similar a los de los apoyo (NTP 339.613,2005).

Velocidad de ensayo: Aplicar la carga, hasta la mitad de la máxima carga esperada con cualquier velocidad adecuada, después de lo cual ajustar los controles de la máquina de manera tal que la carga remanente sea aplicada con una velocidad uniforme en no menos de un minuto ni más de dos minutos (NTP 339.613,2005).

Cálculo de uniformes: Calcúlese la resistencia a la compresión de cada espécimen con la ecuación que se indica a continuación, debiendo darse los resultados con aproximación a 0,01 Mpa: (NTP 339.613,2005).

Donde: $C = W/A$

C=Resistencia a la compresión del espécimen, Mpa

W=Máxima carga en N, indicada por la máquina de ensayo.

A=Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen o mm^2 .

Propiedades y características: Las propiedades más importantes del concreto en estado no endurecido incluyen la trabajabilidad, consistencia, fluidez, cohesividad, contenido

de aire, segregación, exudación, tiempo de fraguado, calor de hidratación, y peso unitario (Rivva, 2000).

En el estado endurecido las propiedades del cemento incluyen la resistencia mecánica, durabilidad, cambios de volumen, impermeabilidad, resistencia al desgaste, resistencia a la cavitación, propiedades térmicas y acústicas, y apariencia (Rivva, 2000).

El agua que se añade a la mezcla es, por razones de maniobrabilidad, siempre mayor que la que se requiere para la hidratación del cemento; siendo esta última conocida como agua de consistencia normal y estando su valor en el orden del 28% en peso del cemento.

Debido a esto las pastas que tienen una alta relación agua-cemento contienen más agua que no interviene en el proceso de hidratación, o agua libre. Dado que el agua libre ocupa espacios que después se transforman en poros capilares, la pasta de las mezclas de alta relación agua-cemento es más porosa que la de las mezclas ricas o de las mezclas con baja relación agua cemento (Rivva, 2000).

Usualmente la relación agua/cemento en peso (A/C) es del orden de 0,45 a 0,6 con lo cual se logra también trabajabilidad en la mezcla.

Cuando el cemento se mezcla con el agua, las reacciones químicas que se producen originan cambios en la estructura de la pasta, manteniendo su plasticidad durante un cierto tiempo, desde pocos minutos hasta varias horas, para luego ocurrir varios fenómenos sucesivos:

Un aumento relativamente brusco de la viscosidad acompañado de una elevación de la temperatura de la pasta (fraguado inicial).

Después de algunas horas, la pasta se vuelve indeformable y se transforma en un bloque rígido (fraguado final).

La resistencia aumenta con regularidad a medida que transcurre el tiempo (endurecimiento).

Producido el proceso de fraguado e iniciado el de endurecimiento es necesario tener en consideración tres aspectos fundamentales:

Es la constitución de la pasta y, en primer lugar, su porosidad, la que determina la resistencia del concreto.

Al tratar el proceso de endurecimiento es necesario distinguir si lo que debe considerarse principalmente es la resistencia que se obtiene después del desarrollo del proceso de hidratación (resistencia final) o sí, por el contrario, lo más importante es el problema de la velocidad de endurecimiento.

La resistencia final de la pasta de cemento depende casi exclusivamente de la cantidad de agua empleada en el mezclado. Por el contrario, el ritmo o desarrollo del endurecimiento, es decir el tiempo necesario para que el concreto alcance la resistencia final, depende por una parte de la composición química y de la finura del cemento y, por otra parte, de las condiciones de humedad y de temperatura que se tiene durante el proceso de endurecimiento.

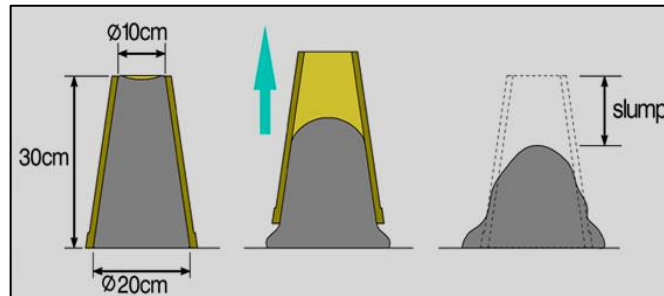
La conservación de perfectas condiciones de humedad en el ambiente que rodea a la pasta de cemento es de primordial, ya que el fenómeno de desecación del concreto representa el final del proceso de endurecimiento hidráulico (Rivva, 2000).

El Proceso de Instalación y Manejabilidad de la Mezcla, se encuentra en función del asentamiento.

Asentamiento: ARGOS (2012), El asentamiento es una medida de la consistencia del concreto, que se refiere al grado de fluidez de la mezcla, decir que indica que tan seca o fluida está cuando se encuentra en estado plástico y no constituye por sí mismo una medida directa de la trabajabilidad.

Las características del cono de Abrams se presentan en la figura 1 y el método de ensayo que esta descrito en la norma NTP 339.035 en términos generales consiste en lo siguiente:

Imagen 1:
Representación del cono se Abrams



Se coloca el molde sobre una superficie horizontal, plana y no absorbente, presionando con los pies las agarraderas para que no se salga el concreto por la parte inferior del molde. Enseguida, se llena el cono en tres capas cada una de aproximadamente igual volumen, apisonándose cada capa con 25 golpes dados con una varilla de 16 mm de diámetro, 60 cm de longitud y con al menos uno de sus extremos redondeado. La introducción de la varilla se debe hacer en diferentes sitios de la superficie y hasta una profundidad tal que penetre ligeramente en la capa inferior con el objeto que la compactación se distribuya uniformemente sobre la sección transversal.

Al terminar la tercera capa, se enrasa la superficie, bien sea con la varilla o con un palustre. Se retira la mezcla que haya caído al suelo en la zona adyacente a la base del molde y el cono se levanta cuidadosamente en dirección vertical, sin movimientos laterales o de torsión y sin tocar la mezcla con el molde cuando éste se ha separado del concreto.

Una vez retirado el molde, la muestra sufre un asentamiento (y de aquí el nombre del ensayo) el cual se mide inmediatamente como diferencia entre la altura del molde y la altura medida sobre el centro de la base superior del espécimen. El ensayo de asentamiento está ampliamente difundido en nuestro medio debido a la facilidad y

rapidez con que se realiza. Sin embargo, no se puede aplicar en algunos casos, tales como concretos muy secos con asentamiento inferior a 10 cm.

Curado del concreto, Aguilar Et. Al (2009) definen el curado como el mantenimiento de los contenidos de humedad y de temperatura satisfactorios durante un tiempo definido después de su colocación, los mismos autores reconocen que en la medida que la reacción de hidratación se desarrolle y complete, influirá en la resistencia, durabilidad y en la densidad del concreto. El término curado es utilizado para describir el proceso natural por medio del cual el cemento hidráulico madura y desarrolla propiedades mecánicas típicas del material en estado endurecido, se utiliza para describir las acciones tomadas por el constructor para mantener el concreto húmedo y dentro de un rango de temperatura adecuada, de tal manera que se promueva la hidratación del cemento. Solís, R & Moreno, E. (2005), se observan para el presente caso dos sentidos: el 1. Que hace referencia al tiempo de curado del concreto que hace referencia al lapso de tiempo en que se desarrollan las reacciones químicas del agua con el cemento (Sin realizar acción alguna) el 2. Hace referencia a aquel tiempo donde se desarrollan acciones específicas para mantener condiciones favorables de humedad y temperatura, entre estas acciones se encuentran: aplicar agua, Cubrirlo del medio ambiente, calentarlo entre otras.

Mather (1987) citado por Solís (2005) comprobó que debido a que las reacciones de hidratación del cemento solo se dan en un ambiente interno de saturación los expertos en tecnología del concreto recomiendan realizar acciones de curado de los elementos del concreto, especialmente lo que hace referencia al suministro de humedad, esto con el fin de obtener el mejor desempeño posible y de alcanzar beneficios a nivel económico. Nilson (2001) plantea que el curado tiene una implicación importante

sobre la resistencia final del concreto dependiendo esta de forma importante de las condiciones de humedad y temperatura (Curado) durante los períodos iniciales de colocación (La primera semana); respecto a lo anterior es importante considerar que la presente investigación se realizará en cinco obras de clima cálido, en referencia a esto la norma ACI plantea que el clima extremo puede provocar problemas durante el mezclado, transporte y colocación del concreto, para el caso del clima cálido la preocupación es que el agua del concreto se evapore rápidamente y que una parte significativa del cemento no se hidrate y por lo tanto no aporte resistencia al material siendo este muy poroso, los planteamientos anteriores se evidencian a través de experimentos donde se ha determinado que alrededor del 30% de la resistencia o más puede perderse por secado prematuro del concreto.

Para evitar los daños planteados anteriormente el concreto debe protegerse de la pérdida de humedad como ya se había mencionado al menos por siete días y en trabajo más complejos hasta por 14 días, el curado se puede lograr manteniendo continuamente húmedas las superficies expuestas mediante rociado, empozamiento, recubrimiento con láminas de plástico o mediante la aplicación mediante componentes sellantes que, usados de manera adecuada, forman membranas retardantes de la evaporación.

Ladrillos: Definición. Los ladrillos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una cocción. Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser su forma regular y fácil su manejo (Moreno, 1981).

El ladrillo es el componente básico para la construcción de la albañilería y la construcción (Gallegos, 2005).

El ladrillo es una pequeña unidad de arcilla quemada para albañilería, de forma rectangular (Marotta, 2005).

El ladrillo es una unidad de albañilería fabricada con arcilla, esquisto arcilloso, o sustancias terrosas similares de ocurrencia natural, conformada mediante moldeo, prensado o extrusión y sometida a un tratamiento con calor a temperaturas elevadas (quema) (NTP 331.017 ,2003).

CLASIFICACIÓN

Tipos: Los ladrillos de concreto elaborados de acuerdo con esta NTP deberán estar conforme a los cuatro tipos tal como sigue:

Tipo 24: Para uso como unidad de enchape y muros exteriores sin revestimiento y para su uso donde se requiera alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío (NTP 339-601, 2015).

Tipo 17: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia a la acción del frío y a la penetración de la humedad (NTP 339-601, 2015).

Tipo 14: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión (NTP 339-601, 2015).

Tipo 10: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión (NTP 339-601, 2015).

Tabla 2:

Norma técnica peruana 339-601, 2015.

	RESISTENCIA A LA COMPRESION, min, Mpa, RESPECTO AL AREA BRUTA PROMEDIO	ABSORCION DE AGUA, MAX., % (PROMEDIO DE 3 UNIDADES)
TIPO	PROMEDIO DE 3 UNIDADES	UNIDAD INDIVIDUAL
24	24	21
17	17	14
14	14	10
10	10	8

Nota: Cuando se requieren características particulares tales como texturas superficiales por apariencia, acabado, color, o propiedades particulares tales como clasificación del peso, mayor resistencia a la compresión, resistencia al fuego, performance térmico o acústico, estas características deben ser especificadas por el comprador.

Variaciones permisibles en las dimensiones: Las dimensiones (ancho, alto y largo) no debe diferir por más de $\pm 3.2 \text{ mm}$, ($\pm 1/8$ pulgadas) de las dimensiones estándar especificaciones por el fabricante (NTP 339-601, 2015).

A menos que sea especificado otro modo, el ladrillo debe ser macizo o hueco a opción del vendedor. El área neta de la sección transversal del ladrillo hueco en cada plano paralelo a la superficie conteniendo los huecos debe ser por lo menos el 75% del área de la sección transversal bruta medida en el mismo plano. Ninguna parte de algún agujero debe estar a menos de 19.1 mm ($\frac{3}{4}$ pulgadas) de algún borde del ladrillo (NTP 339-601, 2015).

Acabado y apariencia: Todas las unidades deben estar en buenas condiciones y libres de grietas y otros defectos que podrían interferir con el adecuado empleo de la unidad o que podrían deteriorar significativamente la resistencia o durabilidad de la construcción. Las grietas menores inherentes al método usual de fabricación o astillamientos menores resultantes de los métodos habituales de manipulación en el envío y distribución no son causas de no aceptación (NTP 339-601, 2015).

Cuando las unidades sean empleadas en construcción de muros expuestos, la cara o las caras que son expuestas no deben mostrar astillamientos o agrietamientos, de otro modo no permitido, u otras imperfecciones que son vistas desde una distancia de no menos de 6 m bajo luz difusa (NTP 339-601, 2015).

El color y la textura de las unidades debe ser especificado por el comprador. Las superficies acabadas que serán expuestas deben estar conformes a una muestra aprobada consistente de no menos de cuatro unidades, representando el rango de textura y color permitido (NTP 339-601, 2015).

Muestreo y método ensayo: El comprador o representante autorizado debe estar conforme con las facilidades adecuadas para inspeccionar y muestrear los ladrillos de concreto en el lugar de fabricación de los lotes listos para el reparto. Se deben permitir por lo menos 10 días para el cumplimiento de los ensayos.

Muestrear y ensayar los ladrillos de concreto en conformidad con la NTP 339.604.

Conformidad: Si la muestra ensayada de un lote no cumple con los requisitos especificados, será permitido que el fabricante remueva unidades del lote, y una nueva muestra será seleccionada por el comprador de las unidades remanentes del lote según la NTP 339.604 y ensayada a costa del fabricante. Si la segunda muestra cumple con los requisitos especificados, las unidades remanentes del lote representado por dicha muestra cumplen con las especificaciones. Si la segunda muestra no cumple con los requisitos especificados, el lote no debe ser aceptado.

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Bloques de concreto para uso estructural.

Las medidas modulares los distintos bloques huecos de concreto, asentados con mortero de cemento serán las siguientes:

Tabla 3:

Dimensiones de bloques huecos de concreto.

LARGO (&) (cm)	ANCHO (a) (cm)	ALTO (h) (cm)
29	19	29
39	19	19
39	29	19
29	24	29

Fuente: NTP 339-602 (2002).

Para su utilización en albañilería armada y confinada puede emplearse unidades de las siguientes dimensiones:

Tabla 4:

Dimensiones para albañilería armada.

LARGO (&) (cm)	ANCHO (a) (cm)	ALTO (h) (cm)
29	14	19
39	14	19
39	12	19

Fuente: NTP 339-602 (2002).

Requisitos físicos: En el momento del despacho al cliente, todas las unidades deben estar conforme a los requisitos físicos prescritos en las Tablas 5 y 6.

Tabla 5:

Espesor mínimo de pared de tabique.

Ancho nominal de las unidades mm	Espesor de las paredes, min, mm	Espesor de tabiques mínimos, mm
29	19	29
39	19	19
39	29	19
29	24	29

Fuente: NTP 339-602 (2002), Nota: " Promedio de las medidas de 3 unidades tomadas desde el punto más delgado cuando se mide tal como se describe en la NTP 399.604. Cuando esta norma es utilizada para unidades; los espesores de tabique que no están conforme a los requisitos prescritos en la Tabla 2 pueden ser aprobados, siempre que la capacidad estructural equivalente haya sido establecida cuando se ensaya de acuerdo con las disposiciones aplicables de la NTP 399.406 u otro ensayo aplicable y el apropiado criterio de diseño desarrollado está de acuerdo con los códigos de construcción aplicables.

Tabla 6:
Requisitos de resistencia y absorción.

Resistencia a la compresión, min, MPa respecto al área bruta promedio.		Absorción, ma, % (Promedio de 3 unid.)
Prom. 3 unid.	Unidad Individual	
7	6	12

Fuente: NTP 339-602 (2002), Nota: Se pueden especificar resistencias a la compresión más altas donde sea requerido por el diseño; cuando se requieren características particulares tales como texturas superficiales por o adherencia, acabado, color, o propiedades particulares tales como clasificación del peso, mayores resistencias a la compresión, resistencia al fuego, performance térmico o acústico, estas características deben ser especificadas separadamente por el comprador.

Variaciones permisibles en las dimensiones

Unidades estándar: Para las unidades estándar, el total de las dimensiones (ancho, alto y longitud) no deben diferir por más de ± 3 mm de las dimensiones especificadas (NTP 339-602, 2002).

Unidades de aspecto particular: Para unidades de aspecto particular según la norma técnica peruana 339-602, publicada en 2002, aclara que las dimensiones deben estar de acuerdo con lo siguiente:

Para las unidades de superficie moldeada, las dimensiones de los aspectos moldeados (rebordes, líneas de forma hexagonal, patrones, etc.) deben estar dentro de los ± 2 mm de lo especificado para el aspecto particular.

Para unidades con cara exterior rugosa, el total de las dimensiones no rugosas (ancho, alto y longitud) no debe diferir por más de ± 3 mm de las dimensiones estándar especificadas. Sobre las caras que son rugosas, las dimensiones variarán. El fabricante deberá informar las tolerancias dimensionales factibles.

Para unidades rebajadas, el total de las dimensiones no debe diferir por más de ± 3 mm de las dimensiones estándar especificadas. Sobre las caras que son rebajadas, el total de las dimensiones variará. Los proveedores locales deberían ser consultados para determinar las tolerancias dimensionales factibles.

Acabado y Apariencia: Todas las unidades deben estar en buenas condiciones y libres de grietas u otros defectos que podrían interferir con el adecuado empleo de la unidad o que podrían deteriorar significativamente la resistencia o la durabilidad de la

construcción. Las grietas menores inherentes al método usual de fabricación o astillamientos menores resultantes de los métodos habituales de manipulación en el envío y distribución no son causa de rechazo (NTP 339-602, 2002).

Cuando las unidades sean empleadas en construcción de muros expuestos, la cara o las caras que son expuestas no deben mostrar astillamientos o agrietamientos, de otro modo no permitidas, u otras imperfecciones que son vistas desde una distancia de no menos de 6 m bajo luz difusa (NTP 339-602, 2002).

Se permiten que el cinco por ciento de un envío tenga astillamientos no mayores que 25 mm en alguna dimensión, o grietas no más anchas que 0,5 mm y no más largas que el 25 % de la altura nominal de la unidad (NTP 339-602, 2002).

El color y la textura de las unidades debe ser especificado por el comprador. Las superficies acabadas que serán expuestas deben estar conformes a una muestra aprobada consistente de no menos de cuatro unidades, representando el rango de textura y color permitido (NTP 339-602, 2002).

Muestreo y método de ensayo: El comprador o representante autorizado debe estar conforme con las facilidades adecuadas para inspeccionar y muestrear las unidades en el lugar de fabricación de los lotes listos para el reparto (NTP 339-602, 2002).

Conformidad: Si la muestra ensayada de un envío falla conforme a los requisitos especificados, se debe permitir que el fabricante remueva las unidades de la muestra, y una nueva muestra debe ser seleccionada por el comprador del lote retenido según la NTP 399.604 y ensayado a costa del fabricante. Si la segunda muestra cumple con los requisitos de la especificación la porción remanente del envío representado por dicha muestra, cumple con las especificaciones. Si la segunda muestra falla conforme a los requisitos especificados, el lote completo no debe ser aceptado (NTP 339-602, 2002).

Proceso de elaboración de ladrillos de arcilla, hoy en día, en cualquier fábrica de ladrillos, se llevan a cabo una serie de procesos estándar que comprenden desde la elección del material arcilloso, al proceso de empacado final. La materia prima utilizada para la producción de ladrillos es, fundamentalmente, la arcilla. Este material está compuesto, en esencia, de sílice, alúmina, agua y cantidades variables de óxidos de hierro y otros materiales alcalinos, como los óxidos de calcio y los óxidos de magnesio (Barranzuela, 2014).

Las partículas de materiales son capaces de absorber higroscópicamente hasta el 70% en peso, de agua. Debido a la característica de absorber la humedad, la arcilla, cuando está hidratada, adquiere la plasticidad suficiente para ser moldeada, muy distinta de cuando está seca, que presenta un aspecto terroso. (Barranzuela, 2014).

Durante la fase de endurecimiento, por secado, o por cocción, el material arcilloso adquiere características de notable solidez con una disminución de masa, por pérdida de agua, de entre un 5 a 15%, en proporción a su plasticidad inicial. (Barranzuela, 2014).

Una vez seleccionado el tipo de arcilla el proceso puede resumirse en:

- Maduración
- Tratamiento mecánico previo
- Depósito de materia prima procesada
- Humidificación
- Moldeado
- Secado
- Cocción
- Almacenaje
- Maduración

Antes de incorporar la arcilla al ciclo de producción, hay que someterla a ciertos tratamientos de trituración, homogeneización y reposo en acopio, con la finalidad de obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características físicas y químicas deseadas (Barranzuela, 2014).

El reposo a la intemperie tiene, en primer lugar, la finalidad de facilitar el desmenuzamiento de los terreros y la disolución de los nódulos para impedir las aglomeraciones de las partículas arcillosas. La exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, hielo, etc.) favorece, además, la descomposición de la materia orgánica que pueda estar presente y permite la purificación química y biológica del material. De esta manera se obtiene un material completamente inerte y poco dado a posteriores transformaciones mecánicas o químicas (Barranzuela, 2014).

Tratamiento mecánico previo: Después de la maduración que se produce en la zona de acopio, sigue la fase de pre-elaboración que consiste en una serie de operaciones que tienen la finalidad de purificar y refinar la materia prima. Los instrumentos utilizados en la pre-elaboración, para un tratamiento puramente mecánico suelen ser:

Rompe-terrones: como su propio nombre indica, sirve para reducir las dimensiones de los terrones hasta un diámetro de entre 15 y 30 mm (Barranzuela, 2014).

Eliminador de piedras: está constituido, generalmente, por dos cilindros que giran a diferentes velocidades, capaces de separar la arcilla de las piedras o chinicos (Barranzuela, 2014).

Desintegrador: se encarga de triturar los terrones de mayor tamaño, más duros y compactos, por la acción de una serie de cilindros dentados (Barranzuela, 2014).

Laminador refinador: está formado por dos cilindros rotatorios lisos montados en ejes paralelos, con separación, entre sí, de 1 a 2 mm, espacio por el cual se hace pasar la arcilla sometiéndola a un aplastamiento y un planchado que hacen aún más pequeñas las partículas. En esta última fase se consigue la eventual trituración de los últimos nódulos que pudieran estar, todavía, en el interior del material (Barranzuela, 2014).

Depósito de materia prima procesada: A la fase de pre-elaboración, sigue el depósito de material en silos especiales en un lugar techado, donde el material se homogeniza definitivamente tanto en apariencia como en características físico químicas (Barranzuela, 2014).

Humidificación: Antes de llegar a la operación de moldeo, se saca la arcilla de los silos y se lleva a un laminador refinador y, posteriormente a un mezclador humedecido, donde se agrega agua para obtener la humedad precisa (Barranzuela, 2014).

Moldeado: El moldeado consiste en hacer pasar la mezcla de arcilla a través de una boquilla al final de la extrusora. La boquilla es una plancha perforada que tiene la forma del objeto que se quiere producir (Barranzuela, 2014).

El moldeado, normalmente, se hace en caliente utilizando vapor saturado aproximadamente a 130 °C y a presión reducida. Procediendo de esta manera, se

obtiene una humedad más uniforme y una masa más compacta, puesto que el vapor tiene un mayor poder de penetración que el agua (Barranzuela, 2014).

Secado: El secado es una de las fases más delicadas del proceso de producción. De esta etapa depende, en gran parte, el buen resultado y calidad del material, más que nada en lo que respecta a la ausencia de fisuras. El secado tiene la finalidad de eliminar el agua agregada en la fase de moldeado para, de esta manera, poder pasar a la fase de cocción (Barranzuela, 2014).

Esta fase se realiza en secaderos que pueden ser de diferentes tipos. A veces se hace circular aire, de un extremo a otro, por el interior del secadero, y otras veces es el material el que circula por el interior del secadero sin inducir corrientes de aire. Lo más normal es que la eliminación del agua, del material crudo, se lleve a cabo insuflando, superficialmente, al material, aire caliente con una cantidad de humedad variable. Eso permite evitar golpes termo higrométricos que puedan producir una disminución de la masa de agua a ritmos diferentes en distintas zonas del material y, por lo tanto, a producir fisuras localizadas (Barranzuela, 2014).

Cocción: Se realiza en hornos de túnel, que en algunos casos pueden llegar a medir hasta 120 m de longitud, y donde la temperatura de la zona de cocción oscila entre 900 °C y 1000 °C (Barranzuela, 2014).

En el interior del horno, la temperatura varía de forma continua y uniforme. El material secado se coloca en carros especiales, en paquetes estándar y alimentado continuamente por una de las extremidades del túnel (de dónde sale por el extremo opuesto una vez que está cocido) (Barranzuela, 2014).

Compresión de ladrillos de concreto

- a) Colocación de los especímenes: Ensayar los especímenes con el centroide de sus superficies de apoyo alineada verticalmente con el centro de empuje de la rótula de la máquina de ensayo.

- b) Condición de humedad de los especímenes: Cuando se ensayen los especímenes, estarán libres de humedad visible o manchas de humedad.
- c) Velocidad de ensayo: Aplicar la carga hasta la mitad del espécimen, después ajustar los controles de la máquina para dar un recorrido uniforme de cabezal móvil tal que la carga restante sea aplicada en no menos de 1 minuto y no más de 2 minutos.
- d) Carga máxima: Registrar la carga de compresión máxima en Newtons como $P_{\text{máx}}$.
- 4.6. Cálculos a. La resistencia a la compresión se calculó por la ecuación siguiente:

Cálculos

- a) La resistencia a la compresión se calculó por la ecuación siguiente:

$$MPa = \frac{P_{\text{máx}}}{A_n} \dots\dots\dots \text{Ecuación 1. Resistencia a la compresión.}$$

$P_{\text{máx}}$ = Carga de compresión máxima.

A_n = Área de la sección

- b) La superficie A se calculó por la ecuación siguiente:

Siendo:

$$A = a \times l \dots\dots\dots \text{Ecuación 2. Área de la sección.}$$

a = ancho de la muestra, en milímetros.

l = largo de la muestra, en milímetros

A continuación, se permite conocer las definiciones de los términos básicos necesarios para el entendimiento del desarrollo de esta investigación.

ladrillo

Agregados: Son materiales granulares utilizados en construcción. Pueden ser naturales, manufacturados o reciclados (Villalaz, 2004).

Agregado reciclado: Se refiere a agregados hechos a partir de RCD, RCD de concreto o concreto de desecho e incluye agregados finos y gruesos (Lund, 1999).

Agregados de concreto reciclado: Se refiere a agregados hechos a partir de agregados reciclados (Lund, 1999).

Concreto con agregados de desecho: Indica concreto con un contenido de agregados reciclados (Lund, 1999).

Unidades de arcilla: Es un bloque hecho de arcilla o adobe, con o sin cocción. También se hacen de hormigón u otro tipo de mortero. Se utiliza principalmente para construir muros o tabiques (Hornbostel, 1999).

Concreto fresco: Se refiere al concreto húmedo que no ha fraguado. También se le conoce como concreto en estado plástico (Gallegos y Casabonne, 2005).

Reciclaje: Proceso simple o complejo que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea éste el mismo en que fue generado u otro diferente (Lund, 1999).

Ensayo de compresión: Es un ensayo en el que se somete a una probeta a cargas compresivas. Se usa para estudiar el comportamiento de los materiales bajo ese estado de cargas (Beer, Johnston, & Mazurek, 2010).

Mortero: El mortero es aquel que tiene a la función de asumir las inevitables irregularidades de las unidades y, sobre todo, la de unir las o adheridas con relativa estabilidad en el proceso constructivo (Gallegos y Casabonne, 2005).

Arena: Es el nombre que se les da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2mm y 0,05mm de diámetro (Villalaz, 2004).

Concreto reciclado: Se refiere al concreto de desecho o RCD de concreto desviado de las corrientes de desecho y reutilizado o recuperado para su uso en un nuevo producto (Lund, 1999).

Concreto recuperado: Es el concreto que ha sido recuperado de concreto de desecho o RCD y que puede ser reutilizado o reciclado (Lund, 1999).

Concreto residual: Se refiere al sobrante de concreto fresco en equipos y camiones ya sea en el sitio de producción del concreto premezclado o en el lugar de trabajo (Lund, 1999).

RCD: Indica residuos de construcción y demolición. Incluye concreto, acero, vidrio, mampostería, asfalto y otros materiales que se encuentran en sitios de construcción o demolición; también en sitios de construcción de obras de ingeniería civil como vías y puentes (Lund, 1999).

RCD de concreto: Identifica al concreto en todas sus formas encontrado en residuos de construcción y demolición. Incluye elementos de concreto, partes, piezas y bloques recuperados durante las actividades de construcción y demolición. Puede ser extraído directamente de los sitios o de los materiales de construcción y demolición una vez han sido separados (Lund, 1999).

Reciclaje de concreto: Se refiere al proceso que pretende evitar el desecho del concreto, por ejemplo, en rellenos sanitarios o vertederos municipales (Lund, 1999).

Tasa de recuperación: Se refiere a la cantidad de material que ha sido desviado de vertederos municipales para su reutilización o reciclaje. Nota: algunas de las cifras reportadas no discriminan entre la cantidad de material que ha sido recolectado para reciclaje y la cantidad real de material reciclado.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo varía la resistencia a la compresión de ladrillos de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, reemplazando el agregado grueso por ladrillo y concretos reciclados, en diferentes porcentajes?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la resistencia a la compresión de ladrillos de concreto $f'_c = 210$ kg/cm², reemplazando el agregado grueso por ladrillo y concretos reciclados, en diferentes porcentajes.

1.3.2. Objetivos específicos

Realizar el diseño de mezclas por el método ACI 211.

Dosificar y elaborar los ladrillos de concreto TIPO 10.

Determinar la resistencia a la compresión axial del ladrillo de concreto TIPO 10.

Comparar la resistencia de los ladrillos elaborados con reemplazo del 10%, 15% y 20% de concreto y ladrillo industrial reciclados, individualmente como agregado grueso, con respecto a la muestra patrón.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La resistencia a la compresión de ladrillos de concreto $f'_c = 210$ kg/cm², se incrementa en relación al porcentaje de reemplazo del agregado grueso por ladrillo y concretos reciclados, hasta en un 10%.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación.

El tipo de investigación es Experimental

2.2. Diseño de investigación

Tabla 7:
Porcentajes de reemplazo del agregado.

Variable independiente	Niveles (%)	Tratamiento
Patrón	0%	Reemplazo del agregado grueso al 0%
Ladrillo industrial reciclado	10%	Ladrillo industrial al 5%
	15%	Ladrillo industrial al 10%
	20%	Ladrillo industrial al 15%
Concreto reciclado	10%	Concreto reciclado al 5%
	15%	Concreto reciclado al 10%
	20%	Concreto reciclado al 15%

2.3. Variables de estudio

Tabla 8:
Variable dependiente.

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	ÍNDICES
Resistencia a la Compresión	Es la relación entre la carga de rotura a compresión de un ladrillo de concreto y su sección (NTP 399-611, 2010)	Fuerza/Área	Kg/cm ²

Tabla 9:
Variable independiente.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	ÍNDICES
Reemplazo en % de ladrillo y concretos reciclados	Ladrillo de concreto: unidad básica de albañilería (NTP E-070, 2006) Concreto reciclado: Bloques de concreto el cual ha sido desechado (Lund, 1999).	Se medirá en peso	Kg

2.4. Población y muestra.

La población es de 126 unidades de ladrillos de concreto los cuales son descritos a continuación:

Tabla 10:
Porcentajes de reemplazo del agregado.

Descripción	0%	Ladrillo industrial			Concreto reciclado			Total
		10%	15%	20%	10%	15%	20%	
Resistencia a la compresión 7 días	6	6	6	6	6	6	6	42
Resistencia a la compresión 14 días	6	6	6	6	6	6	6	42
Resistencia a la compresión 28 días	6	6	6	6	6	6	6	42
Total, de muestras								126

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de dato.

Para la recolección de información se tendrá en cuenta

a) Técnicas e instrumentos de recolección de datos

i. Técnicas.

Observación directa de cada uno de los ensayos.

ii. Instrumentos.

M, hoja de toma de registro de datos y protocolos establecidos por la Universidad Privada del Norte.

b) Análisis de datos

El análisis de la presente investigación se realizó con la estadística descriptiva ya que se ha utilizado gráficas y tablas en el software de microsoft Excel, para la utilización de los instrumentos de laboratorio se tuvo en cuenta, las guías y protocolos brindados por la universidad, los cuales nos describen el proceso para la realización de cada ensayo; el procesamiento de datos se realizó mediante hojas de cálculo y obtenido resultados para la investigación por lo cual se aplicó formatos basados en Normas Técnicas Nacionales para el análisis del mismo.

2.6. Procedimiento

2.6.1. Preparación de materiales

Primeramente, se escogió la cantera la cual proporcione con material, tanto de agregado grueso (confitillo, así como del agregado fino; siendo la cantera escogida "ROCA FUERTE", ubicada en el distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca.

Posteriormente se realizó la extracción del material en cantera, seguidamente se realizó el cuarteo de cada uno de los materiales, agregado grueso y agregado fino.

Seguidamente se realizó el chancado y preparación, tanto del concreto reciclado como del ladrillo industrial, los cuales fueron recolectados con anterioridad en construcciones en demolición dentro de la provincia de

Cajamarca, teniendo en cuenta que una proporción del 35% de partículas que pasan la malla de 9.5 mm (3/8") y 65% que pasan la malla de 19 mm (3/4") lo cual permite cumplir con lo establecido en la norma ASTM C 33 (Martínez, 2006).

Se realizó también los ensayos, tanto del agregado fino como del agregado grueso, los cuales fueron necesarios posteriormente para la realización del diseño de mezcla.

Luego de haber plasmado los datos obtenidos de la realización de los ensayos (posteriormente mencionados), se realizó el diseño de mezcla para un concreto con resistencia $f'c=210$ kg/cm².

La realización de los 126 ladrillos (patrón y con reemplazo de agregado grueso, tanto a los 7,14 y 28 días de curado.

Seguidamente se realizó el curado de los ladrillos en el laboratorio de concreto de la universidad privada del norte.

Posteriormente, en relación al tiempo de curado de los ladrillos se realizaron los ensayos a compresión de cada una de las unidades de estudio (una unidad de ladrillos).

Máquina para ensayo a compresión axial, marca Forney, serie: 10165, capacidad: 250000 lbs., debiendo estar provista para la aplicación de la carga de un rodillo de metal endurecido de asiento esférico y solidario con el cabezal superior de la máquina.

A medida que se fueron ensayando los ladrillos se realizaron la recolección de datos obtenidos en el ensayo a compresión.

Para poder conocer el comportamiento de estos agregados es necesario la realización de algunos ensayos en laboratorio.

PESO UNITARIO Y VACÍO DE LOS AGREGADOS (SEGÚN MTC E203 – ASTM C29 – NTP 400.017)

Resumen

Este ensayo cubre la determinación del peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino, grueso o en una mezcla de ambos, basados en la misma determinación. Este método se utiliza para determinar el valor del peso unitario utilizado por algunos métodos de diseño de mezclas de concreto.

Equipo

Balanza con aproximación a 0.05 kg y con exactitud de 0.1% del peso de la muestra

Varilla compactadora de acero cilíndrica y punta semiesférica.

Moldes de medida, cilíndricos y metálicos.

Pala o cucharón metálico de mano.

Procedimiento

Método del Apisonado (T.M.N menor a 1 ½") – Peso Unitario Compactado

El agregado debe colocarse en el recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente, hasta colmarlo; cada una de las capas se nivela con la mano y se apisona con 25 golpes de varilla, distribuidos uniformemente en cada capa, utilizando el extremo semiesférico de la varilla. Al apisonar la primera, debe evitarse que la varilla golpee el fondo del recipiente, al apisonar las capas superiores, se aplica la fuerza necesaria para que la varilla solamente atraviese la respectiva capa.

Una vez colmado el recipiente, se enrasa la superficie con la varilla, usándola como regla, y se determina el peso del recipiente lleno en kilogramos.

Método de llenado con cucharón de mano (Peso Unitario del agregado suelto)

Se llena el recipiente por medio de una herramienta (pala o cucharón de mano), de modo que el agregado se descargue de una altura no mayor de 50 mm, por encima del borde hasta colmarlo, el agregado sobrante se elimina con una regla.

Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente y se registran los pesos con una aproximación de 0.05 kg.

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200 (SEGÚN MTC E202 – ASTM C117 – NTP 400.018)

Resumen

Mediante este ensayo de laboratorio, se determina por lavado la cantidad de material fino que pasa el tamiz N° 200 (75 μm) en un agregado. Se separan de la superficie del agregado, partículas que pasan el tamiz N° 200, tales como: arcillas, agregados muy finos y materiales solubles en el agua.

El principio del ensayo consiste en evaluar el recubrimiento superficial que puede tener un agregado como consecuencia de material fino y su potencial de perjudicar el comportamiento de concretos y morteros en lo que pueda ser empleado.

Material

Muestra secada a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Equipo

Tamices N° 16 (1.18 mm) y N° 200 (75 μm)

Recipiente.

Balanza con aproximación a 0.1% del peso medido

Estufa con control de temperaturas.

Procedimiento

Secar muestra a peso constante a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, pesar con una aproximación al 0.1% de la masa de la muestra de ensayo.

Colocar la muestra seca y pesada en un recipiente y adicionar agua hasta cubrirla.

Agitar la muestra para lograr la separación completa de las partículas más finas que el tamiz N° 200 de las partículas gruesas y llevar el material fino a la suspensión.

Colocar el tamiz N° 16 sobre el tamiz N° 200 y verter el agua de lavado conteniendo los sólidos suspendidos y disueltos sobre los tamices; tener cuidado para evitar la decantación de las partículas más gruesas de la muestra. Adicionar una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente, agitar y decantar como antes. Repetir esta operación hasta que el agua de lavado esté clara.

Retornar todo el material retenido sobre los tamices mediante un chorro de agua. Secar el agregado lavado a peso constante a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ y determinar la masa con aproximación al 0.1% de la masa original de la muestra.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (SEGÚN MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012)

Resumen

Este ensayo se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para su uso como agregados o los que están siendo utilizados como tales. Los resultados serán utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos que exige la especificación técnica de la obra y proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de agregados.

El ensayo consiste en separar a través de una serie de tamices, una muestra de agregado seco y de masa conocida. Los tamices van progresivamente de una

abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de partículas.

Material

La muestra se obtiene por medio de cuarteo. El agregado debe estar completamente mezclado y tener humedad suficiente para evitar segregación y pérdida de finos.

Agregado Fino, las muestras de agregado fino para el análisis granulométrico, después de secadas, deberán tener mínimo 300gr.

Agregado Grueso, las muestras de agregado grueso para el análisis granulométrico, después de secadas, deberán tener aproximadamente los siguientes pesos:

Tabla 11:
Relación de tamaño versus peso de agregado grueso.

Máximo tamaño nominal con aberturas cuadradas (pulgadas)	Peso mínimo de la muestra de ensayo (kg)
3/8	1
1/2	2
3/4	5
1	10
1 1/2	15
2	20
2 1/2	35
3	60
3 1/2	100
4	150
4 1/2	200
5	300
6	500

Para mezclas de agregados gruesos y finos, la muestra será separada en dos tamaños, por el tamiz N° 4 y preparada de acuerdo a lo descrito para agregados gruesos y finos respectivamente.

Equipo

Balanza con sensibilidad de por lo menos 0.1% del peso de la muestra.

Tamices seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material a ensayar.

Estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Procedimiento

Secar la muestra a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Seleccionar tamices adecuados para cumplir con las especificaciones del material que se va a ensayar, colocar los tamices en orden decreciente por tamaño de abertura.

Efectuar la operación de tamizado manual o por medio de un tamizador mecánico, durante un tiempo adecuado.

Limitar la cantidad de material en un tamiz con el objetivo que todas las partículas puedan alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante el tamizado.

Continuar el tamizado por un periodo suficiente, de tal manera que al final no más del 1% de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual.

Determinar la masa de cada incremento de medida sobre una balanza. La masa total de material luego del tamizado deberá ser verificada con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz. Si la cantidad difiere en más de 0.3%, sobre la masa seca original de la muestra, el resultado no deberá utilizarse para propósitos de aceptación.

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS

(SEGÚN MTC E205 – ASTM C128 – NTP 400.022)

Resumen

Este ensayo se aplica para determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción de agregado fino, a fin de usar estos valores en el cálculo y corrección de diseños de mezclas.

Material

Agregado fino (aprox. 1000 gr), secado a peso constante a $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Equipo

Balanza sensible a 0.1% del peso medido y con capacidad de 1000 gr o más

Frasco volumétrico de 500 ml de capacidad, calibrado hasta 0.1 ml a $20 \text{ }^\circ\text{C}$

Molde cónico metálico, $40 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro en la parte superior, $90 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro en la parte inferior y $75 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de altura.

Varilla compactadora de metal de $340 \text{ gr} \pm 15 \text{ gr}$ de peso con un extremo de superficie plana circular de $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro.

Procedimiento

Se coloca el material en un recipiente y se cubre con agua, se deja reposar durante 24 horas. Se extiende sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se remueve con frecuencia, para garantizar un secado uniforme. Se continúa esta operación hasta que los granos del agregado no se adhieran entre sí. En el molde cónico, se coloca la muestra y se apisona suavemente 25 veces con la varilla de metal y se levanta el molde verticalmente. Repetir la operación del secado y del molde cónico hasta que el cono de agregado se desintegre, siendo en ese instante cuando el agregado fino se encuentra en estado de saturado superficialmente seco

Se introduce en el frasco 500 gr de la muestra preparada y se añade agua hasta aproximadamente 90% de la capacidad del frasco para eliminar el aire

atrapado, se agita constantemente y se coloca en un baño de agua a una temperatura entre 21 °C y 25 °C durante 1 hora. Se llena el frasco hasta la marca de 500 ml y se determina su peso total.

Se saca el agregado fino del frasco, se seca a peso constante a una temperatura de $110 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$, se enfría a temperatura ambiente en un secador durante ½ hora a 1 ½ hora y se pesa.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS (MTC

E206 – ASTM C127 – NTP 400.021)

Resumen

Este ensayo se aplica para determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, peso específico aparente y absorción de agregado fino, a fin de usar estos valores en el cálculo y corrección de diseños de mezclas.

Material

Material retenido en la malla N° 4 y lavado para remover el polvo e impurezas superficiales.

El peso mínimo de la muestra de ensayo que será usado será:

Tabla 12:
Peso mínimo de la muestra de ensayo.

Tamaño máximo nominal (pulgadas)	Peso mínimo de la muestra de ensayo (kg)
½	2
¾	3
1	4
1 ½	5
2	8
2 ½	12
3	18
3 ½	25
4	40
4 ½	50
5	75
6	125

Equipo

Balanza sensible a 0.5gr y con capacidad de 5000 gr o más.

Cesta con malla de alambre, abertura correspondiente al tamiz N° 6

Depósito de agua, para sumergir la cesta de alambre y un dispositivo para suspenderla del centro en la escala de la balanza

Tamiz N° 4, para separar agregados gruesos de finos.

Estufa capaz de mantener una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Procedimiento

Secar la muestra a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, ventilar en lugar fresco a temperatura ambiente hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto. Sumergir el agregado en agua a una temperatura ambiente por 24 horas.

Cuando los valores de peso específico y la absorción van a ser usados en proporciónamiento de mezclas de concreto en los cuales los agregados van a ser usados en condición natural de humedad, el requerimiento inicial de secado a peso constante puede ser eliminado y si las superficies de las partículas de la muestra van a ser mantenidas continuamente húmedas antes del ensayo, el remojo de 24 horas puede ser eliminado.

Remover la muestra del agua y hacerla rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún parezca húmeda. Secar separadamente en fragmentos más grandes. Se debe tener cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie. Se obtiene el peso de la muestra bajo la condición de saturado superficialmente seca.

Después de pesar, se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua a una temperatura entre $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1.7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Secar la muestra hasta peso constante a una temperatura de $100 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ y se deja enfriar hasta temperatura ambiente.

ABRASIÓN LOS ÁNGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 MM (1 ½") (SEGÚN MTC E207 – ASTM C131 – NTP 400.019)

Resumen

Este ensayo es una medida de la degradación de agregados de gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones, las cuales incluyen abrasión o desgaste, impacto y trituración, en un tambor de acero de rotación que contiene un número especificado de esferas de acero, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo. Al rotar el tambor, la muestra y las esferas de acero son recogidas por una pestaña de acero transportándolas hasta que son arrojadas al lado opuesto del tambor creando un efecto de trituración por

impacto. Este ciclo es repetido mientras el tambor gira con su contenido. Luego de un número de revoluciones establecido, el agregado es retirado del tambor y tamizado para medir su degradación como porcentaje de pérdida.

Material

Muestra secada a una temperatura de $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

Equipo

Máquina de Los Ángeles.

Tamices.

Balanza con exactitud al 0.1% de la carga de ensayo sobre el rango requerido para este ensayo.

Carga abrasiva (esferas de acero)

Procedimiento

Colocar la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Ángeles y hacerla girar a una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm por 500 revoluciones. Luego de terminadas las 500 revoluciones, descargar el material y pasar por el tamiz N° 12.

Lavar el material más grueso que el tamiz N° 12 y secar al horno a $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, hasta peso constante y determinar la masa con una aproximación a 1 gr. Si el agregado está esencialmente libre de revestimiento y polvo el requerimiento de lavado puede ser obviado, pero siempre se requiere secar antes del ensayo.

Procedimiento de toma y análisis de datos:

1. Contenido de humedad (NTP 339.127)

Calcule

Peso del agua

$$Pa = Pmh - Pt \quad \dots\dots \text{Ecuación 3. Peso del agua.}$$

Donde:

Pa: Peso del agua

Pmh: Peso de la muestra húmeda

Pt: Peso de la tara

El peso del suelo seco

$$P_{ss} = P_{ms} - P_t \quad \dots\dots \text{Ecuación 4. Peso del suelo seco.}$$

Donde:

Pss: Peso del suelo seco

Pmh: Peso de la muestra seca

Pt: Peso de la tara

Contenido de humedad

$$(W\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad \dots\dots \text{Ecuación 5. Contenido de humedad.}$$

Procedimiento

Se pesó la tara o el recipiente

Se pesó la muestra húmeda más la tara

Se colocó la muestra en la estufa durante 24 horas a 105 °

Se pesó la muestra seca en el recipiente o tara

Determinar el peso del agua

Determinar el peso del suelo seco

Determinar el contenido de humedad

2. Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 (NTP 400.018)

Calcule

La cantidad de material que pasa el tamiz N° 200

$$C_m = P_m - P_{ml} \quad \dots\dots \text{Ecuación 6. Material que pasa por tamiz n°200.}$$

Donde:

Cm: Cantidad de material que pasa por el tamiz N° 200

Pm: Peso de la muestra

Pl: Peso de la muestra lavada

Porcentaje que pasa el tamiz N° 200

$$\%Pasa = \frac{Cm}{Pm} * 100 \dots\dots \text{Ecuación 7. Porcentaje que pasa por tamiz n°200.}$$

Donde:

%Pasa: Porcentaje que pasa por el tamiz N° 200

Cm: Cantidad de material que pasa por la malla N° 200

Pm: Peso de la muestra

Procedimiento

Sequé la muestra a peso constante a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, pesar con una aproximación al 0.1% de la masa de la muestra de ensayo.

Coloqué la muestra seca y pesada en un recipiente y adicioné agua hasta cubrirla.

Agité la muestra para lograr la separación completa de las partículas más finas que el tamiz N° 200 de las partículas gruesas y llevar el material fino a la suspensión.

Coloqué el tamiz N° 16 sobre el tamiz N° 200 y verter el agua de lavado conteniendo los sólidos suspendidos y disueltos sobre los tamices; tener cuidado para evitar la decantación de las partículas más gruesas de la muestra.

Se adicionó una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente, agitar y decantar como antes. Repetir esta operación hasta que el agua de lavado esté clara.

Regresé todo el material retenido sobre los tamices mediante un chorro de agua. Secar el agregado lavado a peso constante a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ y determinar la masa con aproximación al 0.1% de la masa original de la muestra.

3. Peso unitario y vacío de los agregados (NTP 400.017)

El volumen del molde

$$V = \pi r^2 h \dots\dots \text{Ecuación 8. Volumen del Molde.}$$

r: radio.

h: altura.

El peso del agregado compactado

$$P_{ac} = P_{ac+mol} - P_{mol} \dots\dots \text{Ecuación 9. Peso de agregado compactado.}$$

Pac: Peso del agregado compactado

Pac: Peso del agregado compactado más molde

Pm: Peso del molde

El peso unitario compactado

$$P_{uc} = \frac{P_{ac}}{V} \dots\dots \text{Ecuación 10. Peso unitario compactado.}$$

Puc: Peso unitario compactado

Pac: Peso del agregado compactado más molde

V: Volumen del molde

El peso del agregado suelto

$$P_{as} = P_{as+mol} - P_{mol} \dots\dots \text{Ecuación 11. Peso del agregado suelto.}$$

Pas: Peso del agregado suelto

Pas: Peso del agregado suelto más molde

Pac: Peso del molde

El peso unitario suelto

$$P_{us} = \frac{P_{as}}{V} \dots\dots \text{Ecuación 12. Peso unitario suelto.}$$

Pus: Peso unitario suelto

Pas: Peso del agregado suelto

V: Volumen del molde

Procedimiento

Método del Apisonado (T.M.N menor a 1 ½") – Peso Unitario Compactado

Coloqué el agregado en el recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente, hasta colmarlo; cada una de las capas se nivela con la mano y se apisona con 25 golpes de varilla, distribuidos uniformemente en cada capa, utilizando el extremo semiesférico de la varilla. Al apisonar la primera, debe evitarse que la varilla golpee el fondo del recipiente, al apisonar las capas superiores, se aplica la fuerza necesaria para que la varilla solamente atraviese la respectiva capa.

Una vez colmado el recipiente, enrasé la superficie con la varilla, usándola como regla, y se determina el peso del recipiente lleno en kilogramos.

Método de llenado con cucharón de mano (Peso Unitario del agregado suelto)

Llené el recipiente por medio de una herramienta (pala o cucharón de mano), de modo que el agregado se descargue de una altura no mayor de 50 mm, por encima del borde hasta colmarlo, el agregado sobrante se elimina con una regla.

Determiné el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente y se registraron los pesos con una aproximación de 0.05 kg.

4. Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos

El porcentaje retenido por cada tamiz (peso retenido entre peso total)

$$\%R = \frac{P_r}{P_t} * 100 \dots\dots \text{Ecuación 13. Porcentaje retenido.}$$

Donde:

% R: porcentaje retenido

Pr: peso retenido

Pt: peso total

El porcentaje retenido acumulado por cada tamiz

$\%Rac = \%Rant + \%Ract.$ Ecuación 14. Porcentaje retenido acumulado.

Donde:

$\%Rac$: Porcentaje retenido acumulado

$\%Rant$: Peso retenido anterior

$\%Ract$: Peso retenido

El porcentaje que pasa

$\%Rp = 100\% - \%Rac$ Ecuación 15. Porcentaje retenido que pasa.

Donde:

$\%Rp$: Porcentaje retenido que pasa

$\%Rac$: Peso retenido acumulado

Procedimiento

Sequé la muestra a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Seleccioné tamices adecuados para cumplir con las especificaciones del material que se va a ensayar, colocar los tamices en orden decreciente por tamaño de abertura.

Tamicé manualmente durante un tiempo adecuado.

Limité la cantidad de material en un tamiz con el objetivo que todas las partículas puedan alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante el tamizado.

Realicé el tamizado por un periodo suficiente, de tal manera que al final no más del 1% de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual.

Determiné la masa de cada incremento de medida sobre una balanza. La masa total de material luego del tamizado deberá ser verificada con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz. Si la cantidad difiere en más de 0.3%, sobre la masa seca original de la muestra, el resultado no deberá utilizarse para propósitos de aceptación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Resultados de ensayos previos.

Tabla 13:
Resultado de ensayos en agregado fino.

ENSAYO	RESULTADO
Peso específico de masa:	1.64 gr/cm ³
Peso unitario Suelto seco:	1.75 gr/cm ³
Humedad natural:	5.71 %
Absorción:	3.62 %
Módulo de finura	3.06
Partículas < #200:	2.96 %

Tabla 14:
Resultado de ensayos en agregado grueso.

ENSAYO	RESULTADO
Perfil:	Angular
Tamaño máximo nominal:	0.375 "
Peso específico de masa:	2.54 gr/cm ³
Peso unitario Suelto seco:	1.46 gr/cm ³
Peso unitario Suelto compactado:	2.01 gr/cm ³
Humedad natural:	4.51 %
Absorción:	2.01 %
Módulo de finura	6.01 %
Abrasión:	26.72 %

Tabla 15:
Resultado de ensayos a compresión con 7 días de curado.

		Resistencia (kg/cm ²)					
Ladrillo	Patrón	10%-RC	15%-RC	20%-RC	10%-RL	15%-RL	20%-RL
Promedio	197.77	215.86	213.36	204.36	207.83	202.89	176.61

Tabla 16:
Resultado de ensayos a compresión con 7 días de curado.

		Resistencia (%)					
Ladrillo	Patrón	10%-RC	15%-RC	20%-RC	10%-RL	15%-RL	20%-RL
Promedio	100.00 %	109.14 %	107.88 %	103.33 %	105.08 %	102.59 %	89.30 %

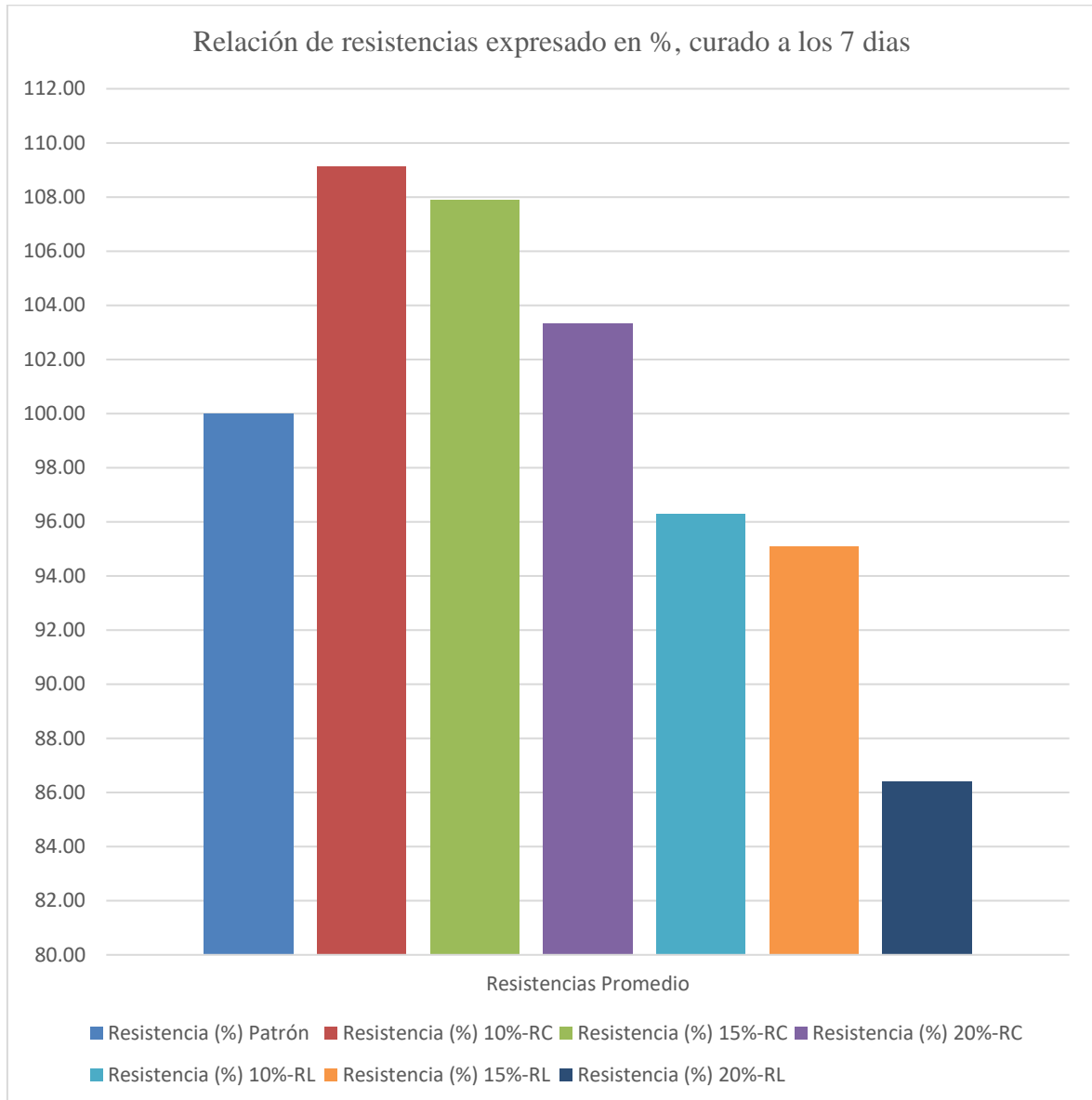


Gráfico 1:
Relación de resistencias a compresión expresado en %, curado a los 7 días.

Tabla 17:
Resultado de ensayos a compresión con 14 días de curado.

	Resistencia (kg/cm^2)						
Ladrillo	Patrón	10%-RC	15%-RC	20%-RC	10%-RL	15%-RL	20%-RL
Promedio	208,15	228,61	222,71	211,33	218,45	209,03	182,99

Tabla 18:
Resultado de ensayos a compresión con 14 días de curado.

	Resistencia (%)						
Ladrillo	Patrón	10%-RC	15%-RC	20%-RC	10%-RL	15%-RL	20%-RL
Promedio	100,00	109,83	106,99	101,53	104,95	100,42	87,91

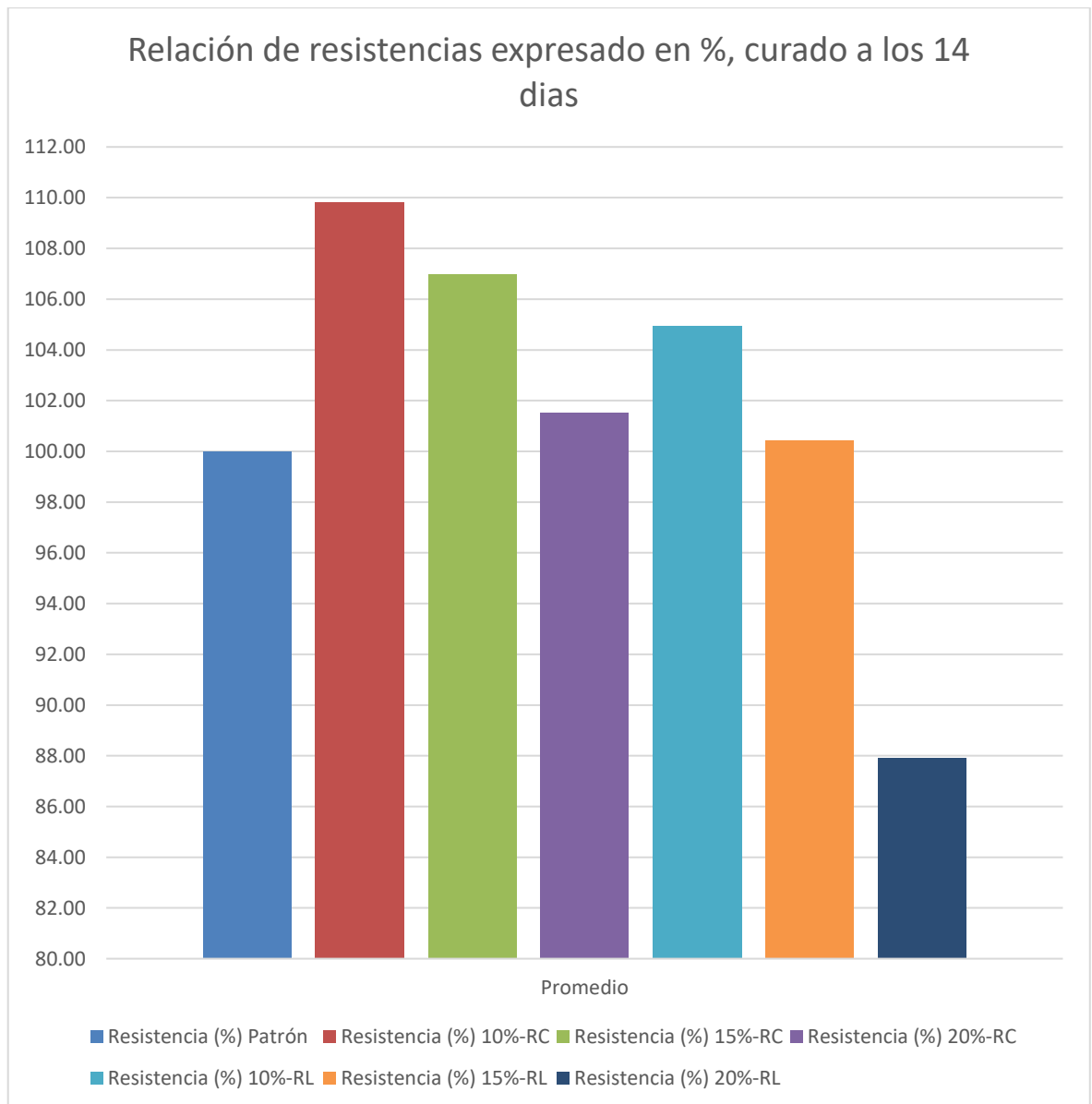


Gráfico 2:

Relación de resistencias expresado en %, curado a los 14 días.

Tabla 19:

Resultado de ensayos a compresión con 28 días de curado.

	Resistencia (kg/cm^2)						
Ladrillo	Patrón	10%-RC	15%-RC	20%-RC	10%-RL	15%-RL	20%-RL
Promedio	211.39	222,09	219,72	217,14	221,94	220,78	197,89

Tabla 20:

Resultado de ensayos a compresión con 28 días de curado.

Resistencia (%)							
Ladrillo	Patrón	10%-RC	15%-RC	20%-RC	10%-RL	15%-RL	20%-RL
Promedio	100.00 %	105.06 %	103.94 %	102.72 %	104.99 %	104.44 %	93.61 %

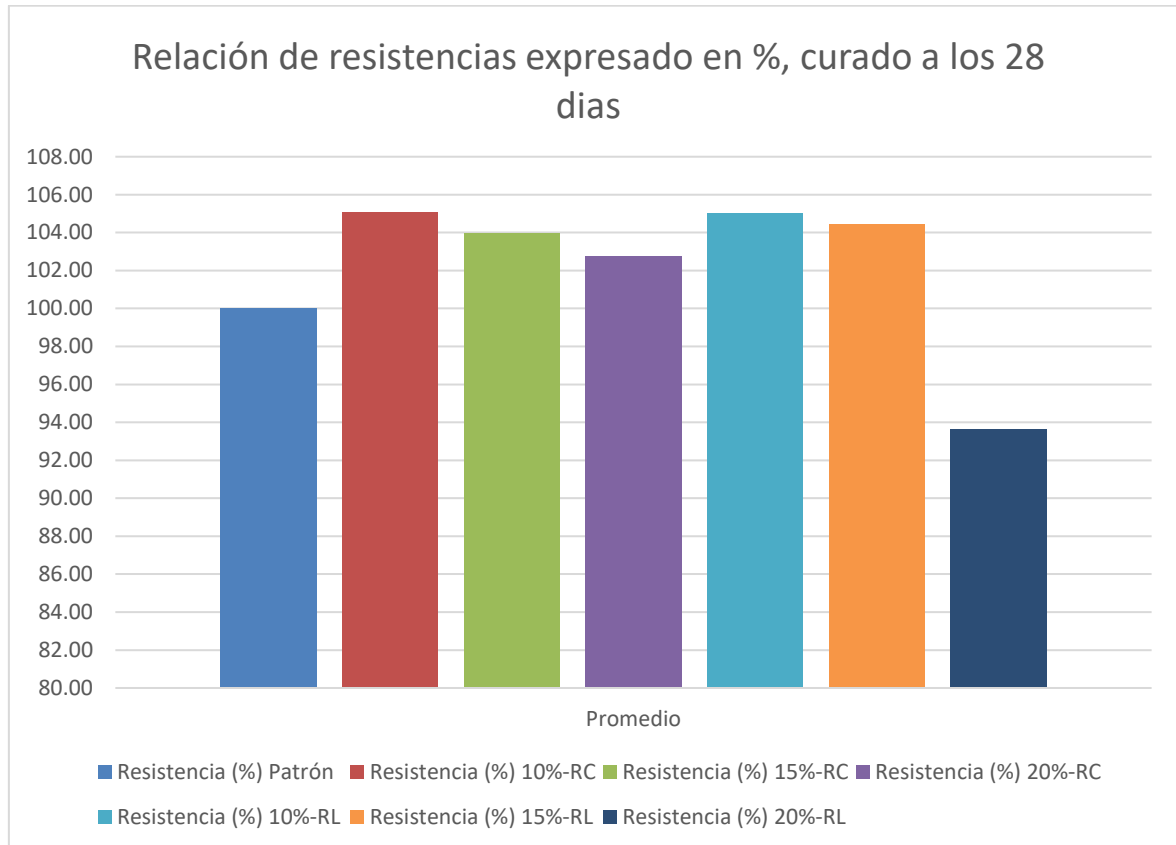


Gráfico 3:

Relación de resistencias expresado en %, curado a los 28 días.

Tabla 21:

Resultado de resistencia a compresión promedio.

Ladrillo	7 días	14 días	28 días	Unidad
0% de P	197.77	215.72	211.39	kg/cm ²
10% de RC	215.86	216.56	222.09	kg/cm ²
15% de RC	213.36	214.34	219.72	kg/cm ²
20% de RC	204.36	211.33	217.14	kg/cm ²
10% de RL	207.83	218.45	221.94	kg/cm ²
15% de RL	202.89	209.03	220.78	kg/cm ²
20% de RL	176.61	179.85	197.89	kg/cm ²

0% de P: Ladrillos patrón.

10% de RC: Ladrillos con 10% de reemplazo de concreto reciclado.

15% de RC: Ladrillos con 10% de reemplazo de concreto reciclado.

20% de RC: Ladrillos con 10% de reemplazo de concreto reciclado.

10% de RL: Ladrillos con 10% de reemplazo de concreto reciclado.

15% de RL: Ladrillos con 10% de reemplazo de concreto reciclado.

20% de RL: Ladrillos con 10% de reemplazo de concreto reciclado.

Tabla 22:

Variación promedio de la resistencia a compresión, con respecto a la muestra patrón.

Ladrillo	7 días	14 días	28 días	Variación	Unidad
0% de P	100,00	100,00	100,00	0,00	kg/cm ²
10% de RC	109,14	109,83	105,06	5,06	kg/cm ²
15% de RC	107,88	106,99	103,94	3,94	kg/cm ²
20% de RC	103,33	101,53	102,72	2,72	kg/cm ²
10% de RL	105,08	104,95	104,99	4,99	kg/cm ²
15% de RL	102,59	100,42	104,44	4,44	kg/cm ²
20% de RL	89,30	87,91	93,61	-6,39	kg/cm ²

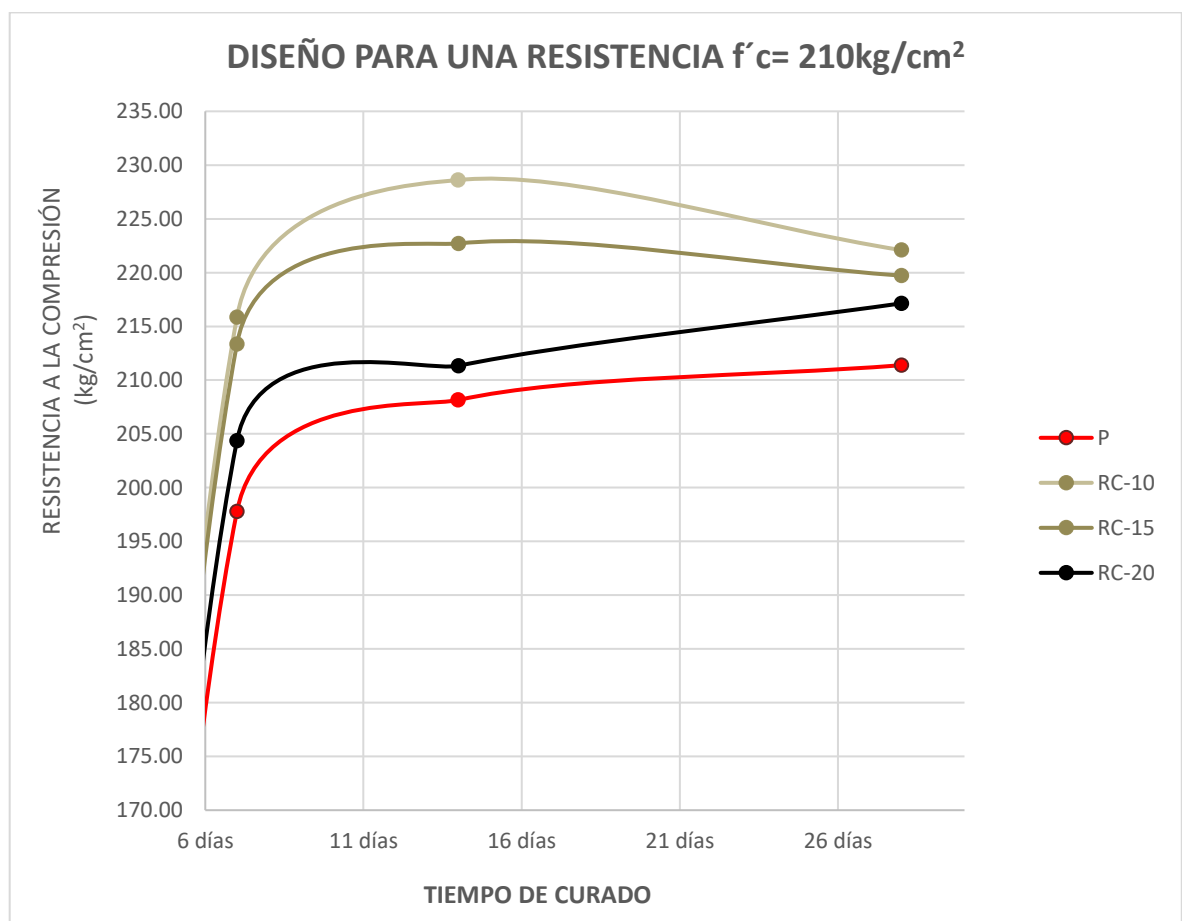


Gráfico 4: *Comparación de resistencias promedio: reemplazos de concreto reciclado con respecto a la muestra patrón (curado a los 7, 14 y 28 días).*

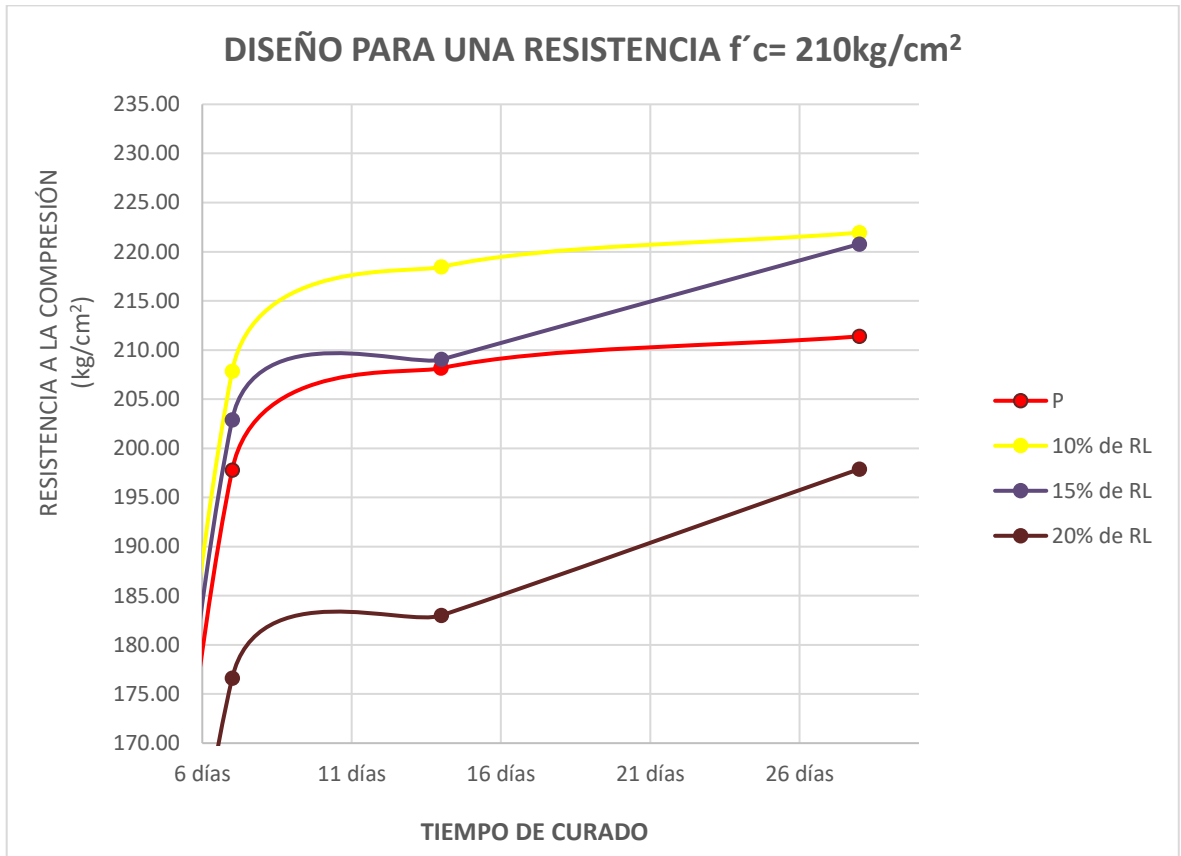


Gráfico 5: Comparación de resistencias: reemplazos de ladrillo reciclado con respecto a la muestra patrón (curado a los 7, 14 y 28 días).

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos se analizó lo siguiente:

La hipótesis planteada no cumple en ninguno de los casos ya que de acuerdo al diseño patrón se ha obtenido un incremento de la resistencia del 5.06% y una disminución de la resistencia de 6.39% siendo esta la más desfavorable.

De acuerdo a los antecedentes (Pintos, 2013) la resistencia a la compresión de concreto utilizado agregado reciclado incrementa del 2% al 7%, esto se confirma para todos los casos excepto para los ladrillos elaborados con reemplazo de agregado grueso con ladrillo reciclado en 20%, como se muestra en la tabla N°22.

De acuerdo a las resistencias obtenidas en la investigación, los ladrillos elaborados con reemplazo del agregado grueso (Concreto reciclado al 10%), ha sido el que más resistencia han obtenido; esto podría abrir paso a nuevas investigaciones teniendo en cuenta menor variación en los porcentajes de reemplazo.

En la tabla N° 21 podemos observar que el promedio de los ladrillos elaborados con cada uno de los porcentajes de reemplazo, excepto el de reemplazo de ladrillo reciclado al 20%, han llegado a la resistencia de 210 kg/cm² a los 28 días, la cual es la resistencia de diseño del ladrillo patrón, desde este punto de vista podemos decir que todos los porcentajes de reemplazo utilizados, excepto el de 20% de ladrillo reciclado, son capaces de llegar a la resistencia de diseño, pudiendo ser utilizados para un propósito estructural en edificación enfocadas a la albañilería.

En los gráficos N° 1, 2 y 3 teniendo como referencia los ladrillos patrón 100%; a partir de esto se puede observar que la resistencia expresada en porcentaje de los ladrillos curados a los 7, 14 y 28 días, el incremento de la resistencia es mayor con respecto al ladrillo patrón.

A medida que aumenta el porcentaje de reemplazo tanto con ladrillo reciclado como con concreto reciclado se puede observar que la resistencia va disminuyendo, pudiéndose notar también en la tabla N° 21, en la que podemos ver que la resistencia de los ladrillos con reemplazo de agregado grueso con concreto reciclado del 10%, 15% y 20% tienen incrementos con respecto al patrón son 5.06%, 3.94% y 2.72% respectivamente y en el caso de los ladrillos con reemplazo del agregado grueso con ladrillo reciclado del 10 y 15% aumenta en 4.99% y 4.44%; y del 20% disminuye en 6.39%, siendo este último el más desfavorable de la investigación.

4.2 Conclusiones

1. La hipótesis no cumple en ninguno de los casos, para la resistencia a la compresión de ladrillos de concreto $f'c = 210$ kg/cm², reemplazando el agregado grueso por concreto reciclado del 10%, 15% y 20% ya que solo incrementa en 5.06%, 3.94% y 2.72% respectivamente y la resistencia a la compresión de ladrillos de concreto $f'c = 210$ kg/cm², reemplazando el agregado grueso por ladrillo reciclado, incrementa para los porcentajes del 10% y 15% en 4.99% y 4.44% respectivamente y disminuye para un reemplazo del 20% en 6.39%.
2. Se realizó el diseño de mezclas por el método ACI 211.
3. Se logró dosificar y elaborar los ladrillos de concreto TIP 10.
4. Se determinó la resistencia a la compresión axial del ladrillo de concreto TIPO 10.
5. Se recomienda realizar investigaciones reemplazado el agregado grueso en porcentajes menores a 10%.
6. Se recomienda realizar investigaciones reemplazando el agregado fino por concreto reciclado y ladrillo reciclado.
7. Se recomienda realizar investigaciones teniendo en consideración el concreto reciclado para la elaboración de concreto, siendo utilizado íntegramente, tanto como agregado grueso como agregado fino.

REFERENCIAS

1. Arteaga Arcos, J. (2009). Comportamiento Mecánico y caracterización de morteros elaborados con cemento portland ultra fino (Tesis de doctorado) Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación, México D.F.
2. Akash, R. Kumar, N. Sudhir, M. (2007). Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete. Resources, Conservation and Recycling. N. ° 50. p. 72-73.
3. Beer, F., Johnston, R., & Mazurek, D. (2010). Mecánica de Materiales. México: Mc Graw Hill.
4. Chi-Sun, P. Dixon, C. (2007). The use of recycled aggregate in concrete in Hong Kong, Resources, Conservation and Recycling. N. ° 50. p. 295
5. Clark, (2002) en Australia's Guide to Environmentally Sustainable Homes, Your Home Technical Manual
6. Crespo Villalaz, C. (2004). Mecánica de suelos y cimentaciones. Mexico: Limusa.
7. DAfStb Richtlinie: Concrete acc. DIN EN 206-1 y DIN 1045-2 with recycled aggregates acc. to DIN 4226-100
8. Dhir, R. K. and Paine, K. A. (2007). Performance related approach to use of recycled aggregates. WRAP Final Report. Waste and Resources Action Programme.
9. En 2007 cifras Del US Green Building Council.
10. European Thematic Network, (2000). Use of recycled materials as aggregates in the construction industry. Recycling in construction. Combined N. ° 2, issue 3 & 4.

11. FHWA, (Septiembre 2004). Transportation Applications of Recycled Concrete Aggregate, página 18.
12. Gallegos, H. (2005). Albañilería estructural. Perú: Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
13. Gilpin, R. Menzie, D. Hyun, H. (2004). Recycling of construction debris as aggregate in the Mid-Atlantic Region, USA Resources, Conservation and Recycling. N. ° 42. p. 276.
14. Hornbostel, C. (1999). Materiales para la Construcción. Mexico: Limusa.
15. Lund, H. (1999). Manual McGraw Hill de reciclaje. México: Limusa.
16. Las estadísticas de la UEPG de 2006 publicadas en 2008 reportan una cifra de 6%.
17. La QPA (Octubre 2007) reporta cifras más altas indicando un promedio del 8% para Europa y del 26% para Gran Bretaña en 2006.
18. Lohja Rudus, (2000) Use of Reclaimed Concrete in Pavement Structures, Design Manual and Construction Specifications 2000, página 7.
19. Marotta, TW. (2005). Basic construction materials. (7^a. ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
20. Moreno, F. (1981). El ladrillo en la construcción. España: CEAC.
21. Morel, A. Gallias, J. Bauchard, M. Mana, F. Rousseau, E. (1994). Practical guidelines for the use of recycled aggregates in concrete in France and Spain. Demolition and

- reuse of concrete and masonry, proceedings of the third international RILEM symposium. N. ° 1. p. 75.
22. Norma Técnica Peruana 399.613. (14 de junio de 2005). Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en la albañilería. Perú: (NTP) INDECOPI.
23. Norma Técnica Peruana 331.017:2003. (2003). Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Perú: (NTP) INDECOPI.
24. Ocho estados en los Estados Unidos reportaron el uso de agregados reciclados en mezclas calientes de asfalto (FHWA). La alta tasa de absorción del agregado reciclado incrementa los requerimientos de asfalto y por esta razón su uso ha sido limitado (FHWA, septiembre 2004, pág. 26). En la actualidad, CRH utiliza productos de asfalto de desecho como subbase para productos de asfalto.
25. Obla, K et al, (2007). Crushed Returned Concrete as Aggregates for New Concrete, Final Report to the RMC Research and Education Foundation Project 05-13
26. Reciclado de concreto. (Julio 2009). Cement Sustainability Initiative.
27. Rivva López, E. 2000. Naturaleza y materiales del concreto. Capítulo Peruano del American Concrete Institute. Lima. Perú.

ANEXOS

1. PANEL FOTOGRAFICO

FOTOGRAFIA 1:

Obtención del agregado grueso en cantera.



FOTOGRAFIA 2:

Cuarteo del agregado grueso en cantera.



FOTOGRAFIA 3:

Recolección del concreto reciclado.



FOTOGRAFIA 4:

Obtención del agregado fino en cantera.



FOTOGRAFIA 5:
Cuarteo del agregado fino en cantera.



FOTOGRAFIA 6:
Elaboración de ensayo granulométrico para agregado fino.



FOTOGRAFIA 7:

Elaboración de ensayo de peso específico de agregado grueso.



FOTOGRAFIA 8:

Elaboración de ensayo de gravedad específica y absorción de agregado fino.



FOTOGRAFIA 9:

Elaboración de ensayo granulométrico para agregado grueso.



FOTOGRAFIA 10:

Elaboración de ensayo de peso específico de agregado grueso.



FOTOGRAFIA 11:

Elaboración de ensayo de abrasión del agregado grueso.



FOTOGRAFIA 12:

Extracción de muestras del horno – ensayos de contenido de humedad.



FOTOGRAFIA 13:

Preparación del ladrillo chancado para reemplazo de agregado grueso.



FOTOGRAFIA 14:

Elaboración de ensayo de pesos unitarios del agregado fino.



FOTOGRAFIA 15:

Realizando el pesaje de los agregados para la realización de ladrillos patrón (7,14 y 28 días)



FOTOGRAFIA 16:

Elaboración del concreto para ladrillos patrón (7,14 y 28 días).



FOTOGRAFIA 17:

Supervisión del asesor en la elaboración de los ladrillos.



FOTOGRAFIA 18:

Realizando el proceso de elaboración de ladrillos.



FOTOGRAFIA 19:

Realizando el desmoldado de ladrillos patrón (7,14 y 28 días.



FOTOGRAFIA 20:

Realizando el vibrado de los ladrillos.



FOTOGRAFIA 21:

Término de la elaboración de 18 ladrillos patrón, 18 con 10% de reemplazo de agregado grueso por concreto chancado y 18 con 15% de reemplazo del agregado grueso por concreto chancado.



FOTOGRAFIA 22:

Elaboración de 18 ladrillos con reemplazo del agregado grueso del 20% por concreto chancado.



FOTOGRAFIA 23:

Realizando ensayos a compresión de los ladrillos, bajo supervisión del asesor.



FOTOGRAFIA 24:

Muestra de ladrillo número 4 a los 14 días de curado, antes de ser ensayado.



2. DISEÑO DE MEZCLAS

En base a los parámetros de los agregados obtenidos, se desarrollará el diseño de mezclas para un concreto de $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, considerando que será usado para un concreto estructural. Usar el tamaño máximo nominal de acuerdo al agregado grueso que se haya obtenido. Así mismo se considerará el uso de cemento Portland Pacasmayo Tipo 1.

El diseño de mezcla se realizará mediante el método ACI.

RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS ENSAYOS

Materiales.

a. Cemento.

Portland ASTM tipo 1 Pacasmayo

Peso específico 3.12 gr/cm^3

b. Agregado fino.

Peso específico de masa 1.64 gr/cm^3

Absorción (%) 3.62%

Contenido de humedad (%) 5.71%

Módulo de finura 3.06%

c. Potable de la red de servicio público.

d. Agregado grueso.

e. Tamaño máximo nominal $3/8''$

Peso seco compactado 2.01 gr/cm^3

Peso específico de masa 2.54 gr/cm^3

Absorción (%) 2.01%

Contenido de humedad (%) 4.51%

I. Módulo de finura.

$$F'_{cr} = f'_c + 1.34s$$

$$F'_{cr} = f'_c + 2.33s - 35$$

Puesto que no tenemos referencia a una producción de concreto, la resistencia promedio, la calcularemos en función a la siguiente tabla.

f'_c

F'_{cr}

Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
Sobre 350	$f'c + 98$

La resistencia promedio a la compresión (F'_{cr}) que usaremos por fines prácticos es donde la resistencia de diseño ($f'c$) sea de 210 Kg/cm^2 , por lo tanto.

$$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = f'c + 1.34 * s$$

$$f'_{cr} = 210 + 1.34 (7)$$

$$f'_{cr} = 219.38 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = f'c + 2.33 * s - 35$$

$$f'_{cr} = 210 + 2.33 * 7 - 35$$

$$f'_{cr} = 191.31 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = 220 \text{ kg/cm}^2$$

II. Seleccionamos el tamaño máximo del agregado.

ITINTEC 400.037 define al "tamaño máximo" como aquel que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

ITINTEC 400.037 define al "tamaño máximo nominal" como aquel que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

Por lo tanto de nuestro resultado del análisis granulométrico en el Laboratorio tenemos:

Tamaño máximo 3/8"

Tamaño máximo nominal N° 4"

III. Selección del asentamiento

Revenimiento, verificar con el cono de Abrahams.

Revenimiento 1" a 2" en pulgadas.

TIPO DE CONSTRUCCION	REVENIMIENTO	
	MAXIMO	MINIMO
Zapatas y muros de cimentación armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"

Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Adaptado de la Normativa.

IV. Volumen unitario de agua

Se tiene que revisar el asentamiento en pulgadas, y también saber si es con aire incorporado o no, con TMN de 3/8", para poder verificar cuanto va a ser la cantidad de agua en L/m³.

De acuerdo a la tabla:

Cantidad de agua: 207 L/m³.

SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

REVENIMIENTO	AGUA EN L/M ³ PARA LOS TAMAÑOS MAXIMOS NOMINALES DEL AGREGADO GRUESO							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
1" A 2"	207	199	90	179	166	154	130	113
3" A 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" A 7"	243	228	216	202	109	178	160
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
1" A 2"	181	15	168	160	150	142	122	107
3" A 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" A 7"	216	205	197	184	174	166	154

Adaptado de la Normativa

V. Contenido de aire

La estructura para para la cual se está diseñando la mezcla, no va a estar expuesta a condiciones de temperaturas severas. Por lo tanto:

Aire atrapado

3/8" 3%

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	AIRE ATRAPADO
3/8"	3%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Adaptado de la Normativa

VI. Relación agua cemento

Para una resistencia promedio de 294 Kg/cm².

No existe una relación a/c, exacta por lo tanto interpolamos

250	0.62	
200	0.70	
294	0.65	Interpolando
Relación a/c	0.65	

f'cr (28 días)	RELACIÓN AGUA-CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	...

Adaptado de la Normativa

VII. Factor cemento

Cantidad de Cemento 318.00 Kg/m³.

Peso de una bolsa de cemento 42.5 Kg

Cantidad de bolsas 7.48 /m³.

La cantidad de bolsas de cemento se obtiene de dividir: Cantidad de cemento/peso de una bolsa de cemento

VIII. Contenido del agregado grueso

Se determina que el valor de $b/b_o = 0.72$ m³ de agregado grueso seco compactado por unidad de volumen, con un módulo de fineza del agregado fino de 2.81 y un tamaño máximo nominal de 1/2".

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AG. GRUESO	VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO, POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO, PARA DIVERSOS MODULOS DE FINEZA DE FINO			
	2.4	2.6	2.8	3.0
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81
				2.8
				0.46
3	0.44			
3.06	0.434	Este resultado se extrae extrapolando		

La cantidad de agregado grueso seco por m³ será 872.34 Kg (0.434 * Peso unitario grueso)

IX. Cálculo de volúmenes absolutos.

	CANTIDAD	PESO ESP. *1000	RESULTADO FINAL
Cemento	318.00	3.12	0.1019 m ³
Agua	207	1	0.2070 m ³
Aire (%)	3.00	1	0.0300 m ³
Agregado grueso	872.34	2.54	0.343 m ³
Suma de volúmenes conocidos			0.6698 m ³

X. Contenido de agregado fino.

El volumen absoluto de agregado fino será igual a la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes conocidos.

Volumen absoluto de agregado fino 0.3176 m³

Se obtiene de restar la unidad de la Suma de volúmenes.

Peso del agregado fino seco 520.92 Kg/m³

Se obtiene del producto de: volumen absoluto del agregado fino*peso específico del agregado fino*1000.

XI. Valores de diseño.

Las cantidades de materiales a ser empleadas como valores de diseño serán.

Cemento	318.00 Kg/m ³
Agua de diseño	207.00 L/m ³
Agregado fino seco	520.92 Kg/m ³
Agregado grueso seco	872.34 Kg/m ³

XII. Corrección por humedad del agregado.

Las proporciones deben ser corregidas en función a las condiciones de humedad.

Peso húmedo de:

	PESO SECO	% CONTENIDO DE HUMEDAD	RESULTADO FINAL	
Agregado fino seco	520.92	5.71	550.67 Kg/m ³	Agregado fino húmedo

Agregado grueso seco	872.34	4.51	911.68 Kg/m ³	Agregado grueso húmedo
----------------------	--------	------	--------------------------	------------------------

A continuación, determinamos la humedad superficial del agregado

	%	%	%
	HUMEDAD	ABSORCIÓN	RESULTADO FINAL
Agregado fino seco	5.71	3.62	2.09
Agregado grueso seco	4.51	2.01	2.50

Y los aportes de los agregados serán:

Aporte de humedad del:

	CANTIDAD	RESULTADO FINAL	CANTIDAD DE AGUA CONTIENE EL AGREGADO
Agregado fino seco	520.92	2.09	10.89 L/m ³
Agregado grueso seco	872.34	2.50	21.81 L/m ³
Total, aporte de humedad de los agregados			32.70 L/m ³

Agua efectiva 174.3 L/m³

Se obtiene de restar: Cantidad de agua – total de aporte de humedad de los agregados.

XIII. Corrección por humedad de los agregados.

Por tanto, los pesos de los materiales ya corregidos por humedad serán:

Cemento	318.00 Kg/m ³
Agua efectiva	174.30 L/m ³
Agregado fino húmedo	550.67 Kg/m ³
Agregado grueso húmedo	911.68 Kg/m ³

XIV. Proporciones en peso

CEMENTO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	AGUA
318.00	550.67	911.68	-
318.00	318.00	318.00	-
1.00	1.73	2.87	23.29 litros por saco

XV. Peso por tanteo de un saco.

Relación agua cemento de diseño	207.00	318.00	0.65
---------------------------------	--------	--------	------

Relación agua cemento efectiva
0.54

174.30

318.00

3. PROTOCOLOS

Haga clic o pulse aquí para escribir
texto.
